



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO EN  
SISTEMAS DE POTENCIA**

**DISEÑO DE ILUMINACIÓN CON LUMINARIAS TIPO LED BASADO EN EL  
CONCEPTO EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT VISUAL,  
IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA PARA PRUEBAS.**

**AUTORES:**

**Miguel Paul Castro Guaman  
Norman Christos Posligua Murillo**

**DIRECTOR/A:**

**Ing. Fernando Bustamante G. M. Sc.**

**Guayaquil, Marzo 2015**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana pudiendo hacer uso de la misma para fines académicos.

Guayaquil, Marzo del 2015

(f) \_\_\_\_\_

Miguel Paul Castro Guaman

C.I.: 0923760359

(f) \_\_\_\_\_

Norman Christos Posligua Murillo

C.I.: 1203665441

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera especial este trabajo a Dios, quien me dio las fuerzas para seguir adelante y no renunciar a mis sueños.

A mi madre Cecibel, por su apoyo infaltable, por estar a mi lado guiándome, dándome ánimos y sobre todo por su amor, en todas las etapas de mi vida.

*Miguel*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por darme la vida, por regalarme una madre maravillosa, que nunca me dejaron solo, que estuvieron a mi lado, guiándome y siendo la razón principal para seguir adelante.

*Miguel*

Mi más sincero agradecimiento a mi madre Mercedes que fue mi principal apoyo para culminar mi carrera, también especialmente al Ingeniero Fernando Bustamante por su colaboración en el desarrollo del tema de tesis.

*Norman*

# INDICE

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
RESUMEN .....	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Delimitación.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación.....	7
1.5. Hipótesis.....	8
1.6. Variables e Indicadores.....	8
1.7. Metodología.....	9
1.7.1. Tipos de Investigación.....	9
1.7.2. Métodos.....	9
1.7.2.1. Método teórico.....	9
1.7.2.2. Método empírico.....	10
1.8. Descripción de la propuesta.....	10
1.9. Beneficiarios de la propuesta de intervención.....	10
1.10. Impacto.....	11
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Generalidades.....	12
2.2. La luz.....	14
2.2.1. Luz concepto y características.....	14
2.3. El sentido de la vista.....	18
2.3.1. El Ojo.....	18
2.3.2. Percepción de los objetos.....	20
2.4. Sistemas de alumbrado.....	22
2.4.1. Alumbrado general.....	23
2.4.2. Alumbrado general localizado.....	23

2.4.3.	Alumbrado localizado .....	23
2.5.	Magnitudes luminosas .....	23
2.5.1.	Flujo Luminoso .....	24
2.5.2.	Iluminación o Iluminancia .....	25
2.5.3.	Intensidad Luminosa .....	30
2.5.4.	Luminancia .....	32
2.5.5.	Rendimiento y eficiencia luminosa .....	34
2.5.6.	Curva de distribución luminosa .....	35
2.5.7.	Deslumbramiento .....	39
2.5.8.	Color de Luz .....	43
2.5.9.	Reproducción de colores .....	53
2.5.10.	Factor de mantenimiento.....	55
2.6.	Propiedades ópticas de la materia .....	55
2.6.1.	Reflexión.....	56
2.6.2.	Transmisión.....	58
2.6.3.	Absorción.....	59
2.6.4.	Refracción .....	59
2.7.	Leyes Fundamentales.....	60
2.7.1.	Ley inversa del cuadrado de la materia.....	60
2.7.2.	Ley del coseno .....	62
2.7.3.	Método de luminancia de un punto.....	63
2.7.4.	Iluminación en un plano determinado.....	64
2.8.	Dialux.....	65
2.8.1.	Descarga e instalación de Dialux .....	66
2.8.2.	Manejo del Dialux.....	67
2.9.	Tipos de lámparas .....	70
2.9.1.	Incandescentes .....	70
2.9.2.	Halógenas.....	71
2.9.3.	Lámpara de descarga.....	73
2.9.4.	Vapor de sodio .....	73
2.9.5.	Vapor de mercurio .....	74
2.9.6.	Fluorescente .....	75
2.9.7.	LED.....	76
2.9.7.1.	El chip .....	77

2.9.7.2. Disipador de calor .....	77
2.9.7.3. Driver .....	78
2.9.7.4. La placa base.....	78
2.9.7.5. La óptica secundaria.....	78
CAPÍTULO 3: CONSIDERACIONES DE DISEÑO .....	80
3.1.  Diseño de la estructura metálica didáctica .....	80
3.2.  Diseño del tablero metálico.....	86
3.3.  Diseño eléctrico para el funcionamiento de la estructura metálica para pruebas.....	88
3.4.  Diseño del laboratorio de Instalaciones Eléctricas en Dialux .....	90
3.5.  Características de Luminarias LED .....	100
3.5.1.  Syl-Lighter Sylvania .....	100
3.5.2.  Insaver Sylvania.....	102
3.5.3.  Orion Sylvania .....	104
3.5.4.  Nova LED Sylvania .....	106
3.5.5.  Lumipanel Led Sylvania .....	108
3.5.6.  Jeta Led .....	109
3.5.7.  Tuled .....	111
3.5.8.  Atria LED.....	112
3.6.  Características del Motorreductores de CA Dayton.....	114
3.6.1.  Diagrama de cableado.....	116
3.7.  Freno de disco magnético Dayton.....	117
3.7.1.  Operación.....	118
CAPÍTULO 4: PRÁCTICAS.....	119
4.1.  Práctica 1.....	119
4.1.1.  Datos informativos.....	119
4.1.2.  Datos de la práctica .....	119
4.1.3.  Normas de seguridad de los elementos mecánicos .....	120
4.1.3.1.  Normas de estructura para pruebas de las luminarias LED .....	120
4.1.3.2.  Normas de tablero para exhibición de las luminarias LED.....	121
4.1.4.  Normas de seguridad de los elementos eléctricos.....	122
4.1.5.  Cronograma / calendario .....	122
4.1.6.  Cuestionario .....	122
4.1.7.  Anexos .....	122
4.2.  Práctica 2.....	123

4.2.1.	Datos informativos .....	123
4.2.2.	Datos de la práctica .....	123
4.2.3.	Cronograma / calendario .....	126
4.2.4.	Cuestionario .....	126
4.2.5.	Anexos .....	126
4.3.	Práctica 3.....	141
4.3.1.	Datos informativos .....	141
4.3.2.	Datos de la práctica .....	141
4.3.3.	Cronograma / calendario .....	143
4.3.4.	Cuestionario .....	143
4.3.5.	Proyecto .....	143
4.3.6.	Anexos .....	143
4.4.	Práctica 4.....	155
4.4.1.	Datos informativos .....	155
4.4.2.	Datos de la práctica .....	155
4.4.3.	Cronograma / calendario .....	157
4.4.4.	Cuestionario .....	157
4.4.5.	Proyecto .....	157
4.4.6.	Anexos .....	157
4.5.	Práctica 5.....	164
4.5.1.	Datos informativos .....	164
4.5.2.	Datos de la práctica .....	164
4.5.3.	Cronograma / calendario .....	166
4.5.4.	Cuestionario .....	166
4.5.5.	Proyecto .....	166
4.5.6.	Proyecto .....	166
4.6.	Práctica 6.....	170
4.6.1.	Datos informativos .....	170
4.6.2.	Datos de la práctica .....	170
4.6.3.	Cronograma / calendario .....	172
4.6.4.	Cuestionario .....	172
4.6.5.	Proyecto .....	172
4.6.6.	Anexos .....	172
4.7.	Práctica 7.....	179



4.7.1.	Datos informativos .....	179
4.7.2.	Datos de la práctica .....	179
4.7.3.	Cronograma / calendario .....	181
4.7.4.	Cuestionario .....	181
4.7.5.	Proyecto .....	181
4.7.6.	Anexos .....	181
4.8.	Práctica 8.....	188
4.8.1.	Datos informativos .....	188
4.8.2.	Datos de la práctica .....	188
4.8.3.	Cronograma / calendario .....	190
4.8.4.	Cuestionario .....	190
4.8.5.	Proyecto .....	190
4.8.6.	Anexos .....	190
4.9.	Práctica 9.....	194
4.9.1.	Datos informativos .....	194
4.9.2.	Datos de la práctica .....	194
4.9.3.	Cronograma / calendario .....	196
4.9.4.	Cuestionario .....	196
4.9.5.	Proyecto .....	196
4.9.6.	Anexos .....	196
4.10.	Práctica 10.....	200
4.10.1.	Datos informativos .....	200
4.10.2.	Datos de la práctica .....	200
4.10.3.	Cronograma / calendario .....	201
4.10.4.	Cuestionario .....	201
4.10.5.	Proyecto .....	201
4.10.6.	Proyecto .....	201
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		203
5.1.	Conclusiones .....	203
5.2.	Recomendaciones .....	203
BIBLIOGRAFÍA .....		204
ANEXOS .....		206

## FIGURAS

Fig. 1: Laboratorio de Instalaciones Eléctricas .....	1
Fig. 2: Dificultad visual .....	2
Fig. 3: Oficina .....	3
Fig. 4: Industria .....	4
Fig. 5: Tecnología LED .....	11
Fig. 6: Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible .....	13
Fig. 7: Lava .....	15
Fig. 8: Longitud de Onda .....	16
Fig. 9: El Espectro Electromagnético .....	17
Fig. 10: Luz Visible .....	17
Fig. 11: El Ojo Humano .....	18
Fig. 12: Curva Efecto Purkinje .....	22
Fig. 13: Flujo Luminoso .....	24
Fig. 14: Esfera de Ulbricht .....	25
Fig. 15: Iluminación .....	26
Fig. 16: Luxómetro .....	26
Fig. 17: Láser .....	27
Fig. 18: Fuente de luz .....	28
Fig. 19 Iluminancia Recomendada .....	30
Fig. 20: Intensidad luminosa .....	31
Fig. 21: Diagrama Polar .....	32
Fig. 22: Luminancia .....	32
Fig. 23: Luxómetro .....	33
Fig. 24: Rendimiento .....	34
Fig. 25: Curva Fotométrica .....	35
Fig. 26: Fotometría y Curva Polar .....	36
Fig. 27: Distribución Luminosa .....	37
Fig. 28: Deslumbramiento .....	39
Fig. 29: Exploración del color .....	44
Fig. 30: Diagrama Cromático .....	46
Fig. 31: Tonalidades de colores .....	47
Fig. 32: Temperatura de color .....	49
Fig. 33: Ejemplo de Temperatura de color .....	50
Fig. 34: Contrastes de color .....	52
Fig. 35: Flujo luminoso en un ángulo sólido .....	60
Fig. 36: Demostración del Teorema de Tales .....	61
Fig. 37: Superficie inclinada .....	62
Fig. 38: Punto como elemento infinitesimal .....	63
Fig. 39: Iluminancia de un punto .....	64
Fig. 40: Descarga del Software Dialux .....	66
Fig. 41: Entorno del programa .....	67
Fig. 42: Menú del programa .....	67

Fig. 43: Administrador de proyectos.....	68
Fig. 44: Guía .....	69
Fig. 45: Menú principal.....	70
Fig. 46: Partes de una lámpara incandescente.....	71
Fig. 47: ciclo del halógeno.....	72
Fig. 48: Partes de lámpara de vapor de sodio .....	74
Fig. 49: Partes de lámpara de vapor de mercurio.....	75
Fig. 50: Partes de lámpara fluorescente .....	76
Fig. 51: partes de lámpara led .....	78
Fig. 52: Estructura para pruebas de Luminarias LED.....	81
Fig. 53: Base y Bandeja Extraíble para las luminarias LED 3D .....	81
Fig. 54: Bases y Bandejas extraíbles para las Luminarias LED 2D.....	82
Fig. 55: Dimensiones de la Estructura .....	83
Fig. 56: Fijación en la losa.....	84
Fig. 57: Dimensiones del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas .....	84
Fig. 58: Elementos de control del motor.....	85
Fig. 59: Caja de conexión .....	85
Fig. 60: Construcción de la Estructura para las pruebas .....	86
Fig. 61: Tablero metálico de apoyo .....	87
Fig. 62: Diseño eléctrico para el control y protección del motor.....	88
Fig. 63: Cajas empotradas para conexión eléctrica.....	89
Fig. 64: Pulsadores para el control del sentido de giro del motor .....	89
Fig. 65: Tomacorriente de tumbado.....	90
Fig. 66: Nuevo proyecto interior.....	91
Fig. 67: Editor de locales .....	91
Fig. 68: Importación de una archivo DWG.....	92
Fig. 69: Importación de un plano desde Auto CAD.....	92
Fig. 70: Creación de superficie del Proyecto .....	93
Fig. 71: Creación de la geometría del Laboratorio .....	94
Fig. 72: Detalle del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas.....	94
Fig. 73: Características de las superficies del Proyecto .....	95
Fig. 74: Selección de plugin del Fabricante .....	96
Fig. 75: Planificar Alumbrado .....	97
Fig. 76: Puntos de cálculo.....	99
Fig. 77: Syl-Lighter Led .....	100
Fig. 78: Insaver Led .....	102
Fig. 79: Orion Led.....	104
Fig. 80: Nova Led .....	106
Fig. 81: Lumipanel Led.....	108
Fig. 82: Jeta Led.....	109
Fig. 83: Tuled.....	111
Fig. 84: Atria Led.....	112
Fig. 85: Motor con reductor de velocidad.....	114
Fig. 86: Conexión eléctrica Motor .....	116

Fig. 87: Freno de disco magnético Fuente: Distribuidor Grainger, (16 de febrero de 2015), Descripción del producto .....	117
Fig. 88: Estructura para las pruebas de las luminarias LED .....	120
Fig. 89: Tablero para exhibición de luminarias LED.....	121
Fig. 90: Esquema de Montaje de luminarias Syl-Lighter Led .....	145
Fig. 91: Esquema de Montaje de luminarias Insaver Led .....	158
Fig. 92: Esquema de Montaje de luminarias Orion Led .....	167
Fig. 93: Esquema de Montaje de luminarias Nova Led .....	173
Fig. 94: Esquema de Montaje de luminarias Panel Led.....	182
Fig. 95: Esquema de Montaje de luminarias Jeta Led .....	191
Fig. 96: Esquema de Montaje de luminarias Tubo Led .....	197

## TABLAS

Tabla 1: Nivel mínimo de iluminación (Lux) .....	29
Tabla 2: Distribución del Flujo Luminoso .....	37
Tabla 3: Índice de deslumbramiento .....	40
Tabla 4: Coeficientes factores de reflexión, absorción y transmisión .....	43
Tabla 5: Temperatura de color .....	48
Tabla 6: Relación entre iluminación y la temperatura de color .....	51
Tabla 7: Poder reflectante de algunos colores y materiales .....	53
Tabla 8: Grupos de rendimiento de color de las lámparas .....	54
Tabla 9: Descripción de luminaria Syl-Lighter Led. ....	101
Tabla 10: Descripción de luminaria Insaver Led. ....	103
Tabla 11: Descripción de luminaria Orion Led.....	105
Tabla 12: Descripción de luminaria Nova Led. ....	107
Tabla 13: Descripción de luminaria Lumipanel Led.....	109
Tabla 14: Descripción de luminaria Jeta led. ....	110
Tabla 15: Descripción de luminaria Tuled.....	112
Tabla 16: Descripción de luminaria Atria Led.....	113
Tabla 17: Especificaciones técnicas del motor. ....	115
Tabla 18: Especificaciones técnicas del freno. ....	117

## RESUMEN

<b>AÑO</b>	<b>ALUMNOS</b>	<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	<b>TEMA DE TESIS</b>
2015	Miguel Paul Castro Guaman  Norman Christos Posligua Murillo	Ing. Fernando Bustamante G. M. Sc.	DISEÑO DE ILUMINACIÓN CON LUMINARIAS TIPO LED BASADO EN EL CONCEPTO EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT VISUAL, IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA PARA PRUEBAS

La presente Tesis: “DISEÑO DE ILUMINACIÓN CON LUMINARIAS TIPO LED BASADO EN EL CONCEPTO EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT VISUAL, IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA PARA PRUEBAS”, da a conocer el concepto de iluminación con luminarias tipo led de aplicaciones reales en diferentes ambientes. Las variables a considerar en un diseño son la naturaleza del trabajo, la reflectancia del objeto y de su entorno inmediato.

El objetivo principal es realizar un diseño de iluminación para el confort visual considerando los parámetros de la iluminación uniforme, luminancia óptima, ausencia de brillos deslumbrantes, condiciones de contraste adecuadas, colores correctos, ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos. Se utilizará el simulador Dialux para apreciar los posibles resultados luminotécnicos deseados en un ambiente.

La estructura metálica para pruebas nos ayudará a comprender de manera didáctica el comportamiento y fotometría de las luminarias, establecer curvas comparativas de iluminación con datos teóricos, simulados y reales.

## ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	DIRECTOR OF THESIS	THESIS TOPIC
2015	Miguel Paul Castro Guaman  Norman Christos Posligua Murillo	Ing. Fernando Bustamante G. M. Sc.	DESIGN LIGHTING WITH LUMINAIRES TYPE LED BASED ON THE CONCEPT OF ENERGY EFFICIENCY AND VISUAL COMFORT, IMPLEMENTATION OF STRUCTURE FOR TESTING

This thesis: “DESIGN LIGHTING WITH LUMINAIRES TYPE LED BASED ON THE CONCEPT OF ENERGY EFFICIENCY AND VISUAL COMFORT, IMPLEMENTATION OF STRUCTURE FOR TESTING”, discloses the concept of lighting with luminaries type led of real applications in different environments. The variables to be considered in a design are the nature of work, the reflectance of the object and its immediate environment.

The main objective is to design lighting for visual comfort is the uniform illumination, optimal luminance, no blown highlights at suitable contrast, correct colors, no flashing lights or strobe effects with Dialux simulator, to assess the possible lighting desired results in an environment.

The metal structure for testing will help us understand the behavior didactically and photometry of luminaires, set curves of lighting comparatives with data theoretical, simulated and real.

## CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil actualmente presenta un gran crecimiento en su infraestructura, implementando más laboratorios para el uso de sus estudiantes, uno de estos laboratorios es el de Instalaciones Eléctricas Aula B-305 (ver fig. 1), situado en el edificio Bloque B segundo piso, en el mismo se observó gran variedad de módulos existentes.



Fig. 1: Laboratorio de Instalaciones Eléctricas

Fuente: Autores, Laboratorio de Instalaciones Eléctricas aula B-305 UPS-G, 2014



Se analizó las alternativas de qué módulos serían los indicados para ayudar académicamente en la enseñanza de los profesores y aprendizaje de los estudiantes. Se determinó la opción de instalar una estructura para realizar pruebas de luminarias, debido a que en nuestro entorno se desconoce muchos criterios en el momento de realizar un diseño de iluminación.

Los seres humanos poseen la capacidad de adaptarse a su ambiente y a su entorno. De todos los tipos de energía que se puede utilizar, la luz es la más importante. La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y es necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra vida diaria. La mayor parte de la información que obtenemos a través de nuestros sentidos es por la vista (cerca del 80%). Y al estar tan acostumbrados a disponer de ella, damos por supuesta su labor.

La diferencia de luminosidad del entorno puede producir una reducción de eficiencia visual y la aparición de fatiga, como consecuencia de la repetida adaptación de los ojos. Una iluminación inadecuada en el trabajo puede originar fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes.



Fig. 2: Dificultad visual

Fuente: Salud Ocupacional y Seguridad Industrial. (s.f.). Obtenido de <http://saludocupacionalmec.blogspot.com/2013/11/factor-de-riesgo-fisico-iluminacion.html>

También cambios bruscos de luz pueden ser peligrosos, pues ciegan temporalmente, mientras el ojo se ambienta a la nueva iluminación. El grado de seguridad con el que se ejecuta el trabajo depende de la capacidad visual y ésta depende, a su vez, de la cantidad y calidad de la iluminación. Un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz, la incorrecta aplicación de luminarias puede afectar la apreciación del entorno.

Desde el punto de vista de la seguridad en el trabajo, la capacidad y el confort visual son importantes, ya que muchos accidentes se deben, entre otras razones, a deficiencias en la iluminación o a errores cometidos por el trabajador, a quien le resulta difícil identificar objetos o los riesgos asociados con la maquinaria, los transportes, los recipientes peligrosos, etcétera.



Fig. 3: Oficina

Fuente: Villaseñor, B. (15 de Agosto de 2013). uhma salud. Obtenido de <http://www.uhmasalud.com/blog/bid/309568/La-iluminaci%C3%B3n-en-las-oficinas-impacta-en-la-productividad>



Fig. 4: Industria

Fuente: Barragán, A. (18 de Septiembre de 2014). Iluminet. Obtenido de <http://www.iluminet.com/nom-025-iluminacion-trabajo/>

Entre los efectos de la iluminación inadecuada en la salud tenemos:

- Trastornos oculares: Dolor e inflamación en los párpados, fatiga visual, pesadez, lagrimeo, enrojecimiento, irritación, visión alterada.
- Cefalalgias: Dolores de cabeza. Ocasionalmente, el médico tratante debe revisarlos para detectar si es la iluminación la que los causa.
- Efectos anímicos: Falta de concentración y de productividad, baja atención y desánimo.
- Fatiga: Falta de energía, agotamiento. Cuando es causada por la iluminación, una persona que se levanta con energías, las pierde fácilmente. Si la persona está agotada por estrés o falta de sueño, la fatiga se extiende por todo el día. El médico debe revisar otros factores adicionales a la luz.

## **1.2. Delimitación**

El tema se enfoca en diseñar una Estructura dinámica - didáctica para realizar pruebas de las luminarias LED con voltaje de alimentación de 120 Vac para comprobar las fotometrías suministradas por el fabricante, se instalará en el laboratorio de Instalaciones Eléctricas ubicado en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil Bloque B. Mediante pulsadores se realiza el control de un motor eléctrico con alimentación de 120 Vac que permita subir y bajar una bandeja extraíble donde va a estar ubicada la luminaria, esto ayudará a realizar mediciones a diferentes alturas, similar a lo que se presenta en la vida real. Esto facilitará al estudiante a formar un mejor criterio en la hora de la selección de luminarias en un diseño eléctrico.

Se realizará un estudio del tipo de luminarias LED de 120 Vac que se encuentran disponibles en el mercado, con esto se elaborará un listado de los modelos que se tienen a disposición para los diseños.

Se utilizará el Software Dialux, con el cual se podrán realizar simulaciones para comparar los resultados de valores teóricos con valores reales (medidos).

Se investigará sobre Normas que recomienden niveles de iluminación, uniformidad de la repartición de las iluminancias, limitación de deslumbramiento, limitación del contraste de luminancias, color de la luz y la reproducción cromática.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar una iluminación para el confort visual en base a la iluminación uniforme, luminancia óptima, ausencia de brillos deslumbrantes, condiciones de contraste adecuadas, colores correctos, ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos.
- Diseñar e implementar una estructura didáctica y dinámica para luminarias tipo LED con voltaje de alimentación de 120 Vac, para la demostración de las fotometrías de los Fabricantes, en el Laboratorio de Instalaciones Eléctricas, de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación del laboratorio de instalaciones eléctricas, en lo relacionado a luminotecnia.
- Diseñar un diagrama físico de la estructura para las pruebas de luminarias tipo LED.
- Diseñar un diagrama eléctrico de la estructura para las pruebas de luminarias tipo LED.
- Elaborar la fundamentación teórica necesaria de todos los elementos que intervienen en la construcción de la estructura.
- Elaborar un manual de procedimiento para realizar la comprobación de valores medidos, simulados y teóricos de las fotometrías de las luminarias LED entregadas por el Fabricante.
- Desarrollar simulaciones a través de ejemplos prácticos reales mediante el software Dialux para conocer con detalle el comportamiento de las luminarias tipo LED.
- Realizar diseños basados en los niveles de iluminación, uniformidad requerida, exigencia visual según el ambiente, limitación de deslumbramiento, color de la luz y reproducción cromática recomendada por normas internacionales como la IESNA por su nombre en inglés Illuminating Engineering Society of North America (Sociedad de Ingeniería de iluminación de Norte América), la CIE por su nombre en francés Commission Internationale de l'éclairage (Comisión Internacional de la Iluminación), la UNE (Norma Española) o SMII (Sociedad Mexicana de Ingenieros de Iluminación).
- Determinar las ventajas y desventajas de realizar diseños eléctricos con luminarias tipo LED.

- Realizar diseños basados en la disponibilidad de iluminación natural, para aprovechar tanto la luz natural como la artificial para conseguir una mayor eficiencia.
- Desarrollar la guía de prácticas de laboratorio para el docente y el alumno. La cantidad de prácticas que se estiman para este tema son diez, enfocadas a la parte de luminotecnia.

#### **1.4. Justificación**

Este proyecto responde a la necesidad de mejorar el consumo eléctrico realizando diseños con equipos más eficientes evitando afectar el estilo de vida de las personas y maximizar el confort visual, debido a que la iluminación afecta a la decoración ya que resalta los colores, las formas y las texturas de cada lugar.

Con la implementación del módulo de pruebas se podrá complementar los conocimientos teóricos adquiridos, generando un mejor criterio en la hora de selección de luminarias en un diseño eléctrico.

La importancia de este estudio radica en aprender y enseñar a las personas la manera más eficiente para ahorrar energía eléctrica, manteniendo la calidad, duración y eficiencia de la misma, disminuyendo los costos y gastos ya que con la nueva tecnología LED se logra esto y aún más ya que se contribuye con la vida del planeta porque mientras disminuya el consumo eléctrico, al mismo tiempo no se usaría tantos recursos no renovables y renovables para producirla, y con esto conseguiríamos no generar impacto ambiental. Asimismo, es importante señalar que el sistema de iluminación LED es un aporte para el ecosistema ya que los elementos de los cuales están hecho son reciclables, además los bombillos convencionales generan sodio (Na) o mercurio (Hg). Se busca también dar a conocer el bajo riesgo que esta tecnología está considerada como no nociva, no peligrosa (no explosiva).

Añadir también que esta nueva tecnología de LED puede coexistir perfectamente con los sistemas existentes, ya que la gran variedad de casquillos y sus dimensiones permiten reemplazar, sin gastos de adaptación, lámparas halógenas, incandescentes y fluorescentes por lámparas con tecnología LED.

## **1.5. Hipótesis**

El estudio de luminarias tipo LED basadas en el concepto de eficiencia energética y confort visual, permitirá tener un mejor criterio en el momento de realizar un diseño eléctrico, beneficios económicos y ambientales.

## **1.6. Variables e Indicadores**

Las variables para el DISEÑO DE ILUMINACIÓN son:

- Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- Las condiciones de reflexión de las superficies.
- Los niveles de iluminancia e uniformidad requeridas.
- La disponibilidad de la iluminación requerida.
- El control del deslumbramiento.
- Dimensiones espaciales del ambiente a iluminar.
- Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.
- Propiedades de las fuentes y luminarias, tales como:
  - El índice de reproducción del color, lo natural que aparecen los objetos bajo la luz.
  - La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.
  - El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminaria.

Para desarrollar un diseño de iluminación existen principios básicos de la iluminación óptima para estudiar y trabajar, estas son algunas soluciones generales que se pueden aplicar:

- Aprovechar al máximo niveles bajos de la luz natural, para que esta no incida directamente sobre las personas.
- Considerar la luz artificial como un complemento a la natural en el día y como la fuente principal en la noche, no debe usarse la misma iluminación durante las 24 horas.
- Utilizar una mezcla de iluminación general uniforme, localizada e iluminación focalizada. Todas deben tener controles individuales para variarse durante el día.
- Controlar las fuentes de deslumbramiento y resplandor.
- Si el ambiente emplea computadoras, debe considerar la temperatura, luz y efecto de reflejo en las pantallas.

## **1.7. Metodología**

### **1.7.1. Tipos de Investigación**

- Tipo documental, se realizó consultas en algunas fuentes de información tales como páginas web, catálogos y libros.
- Tipo de campo, se investigó sobre la tecnología existente de nuestro medio para distinguir las diferentes características de todos los elementos empleados en el diseño y construcción del tablero y estructura didáctica. Se basó en aplicaciones del ámbito comercial.

### **1.7.2. Métodos**

#### **1.7.2.1. Método teórico**

- El método analítico – sintético se utilizó para realizar una simplificación de la información adquirida de internet, catálogos y libros, para una mejor comprensión. Se empleó para la elaboración del marco teórico donde fue necesario utilizar varios documentos analizados.
- El método inductivo – deductivo se utilizó para la deducción de los contenidos generales o teorías ya demostradas y desarrollar una forma interpretativa para la explicación del tema que se investigó.



### **1.7.2.2. Método empírico**

- El método de diseño tecnológico se aplicó mediante la observación de espacios exteriores e interiores como oficinas, calles, puentes, residencias, etc. Asimilando las características de las luminarias para el diseño de la estructura para pruebas como de todos los elementos que lo constituyen.
- El método científico se aplicó para poder entender los conocimientos tecnológicos mediante la observación y experimentación, el cual lo aplicamos para realizar una guía de prácticas con las diferentes luminarias que conforman nuestro tema.

### **1.8. Descripción de la propuesta**

El diseño e implementación de una estructura de pruebas didáctica y dinámica para el laboratorio de Instalaciones Eléctricas de las UPS-G se concentra en la realización de un módulo metálico con cuya base se pueda acoplar con bandejas extraíbles, donde estarán ubicadas las diferentes luminarias LED marca SYLVANIA, esto será de ayuda para el fácil montaje y desmontaje de las mismas, el módulo con movimientos cartesianos (arriba y abajo) controlado por un motor eléctrico marca DAYTON, que mediante pulsadores instalados en la pared activarán a unos contactores marca ABB que permitirán su accionamiento para dejar la luminaria a una altura deseada para realizar las pruebas. La estructura poseerá fines de carrera en la parte superior esto es para limitar cuanto puede bajar o subir la bandeja y así evitar el funcionamiento innecesario del motor.

### **1.9. Beneficiarios de la propuesta de intervención**

El beneficiario va ser la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil y los estudiantes de la materia de Instalaciones civiles, Instalaciones industriales y afines a la misma, que van a poder contar con una herramienta muy práctica y real para su futuro profesional.

Con sistemas de iluminación más eficientes se obtiene un beneficio en el medio ambiente, pues consecuentemente se disminuye la generación de energía eléctrica, por el motivo de que los diseños tendrán equipos más eficientes, de menor consumo eléctrico y satisfaciendo las mismas necesidades.

Para abastecer las exigencias energéticas de la sociedad se utilizan combustibles fósiles pesados y contaminantes por el tipo de emisión que producen. Por lo anterior se podría obtener una reducción de Dióxido de Azufre y de Dióxido de carbono, que son la principal causa del efecto invernadero.



Fig. 5: Tecnología LED

Fuente: Salinas, M. (28 de Agosto de 2012). Life's Good Blog. Obtenido de <http://www.blogdelg.es/bombilla-tradicional-bombillas-led-iluminacion-lg/>

### **1.10. Impacto**

El impacto que tendrá esta estructura para pruebas de luminarias LED en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil será muy positivo tanto para los estudiantes de las diferentes materias como para las empresas donde ellos luego laboren, ya que tendrán un conocimiento más práctico y real del área de iluminación, motivará a los estudiantes y futuros profesionales, a seleccionar con mejor criterio las luminarias para sus diseños.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Generalidades

En el mundo la tecnología se desarrolla en un margen competitivo conforme a la demanda que requiere la sociedad. El concepto de crisis energética aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastecen las ciudades se agotan. Actualmente, la necesidad de desarrollar y aprovechar nuevos conocimientos despierta el interés por investigar casos que lleva a satisfacer las necesidades, buscar alternativas para lograr el progreso y bienestar de las personas versus el impacto ambiental que genera tener un mayor consumo eléctrico.

Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran o se desarrollen nuevos métodos para obtener energía, estas serían energías alternativas. Por otra parte, el empleo de fuentes de energía actuales tales como el petróleo, gas natural o carbón acarrear consigo problemas como la progresiva contaminación, o el aumento del efecto invernadero.

Aun así es importante reseñar que la energía alternativas, aun siendo renovables, son limitadas y, como cualquier otro recurso natural tienen un potencial máximo de explotación, lo que no quiere decir que se pueden agotar. Por tanto, incluso aunque se pueda realizar una transición a estas nuevas energías en forma suave y gradual, tampoco van a permitir continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento perpetuo, generar una conciencia de consumo más adecuada y eficiente para contribuir con un desarrollo sostenible, que se basa en tres factores: sociedad, economía y medio ambiente.

“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.”<sup>1</sup>

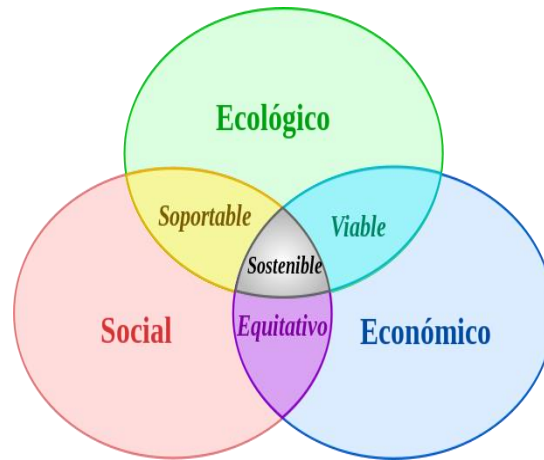


Fig. 6: Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible

Fuente: Comisión Burtland: Nuestro Futuro Común. (1987). Wikipedia. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible)

En el caso de Ecuador, poco a poco se incursiona en la investigación para formar una tecnología estable y competitiva. Pues está claro que el nivel de investigación y conocimientos son puntos muy necesarios en la actualidad, donde las instituciones educativas como las universidades juegan un punto muy importante.

Como estudiantes de Ingeniería debe interesarnos el desarrollo tecnológico del país, evitando al máximo el impacto ambiental que este pueda causar, preocuparnos por aportar un diseño con equipos más eficientes para reducir el consumo eléctrico, como es el caso de luminarias tipo led.

Crear una conciencia en el uso racional de energía, aprovechar al máximo la energía, sin sacrificio de la calidad de vida que nos brindan los servicios que recibimos de ella. Se puede seguir utilizando el computador, el automóvil o cualquier equipo que requiera de

---

<sup>1</sup> Comisión Burtland: Nuestro Futuro Común. (1987). Wikipedia. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible)

energía para funcionar; pero se debe reducir el derroche de energía y la producción de desechos contaminantes. Si se practicara un adecuado uso de la energía eléctrica, se lograría un gran impacto con beneficios económicos y ambientales.

Cuando se refiere a luminotecnia se habla de la técnica de la iluminación con la luz artificial para espacios abiertos (exteriores) o cerrados (interiores), con fines laborales o artísticos.

## **2.2. La luz**

### **2.2.1. Luz concepto y características**

“Según la RAE Real Academia Española la definición de luz es:

1. f. Agente físico que hace visible a los objetos.
2. f. Claridad que irradian los cuerpos en combustión, ignición o incandescencia.
3. Fís. Radiación electromagnética en el espectro visible.”<sup>2</sup>

La primera definición es más o menos clara: La luz es aquello que hace que los objetos puedan ser vistos. En otras palabras, no se ve un objeto sino la luz que incide sobre el mismo y que se puede percibir.

La segunda tampoco lleva a dudas, cuando se quema un objeto este produce luz y el caso más común es la llama de una vela.

La incandescencia es un concepto distinto, es la emisión de luz por parte de un objeto por estar a una temperatura. La lava por ejemplo no es más que roca líquida muy caliente que emite luz por estar a temperaturas elevadas.

---

<sup>2</sup> Real Academia Española. (Octubre de 2014). Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=luz>

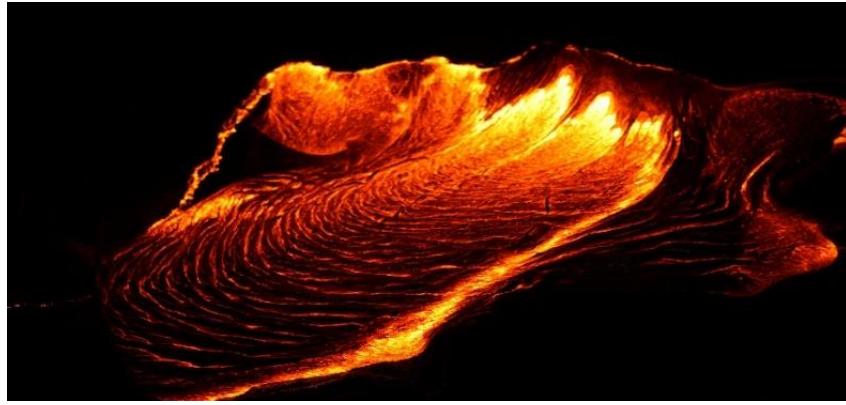


Fig. 7: Lava

Fuente: KALAPANA Cultural Tours. (17 de Abril de 2013). Obtenido de <http://www.kalapanaculturaltours.com/Blog/2013/04/17/guided-lava-hike-april-15-2013/>

De hecho, la llama de una vela son partículas procedentes de la combustión que se calientan.

El universo por doquier se encuentra rodeado por Ondas Electromagnéticas de diversas longitudes, las ondas electromagnéticas propagan energía producida por oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos y no necesitan medio material de propagación. La luz es la porción de este espectro que estimula la retina del ojo humano permitiendo la percepción de los colores. Esta región de las ondas electromagnéticas se llama Espectro Visible y ocupa una banda muy estrecha de este espectro.

La Longitud de Onda  $\lambda$  se define como la distancia recorrida por la onda en un periodo. Este parámetro queda determinado mediante el producto de la velocidad de propagación  $v$ , por el tiempo que tarda en realizar una ciclo  $T$ .

$$\lambda = v \cdot T \text{ (m/s} \cdot \text{s = m)}$$

La frecuencia se define como el número de periodos que tienen lugar en la unidad de tiempo. Como el periodo es inverso a la frecuencia.

$$T = 1 / f$$

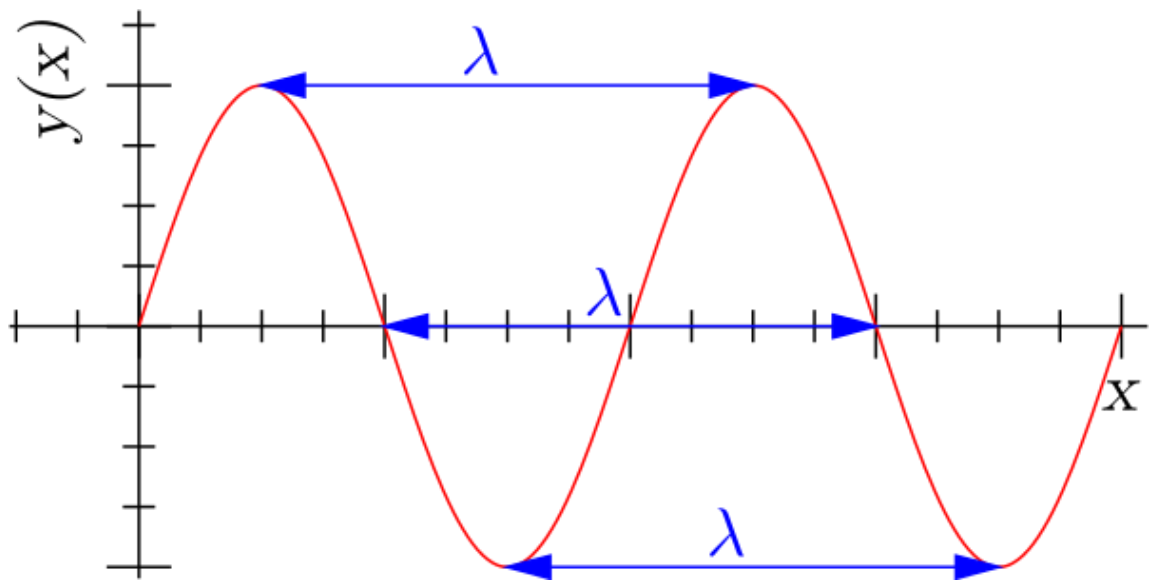


Fig. 8: Longitud de Onda

Fuente: Lyon, R. F. (1 de Julio de 2009). Wikipedia. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Longitud\\_de\\_onda](http://es.wikipedia.org/wiki/Longitud_de_onda)

Cuando la luz es separada en sus diversas longitudes de onda componentes es llamada espectro. Si se hace pasar la luz por un prisma de vidrio transparente, produce un espectro formado por los colores, rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Este fenómeno es causado por las diferencias de sus longitudes de onda. El rojo es la longitud de onda más larga y el violeta la más corta. Dado que las radiaciones electromagnéticas son de la misma naturaleza y todas se propagan en el vacío a la misma velocidad ( $v = 3 \cdot 10^8$  m/s), las características que las diferencia es su longitud de onda. El ojo humano percibe estas diferentes longitudes de onda como colores, el espectro visible para el ojo humano es aquel que va desde los 380nm de longitud de onda para el color violeta hasta los 780nm para el color rojo, fuera de estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.

¿Penetra la atmósfera terrestre?

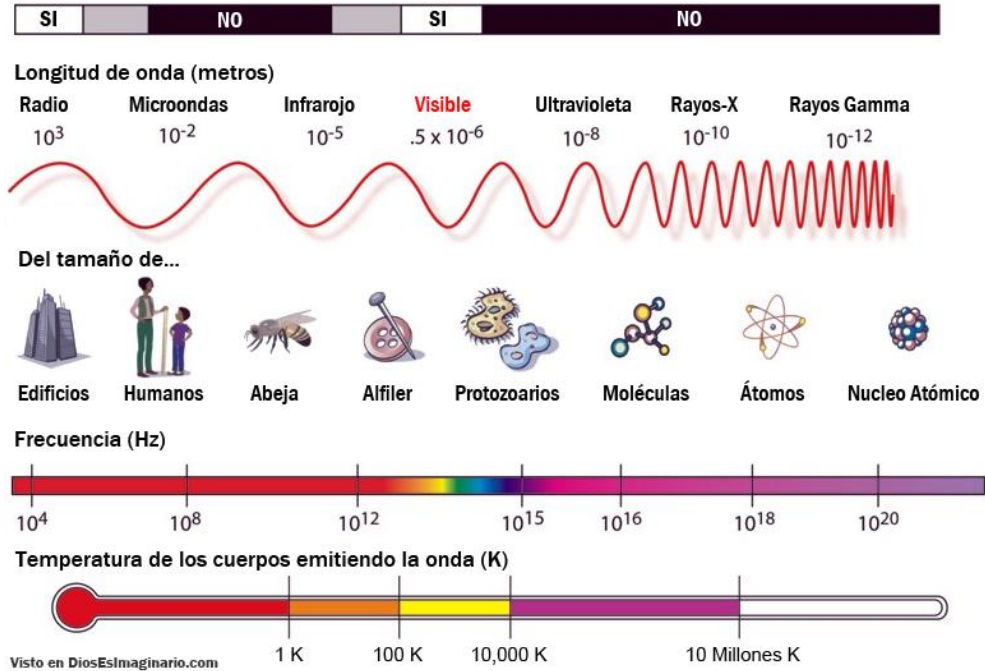


Fig. 9: El Espectro Electromagnético

Fuente: Casanova, V. (28 de Junio de 2012). Astrofísica y física. Obtenido de <http://www.astrofiscayfisica.com/2012/06/que-es-el-espectro-electromagnetico.html>

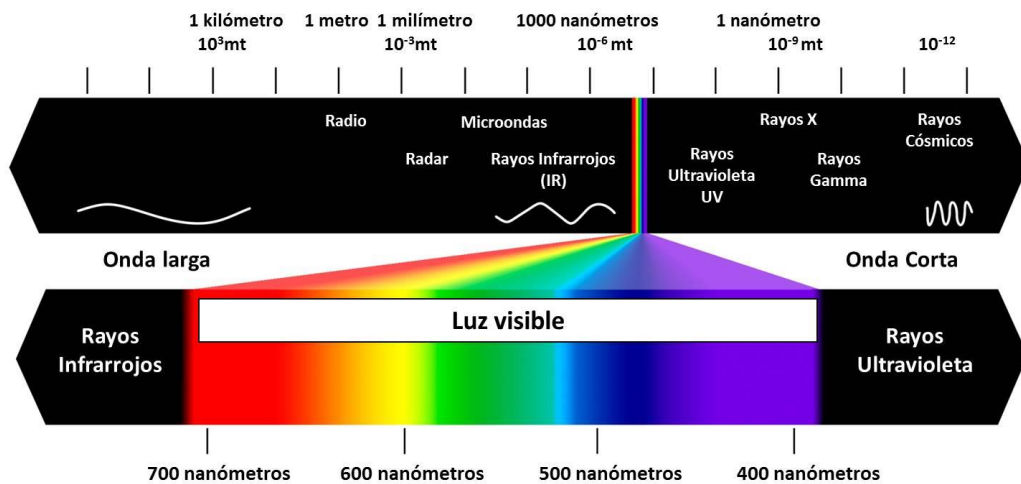


Fig. 10: Luz Visible

Fuente: Estefani, G. (Abril de 2013). Artinaid. Obtenido de <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-la-luz-o-el-electromagnetismo/>



Una lámpara es un convertidor de energía. Aunque pueda realizar funciones secundarias, su principal propósito es la transformación de energía eléctrica en radiación electromagnética visible. Hay muchas maneras de crear luz, pero el método normalmente utilizado en la iluminación general es la conversión de energía eléctrica en luz.

La incandescencia mencionada anteriormente es un fenómeno de emisión de luz porque todos los objetos emiten radiación electromagnética por estar a una temperatura. Es decir, nosotros, las paredes, el suelo, etcétera por estar a una temperatura emitimos una radiación electromagnética. A mayor temperatura, más energía tendrá hasta el punto de ser visibles.

Se perciben los objetos porque emiten, absorben, transmiten, reflejan las radiaciones electromagnéticas. Por tal motivo en días soleados la ropa con colores claros es más fresca que la de colores oscuros porque el blanco refleja toda la luz y el negro lo absorbe.

### 2.3. El sentido de la vista

#### 2.3.1. El Ojo

La luz es el grupo de radiaciones electromagnéticas capaces de excitar los receptores sensoriales del ojo. El ojo está diseñado para captar la luz y transformarla en impulsos nerviosos.

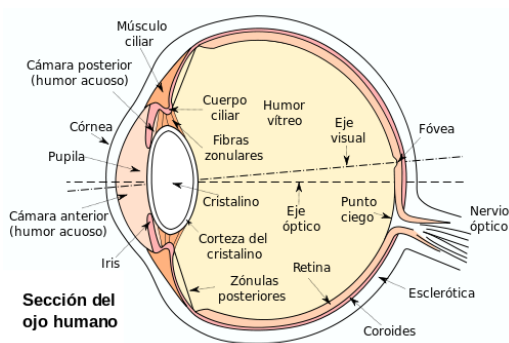


Fig. 11: El Ojo Humano

Fuente: Ceballos, J. (26 de Febrero de 2011). Optica por la cara. Obtenido de <http://opticaporlacara.com/2011/02/el-ojo-humano-en-numeros/>

- El ojo está posee seis músculos que permiten su movimiento: cuatro rectos y dos oblicuos.
- El párpado protege al ojo, su movimiento limpia y lubrica la córnea.
- La córnea es una membrana transparente que refracta la luz, protege el iris y el cristalino.
- El ojo básicamente es una esfera llena de líquido transparente (humor acuoso) y un líquido gelatinoso (humor vítreo). Ambos tienen una concentración muy alta en agua, 99%.
- El campo visual horizontal es de 90° a 100° a la derecha del ojo derecho y a la izquierda del ojo izquierdo, de unos 60° a la izquierda del ojo derecho y a la derecha del ojo izquierdo. En sentido vertical, el campo visual superior es de 65° y la parte inferior de 70°.
- El cristalino es una lente ajustable por medio del músculo ciliar. Carece de vasos sanguíneos y sus células se nutren a través del humor acuoso.
- El iris es una membrana que ajusta la cantidad de luz que entra por el agujero central llamado pupila.
- La retina es donde se alojan los receptores de luz: conos y bastones.
- El punto ciego es donde se conectan los nervios ópticos y carece de receptores.
- Los bastones unos 125 millones por ojo, son células muy sensibles que se saturan con poca luz y solo distinguen el blanco, negro y la gama de grises. Alrededor de ellos hay un líquido de color púrpura, llamado púrpura retina, que ayuda a la visión nocturna.
- Los conos unos 7 millones por ojo se concentran en la fovea y su entorno (mácula). Son de tres tipos según el color que distinguen (rojo, verde o azul) su gran calidad de respuesta ante las variaciones de la luz hace que se empleen de día.

Solo una zona del ojo, la fovea, ve en color y calidad, mientras el resto del ojo ve en grises, el iris mediante la abertura de la pupila, controla la cantidad de luz que se refracta a través del cristalino para incidir finalmente en la retina, donde el pigmento fotosensible de los foto receptores la registran en imágenes invertidas y mucho más pequeña de lo natural. Resulta extraño que si en nuestro campo de visión abarca unos 180° en el plano horizontal y unos 130° en el plano vertical, veamos con nitidez y claridad. Deberíamos ver en gris, borroso, invertido y con un punto negro debido al punto ciego que carece de receptores. Lo que sucede es que el ojo toma fotos como si fuera una cámara y el cerebro se encarga de hacer el retoque eliminando la información no necesaria y sobreponiendo una imagen sobre otra para obtener imagen clara y nítida.

### **2.3.2. Percepción de los objetos**

Sabemos ya cómo trabaja el ojo y el cerebro, básicamente es eliminando información innecesaria, nos fijamos en aquello que más atención provoca.

Para enfocar los objetos próximos aumenta la convexidad de la lente mediante la contracción de los músculos ciliares. Cuando mas cerca esta el objeto la lente debe hacerse mas convexa. Esto es parte del proceso conocido bajo el nombre de acomodación; incluye cambios en el diámetro de la pupila. Cuando el ojo esta enfocado sobre objetos distantes la pupila es relativamente grande. Cuando la atención se traslada sobre objetos cercanos, la pupila se contrae algo, realizando una apreciación mas detallada y penetrante, pero permitiendo entrar menos luz en el ojo.

El ojo es capaz de funcionar bajo un campo amplio de niveles de iluminación, mediante de un proceso llamado adaptación. Este comprende un cambio en las dimensiones de la pupila, al mismo tiempo que cambios fotoquímicos en la retina. El tamaño de la abertura de la pupila es una consecuencia de la cantidad de luz recibida en el ojo fundamentalmente. La pupila se dilata mucho en un medio muy oscuro, pero si esta mas iluminado la dilatación se hace menor. Esto es perceptible, cuando se pasa de un área bien iluminada a otra mucho mas oscura, o cuando una fuente de luz brillante penetra en el diámetro de la visión.

El tiempo requerido para el proceso de adaptación depende de la magnitud del cambio. En general la adaptación a un nivel más alto se verifica más rápidamente que en caso

contrario. La adaptación a mayor luz ordinariamente se verifica durante el primer minuto, mientras que la adaptación a la oscuridad avanza muy rápidamente durante los primeros treinta minutos y puede requerir una hora para la adaptación a la completa oscuridad. Estos son hechos que se deben tomar en cuenta en el diseño de la iluminación de salas de lectura, salas de proyecciones o cualquier otro caso en el que la vista tenga que pasar de manera rápida de un nivel de iluminación a otro.

Percibimos lo primero que resalta, lo más grande, lo que mejor se vea y lo que más luz tenga porque además no se perciben igual los colores de día como la noche. El médico Jan Evangelista Purkyne descubrió que cuando la intensidad de la luz disminuye, los objetos rojos parecen perder intensidad más rápido que los objetos azules con el mismo brillo. De día utilizamos los conos con los que vemos mejor los colores, mientras que en la noche utilizamos los bastones, apreciando mejor el azul y el violeta.

Este fenómeno lo descubrió por casualidad mientras daba un paseo, apreció que por las mañanas los geranios tenían un color rojo intenso y al anochecer adquirían un tono granate oscuro y las hojas verdes destacaban más.

Cuando el ojo trabaja con luz diurna ó con buena iluminación, se dice que está en la región fotópica, donde el ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555nm que corresponde al color amarillo verdoso y la mínima a los colores rojo y violeta (actúan ambos sensores de la retina: los conos, fundamentalmente sensibles al color y los bastones, sensibles a la luz). Cuando el ojo trabaja en la noche, está en la región escotópica, que consiste en el desplazamiento de la curva hacia las longitudes de onda más bajas, quedando la sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507nm, esto significa que, aunque no hay visión de color (no trabajan los conos), el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul del espectro y casi ciego al rojo; es decir, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho mas brillante. Mientras en un punto intermedio, está en la región mesópica, donde no hay mucha luz ni tampoco oscuridad.

Ello justifica que en algunos alumbrados públicos de avenidas, carreteras y grandes superficies se efectúen el alumbrado con lámparas de vapor de sodio que reproducen mal los colores, pero aportan gran cantidad de luz.

Es de suma importancia el tener en cuenta estos efectos cuando se trabaje con bajas iluminancias.

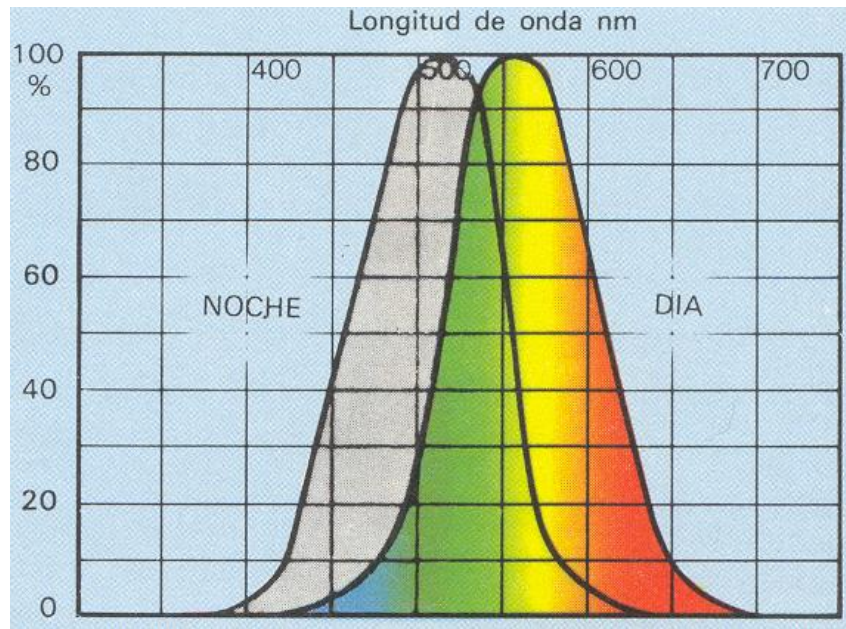


Fig. 12: Curva Efecto Purkinje

Fuente: Veo veo, ¿Qué ves? (30 de Abril de 2012). Obtenido de <http://www.veoveoqueves.com/2012/04/30/efecto-purkinje/>

Un ejemplo de esto, es el uso de luz roja en los submarinos para la iluminación, por el motivo de que se puede salir al exterior de noche sin necesidad de que el ojo tenga que ajustarse al cambio, esto se debe a que el ojo está activo en la región escotópica.

#### 2.4. Sistemas de alumbrado

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

Los métodos de alumbrado nos indican como se reparte la luz en los espacios iluminados. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos tres casos:

### **2.4.1. Alumbrado general**

Proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local, tendiendo a generar una distribución simétrica.

### **2.4.2. Alumbrado general localizado**

Proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Presenta algunos inconvenientes con respecto al alumbrado general. En primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es qué pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo; es evidente que si no podemos mover las luminarias se tendrá un serio problema. Se puede conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.

### **2.4.3. Alumbrado localizado**

Se emplea este modelo de alumbrado cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo práctico es la iluminación en la cama de una sala de cirugía. Requerimos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux, exista obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplea este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

## **2.5. Magnitudes luminosas**

La luminotecnia utiliza toda una serie de magnitudes para la representación cuantitativa de las propiedades de las fuentes de luz, o de sus efectos luminosos.

### 2.5.1. Flujo Luminoso

El flujo luminoso es la energía de la luz emitida en todas direcciones por una fuente luminosa o luminaria por unidad de tiempo. Su unidad de medida es el Lumen [lm] y está representado por la letra griega  $\Phi$ .



Fig. 13: Flujo Luminoso

Fuente: ETAP. (Abril de 2013). ETAP LIGHTING. Obtenido de [www.etaplighting.com](http://www.etaplighting.com)

Si se toman dos focos del mismo tipo pero de diferentes potencias, podemos observar que el de mayor potencia va a suministrar más luz.

La medida del flujo luminoso es relativamente sencilla y es fácil de entender observando la siguiente imagen. Si se toma una esfera con la superficie interior de color blanco capaz de reflejar la luz en todas las direcciones y longitudes de onda de la manera más uniforme posible (esto se denomina Esfera de Ulbricht fig. 14). Ahora se coloca un sensor que se comporta igual que el ojo humano y delante del mismo una pantalla de las mismas propiedades que la superficie de la esfera para evitar que incida la luz directamente. Así la luz que llega al sensor vendrá de todas las direcciones y la cantidad de flujo emitido por la fuente será proporcional al recibido por el sensor, es resto ya es aplicar fórmulas matemáticas.



Fig. 14: Esfera de Ulbricht

Fuente: Holloway, J. (11 de Abril de 2013). GIZMAG. Obtenido de <http://www.gizmag.com/energy-star-led-light-bulbs/27027/>

### 2.5.2. Iluminación o Iluminancia

Es el índice representativo de la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Se define como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie y el tamaño de la misma. Su unidad de medida es el Lux [lumen/m<sup>2</sup>] y está representado por la letra E. En definitiva, para una determinada superficie, la iluminancia será:

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

Siendo:

E: Iluminancia o Intensidad de iluminación [lx]

S: Área de la superficie a iluminar [m<sup>2</sup>]

$\Phi$ : Flujo luminoso [lm]



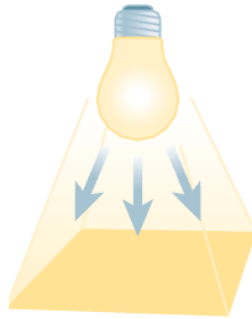


Fig. 15: Iluminación

Fuente: ETAP. (Abril de 2013). ETAP LIGHTING. Obtenido de [www.etaplighting.com](http://www.etaplighting.com)

Para realizar la medición de luxes el equipo adecuado es el Luxómetro, que no es más que un receptor fotosensible (fig. 16).



Fig. 16: Luxómetro

Fuente: Autores, (2014), Equipo para realizar mediciones de Lux, Obtenido de foto digital

Se puede comprobar esto realizando el siguiente ejercicio, se toma una linterna y la dirigimos el haz luminoso con dirección a la pared, con distintos ángulos o distancias se puede observar cómo cambio el nivel de iluminación de la superficie.

Se logra observar que la intensidad de luz que llega a nuestros ojos cambia con el ángulo con el que incide en una superficie. La intensidad se puede descomponer como parte vertical y horizontal, es como si se atara una cuerda en un punto fijo y se jalara en varias direcciones. La fuerza se descompone en tres dimensiones, con la luz es lo mismo ya que esta no sale de la fuente en la misma dirección y eso es evidente porque el haz de luz se abre.

Caso contrario sucede con la luz láser, esta consigue orientar todo el flujo luminoso en una sola dirección, pero si inclinas paralelamente a una superficie proyectarás la luz de forma distinta tal y como se puede apreciar a continuación (fig. 17).

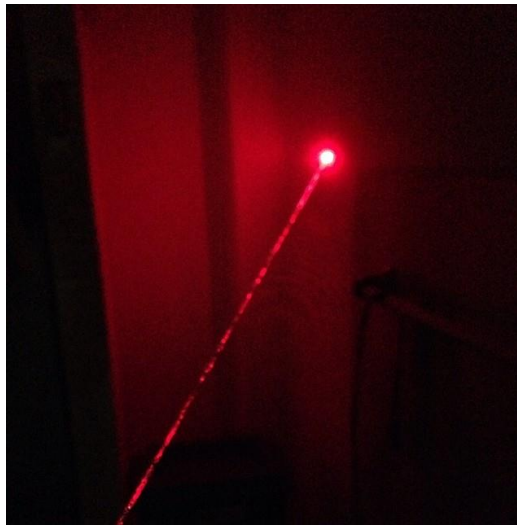


Fig. 17: Láser

Fuente: Autores, (2014), Haz de luz de un láser, Obtenido de foto digital

Tomemos una fuente que emite luz a una superficie de forma perpendicular a una superficie dada.

$$E_H = \frac{I * \cos(\alpha)}{d^2} = \frac{I * \cos^3(\alpha)}{h^2}$$

$$E_V = \frac{I * \sin(\alpha)}{d^2} = \frac{I * \cos^2(\alpha) * \sin(\alpha)}{h^2}$$

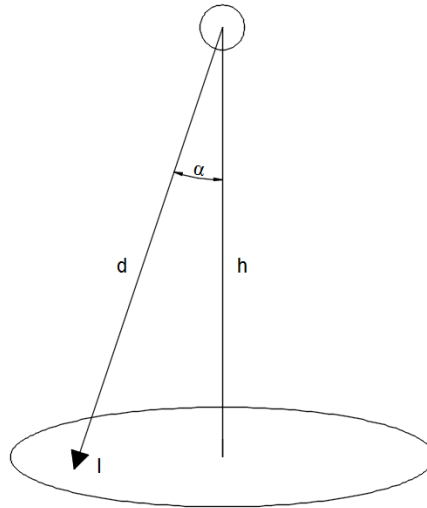


Fig. 18: Fuente de luz

Fuente: Autores, (2014), Fuente de luz perpendicular a una superficie, Obtenido de Auto CAD

Para un punto de altura  $h$  en un plano cartesiano  $xy$ , así se podrá calcular la iluminancia horizontal y vertical en un punto de una superficie ( $\text{lux}/\text{m}^2$ ).

En la práctica conocer las fórmulas no representa mayor exigencia, ya que los programas de cálculo las aplican por defecto. Lo único que explican es que de una cantidad de luz que va en una dirección, se proyectará en función de la inclinación dada.

Conociendo la intensidad luminosa en cualquier dirección y repitiendo el cálculo en varios puntos, tendremos valores distintos, donde podemos definir los siguientes conceptos:

- Iluminancia media horizontal ( $E_m$ ): Valor medio de la iluminancia en una superficie. Lux.
- Iluminancia mínima horizontal ( $E_{min}$ ): Valor mínimo de la iluminancia.
- Iluminancia máxima horizontal ( $E_{max}$ ): Valor máximo de la iluminancia.
- Iluminancia media vertical: Valor medio la iluminancia en un plano vertical.
- Uniformidad media de iluminancias ( $U_m$ ): Relación entre iluminancia mínima y la media de una instalación de alumbrado.
- Uniformidad General de iluminancias ( $U_g$ ): Relación entre iluminancia mínima y la iluminancia máxima.

Según el RD 486/1997, en el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, se establecen los siguientes niveles mínimos de iluminación:

Tabla 1: Nivel mínimo de iluminación (Lux)

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (Lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1. Bajas exigencias visuales	100
2. Exigencias visuales moderadas	200
3. Exigencias visuales altas	500
4. Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50
(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en las vías de circulación a nivel del suelo	

Fuente: REAL DECRETO. (1995). Prevención de Riesgos Laborales. 12. Unión Europea.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando ocurran las siguientes circunstancias:

- a) En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b) En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias

o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.<sup>3</sup>

Aunque existen normas que recomiendan los niveles adecuados de iluminación para la mayoría de ambientes según la actividad que se va a realizar, para tener una idea general, cuanto mayor sea la dificultad de percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de la iluminación.

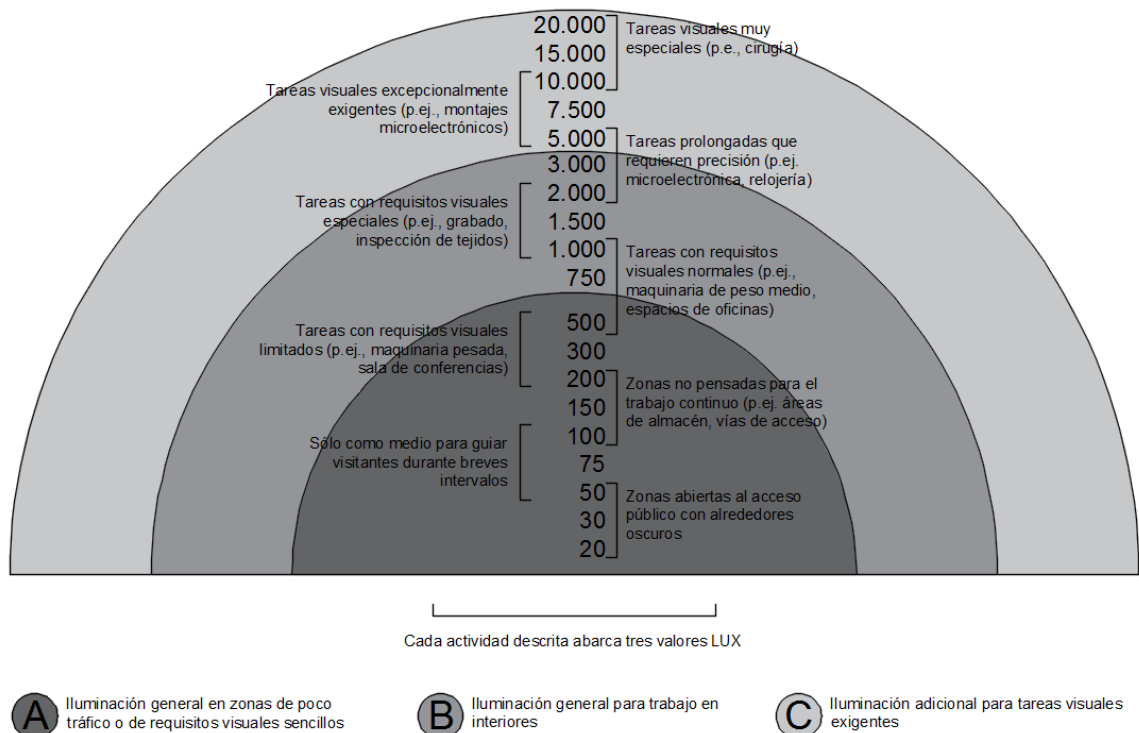


Fig. 19 Iluminancia Recomendada

Fuente: Comité Europeo Normalizador (CENTC 169). (s.f.). Iluminación. En La prevención de riesgos en los lugares de trabajo.

### 2.5.3. Intensidad Luminosa

Una fuente de luz emite una determinada cantidad de flujo luminoso en todas direcciones con mayor o menor uniformidad dependiendo de la fuente que lo produzca. La intensidad

<sup>3</sup> REAL DECRETO. (1995). Prevención de Riesgos Laborales. 12. Unión Europea.

luminosa es ese flujo emitido en una dirección determinada, por el ángulo sólido que lo contiene. Su unidad de medida es la Candela [cd], es la unidad básica de la luminotecnia de la misma se derivan todas las demás magnitudes y está representado con la letra I. En definitiva, para una determinada dirección del espacio, la intensidad lumínica será:

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

Siendo:

I = Intensidad lumínica [cd]

$\Phi$  = Flujo Luminoso [lm]

$\omega$  = Ángulo solido [°]



Fig. 20: Intensidad luminosa

Fuente: ETAP. (Abril de 2013). ETAP LIGHTING. Obtenido de [www.etaplighting.com](http://www.etaplighting.com)

Una candela es 1 lumen que atraviesa un ángulo sólido de un estereorradián, se define como estereorradián como la porción de superficie de una esfera de radio R referenciada al cuadrado del radio  $S/R^2$ . Un estereorradián es un cono cuya base posee una superficie  $S=R^2$ , formando un ángulo espacial que se denomina ángulo sólido ( $\Omega$ ). Por lo tanto que si a una distancia R de la fuente, el flujo atraviesa una superficie S, al doble de distancia se tendrá 4 veces más superficie, de modo que la intensidad luminosa será la misma.

En las luminarias, la intensidad luminosa se muestra en forma de diagrama polar. La distribución en el espacio de la intensidad luminosa de una fuente de luz resulta en un cuerpo tridimensional de distribución. La sección a través de este cuerpo de intensidad luminosa nos da la curva de distribución de intensidad luminosa, que describe la distribución de la intensidad luminosa en un sistema de coordenadas radiales como función del ángulo de irradiación. A fin de poder comparar directamente la distribución

de la intensidad luminosa de varias fuentes de luz diferentes, estos datos se relacionan con 1000 lm de flujo luminoso. En el caso de luminarias de rotación simétrica, basta con tener una sola curva de distribución de intensidad luminosa para la descripción de la luminaria. Las luminarias axisimétricas necesitan de dos curvas, siendo representadas ambas generalmente en un diagrama único.

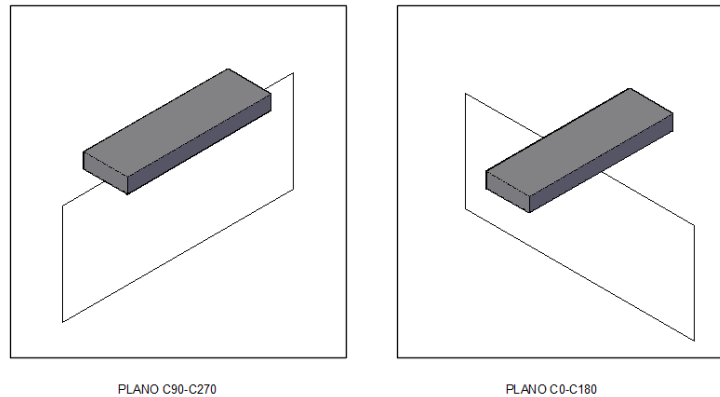


Fig. 21: Diagrama Polar

Fuente: Autores, (2014), Diagrama Polar, Obtenido de Auto CAD

#### 2.5.4. Luminancia

La luminancia es la cantidad de luz emitida en una dirección dada por una superficie luminosa o iluminada. Su unidad de medida es la candela por superficie [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] y está representado por la letra L.

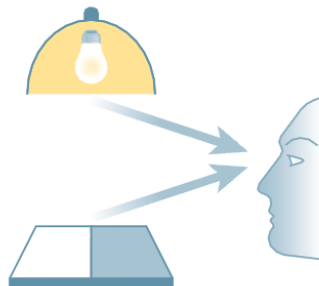


Fig. 22: Luminancia

Fuente: ETAP. (Abril de 2013). ETAP LIGHTING. Obtenido de [www.etaplighting.com](http://www.etaplighting.com)

La superficie proyectada será proporcional al coseno del ángulo que se forma de modo que se tiene que

$$L = \frac{I_{\alpha}}{A(\text{m}^2) * \cos(\alpha)}$$

Simplificando los conceptos la iluminancia es el flujo luminoso que llega a una superficie y la luminancia es la luz que procede de esa misma superficie. A su vez dicha luz puede ser procedente de la superficie misma (p. ej. en el caso de la luminancia de lámparas y luminarias). También vemos que la luminancia se encuentra definida como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie proyectada sobre el plano perpendicularmente a la dirección de irradiación. Pero es posible que la luz sea reflejada o transmitida por la superficie. En el caso de materiales que reflejan en forma dispersa (mateados) y que transmiten en forma dispersa (turbios), es posible averiguar la luminancia a base de la iluminancia y el grado de reflexión (reflectancia) o transmisión (transmitancia). La luminosidad está en relación con la luminancia; no obstante, la impresión verdadera de luminosidad está bajo la influencia del estado de adaptación del ojo, del contraste circundante y del contenido de información de la superficie a la vista.

La luminancia se mide mediante un luminancímetro o luxómetro de coseno. Constructivamente es un luxómetro que restringe el campo de luz.



Fig. 23: Luxómetro

Fuente: PCE IBERICA. (s.f.). PCE IBERICA. Obtenido de [http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor\\_de\\_luz-ls.htm](http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor_de_luz-ls.htm)



De forma similar que con la iluminancia, con la luminancia se obtienen las siguientes consideraciones:

- Luminancia media ( $L_m$ ): Valor medio de la luminancia en una superficie.  $Cd/m^2$ .
- Uniformidad global de luminancias ( $U_o$ ): Es la relación entre la luminancia mínima y la media.
- Uniformidad longitudinal de luminarias ( $U_i$ ): En alumbrado viales, es la relación mínima/media a lo largo de un eje de circulación.

### 2.5.5. Rendimiento y eficiencia luminosa

En nuestra época es muy importante en el diseño tener la consideración de rendimiento y la eficiencia luminosa de las cargas eléctricas, el rendimiento es la relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria y el flujo luminoso de la lámpara, la eficiencia luminosa es la relación entre del flujo luminoso entregado, en lumen, y la potencia consumida, en vatios ( $\Phi [lm] / P [W]$ ). Cuando entra a funcionar una lámpara, una parte de la energía eléctrica se transforma en luz emitida y otra parte se convierte en calor. Exceptuando unos pocos casos, no deseamos que una bombilla caliente el ambiente, sino que lo ilumine. Una lámpara eficaz convierte la mayor parte de la energía eléctrica en emisión de luz. Si dos luminarias tienen la misma emisión de luz, pero utilizamos la que tiene mejor eficiencia, ahorraremos energía y dinero por mantener el mismo nivel de iluminación durante cierto tiempo.

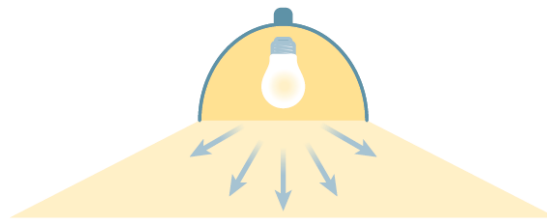


Fig. 24: Rendimiento

Fuente: ETAP. (Abril de 2013). ETAP LIGHTING. Obtenido de [www.etaplighting.com](http://www.etaplighting.com)

Del estudio fotométrico que se realiza en un laboratorio de luminotecnia sobre una luminaria, uno de los datos más importantes a conocer y tener en consideración en nuestro diseño es el rendimiento de la luminaria. El rendimiento se expresa en porcentajes y está representado por la letra  $\eta$ , esto permite conocer que cantidad de flujo luminoso de la fuente de luz utilizada es restituído por dicha luminaria. Tener un bajo rendimiento en las luminarias que utilicemos en nuestros diseños representa tener una instalación costosa tanto como en la inversión inicial como en el costo del consumo eléctrico, por cuanto se deberán colocar demasiadas luminarias para obtener el nivel de iluminación deseado.

### 2.5.6. Curva de distribución luminosa

La curva de distribución luminosa también conocida como curva fotométrica, define la forma y la dirección de la distribución de la luz emitida por la luminaria en el espacio. Esta curva es el resultado de tomar mediciones de la intensidad luminosa en diversos ángulos alrededor de una luminaria y transcribirlos en forma gráfica, generalmente en coordenadas polares. Es una de las principales características especificadas por el fabricante, y permite evaluar la intensidad y direccionalidad del flujo emitido, esta información se utiliza para conocer de antemano como se distribuye la luz y poder hacer una selección adecuada para una aplicación determinada.

Las coordenadas que dan forma al sólido fotométrico y determinan la distribución luminosa de la luminaria en el espacio son la intensidad luminosa (I), plano vertical (C) y la inclinación con respecto al eje vertical ( $\gamma$ ).

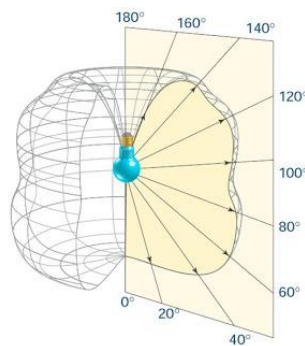


Fig. 25: Curva Fotométrica

Fuente: Rodríguez, L. (s.f.). Iluminación de interiores. Obtenido de <http://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/2009/04/curva-de-distribucion-luminosa.html>

Como es complicado trabajar en tres dimensiones, para simplificar el trabajo se realizan cortes al sólido fotométrico de modo que se obtiene una curva en dos dimensiones, mostrando dos de sus planos verticales C0-180 y C90-270 conocida como curva polar.

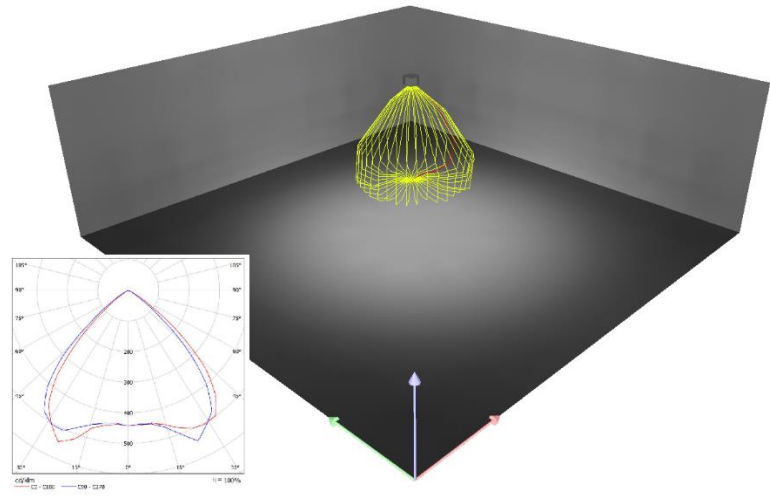


Fig. 26: Fotometría y Curva Polar

Fuente: Autores, (2014), Fotometría de la luminaria entregada por Fabricante Sylvania, Obtenida de Dialux

Normalmente las curvas están referidas a un flujo de 1000 lúmenes. Para conocer el valor real de la intensidad es necesario realizar el cálculo.

$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} * \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000}$$

De esta manera mediante la curva de distribución luminosa podrá calcularse la iluminancia que produce una luminaria en un punto de una superficie. Podrá calcularse dicha iluminancia tomando la curva de intensidad luminosa en el ángulo correspondiente a la dirección de enfoque aplicando la ley del coseno.

$$E_H = \frac{I * \cos(\alpha)}{d^2} = \frac{I * \cos^3(\alpha)}{h^2}$$

El uso de la curva fotométrica permitirá elegir una luminaria más adecuada que cumpla con la iluminación deseada y lograr un proyecto más económico. Una luminaria de distribución “ancha” y de buen rendimiento permitirá tener una distancia mayor entre luminaria y luminaria sin sacrificar la uniformidad.

Las características de la distribución luminosa permiten clasificar las luminarias en grupos que tienen propiedades parecidas, la más importante de las funciones que cumple una luminaria es la de modificar la distribución del flujo luminoso que emite la fuente a la cual contiene. Así podrá convertirse en un proyector, haciendo que la emisión sea fuertemente concentrada, o en difusora, y apantallar las lámparas ocultándolas del ángulo de visión para evitar deslumbramiento. La CIE establece una clasificación de las luminarias en función de su distribución hacia el hemisferio superior y hemisferio inferior.

Tabla 2: Distribución del Flujo Luminoso

Tipo de luminaria	Hemisferio Superior [%]	Hemisferio Inferior [%]
Directa	0-10	90-100
Semi – directa	10-40	60-90
General difusa	40-60	40-60
Directa - indirecta	40-60	40-60
Semi – indirecta	60-90	10-40
Indirecta	90-100	0-10

Fuente: CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). (1986). Guide on interior lighting. Publicación 29.2, Second Ed.

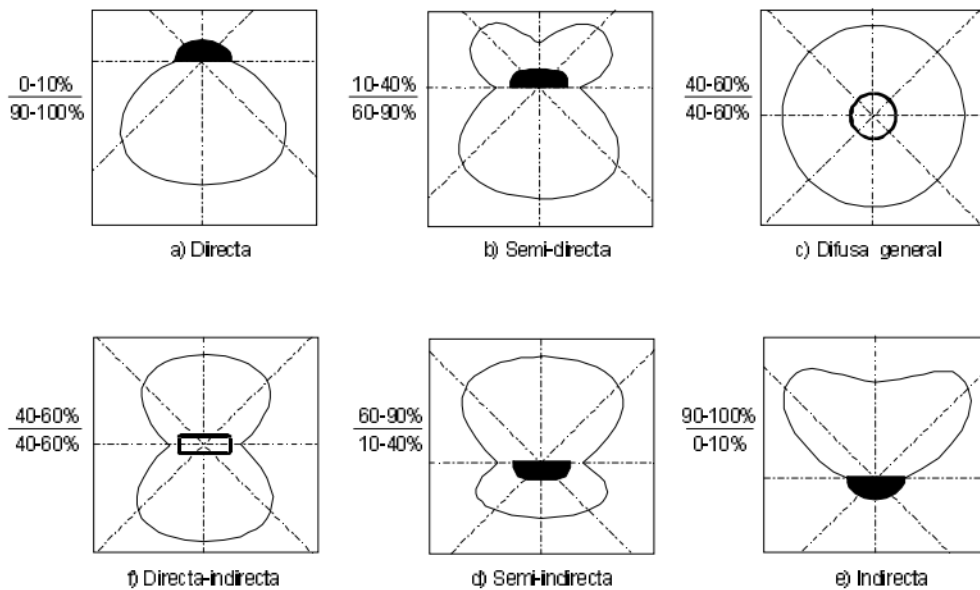


Fig. 27: Distribución Luminosa

Fuente: CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). (1986). Guide on interior lighting. Publicación 29.2, Second Ed.

- Iluminación directa: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es del 90 - 100% y en el hemisferio superior es del 0 - 10%. Alta eficiencia energética. Posibilita buena uniformidad. La distribución puede variar desde aquellas de haz abierto hasta la de haz estrecho, dependiendo del material reflector, terminación, contorno, apantallamiento y controles ópticos empleados. Puede requerir iluminación suplementaria para mejorar la uniformidad en el plano vertical. En general requiere control de luminancias para minimizar deslumbramientos (directo y reflejado).
- Iluminación semi-directa: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior está entre 60 – 90% y en el hemisferio superior es de 10 – 40%. Posee menor eficiencia energética que las de iluminación directa. El flujo es emitido hacia abajo y el resto hacia el techo o paredes superiores, suaviza sombras y mejora las relaciones de claridad. No deben instalarse cerca del cielorraso para evitar áreas de alta luminancia que podrían resultar distractoras, perturbadoras y afectar la estética del ambiente.
- Iluminación difusa: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior está entre 40 – 60% y en el hemisferio superior es de 40 – 60%. Es decir el flujo luminoso es emitido en igual cantidad hacia arriba y hacia abajo. La luz reflejada produce buenas relaciones de claridad y suavizado de sombras. Puede ocasionar deslumbramiento (directo o reflejado), requiere altas reflectancias en las paredes.
- Iluminación directa – indirecta: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio superior es la misma que en el hemisferio inferior entre en 40 – 60%. Características similares que la iluminación difusa pero con una mayor eficiencia energética. Emiten poco flujo en ángulos próximos a la horizontal a lo cual reduce las luminancias en la zona de deslumbramiento.
- Iluminación semi – indirecta: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es de 10 – 40% y en el hemisferio superior esta entre 60 – 90%. Similar al tipo semi – directo pero con menor eficiencia energética. La baja componente directa reduce las luminancias deslumbrantes. Las superficies del local deben tener una reflectancia considerable.
- Iluminación indirecta: Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es de 0 – 10% y en el hemisferio superior es de 90 – 100%. El mayor flujo

luminoso es emitido hacia arriba sobre el techo o paredes superiores. Elimina virtualmente las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado pero tiene baja eficiencia energética. Las superficies del local deben tener alta reflectancia.

### 2.5.7. Deslumbramiento

El deslumbramiento ocurre cuando en nuestro campo de visión observamos con una fuente de luz (directo) o cuando la luminancia de un objeto (reflejado) es superior al conjunto en el cual se encuentra. En este caso sólo percibimos el objeto de mayor intensidad sin poder distinguir bien nuestro entorno debido a la saturación que se produce en nuestros ojos. Se debe controlar para eliminarlo o disminuirlo en la medida de lo posible, debido a que puede producir velo de visión borrosa (deslumbramiento perturbador) o fatiga al recibir la luz de manera constante (deslumbramiento molesto).



Fig. 28: Deslumbramiento

Fuente: DISCAPNET. (s.f.). Obtenido de [http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion\\_Riesgos/Prevencion/Paginas/06\\_Condiciones\\_Ambientales.aspx](http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion_Riesgos/Prevencion/Paginas/06_Condiciones_Ambientales.aspx)

Una manera sencilla de impedir el deslumbramiento evitar que mucha luz incida en el ojo. La medida de este deslumbramiento se mide mediante el UGR Unified Gare Rating

(Índice de Deslumbramiento Unificado), creado por la CIE el año 1995, que describe el brillo molesto según la posición del observador con respecto a la dirección de la vista. Otro método para evitar el deslumbramiento es el establecido por la CIE es el empleo de los Diagramas de Söllner, estos diagramas muestran el posible deslumbramiento en la zona crítica, la cual está comprendida por un diedro, cuyos planos forman con la vertical de la luminaria los llamados ángulos críticos de 45° y 85° respectivamente.

En primer lugar se debe determinar el ángulo con el cual un usuario observa las partes desnudas de una luminaria o fuente de luz. Se recomienda que el ángulo sea máximo de 30°. El diagrama establece unas curvas de deslumbramiento según la iluminación del local y la calidad deseada. Según la cantidad de flujo luminoso que queda en la zona, se tienen diferentes rangos de deslumbramiento, siendo las clases de calidad:

Tabla 3: Índice de deslumbramiento

<b>Clase de Calidad</b>	<b>Índice de deslumbramiento</b>	<b>Tipo de actividad a desarrollar</b>
A – Muy Alta	1.15	Tareas visuales muy exactas
B – Alta	1.5	Tareas con gran demanda visual o con alta concentración
C – Media	1.85	Tareas con demandas visuales o concentración moderada. Trabajador en movimiento ocasional
D – Baja	2.2	Tareas con demanda visual o concentración baja. Trabajador en movimiento
E – Muy Baja	2.55	Tareas de baja demanda, con movimiento de una zona a otra. Zonas no utilizadas generalmente por las mismas personas

Fuente: CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). (1986). Guide on interior lighting. Publicación 29.2, Second Ed.

El deslumbramiento molesto es común en iluminación de interiores. Una de las principales causas de deslumbramiento es la posición de la fuente de luz con respecto al observador. Se conoce como ángulo crítico el ángulo que forma la dirección visual horizontal con la dirección visual a la fuente luminosa. La fórmula para calcular el índice de deslumbramiento es

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

Donde:

$L_b$ : Es la luminancia de fondo en  $cd/m^2$

$L$ : Es la luminancia en  $cd/m^2$  de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del observador.

$\omega$ : Es el ángulo sólido en sr de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.

$p$ : Es el índice de posición para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento de la línea de visión.

La iluminación de espacios exteriores considera los dos tipos de deslumbramiento: molesto y perturbador. Normalmente si se cumple con el límite recomendado para deslumbramiento molesto, es deslumbramiento perturbador se considera admisible. La luminancia de velo es la pérdida de visión, está creada por la aparición de un velo que se sobrepone a la imagen nítida que ve el ojo, de modo que disminuye la capacidad del ojo de apreciar los contrastes del ambiente. La fórmula para calcular la luminancia del velo es

$$L_{ve} = 10 * \sum \left( \frac{E_g}{\theta^2} \right)$$

Donde:

$L_v$ : Es la luminancia de velo en  $cd/m^2$

$E_g$ : Es la iluminancia sobre el ojo en lux, causada por la fuente de deslumbramiento

$\Theta$ : Ángulo en grados, entre la dirección de incidencia de la luz en el ojo y la dirección de observación.

El sumatorio está extendido a todas las luminarias de la instalación.



La luminancia de velo equivalente se define considerando que la reflexión del entorno es totalmente difusa, se calcula por fórmula:

$$L_{ve} = \frac{0.035 * r * E_{hm}}{\pi}$$

Donde:

Ehm: Es la iluminancia media horizontal del área.

Lve: es la luminancia de velo equivalente en cd/m<sup>2</sup>.

El deslumbramiento perturbador se calcula mediante la expresión del incremento de umbral (TI) para valores de luminancia media en la calzada entre 0.05 y 5 cd/m<sup>2</sup>

$$TI = 65 * \frac{L_v}{L_m^{0.5}}$$

Donde:

Lm: Luminancia media de la calzada en cd/m<sup>2</sup>

Lv: Luminancia de velo equivalente en cd/m<sup>2</sup>

Cuando la luminancia media de la calzada es superior a 5 cd/m<sup>2</sup>, el incremento umbral se calcula como:

$$GR = 27 + 24 \log \frac{L_v}{L_{ve}^{0.9}}$$

Donde:

Lv: Luminancia velo equivalente en cd/m<sup>2</sup>

Lve: Luminancia de velo denominada equivalente producida por el entorno.

Los valores de GR deben estar entre 10 y 90. La relación entre el GR y su valoración se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4: Coeficientes factores de reflexión, absorción y transmisión

<b>Índice de deslumbramiento (GR)</b>	<b>Valoración</b>
Insoportable	80 – 90
Molesto	60 – 70
Admisible	40 – 50
Evidente	20 – 30
Inapreciable	10

Fuente: CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). (1986). Guide on interior lighting. Publicación 29.2, Second Ed.

### **2.5.8. Color de Luz**

La manera en que percibimos los colores se afecta en mayor o menor grado por la luz artificial. Seleccionar el color adecuado para un lugar de trabajo contribuye en gran medida a la eficiencia, la seguridad y al bienestar general de los empleados. Del mismo modo, acabado de las superficies y de los equipos que se encuentran en el ambiente de trabajo contribuye a crear condiciones visuales confortables y un ambiente de trabajo seguro. No así seleccionar el color adecuado para espacios exteriores o interiores donde se desea resaltar los detalles de los objetos y no del entorno.

El color es una interpretación subjetiva psicofisiológica del espectro electromagnético visible. Las sensaciones luminosas o imágenes en nuestra retina, al enviarlas al cerebro, son interpretadas como un conjunto de sensaciones monocromáticas que constituyen el color de la luz. El sentido de la vista no analiza individualmente cada radiación o sensación cromática. A cada radiación le corresponde una denominación de color, según la clasificación del espectro de frecuencias. Mezclando luz roja, amarilla y azul, podemos obtener la mayoría de los colores visibles, incluyendo el blanco. Nuestra percepción del color de un objeto depende del color de la luz con la que se ilumina y de la manera en que el propio objeto refleja la luz. Es importante indicar que distinguimos a los objetos por las propiedades ópticas de reflejar, refractar y absorber los colores de la luz que inciden en ellos, es decir, el conjunto de sensaciones monocromáticas aditivas que nuestro cerebro interpreta como color de un objeto depende de la composición espectral de la luz con que se ilumina y de las propiedades ópticas que posea el objeto para reflejarla, refractarla o

absorberla. Se dice que un objeto es rojo porque refleja las radiaciones luminosas rojas y absorbe todos los demás colores del espectro. Esto es válido si la fuente luminosa produce la suficiente cantidad de radiaciones en la zona roja del espectro visible. Por lo tanto, para que una fuente de luz sea considerada de buen “rendimiento de color”, debe emitir todos los colores del espectro visible. Si falta uno de ellos, este no podrá ser reflejado.

Newton fue el primero en descubrir que la luz del sol al pasar a través de un prisma se descompone en el conjunto de colores que forma el arco iris.



Fig. 29: Exploración del color

Fuente: Espinosa, L. (21 de Diciembre de 2012). Cultura Colectiva. Obtenido de <http://culturacolectiva.com/la-exploracion-del-color-el-blanco/>

La evaluación subjetiva de los objetos, tal y como son percibimos por el ojo, se interpretan en función de los atributos o cualidades del color. Éstas son:

- a) Claridad o esplendor: Radiación luminosa que recibimos según la iluminancia que posea el objeto. Un objeto es más claro cuanto más se aleja su color del negro en la escala de grises. Hace referencia a la intensidad.
- b) Tono o matiz: Nombre común del color (rojo, amarillo, verde, etc.). Hace referencia a la longitud de onda.
- c) Pureza o saturación: La proporción en que un color está mezclado con el blanco. Hace referencia a la pureza espectral.

Para evitar la evaluación subjetiva del color, pueden ser representadas matemáticamente. Existen varios sistemas de representación entre los que se cuentan el “Sistema Musell”, el “CIE L\*a\*b\*”, el “CIE y,x,z”, etc. De todos ellos el más conocido es el diagrama cromático

en forma de triángulo, aprobado por la CIE, que se emplea para tratar cuantitativamente las fuentes de luz, las superficies coloreadas, las pinturas, los filtros luminosos, etc.

En el Triángulo Cromática CIE, todos los colores están ordenados respecto de tres coordenadas cromáticas  $x$ ,  $y$ ,  $z$  cumpliéndose la igualdad  $x + y + z = 1$ . Esto significa que a partir de dos coordenadas cualesquiera puede definirse un color o mezcla de colores. La temperatura de color no es una medida de temperatura real.

En el sistema de referencia colorimétrico CIE se determina el color de luz por cálculo a base de la composición espectral, y se representa éste en un diagrama bidimensional continuo. A través de la configuración del diagrama se produce una superficie cromática que abarca todos los colores reales. El triángulo presenta una forma curva en su parte superior que es el lugar geométrico de las radiaciones monocromáticas, cerrándose en su parte inferior por una línea recta llamada “línea de los púrpura”. La zona central del triángulo es acromática y sobre ella se pueden localizar los colores de todas las fuentes de luz artificial. El centro de esta zona es un punto blanco donde los valores de las coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$  son iguales entre sí (0.333 cada una). Cuanto más alejado del centro esté el punto buscado, más saturado será el color resultante. Se fundamenta en el hecho que al mezclar tres radiaciones procedentes de tres fuentes de distinta composición espectral se puede obtener una radiación equivalente a otra de distinto valor. El resultado es el triángulo (ver fig. 30), en el que con dos coordenadas cualesquiera es suficiente para determinar el color de la radiación resultante formada por la mezcla aditiva de tres componentes. En el diagrama cromático CIE se ha dibujado la curva que representa el color que emite el cuerpo negro en función de su temperatura. La temperatura del color mide el grado de calidez o frialdad que reproduce una fuente de luz. Se expresa en grados Kelvin [K]. Del mismo modo que un metal cambia su color a medida que aumenta su temperatura, pasando por el rojo claro, naranja, amarillo, blanco, blanco azulado y el azul, para calcular la temperatura de color se calentó un cuerpo negro. A los efectos de la temperatura de color, se habla de un “radiante teórico perfecto” denominado “cuerpo negro”, objeto cuya emisión de luz es debido únicamente a su temperatura. El cero de la escala Kelvin equivale a  $-273^{\circ}\text{C}$ , lo que significa que exceden a la escala centígrada en  $273^{\circ}\text{C}$ . Así por ejemplo, una lámpara de 6500K equivale al color que toma el cuerpo negro cuando es calentado a una temperatura de  $6500 - 273 = 6227^{\circ}\text{C}$ . De manera que la

temperatura de color de una fuente de luz será la temperatura del cuerpo negro cuando la sensación al ojo de la radiación luminosa de ambos es parecida.

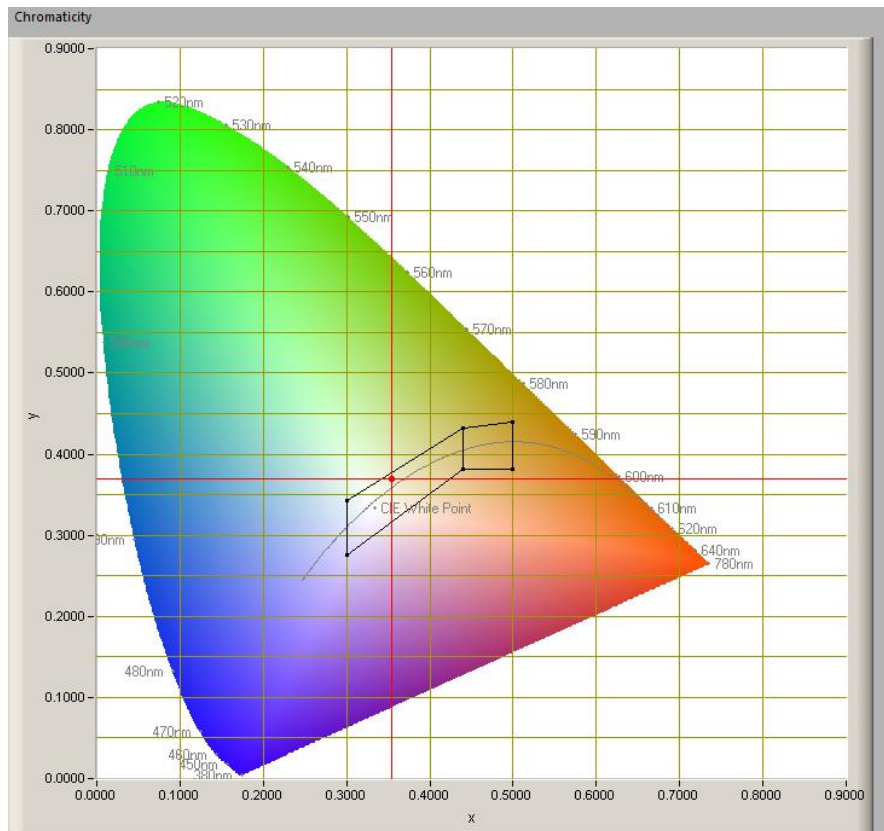


Fig. 30: Diagrama Cromático

Fuente: Steen, M. v. (20 de 12 de 2014). OLINO. Obtenido de <http://www.olino.org/es/articles/2014/12/20/bhc-hlt-vll-30-5000-230-linear-1500>

Las lámparas pueden clasificarse en tres categorías, en función de la coloración de la luz que emiten:

- Color cálido: Para usos residenciales se recomienda una luz blanca de tono rojizo.
- Color Intermedio: Para ambientes de trabajo se recomienda una luz blanca.
- Color frío: Para tareas que se requieren un alto nivel de iluminación o para climas calientes, se recomienda una luz blanca de tono azulado.

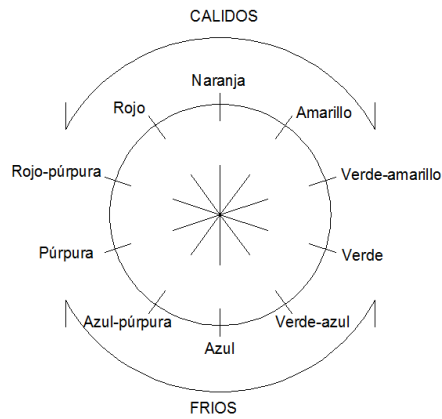


Fig. 31: Tonalidades de colores

Fuente: Autores, (2014), Tonalidades de colores “cálidos” y “fríos”, Obtenido de Auto CAD

La temperatura de color es una medida que refiere a la apariencia de la luz que emite la fuente luminosa. La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de luz de la lámpara y es crucial para establecer una atmósfera de confort o frescura. La clasificación más general es la siguiente:

- Luz cálida: Las fuentes de luz que percibimos rojizas o amarillentas tienen una temperatura de color debajo de los  $3400^{\circ}\text{K}$ , se usan en lugares donde se requieran un ambiente de hospitalidad y confort (soft warmer), como por ejemplo, tiendas de ropa, hogar (sala, dormitorios, comedor), restaurantes, etc.
- Luz blanca o fría: Las fuentes de luz que percibimos blancas o azuladas tienen una temperatura de color arriba de los  $3600^{\circ}\text{K}$ , se usan en aplicaciones industriales, oficinas, hospitales, hogar (estudio, cocina), etc. Si se quiere hacer una mayor clasificación de las fuentes de luz, podría incluirse otra que podría clasificarse como neutral, la cual estaría entre la luz cálida y la luz fría. Esta temperatura de color está muy cerca de la luz clasificada como blanca o fría, su temperatura de color es de  $3500^{\circ}\text{K}$ , pero se pueden considerar neutras y comúnmente son usadas en lugares de trabajo incluyendo oficinas, salas de conferencia, bibliotecas, escuelas.
- Luz de día: La luz de día recibe este nombre por su semejanza a la iluminación exterior, comparable a condiciones de medio día. Esta llamada también luz diurna, es la que imita a la que entra por una ventana.

Los contrastes de color resultan afectados por el color de la luz seleccionada y, por este motivo, de ello dependerá la calidad de la iluminación en una aplicación concreta. El color de la luz que se va a utilizar deberá decidirse en función de la tarea que se deba realizar bajo ella. Si el color es próximo al blanco, la reproducción del color y la difusión de la luz serán mejores. Cuanta más luz se aproxime al extremo rojo del espectro, peor será la reproducción del color, pero el ambiente será más cálido y atractivo. La coloración de la iluminación no sólo depende del color de la luz, sino también de la intensidad luminosa. Los colores afectan al nivel de estímulo de una persona, los colores cálidos tienden a activar y relajar, mientras los colores fríos se utilizan para inducir al individuo a liberar su energía. Los colores cálidos son más dinámicos, excitantes y producen una sensación de proximidad, mientras que los colores fríos calman y descansan, produciendo una sensación de lejanía. Asimismo, la claridad del color también tiene sus efectos psicológicos. Los colores claros animan y dan sensación de ligereza, mientras que los colores oscuros deprimen y producen sensación de pesadez.

Tabla 5: Temperatura de color

<b>Temperatura de color</b>	<b>Grados Kelvin [°K]</b>	<b>Efectos ambientales asociados</b>	<b>Aplicaciones recomendadas</b>
Cálido	2600 – 3400	Amigable Íntimo Personal Exclusivo	Restaurantes Lobbies Boutiques Tiendas de ropa
Neutral	3500	Amigable Atrayente	Recepciones Salón de exposiciones Librerías Oficinas
Frío	3600 – 4900	Fresca Limpia Eficiente	Oficinas Salón de conferencias Escuelas Hospitales Tiendas comerciales
Luz de día	5000	Impersonal Dinámico Limpio	Joyerías Consultorios Imprentas Hospitales

Fuente: Autores, (2014), Temperatura de color y sus aplicaciones

La sensación de satisfacción con la iluminación de un ambiente determinado depende de esta temperatura. La temperatura de color influye sobre dos aspectos principales, la sensación creada en el ambiente que puede ser de confort o incomodidad, y la distorsión del color. Está comprobado que el color del medio ambiente produce en el observador reacciones psíquicas o emocionales. Por ello, el emplear los colores de forma adecuada es un tema del mayor interés para los psicólogos, arquitectos, luminotécnicos y decoradores. Es curioso que los colores oscuros (azul, violeta) se correspondan con las temperaturas más calientes pero sin embargo proporcionen sensaciones frías.















	Temperatura	Fuentes típicas	Ajustes BB de la Cámara
	1000K	Velas, lámparas de aceite	
	2000K	Amanecer muy temprano, lámparas de tungsteno de bajo efecto	
	2500K	Bombillas caseras	
	3000K	Luz de estudio (continua), "photo floods"	
	4000K	Lámparas de magnesio claras (hoy en día obsoletas)	
	5000K	Luz día normal, flash electrónico	
	5500K	El sol de mediodía	
	6000K	Día muy soleado con cielo despejado	
	7000K	Cielo ligeramente nublado	
	8000K	Cielo brumoso	
	9000K	Sombra amplia en un día despejado	
	10,000K	Cielo muy brumoso	
	11,000K	Cielos azules sin sol	
	20,000+K	Sombra amplia en montañas o en un día muy despejado	

Fig. 32: Temperatura de color

Fuente: Morales, A. (2 de Octubre de 2013). Girando a mi alrededor. Obtenido de <http://barrido-de-fondo.blogspot.com/2013/10/temperatura-del-color.html>



No se pueden establecer reglas fijas para la elección del color apropiado con el fin de conseguir un efecto determinado, pues cada caso requiere ser tratado de una forma particular. Sin embargo, existe una serie de experiencias en las que se ha comprobado las sensaciones que producen en el individuo determinados colores.

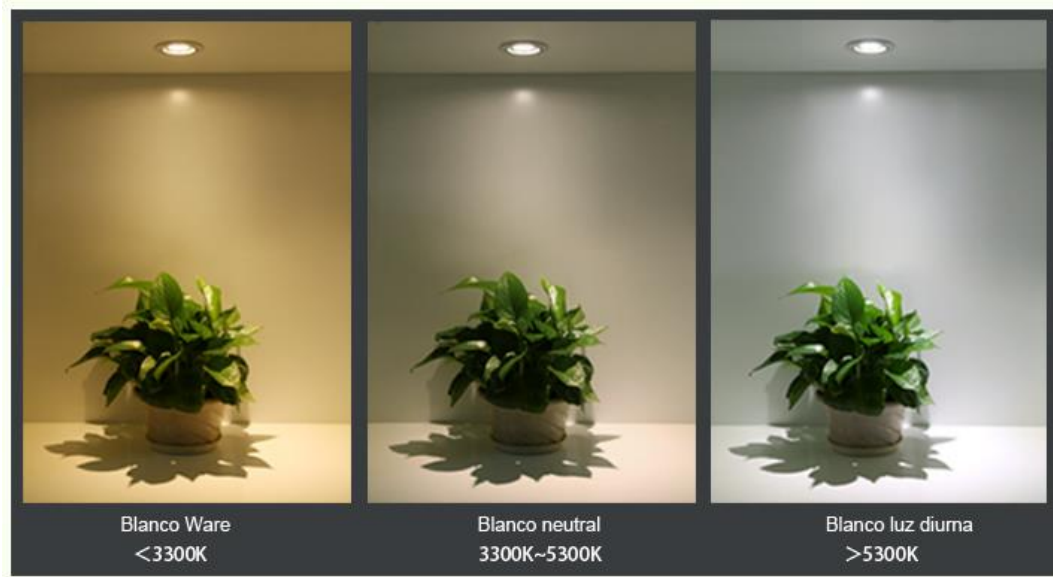


Fig. 33: Ejemplo de Temperatura de color

Fuente: Ideando tu hogar. (8 de Octubre de 2014). Obtenido de <http://www.ideandotuhogar.com/los-colores-en-tu-hogar/>

La elección de los colores es muy relevante si la estudiamos conjuntamente con aquellas funciones en las que es importante identificar los objetos que se han de manipular. También es relevante a la hora de delimitar vías de comunicación y en aquellas tareas que requieren un contraste nítido.

El color de la luz, su distribución y los colores utilizados en un espacio determinado son, entre otros, los principales factores que influyen en las sensaciones que tienen las personas. Dados los muchos colores y factores de confort existentes, es imposible establecer directrices precisas, especialmente teniendo en cuenta que todos estos factores deben combinarse de acuerdo con las características y necesidad de un determinado puesto

de trabajo. Por lo demás, es posible citar varias normas prácticas básicas y generales que pueden contribuir a crear un ambiente habitable.

- Los colores brillantes provocan sentimientos de confort, estímulo y serenidad, mientras los colores oscuros tienden a tener un efecto deprimente.
- Las fuentes de luz de colores cálidos ayudan a reproducir bien los colores cálidos. Los objetos de colores cálidos son más agradables a la vista con luz cálida que con luz fría.
- Los colores claros y apagados (como los pasteles) son muy apropiados como colores de fondo, mientras que los objetos deben tener colores ricos y saturados.
- Los colores cálidos excitan al sistema nervioso y transmiten la sensación de que aumenta la temperatura.
- Los colores fríos contribuyen a crear una sensación de descenso de la temperatura.
- El color puede influir en la apariencia espacial de una habitación. El techo de la habitación parecerá ser más bajo si sus paredes se pintan de una color claro y el techo y el suelo de color más oscuros, y parecerá tener un techo más alto si las paredes son más oscuras y el techo claro.

Tabla 6: Relación entre iluminación y la temperatura de color

Iluminancia [lux]	Temperatura de color		
	Cálida	Neutra	Fría
≤500	Agradable	Neutra	Fría
500 – 1000	↓	↓	↓
1000 – 2000	Estimulante	Agradable	Neutra
2000 – 3000	↓	↓	↓
≥3000	No natural	Estimulante	Agradable

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1 (Una Norma Española). (2003). Lugares de trabajo interiores.

La elección de los colores puede afectar a la eficacia de los sistemas de iluminación al influir en la fracción de luz que se refleja. El uso apropiado de los colores en el ambiente de trabajo contribuye al bienestar, aumenta la productividad y puede tener efectos positivos para la calidad. La combinación de los colores tiene aplicaciones no solo en el

campo de la decoración, en el arte o aprovechada para llegar a la iluminación recomendada, también puede contribuir a mejorar la organización y a prevenir accidentes. Una adecuada combinación de ellos suele ser un recurso sumamente importante en el terreno de la señalización. Muchas de ellos son ya familiares en materia de seguridad, como lo es el caso del color negro sobre el amarillo en las barreras viales.

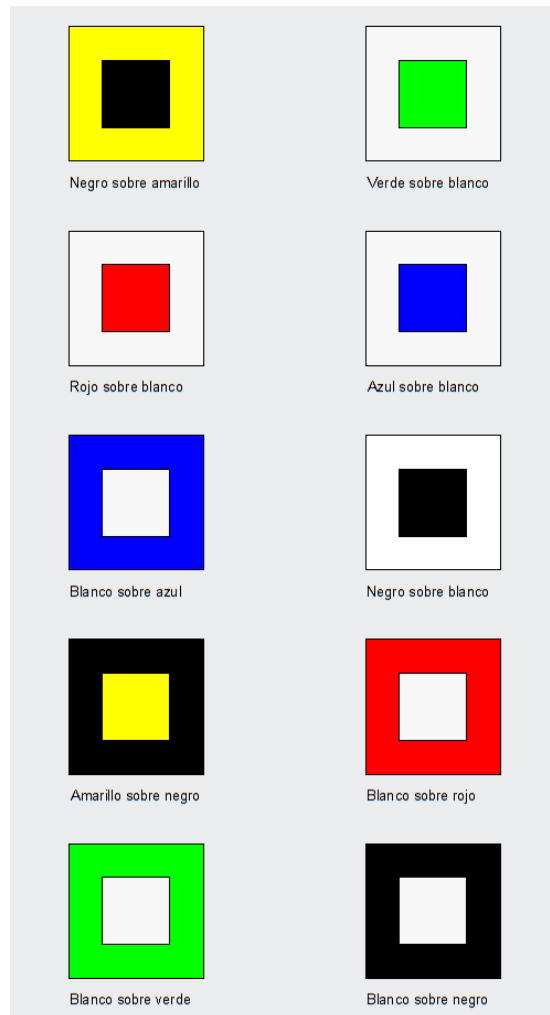


Fig. 34: Contrastes de color

Fuente: Autores, (2014), Algunos de los contrastes de color más efectivos, Obtenido de Auto CAD

Las reflectancias de las superficies que rodean a un espacio determinado, juega un papel muy importante en el resultado final del proyecto de iluminación. Las luminarias emiten la luz de diversas formas según el tipo de fotometría. Cuando esta emisión luminosa es

del tipo abierta, habrá una gran parte de la luz que llegará en forma directa al plano de trabajo, es decir sin obstáculos; pero habrá también una porción importante de esa emisión que caerá sobre las paredes. Esa parte de la luz emitida por la luminaria, podrá ser reflejada y aprovechada en mayor o menor grado según el poder reflectante de esas superficies.

Tabla 7: Poder reflectante de algunos colores y materiales

<b>Color</b>	<b>Refl. %</b>	<b>Material</b>	<b>Refl. %</b>
Blanco	70 – 75	Revoque claro	35 – 55
Crema claro	70 – 80	Revoque oscuro	20 – 30
Amarillo claro	50 – 70	Hormigón claro	30 – 50
Verde claro	45 – 70	Hormigón oscuro	15 – 25
Gris claro	45 – 70	Ladrillo claro	30 – 40
Celeste claro	50 – 70	Ladrillo oscuro	15 – 25
Rosa claro	45 – 70	Mármol blanco	60 – 70
Marrón claro	30 – 50	Granito	15 – 25
Negro	3 – 4	Madera clara	30 – 50
Gris oscuro	10 – 20	Madera oscura	10 – 25
Amarillo oscuro	40 – 50	Vidrio plateado	80 – 90
Verde oscuro	10 – 20	Aluminio pulido	80 – 90
Azul oscuro	10 – 20	Acero pulido	55 – 65
Rojo oscuro	10 – 20	Plata brillante	92 – 97
Azul claro	45 – 55	Oro	60 – 92
Marrón oscuro	5 – 20	Níquel pulido	60 – 65
		Cromo pulido	60 – 65
		Cobre	35 – 80
		Hierro	50 – 55
		Porcelana esmaltada	60 – 80
		Espejos	70 – 80

Fuente: Autores, (2014), Temperatura de color y sus aplicaciones

### 2.5.9. Reproducción de colores

No todas las fuentes de luz se comportan igual. Es bien claro que una fuente de color verde hará que un papel rojo no se vea bien. Así, dos fuentes de luz pueden tener un color muy parecido y poseer al mismo tiempo unas propiedades de reproducción cromática muy diferentes. El dato de temperatura de color se refiere únicamente al color de la luz, pero no a su composición espectral que resulta decisiva para la reproducción de colores. Se

define el IRC por su nombre en inglés Colour Rendering Index (índice de rendimiento de color), como la capacidad de una fuente para reproducir los colores del objeto que ilumina. Para simplificar las especificaciones de los índices de rendimiento en color de las lámparas que se utilizan en iluminación, se han introducido grupos de rendimiento en color como se indica a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 8: Grupos de rendimiento de color de las lámparas

<b>Grupo IRC</b>	<b>Rango de rendimiento en color (IRC o Ra)</b>	<b>Apariencia de color</b>	<b>Ejemplos para usos preferibles</b>	<b>Ejemplos para uso aceptable</b>
1 A	$IRC \geq 90$	Cálido Intermedio Frío	Igualaciones de color, exploraciones clínicas, galerías de arte	
1 B	$90 > IRC \geq 80$	Cálido Intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, escuelas, hospitales	
		Intermedio Cálido	Imprenta, industria de pintura y textiles, trabajo industrial	
2	$80 > IRC \geq 60$	Cálido Intermedio Frío	Trabajo industrial	Oficinas, escuelas
3	$60 > IRC \geq 40$		Industrias bastas	Trabajo industrial
4	$40 > IRC \geq 20$			Trabajos bastos, trabajo industrial con bajo requerimiento de rendimiento de color

Fuente: Norma UNE-EN 12464-1 (Una Norma Española). (2003). Lugares de trabajo interiores.

### **2.5.10. Factor de mantenimiento**

Las condiciones de conservación o mantenimiento de la instalación de iluminación, con un factor de gran incidencia en el resultado final de un proyecto de alumbrado y de hecho se incluye en la fórmula de cálculo ( $f_m$  = Factor de Mantenimiento).

Todos los elementos que contribuyen a la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo, sufren con el tiempo un cierto grado de depreciación.

Las lámparas sufren pérdidas en el flujo luminoso emitido, ya sea por envejecimiento, acumulación de polvo sobre su superficie, efectos de la temperatura, etc. Las pantallas reflectoras y los louvers de las luminarias pierden eficiencia. Las paredes y cielorrasos se ensucian y disminuye su poder reflectante.

De todos estos factores, algunos son controlados por sistemas de mantenimiento y otros no lo son. La IESNA considera, a los efectos de determinar el factor de mantenimiento de una instalación ocho factores: cuatro de ellos “no controlables” por sistemas de mantenimientos y cuatro “controlables”.

Los “no controlables” son la temperatura ambiente, la variación de la tensión, el factor de balasto y la depreciación de la superficie de la luminaria.

Los “controlables” por otra parte son la depreciación de las superficies del local por ensuciamiento, la depreciación por flujo luminoso de la lámpara, el reemplazo de las lámparas y la depreciación de la luminaria por ensuciamiento.

El análisis de cada uno de estos factores dará como resultado un valor que se desprende de tablas y curvas. Este valor podrá ser 1 si las condiciones son óptimas o menor que 1 en la medida en que no lo sean. El producto de estos ocho factores dará como resultado el “Factor de mantenimiento” de la instalación. El procedimiento completo no se detalla aquí por lo extenso; no obstante se podrá obtener en el Manual del IESNA.

### **2.6. Propiedades ópticas de la materia**

Cuando un rayo de luz se propaga por un medio y alcanza el límite que lo separa de un segundo medio, puede suceder, que retorne al primero (reflexión), o que lo atraviese y que

ingrese al segundo medio donde parte se convertirá en otra forma de energía (absorción) y parte no cambiará (transmisión).

Como la energía no se destruye solo se transforma, la suma de la energía transmitida, absorbida y reflejada debe ser igual a la energía incidente. Por lo tanto, la aplicación de la luz en la forma más conveniente exige un control y una distribución que se consigue modificando sus características a merced a los fenómenos físicos de reflexión, absorción y transmisión de la luz, sin olvidarnos de otro cuarto factor conocido como refracción.

### **2.6.1. Reflexión**

La luz es rechazada por la materia. Cuando unas ondas de cualquier tipo inciden sobre una barrera plana como un espejo, se generan nuevas ondas que se mueven alejándose de la barrera. Este fenómeno se lo conoce como reflexión.

Si iluminamos con una linterna una pieza de hormigón y otra de mármol se comprueba que el efecto producido no es el mismo en ambos casos. El hormigón tiene un color gris y su acabado es mate mientras que un mármol bien pulido brilla. El motivo es que no todos los materiales se comportan igual al reflejar la luz. Cualquier superficie que no es completamente negra puede reflejar luz, la cantidad de luz que refleja y la forma en que dicha luz es reflejada se determina por las propiedades de reflexión de la superficie, así se define la reflectancia ( $R$ ) como la relación entre el flujo reflejado y el incidente, pudiendo esta ser de los siguientes tipos:

- Especular: El ángulo de incidencia es igual al de reflexión. Se produce cuando la superficie reflectora es lisa.
- Compuesta: A diferencia de lo que ocurre en la reflexión especular, hay un flujo predominante en la dirección del ángulo de reflexión. Esta reflexión ocurre cuando la superficie es irregular o rugosa.
- Difusa: Sucede cuando el flujo que incide sobre una superficie se refleja en todas las direcciones, siendo el rayo normal a la superficie el de mayor intensidad. Este tipo de reflexión se produce en superficies como el papel blanco mate, las paredes y cielos rasos de yeso, la nieve, etc.

- Mixta: El flujo es disperso, parte del haz incidente se refleja y parte se difunde. Este tipo de reflexión la presentan los metales pulidos, el papel brillante y las superficies barnizadas.

La elección de tonalidad es una cuestión tan importante como la elección de las cualidades reflectantes apropiadas de una superficie. Existen varias recomendaciones que pueden aplicarse a este aspecto de las superficies de trabajo:

- Techos: La superficie de un techo debe ser lo más blanca posible (con un factor de reflexión del 75%), porque entonces reflejará la luz de manera difusa, disipando la oscuridad y reduciendo los brillos de otras superficies, A ello se añade el ahorro en iluminación artificial.
- Paredes y suelos: Las superficies de las paredes situadas a nivel de los ojos pueden provocar deslumbramiento. Los colores con factores de reflexión del 50 al 75% suelen ser adecuados para las paredes. Aunque las pinturas brillantes tienden a durar más tiempo que los colores mate, son más reflectantes. Por consiguiente, las paredes deberán tener un acabado mate o semibrillante.  
Los acabados de los suelos deberán ser de colores ligeramente más oscuros que las paredes y los techos para evitar brillos. El factor de reflexión de los suelos debe oscilar entre el 20 y el 25%.
- Equipo: Las superficies de trabajo, mesas y maquinaria deberán tener factores de reflexión de entre un 20 y un 40%. Los equipos deberán tener un acabado duradero de un color puro y el material no deberá ser brillante.

En la reflexión se refleja total o parcialmente la luz que incide en un cuerpo según la reflectancia del mismo. Además de la reflectancia, en la reflexión también desempeña un papel el grado de dispersión de la luz reflejada.

Para evitar el deslumbramiento de una lámpara, la manera más sencilla es instalar la misma en una caja opaca con una sola abertura para que salga la luz. La reflexión es un método de control más eficaz que la obstrucción, ya que se recoge la luz dispersa y se vuelve a enfocar hacia el punto donde es necesaria. La reflexión es de importancia decisiva para la construcción de luminarias; posibilita, a través de adecuados contornos de los



reflectores y las superficies, una conducción precisa de la luz, siendo responsable del rendimiento de la luminaria.

### **2.6.2. Transmisión**

La luz se propaga a través de la materia. El paso de una radiación a través de un medio sin cambio de frecuencia de las radiaciones monocromáticas que la componen. En la transmisión se transmite total o parcialmente la luz que incide sobre un cuerpo y según la transmitancia de este cuerpo, al atravesar el material, parte de la luz se pierde debido a la reflexión en la superficie del medio siguiente y parte se absorbe. La relación entre la luz transmitida y la luz incidente se denomina transmitancia del material. En materiales completamente transparentes no se produce ninguna dispersión. Este fenómeno es característico de ciertos tipo vidrios, cristales, plásticos, agua, y otros líquidos, y del aire. Con creciente capacidad de dispersión disminuye cada vez más la parte regular de luz transmitida, en la transmisión se pueden diferenciar tres tipos:

- Transmisión regular: Es cuando hay un flujo predominante en una dirección. En esta transmisión, el haz que incide sobre un medio, la atraviesa y sale de él como tal haz. Los medios que permiten esta transmisión se los denomina “cuerpos transparentes” y permiten ver con nitidez los objetos colocados detrás de ellos.
- Transmisión difusa: Es cuando el flujo se transmite en todas las direcciones. En esta transmisión el haz incide en un medio y se difunde por el medio, saliendo en múltiple direcciones. Los medios más conocidos de provocar esta transmisión son los cristales esmerilados y los vidrios orgánicos opalizados, a estos medios se los denomina “cuerpos traslúcidos”. Los objetos colocados detrás de ellos no son distinguidos con precisión.
- Transmisión mixta: Es cuando hay un flujo disperso y existe un flujo predominante. Se presenta en vidrios orgánicos y cristales de superficie labrada. Aunque la difusión del haz de luz no es completa, los objetos no se pueden observar claramente detrás del mismo aunque sí su posición.

Con creciente capacidad de dispersión disminuye cada vez más la parte regular de luz transmitida, hasta que ya sólo en la dispersión completa se entrega luz difusa. Materiales transmisores en luminarias pueden ser transparentes. Esto es válido para sencillos cristales

como cierre de la luminaria, así como filtros, que absorben determinadas zonas espectrales, pero que transmiten las restantes, proporcionando de este modo luz en colores o una disminución de los UV y parte infrarroja, respectivamente. Ocasionalmente también se utilizan materiales dispersores (por ejemplo: vidrio o material plástico opalino) como cierre de luminaria, para evitar de este modo efectos de deslumbramiento mediante la reducción de luminancia de la lámpara.

### **2.6.3. Absorción**

La luz se detiene en la materia. Se denomina absorción a la transformación de la energía radiante en otra forma de energía, generalmente en forma de calor. Volviendo a la pieza de hormigón, si la colocamos sobre un folio e iluminamos con una linterna, se comprueba que la pieza tiene un color gris pero el folio es de color blanco. La luz que incide sobre un cuerpo es absorbida o parcialmente según la absorbencia de este cuerpo. Este fenómeno es una característica de todas las superficies que no son completamente reflectoras, y de los materiales que no son totalmente transparentes. Se ha dicho que los objetos absorben y reflejan luz, siendo esto lo que confiere el color de las cosas. El coeficiente de absorción (CA) es la relación entre la luz absorbida y la luz incidente.

En la construcción de luminarias se aprovecha sobre todo la absorción para el apantallamiento de fuentes de luz; para lograr confort visual es imprescindible. No obstante, la absorción resulta por principio en un efecto no deseado, debido a que no conduce la luz sino que la destruye y de este modo reduce el rendimiento de la luminaria. Típicos elementos de luminarias absorbentes son diafragmas ranurados negros, cilindros, viseras y rejillas de apantallamiento de diferentes formas.

### **2.6.4. Refracción**

Se define la refracción como la desviación de la luz al atravesar de un medio a otro, el rayo de la luz puede cambiar su dirección. Cuando los rayos de luz penetran en un medio transmisor de densidad variable (por ejemplo del aire a un vidrio o del vidrio al aire) se produce la refracción. En el caso de cuerpos con superficies paralelas se da sólo un desplazamiento paralelo de la luz, en el caso de prismas y lentes, en cambio, se producen efectos ópticos, que alcanzan desde la simple variación angular hasta el enfoque y

dispersión de luz hacia la imagen óptica. Al introducir una cuchara en agua o hacer pasar la luz por un prisma para descomponerla se observa este fenómeno.

Existen dos leyes de refracción:

- Cuando la onda pasa de un medio a otro, el rayo incidente, el rayo refractado y la normal a la superficie de separación de los medios en el punto de incidencia, están en el mismo plano.
- La razón del seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es una constante para los medios comprendidos. Dicha constante se denomina índice de refracción,  $n$ , para ambos medios. La segunda ley de refracción generalmente se denomina Ley de Snell.

La refracción varía según la longitud de onda. Las ondas cortas (como la azul y la violeta) se transmiten más que las ondas largas (como por ejemplo las rojas). Al construir luminarias se utilizan elementos refractores como prismas o lentes, a menudo en combinación con reflectores para una conducción precisa de la luz.

## 2.7. Leyes Fundamentales

### 2.7.1. Ley inversa del cuadrado de la materia

Imaginemos una fuente de luz emitiendo un flujo luminoso determinado en un ángulo sólido que delimita una pirámide de base cuadrangular.

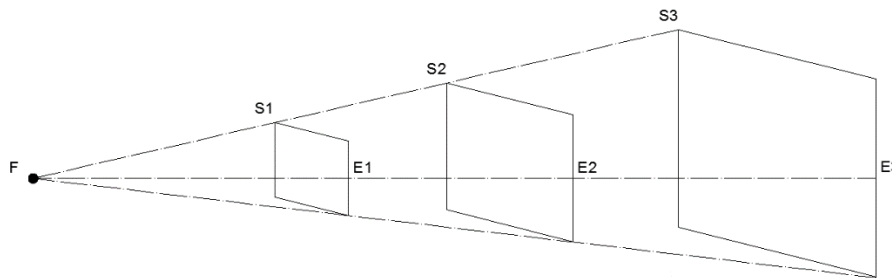


Fig. 35: Flujo luminoso en un ángulo sólido

Fuente: Autores, (2015), Flujo luminoso en un ángulo sólido, Obtenido de Auto CAD

La definición de iluminancia la ecuación

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

y, dado que el flujo existente en el ángulo sólido es constante, para distintas superficies situadas a distancias crecientes de la fuente de luz, se cumplirá lo siguiente

$$E_1 = \frac{\Phi}{S_1}; E_2 = \frac{\Phi}{S_2}$$

Por lo tanto tenemos que

$$\frac{E_1}{S_2} = \frac{E_2}{S_1}$$

Al igual que el Teorema de Tales, las áreas de las superficies S1, S2 se incrementan en función del cuadrado de su distancia a la fuente de luz

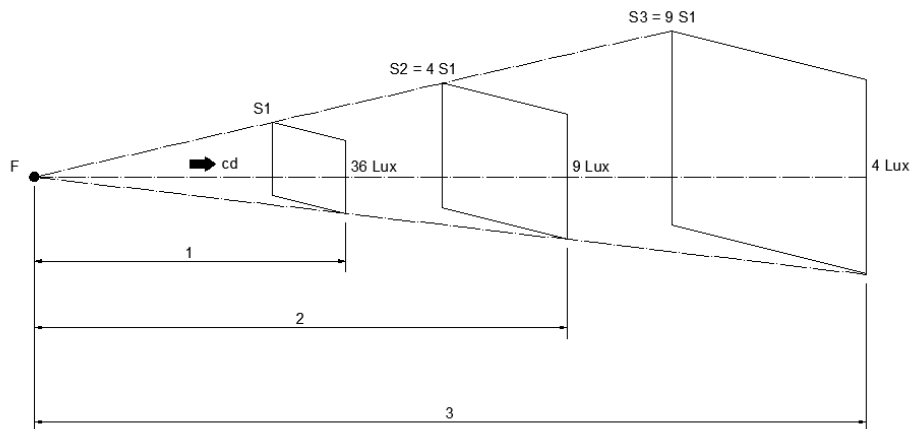


Fig. 36: Demostración del Teorema de Tales

Fuente: Autores, (2015), Demostración del Teorema de Tales, Obtenido de Auto CAD

De lo anterior podemos decir que la ley inversa del cuadrado de la distancia establece que, dada una fuente de luz, las luminancias producidas en diferentes superficies situadas perpendicularmente a la dirección de radiación, varían en forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie.

### 2.7.2. Ley del coseno

Si la superficie iluminada, no es perpendicular a la radiación, sino inclinada en un ángulo

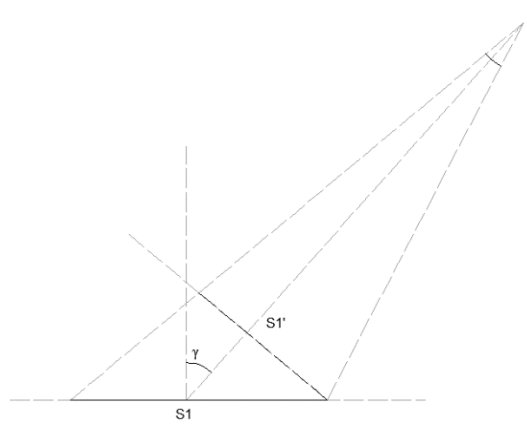


Fig. 37: Superficie inclinada

Fuente: Autores, (2015), Superficie iluminada de forma inclinada, Obtenido de Auto CAD

La iluminancia resultante es:

$$E_1 = \frac{\Phi}{S_1}$$

Para una superficie S'1 perpendicular a la dirección de radiación, será:

$$E'_1 = \frac{\Phi}{S'_1}$$

Por lo tanto:

$$\frac{E_1}{E'_1} = \frac{S'_1}{S_1}$$

Pero si tenemos que  $S'_1 = S_1 \cos \gamma$ , resulta:

$$\frac{E_1}{E'_1} = \frac{S_1 \cos \gamma}{S_1} = \cos \gamma$$

De manera que, de una fuente de luz, la luminancia producida en una superficie inclinada en un ángulo respecto a la perpendicular de la dirección de radiación, varía proporcionalmente al coseno de dicho ángulo.

### 2.7.3. Método de luminancia de un punto

De una superficie podemos considerar un punto como un elemento infinitesimal de una superficie, y lo mismo podemos hacer del ángulo del cuadrado sólido que contiene al flujo luminoso incidente su luminancia

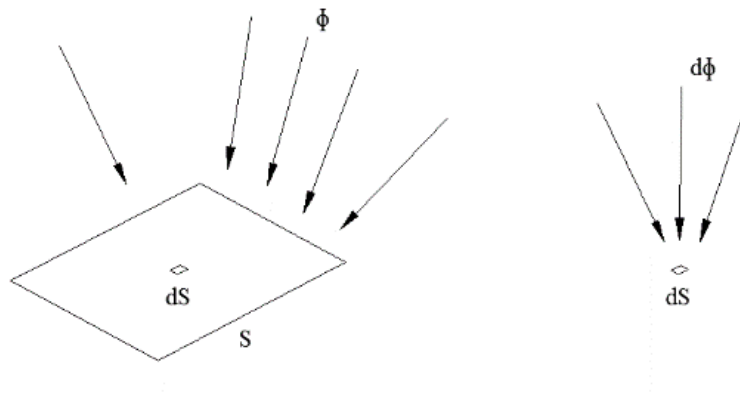


Fig. 38: Punto como elemento infinitesimal

Fuente: Autores, (2015), Punto infinitesimal, Obtenido de Auto CAD

Será:

$$E_p = \frac{\Phi}{dS}$$

Siendo:

$$I = \frac{Id\omega}{dS}$$

Teniendo en cuenta las condiciones descritas al establecer las Leyes anteriores:

$$\frac{d\omega}{dS} = \frac{1}{d^2} < \cos\gamma$$

Resulta definitivamente que el flujo varía en cierta forma cuando la superficie esta inclinada en cierto ángulo con respecto a la fuente emisora de luz.

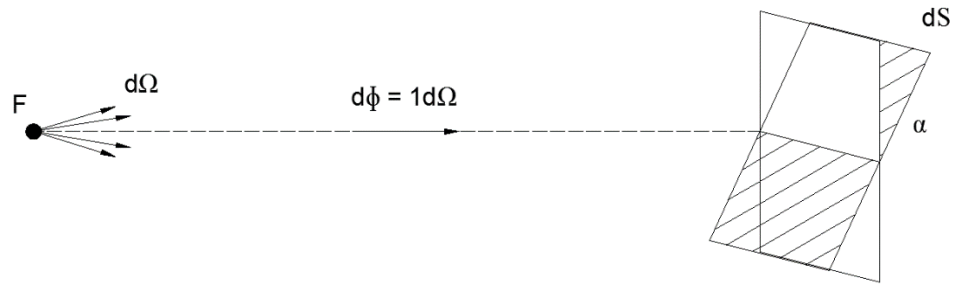


Fig. 39: Iluminancia de un punto

Fuente: Autores, (2015), Iluminancia de un punto en un plano inclinado, Obtenido de Auto CAD

$$d\Omega = \frac{dS \cos \alpha}{d^2}$$

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{I \cos \alpha}{d^2}$$

$$E_p = \frac{I}{d^2} \cos \gamma$$

Si tenemos en cuenta que  $h = \cos \gamma$  también puede expresarse como

$$E_p = \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma$$

Formulación que habitualmente es más útil en los cálculos lumínicos, dado que la altura suele ser un parámetro invariable para distintos puntos de cálculo.

#### 2.7.4. Iluminación en un plano determinado

Hasta el momento las consideraciones relativas a la iluminación sean referidas siempre a planos que podríamos denominar “horizontales”. Pero en muchos casos prácticos, la luminotecnica debe afrontar el estudio sobre planos distintos.

En realidad, la luminotecnia es una magnitud vectorial que puede definirse como horizontal, vertical, inclinada, etc. En función de la perspectiva de observación, lo que es lo mismo, de la inclinación del plano de estudio.

Siguiendo las leyes antes establecidas es fácil llegar a las siguientes ecuaciones.

Iluminación horizontal

$$E_{HP} = \frac{I_P}{d^2} \cos \gamma$$

Iluminación vertical

$$E_{VP} = \frac{I_P}{d^2} \sin \gamma$$

Iluminación normal

$$E_{NP} = \frac{I_P}{d^2}$$

## 2.8. Dialux

Casi todos los fabricantes de luminarias poseen su propio software de cálculo, si bien es deseable poder disponer de un programa que permita diseñar con un amplio surtido de modelos.

Dialux es la solución software completo y libre para proyectistas, para proyectos de iluminación en espacios interiores y exteriores, desarrollado en 1994 por la compañía alemana DIAL especialista en domótica e iluminación, con laboratorios acreditados conforme a DIN EN ISO/IEC 17025. Un software hecho por planificadores para planificadores. Gracias al Dialux se puede crear muy fácilmente proyectos de iluminación de forma eficaz y profesional, evaluación energética al instante y la cualidad de obtener datos actualizados de luminarias de diferentes fabricantes líderes a nivel mundial como PHILIPS, GE LIGHTING, LITHONIA, SYLVANIA, etc.



Este software permite de la manera más simple e intuitiva crear ambientes virtuales con respecto a un proyecto real, el cual consta de muchas herramientas que permiten que el desarrollo del evento cumpla con las normas y estándares conocidos a nivel mundial. Permite tomar como base documentos de CAD exportando un archivo en formato \*.dwg o utilizar modelos 3D descargados de internet.

La arquitectura es exigente con la iluminación, dado que solo gracias a la luz es visible, los materiales se reconocen, y los espacios se pueden interpretar. Para la ingeniería un diseño de iluminación más eficiente aporta en reducir el consumo eléctrico.

### 2.8.1. Descarga e instalación de Dialux

Su instalación es sencilla, puesto solo hace falta entrar al sitio web de la compañía DIAL y navegando un poco se puede acceder al centro de descarga.

Download

Versión actual: edificios completos, Luz diurna, planificación de espacios, planificación de viales - más fácil y potente.

**DIALux evo**

↓ DOWNLOAD [DIALux evo 4.0](#) Proyectar edificios completos  
Ajuste de escenas de luz en tiempo real  
Más fácil y más potente

CPU fomento SSE2 · 4 GB RAM (min. 2GB) · Carta gráfica compatible OpenGL 3.3  
(1 GB RAM) · resolución min. 1024 x 768 px  
Windows Vista SP2 (32/64 bit) · Windows 7 (32/64 bit) · Windows 8.1 (32/64 bit)

Important [.Net Framework 4.5.2](#) please install .Net Framework 4 to work with  
DIALux evo

↓ DOWNLOAD [DIALux 4.12.0.1](#)

Foro DIALux 4/evo [dxboard.dialux.com](#)

Ayuda de DIALux en [facebook.dialux.com](#)

Ayuda de DIALux en [twitter.dialux.com](#)

Se pueden encontrar tutoriales en el [DIALux YouTube channel](#)

Abónese al [DIALux Newsletter](#)

Aquí podrá encontrar nuestra aplicación [DIALux News App](#)

Fig. 40: Descarga del Software Dialux

Fuente: DIAL. (2014). Download. Obtenido de <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/download.html>

Las fotometrías de las luminarias se pueden obtener a través del software este nos lleva a los enlaces de descarga o directamente desde la web de los fabricantes, pero es

recomendable disponer del catálogo técnico del país donde estemos. La instalación es sencilla puesto que solo debemos aceptar y seguir todos los pasos. Al final instala el programa POV Raytracer que sirve para realizar renderizado de imágenes en 3D del local. En el escritorio aparecerán dos iconos, uno de color rojo que es el programa y otro de color azul que es el asistente.

## 2.8.2. Manejo del Dialux

Al iniciar el software de Dialux aparece una pequeña ventana donde se presentan diferentes opciones para comenzar un proyecto.

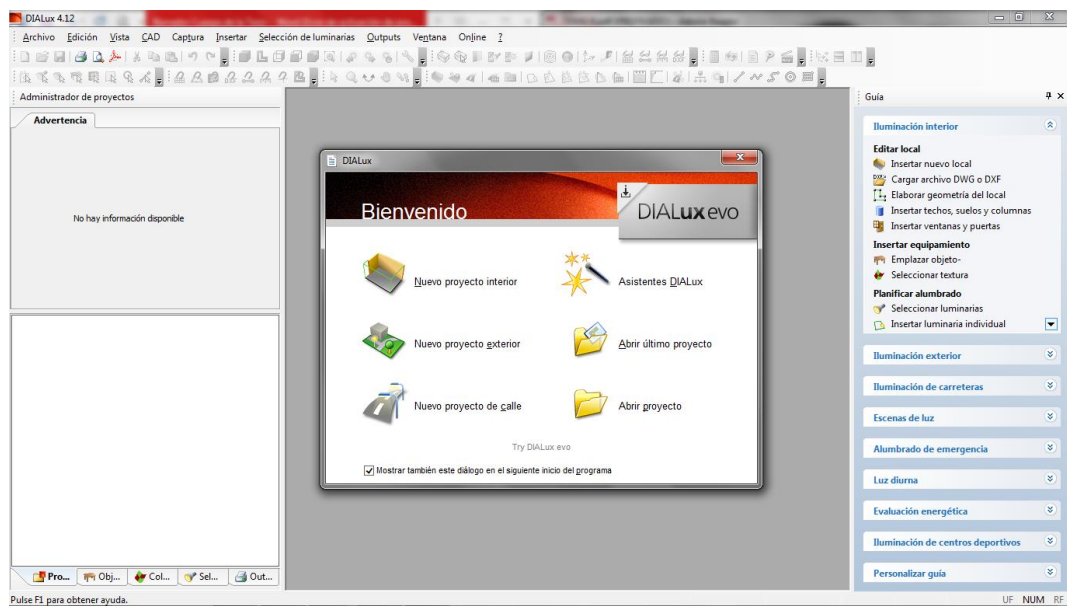


Fig. 41: Entorno del programa

Fuente: Autores, (10 de Enero de 2015), Pantalla de inicio, Obtenido de Dialux

En la parte superior se encuentra el menú de programa. Siendo las siguientes opciones de cada menú.

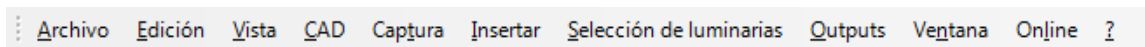


Fig. 42: Menú del programa

Fuente: Autores, (10 de Enero de 2015), Menú del programa, Obtenido de Dialux

Se dispone de dos menús laterales, a la izquierda el administrador de proyectos donde puedo ver toda la información relativa al trabajo que se está realizando, como la descripción del proyecto, los objetos, colores, luminarias, outputs de impresión, etc.

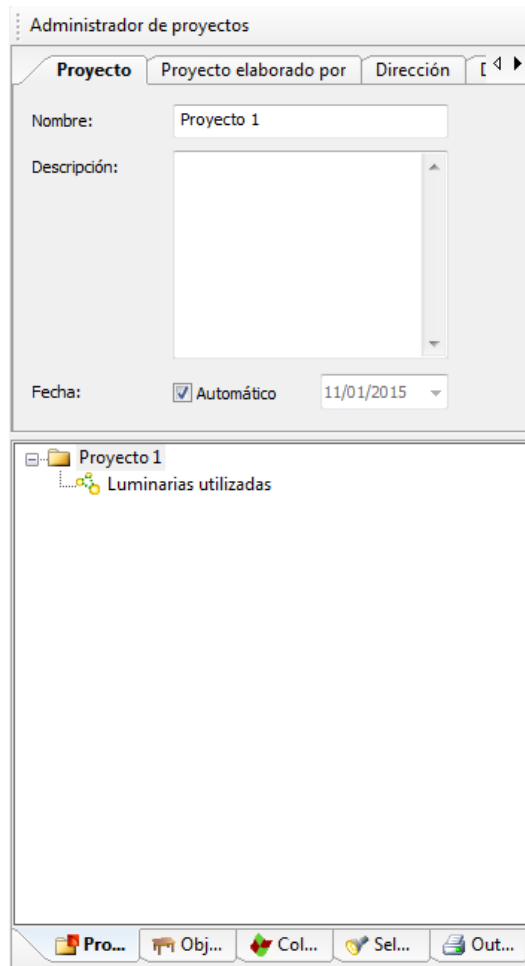


Fig. 43: Administrador de proyectos

Fuente: Autores, (10 de Enero de 2015), Administrador de proyectos, Obtenido de Dialux

A lado derecho está ubicada la Guía, donde se escoge todo aquello que se quiere incorporar al proyecto.

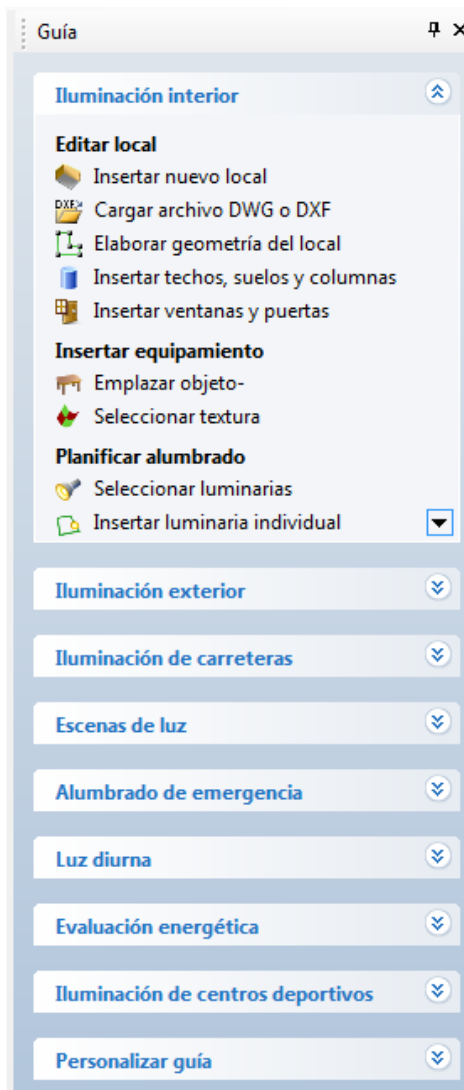


Fig. 44: Guía

Fuente: Autores, (10 de Enero de 2015), Guía, Obtenido de Dialux

Al principio se muestra un menú principal con las tres opciones fundamentales con las que se puede definir el tipo de proyecto que se va a realizar que son:

- Proyecto de interiores (oficinas, residencias, industria, etc.).
- Proyecto de exteriores (parques, parqueadero, estadios, etc.).
- Proyecto de calle (puentes, carreteras, etc.).



Fig. 45: Menú principal

Fuente: Autores, (10 de Enero de 2015), Menú principal, Obtenido de Dialux

Dialux presenta dos formas básicas de crear un diseño de iluminación, por medio del asistente o de forma directa. Como en la mayoría de programas para Windows existe la creación de proyecto de modo instructor, esto ayuda en el aprendizaje y la elaboración del diseño.

## 2.9. Tipos de lámparas

### 2.9.1. Incandescentes

Este tipo de lámpara está basado en el fenómeno del paso de una corriente eléctrica, que se produce por un filamento de tungsteno mediante el calentamiento por efecto joule, lo cual provoca una radiación visible en forma de luz. Para evitar que el filamento se quemara en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas.

La lámpara incandescente posee un rendimiento muy bajo, por el motivo que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor, lo que no ofrece muy buena reproducción de los colores. Su beneficio se ve reflejado en sus bajo costos y el color cálido de su luz, su eficiencia es muy baja, ya que solo convierte en trabajo (luz visible) alrededor del 15% de la energía consumida. Otro 25% será transformado en energía calorífica y el 60% restante en radiación no perceptible, luz ultravioleta y luz infrarroja, que igual terminan convirtiéndose en calor.

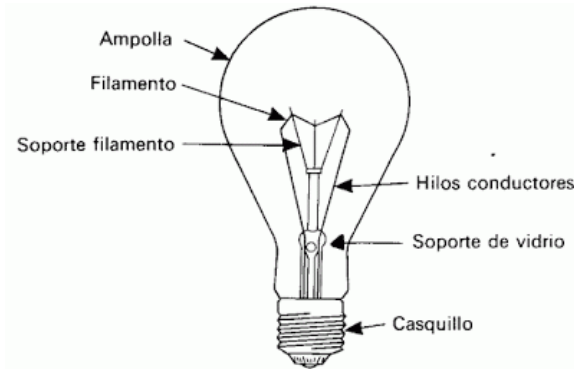


Fig. 46: Partes de una lámpara incandescente.

Fuente: Jorge. (26 de marzo de 2009). blog de Jorge ATK. Obtenido de <http://jorgeatk.blogspot.com/2009/03/bombilla-incandescente-filamento.html>

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas, La duración de una lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento.

Existen dos tipos de lámparas incandescentes: las que contienen un gas halógeno en su interior y las que no lo contienen.

### 2.9.2. Halógenas

Las lámparas incandescentes halógenas tienen el mismo funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes convencionales, la diferencia es que existe un componente

halógeno y un compuesto gaseoso, que consigue establecer un ciclo de regeneración para evitar el ennegrecimiento aumentando así la vida útil de la lámpara, mejorando su eficiencia luminosa, reduciendo tamaño, mayor temperatura de color y poca o ninguna depreciación luminosa en el tiempo, manteniendo una reproducción del color excelente.

El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno. Por eso, son más pequeñas y compactas que las lámparas normales y la ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo que impide manipularla con los dedos para evitar su deterioro. La lámpara halógena por su elevada temperatura superficial de la ampolla, no es recomendable para atmósfera explosivas salvo que se emplee un envoltorio especial.

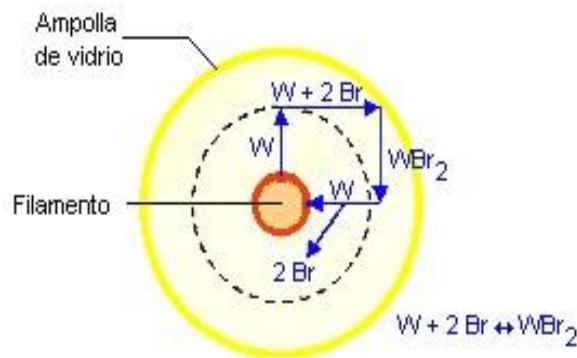


Fig. 47: ciclo del halógeno.

Fuente: Villafranca, C. I. (14 de Diciembre de 2012). blog de lumiere studio. Obtenido de [http://lumiere-studio.blogspot.com/2012\\_12\\_01\\_archive.html](http://lumiere-studio.blogspot.com/2012_12_01_archive.html)

Los átomos del halógeno se combinan con los átomos de tungsteno (o wolframio) desprendidos del filamento, depositándose en los puntos más calientes que son los puntos de donde se desprendieron en primer lugar. Debido a esto, las lámparas halógenas pueden funcionar a una temperatura superior a una lámpara llena de gas similar, esto también la produce una mayor eficacia luminosa.

### **2.9.3. Lámpara de descarga**

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado. El rendimiento luminoso de este tipo de lámparas es mucho mayor que el de las lámparas incandescentes.

Esta genera la luz por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Las lámparas difieren según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido, Durante su trayecto por el recipiente de descarga los electrones chocan con átomos de gas, los cuales, con la suficiente velocidad de los electrones, son estimulados para la emisión de radiación.

Las lámparas de descarga tienen otras cualidades que las incandescentes. En primer lugar, por el tipo de luz irradiada. Mientras que en las lámparas incandescentes se emite un espectro continuado, cuyo curso depende casi exclusivamente de la temperatura del filamento, las lámparas de descarga irradian un espectro con distintas rayas características para los gases o vapores metálicos utilizados.

Se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para usos muy diversos.

### **2.9.4. Vapor de sodio**

La lámpara de vapor de sodio es un tipo de lámpara de descarga de gas que usa vapor de sodio para producir luz, el sodio posee la peculiaridad de emitir una luz de color anaranjado. Encontramos lámparas según la forma de trabajo del sodio: de baja y alta presión, son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que proporcionan gran cantidad de lúmenes por vatio.

El foco de vapor de sodio está compuesto de un tubo de descarga de cerámica translúcida, esto con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y las altas temperaturas que se generan; en los extremos tiene dos electrodos que suministran la tensión eléctrica necesaria para que el vapor de sodio encienda.



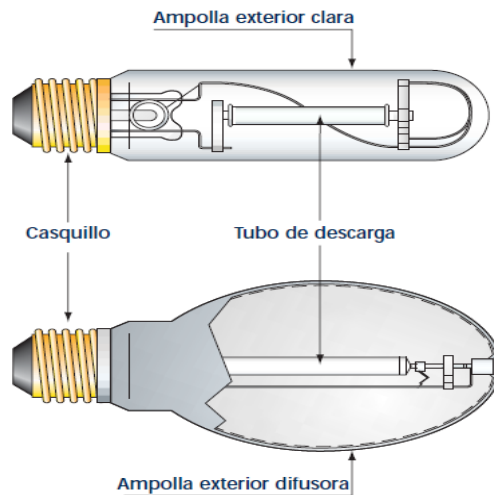


Fig. 48: Partes de lámpara de vapor de sodio

Fuente: INDAL, (2015), Lámpara de vapor de sodio, Obtenido de Manual de Iluminación

### 2.9.5. Vapor de mercurio

Este tipo de lámpara funciona con alta presión, su periodo de encendido es relativamente largo, consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque. La ampolla exterior puede ser clara o recubierta con un fósforo; en cualquiera de los casos, el bulbo exterior proporciona aislamiento térmico, protección contra la radiación ultravioleta de la luz produce, y un montaje conveniente para el tubo de arco de cuarzo fundido.

A luz que emite es color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro.

De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara, Aunque también están disponibles las bombillas completamente transparentes las cuales iluminan bien en zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores.

Para su operación las lámparas de vapor de mercurio requieren de un balastro.

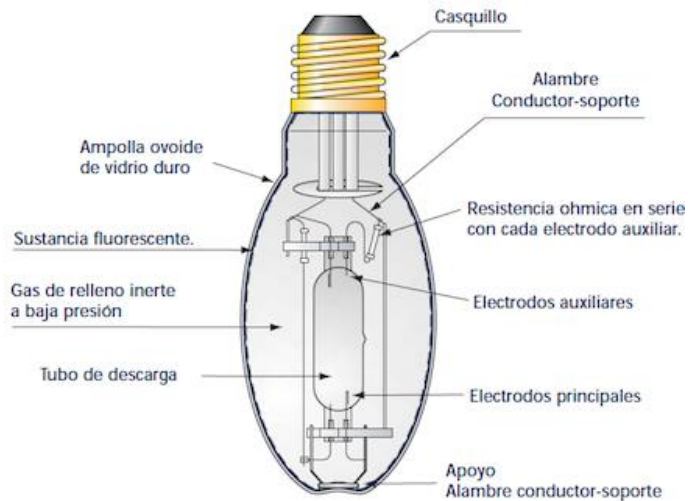


Fig. 49: Partes de lámpara de vapor de mercurio

Fuente: INDAL, (2015), Lámpara de vapor de mercurio, Obtenido de Manual de Iluminación

### 2.9.6. Fluorescente

Las lámparas fluorescentes es la del encendido por precalentamiento, posee dos electrodos dentro de un tubo de vidrio relleno de una mezcla gaseosa y que va interiormente impregnado de una sustancia fluorescente, que se vuelve luminosa al pasar la corriente entre los dos electrodos, es del tipo de descarga eléctrica en la cual se produce al aplicarse una alta tensión y por la fluorescencia o fosforescencia activada por la tecnología ultravioleta de un arco de mercurio.

Este tipo de lámpara no puede conectarse directamente a la red. El correspondiente balastro situado entre la corriente de alimentación y la lámpara limita y controla la corriente de la lámpara y asegura así un funcionamiento fiable bajo condiciones específicas.

Veamos a continuación cuáles son las partes principales que componen las lámparas fluorescentes más elementales:

- Tubo de descarga
- Casquillos con los filamentos

- Cebador, encendedor o arrancador (starter)
- Balasto (ballast)

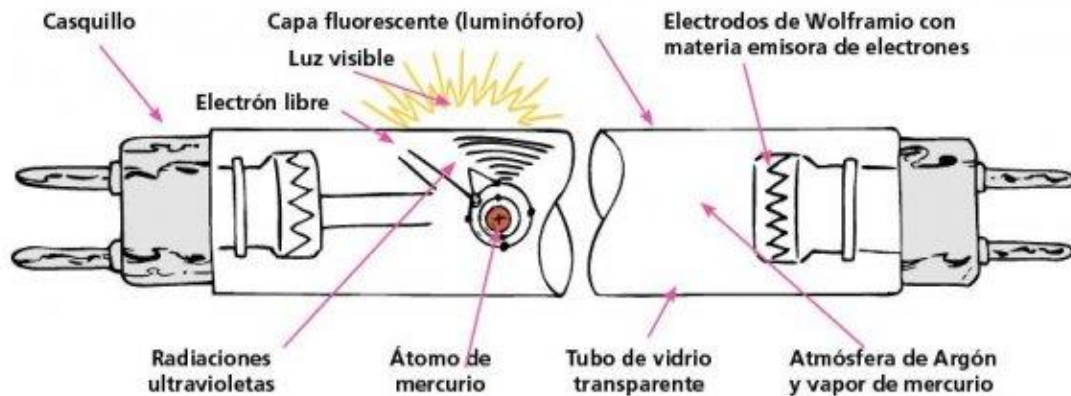


Fig. 50: Partes de lámpara fluorescente

Fuente: Bordón, L. E. (10 de SEPTIEMBRE de 2013). ABC. Obtenido de

<http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/las-lamparas-fluorescentes-616088.htm>

### 2.9.7. LED

Es una lámpara de estado sólido que usan unos conjuntos de diodos, LED son las siglas de Light Emission Diode, (diodo de emisión de luz), son componentes electrónicos constituidos por la unión de materiales semiconductores de diferentes características, capaces de convertir la energía eléctrica directamente en energía luminosa cuando son polarizados por medio de un campo eléctrico.

Este tipo de lámparas en la actualidad tienen muchos usos, ya que su gama es muy amplia y abarca casi todos los campos lumínicos, son dispositivos capaces de generar importantes ahorros en el consumo energético. Los sistemas de iluminación LED suponen una ventaja frente a la iluminación convencional son su larga vida útil, su escaso consumo, y la reducción al mínimo de la emisión de calor y rayos ultravioleta. Tampoco contienen gases

ni metales pesados, por lo tanto son menos contaminantes que el resto ya que incluso las de bajo consumo, fluorescentes compactas, llevan mercurio.

Las lámparas led poseen muchas ventajas:

- Voltaje de operación muy bajos.
- Tiempo de vida útil muy prolongado.
- Posee muy alta eficiencia.
- Reducidos costo de mantenimiento.
- Flexibilidad de instalación.
- Encendido instantáneamente al 100% de sus rendimientos.
- Es insensible a las vibraciones.
- Ausencia de radiaciones.
- Colores vivos y saturados sin filtro.

Las partes integrantes de una lámpara LED de alta potencia luminosa son las siguientes:

#### **2.9.7.1. El chip**

Es la parte más importante del led. Está compuesta de un material semiconductor capaz de generar luz cuando se le aplica corriente que no debe fallar en largo tiempo si constructivamente ha sido bien diseñado, Sobre esta base de carburo de silicio (o en ocasiones de zafiro) se depositan en forma de vapores diferentes materiales, cuya mezcla es la que da el color y la calidad de la luz. El chip se protege del exterior mediante una carcasa de cristal o policarbonato. Cuando el color de la capa de fósforo que recubre el chip es de color amarillo oscuro (ocre), emitirá luz “cálida” (warm light), similar a la de una lámpara halógena de igual cantidad de lúmenes, con la diferencia que consumirá menos energía eléctrica en watt.

#### **2.9.7.2. Disipador de calor.**

La disipación del calor es una de las claves de la duración de un LED, es un elemento imprescindible de utilizar en una lámpara LED de alta potencia luminosa. Una buena disipación del calor alargará la vida del chip. Para lograrlo, son claves los materiales

empleados y un diseño que favorezca esta disipación, Un disipador mal diseñado puede ocasionar la destrucción del chip del LED.

### 2.9.7.3. Driver.

Los led no se conectan directamente a la red eléctrica, su función de este driver es de controlar el sistema eléctrico de trabajo del led de alta potencia luminosa, por lo que el aprovechamiento real de la energía eléctrica, este controlador permite que las lámparas led de alta potencia luminosa puedan funcionar con corriente alterna.

### 2.9.7.4. La placa base.

PCB Printed Circuit Board (placa de circuito impreso), es aquella que soporta las conexiones de los dispositivos electrónicos, tales como las conexiones del chip y las vías de disipación de calor, También se la denomina como placa madre.

### 2.9.7.5. La óptica secundaria.

Es el conjunto de lentes exteriores que establecen la distribución del haz de luz emitida por el led. Puede proporcionar un mayor o menor ángulo de difusión de la luz, pues la que emite el LED se difunde, normalmente, de forma unidireccional. En el caso de la lámpara que se ilustra al inicio de esta sección, el diseño del componente óptico está formado por pequeñas lentes, que permiten que la luz se difunda en un ángulo de 120°, la forma y composición de las lentes que forman la óptica secundaria puede variar en función de las necesidades de iluminación y distribución de la luz que se requieran.

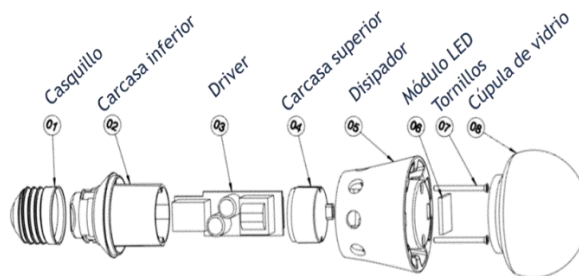


Fig. 51: partes de lámpara led

Fuente: Figueres, N. (5 de noviembre de 2014). led and colors. Obtenido de <http://www.ledandcolors.com/blog/como-es-una-lampara-led/>

Existen algunos puntos importantes que lo detallamos a continuación:

- Ahorro de costes de energía.
- Larga duración.
- Mínimo de mantenimiento.
- Intensidad regulable.
- Ahorro en aire acondicionado.
- Encendido instantáneo.
- Mínimo riesgo.
- Ecológicos.
- No atrae insectos.
- No altera los colores.
- Amplia resistencia térmica.
- Resistente a los golpes.

## CAPÍTULO 3: CONSIDERACIONES DE DISEÑO

### 3.1. Diseño de la estructura metálica didáctica

Para iniciar la elaboración de la estructura metálica para las pruebas de luminarias LED, se realizó un análisis del material a ser usado en la construcción, el cual debería ser apropiado para realizar el montaje y desmontaje de luminarias de manera rápida y sencilla, ofreciendo estabilidad y resistencia mecánica durante las prácticas. Consta con un tablero de apoyo para colocar las luminarias LED a utilizarse.

El diseño e implementación de bancos de pruebas para las diferentes áreas académicas se viene trabajando como una opción de mejora para el aprendizaje de futuras generaciones estudiantiles.

Esta estructura metálica está diseñada de tal manera que permite realizar diferentes prácticas con luminarias LED para espacios exteriores e interiores. Las pruebas tienen como objetivo comprobar la fotometría suministrada por el fabricante, la estructura permitirá realizar mediciones a diferentes alturas para comparar valores lumínicos teóricos y prácticos. En base a los valores prácticos que obtendremos con la estructura podremos generar una curva con valores teóricos y simulados entregados por el software Dialux.

Se realiza un diseño de la estructura para pruebas teniendo en consideración las dimensiones de las luminarias, del motor para subir y bajar la estructura, de los elementos de control y protección. En la parte superior se ubicará el motor con una polea y un cable que sostenga la parte inferior de la estructura, esto va a permitir separar y juntar la parte superior con la parte inferior la estructura como un acordeón. El motor debe ser apropiado para subir y bajar el peso de la parte inferior de la estructura, además, poder funcionar con carga y sin carga (con o sin el peso de la luminaria), además, debe poseer un freno magnético para evitar un descenso no deseado.

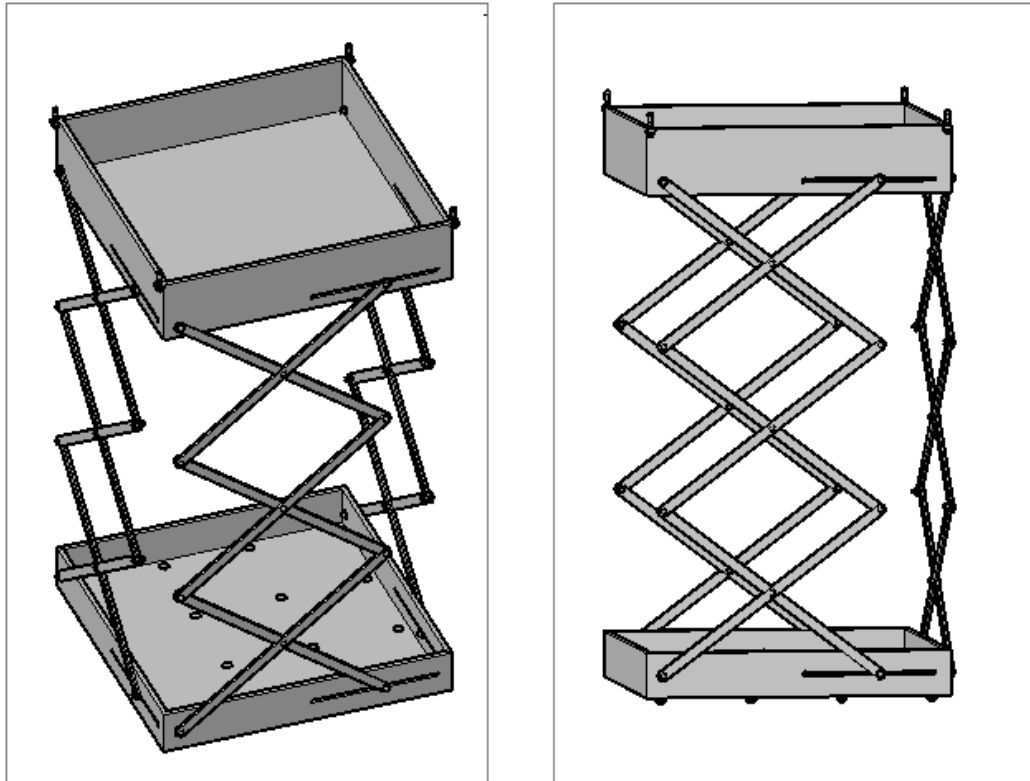


Fig. 52: Estructura para pruebas de Luminarias LED

Fuente: Autores, (2014), Estructura para pruebas de luminarias, Obtenido de Auto CAD

Las luminarias se instalarán en una bandeja extraíble permitiendo un montaje rápido y sencillo con dos medidas estándar para que puedan ser depositadas en las bases ubicadas en la parte inferior de la estructura.

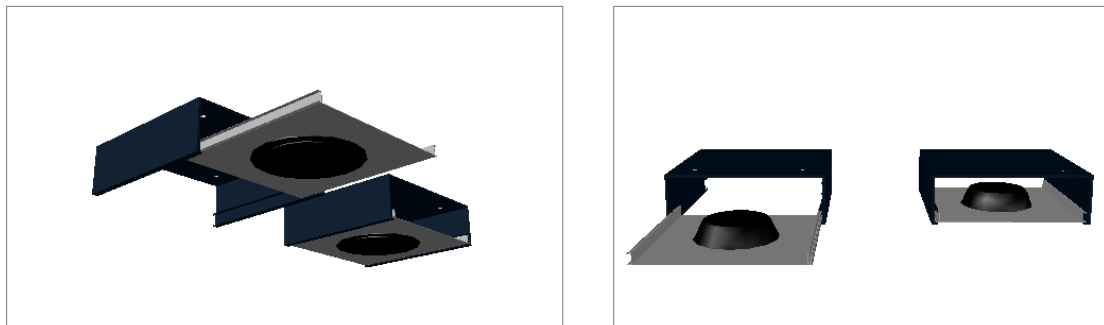


Fig. 53: Base y Bandeja Extraíble para las luminarias LED 3D

Fuente: Autores, (2014), Base y Bandeja extraíble para las luminarias LED, Obtenido de Auto CAD



Las luminarias cuya dimensión sea menor a 25x25 cm (625 cm<sup>2</sup>) se instalará en una bandeja de 30x30 cm, para las luminarias de dimensión superior a 25x25 cm se instalará en una base extraíble de 70x70 cm. Por lo tanto, las dimensiones de las bases estándar serán equivalentes a las bandejas extraíbles. Las bases para las bandejas extraíbles se acoplarán con la estructura por medio de pernos y tuercas para que puedan ser cambiadas para trabajar con la medida correspondiente (las cotas están en milímetros).

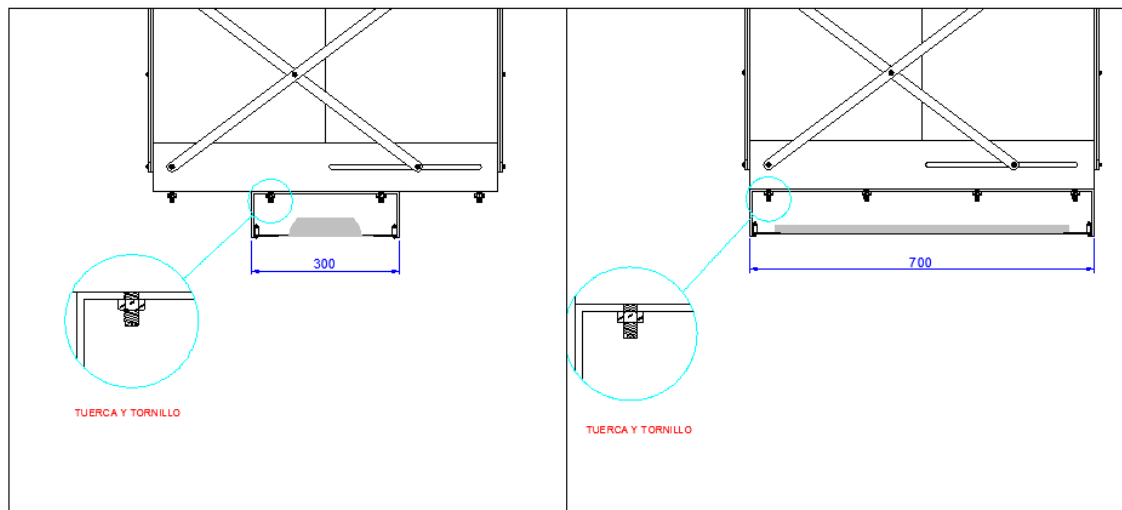


Fig. 54: Bases y Bandejas extraíbles para las Luminarias LED 2D

Fuente: Autores, (2014), Bases y Bandejas extraíble para las luminarias LED, Obtenido de Auto CAD

De acuerdo a la necesidad y teniendo en cuenta las condiciones en las cuales se va a trabajar y luego del análisis de costos se decidió trabajar con acero negro. Teniendo todas estas consideraciones se determinó las dimensiones apropiadas para la estructura para las pruebas de las luminarias Led (las cotas están en milímetros).

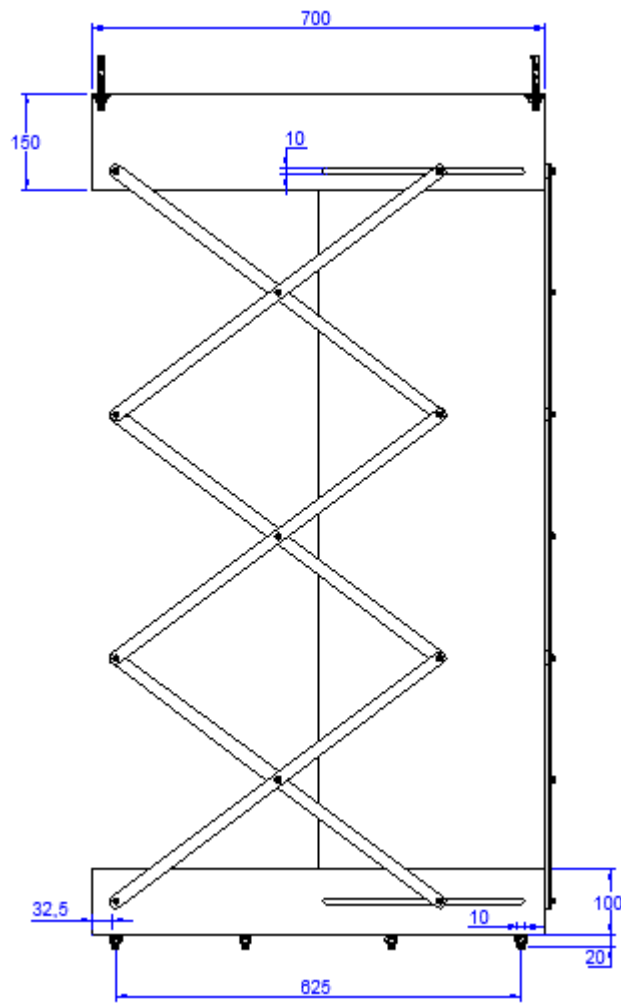


Fig. 55: Dimensiones de la Estructura

Fuente: Autores, (2014), Dimensiones de la Estructura para pruebas de las luminarias LED, Obtenido de Auto CAD

Para su instalación en la parte superior de la estructura posee seis orejas que fijarán con tornillos de expansión la estructura a la losa para soportar el peso de la estructura, motor, luminarias, elementos de control y protección.

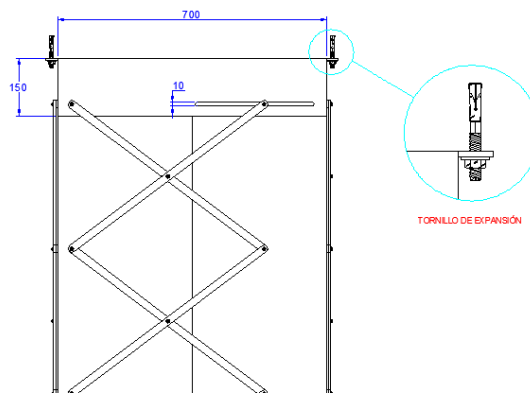


Fig. 56: Fijación en la losa

Fuente: Autores, (2014), Fijación de la estructura a la losa, Obtenido de Auto CAD

La ubicación recomendada de la estructura para las pruebas de las luminarias LED es en el centro del laboratorio de instalaciones eléctricas salón B-307 en el Edificio Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil (las cotas están en centímetros).

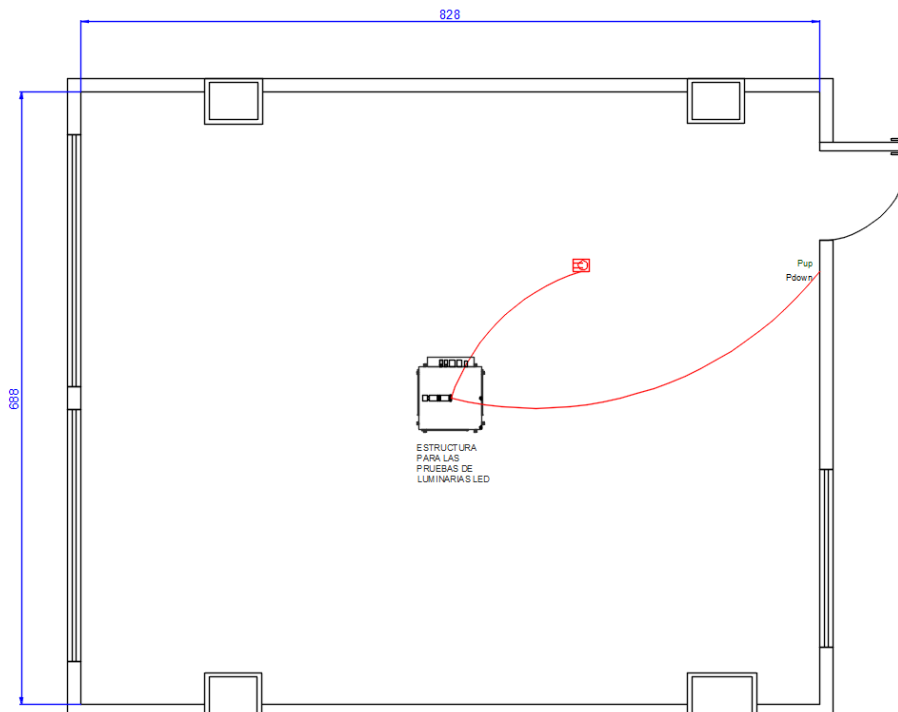


Fig. 57: Dimensiones del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas

Fuente: Autores, (2014), Laboratorio de Instalaciones Eléctricas UPS-G, Obtenido de Auto CAD

En la parte superior de la estructura para pruebas de luminarias LED se acopló una caja metálica para la instalación de los elementos de control del motor, el objetivo es poder acceder de manera sencilla para casos de falla o de mantenimiento.



Fig. 58: Elementos de control del motor

Fuente: Autores, (2015), Elementos de control del motor, Obtenida de foto digital

En la parte inferior de la estructura se acopló una caja de plástico con jacks para la alimentación eléctrica de las luminarias led, se realiza la conexión eléctrica por medio de cables de prueba del laboratorio.



Fig. 59: Caja de conexión

Fuente: Autores, (2015), Caja para conexión eléctrica, Obtenida de foto digital

La elaboración de esta estructura tomó alrededor de tres semanas, tiempo que se cumplió de acuerdo con lo establecido. Las figuras detallan el inicio de la construcción de la estructura.



Fig. 60: Construcción de la Estructura para las pruebas

Fuente: Autores, (2014), Construcción de la Estructura para las pruebas de las luminarias LED, Obtenida de foto digital

### **3.2. Diseño del tablero metálico**

El proyecto consta con un tablero de apoyo para colocar las luminarias LED de manera vertical para su fácil identificación. Las bandejas extraíbles tendrán un par de agujeros para ser sostenidas por medio de cáncamos abiertos para su fácil montaje y desmontaje.

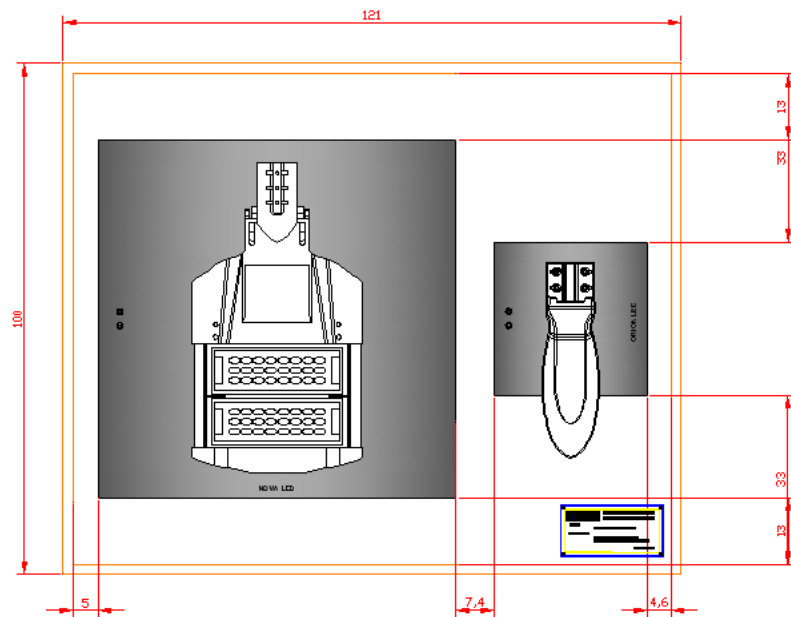
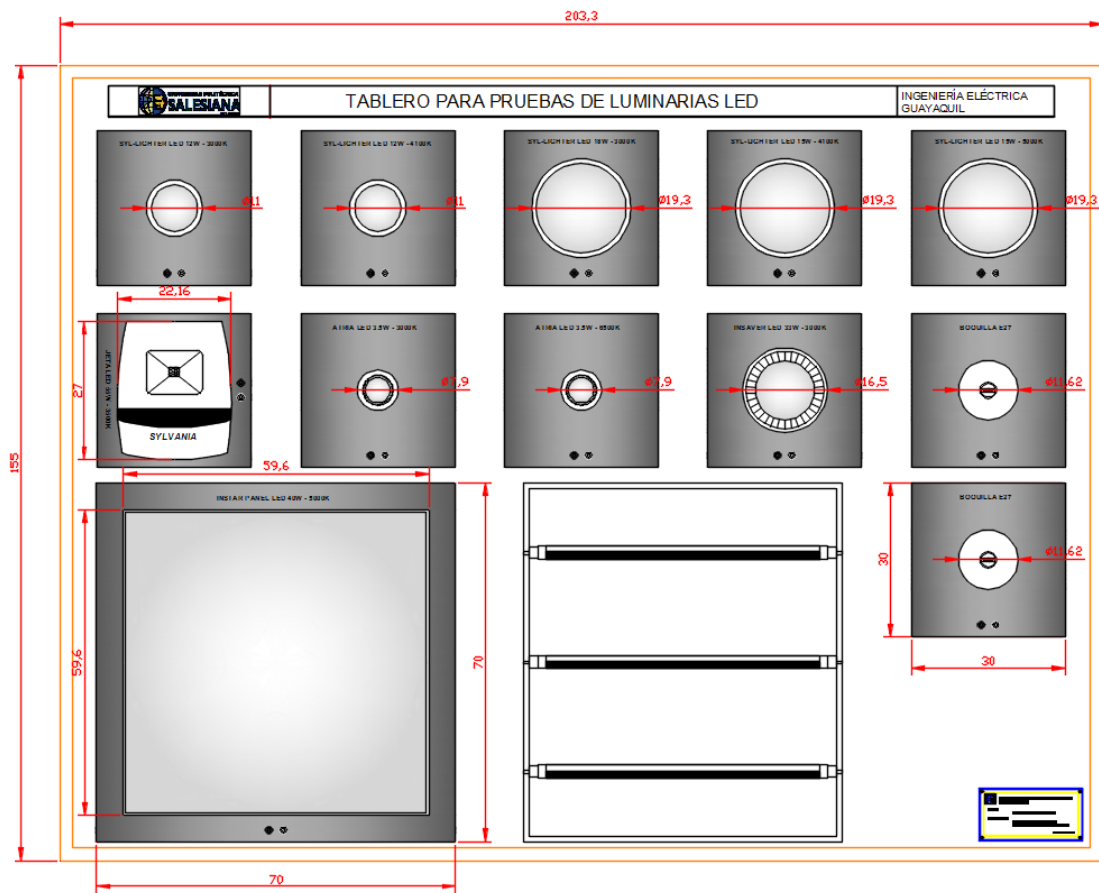


Fig. 61: Tablero metálico de apoyo

Fuente: Autores, (2015), Tablero metálico de apoyo, Obtenido de Auto CAD

### 3.3. Diseño eléctrico para el funcionamiento de la estructura metálica para pruebas

En la parte superior de la estructura metálica para pruebas de las luminarias LED estarán ubicados los elementos para el control y protección.

En la parte superior de la estructura estará instalado el motor eléctrico con voltaje de alimentación de 120 Vac, su función será subir y bajar la parte inferior de la estructura metálica. Tendrá incorporado un freno magnético con un voltaje de alimentación de 120 Vac para mantener la altura deseada.

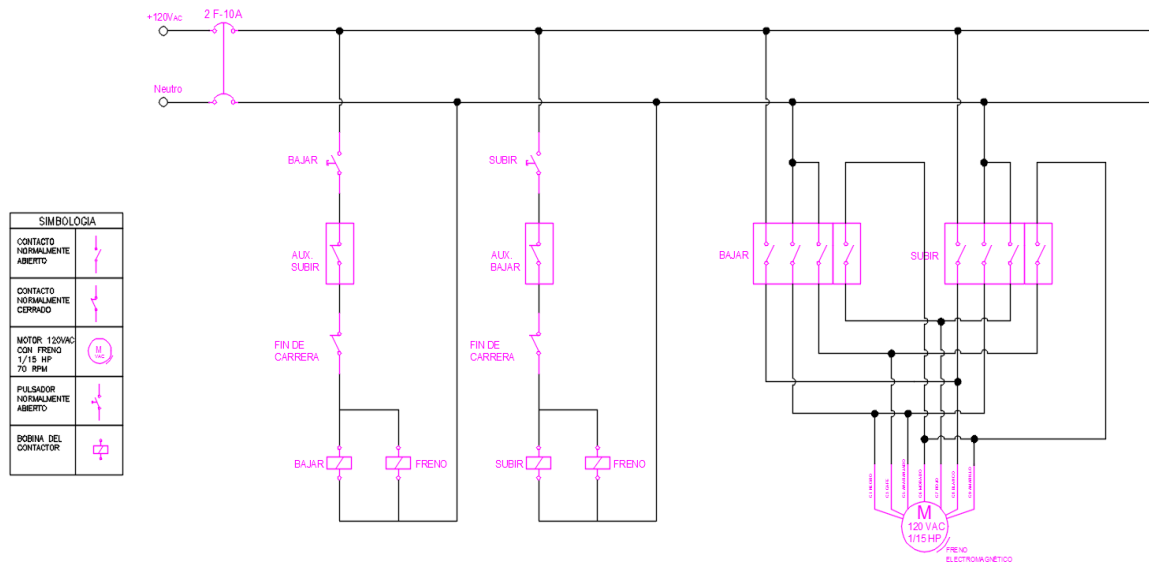


Fig. 62: Diseño eléctrico para el control y protección del motor

Fuente: Autores, (2014), Diseño eléctrico para el control y protección del motor, Obtenido de Auto CAD

Se va aprovechar las instalaciones existentes de tubería y cajas empotradas en la pared y los destinados para ventiladores de techo que no están en uso, para realizar la instalación y conexión eléctrica de los pulsadores con los elementos de control de la estructura.



Fig. 63: Cajas empotradas para conexión eléctrica

Fuente: Autores, (2014), Cajas empotradas para conexión eléctrica con tapa ciega, Obtenido de foto digital

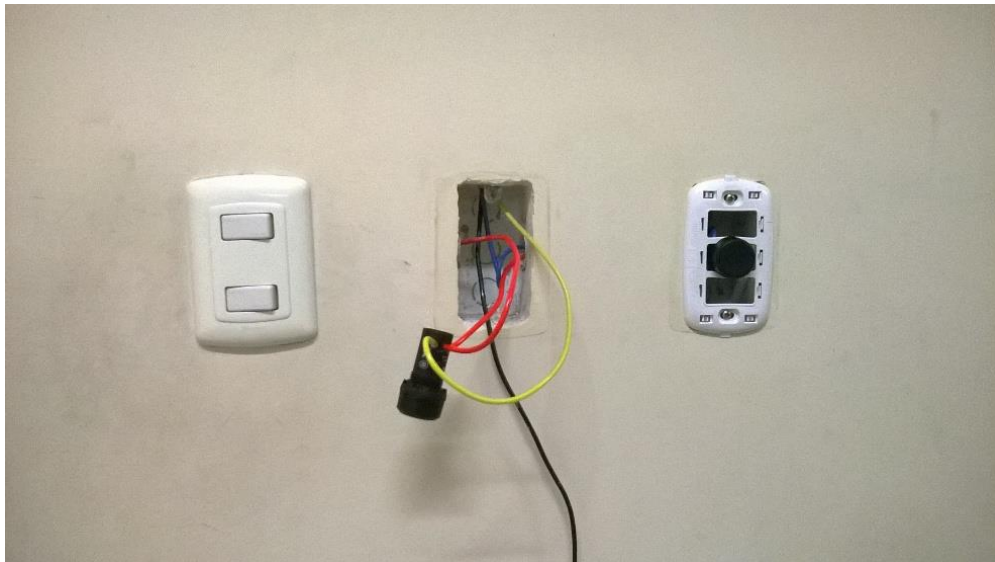


Fig. 64: Pulsadores para el control del sentido de giro del motor

Fuente: Autores, (2014), Cajas empotradas para la conexión de pulsadores, Obtenida de foto digital



Mediante dichos pulsadores ubicados en una de las paredes del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas aula B-305 en el Edificio Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil se accionarán los relés auxiliares que accionarán los contactores que controlarán el giro del motor.

En la parte del techo existe un tomacorriente que se utiliza para dar alimentación eléctrica al Proyector del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas aula B-305, se utilizará dicho tomacorriente para dar la alimentación eléctrica a los elementos de la estructura para pruebas de luminarias LED (motor, luminarias, etc).

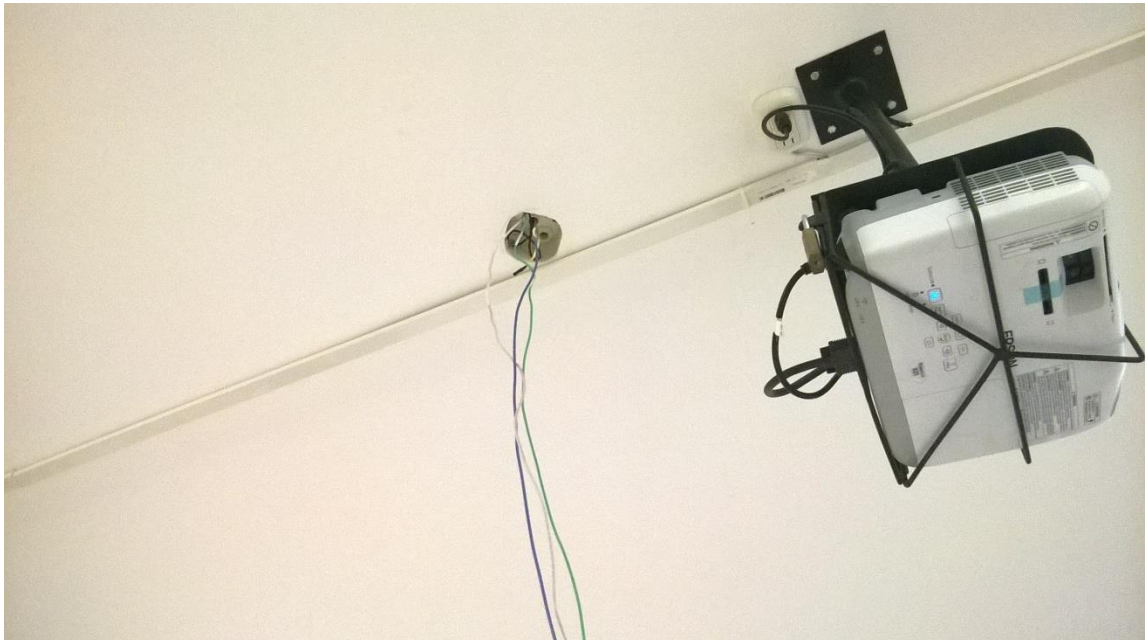


Fig. 65: Tomacorriente de tumbado

Fuente: Autores, (2014), Tomacorriente de tumbado para el Proyector del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas B-305, Obtenida de foto digital

### **3.4. Diseño del laboratorio de Instalaciones Eléctricas en Dialux**

Para el desarrollo de las prácticas se va a realizar una curva comparativa con valores teóricos, prácticos y simulados, para ello se realizó un diseño del laboratorio de Instalaciones Eléctricas en el software Dialux.

Al iniciar el software Dialux tenemos las siguientes opciones (fig. 66). Para el diseño de interiores se escoge la opción de “Nuevo proyecto interior”, el cual por defecto del programa nos da una escena en forma rectangular (fig. 67).



Fig. 66: Nuevo proyecto interior

Fuente: Autores, (2015), Nuevo proyecto interior, Obtenido de Dialux

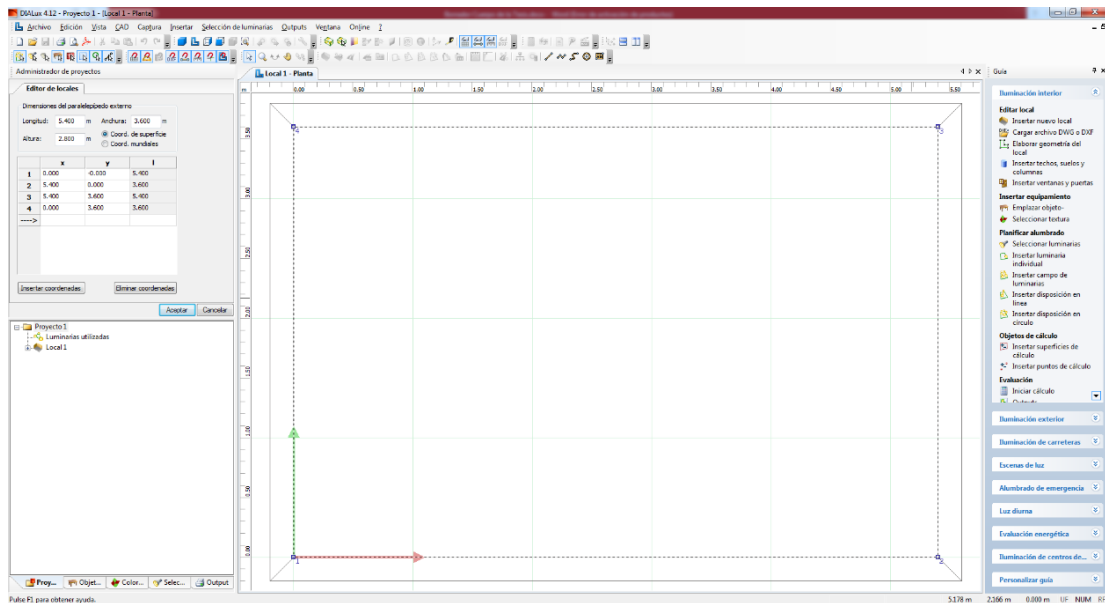


Fig. 67: Editor de locales

Fuente: Autores, (2015), Editor de locales, Obtenido de Dialux

Automáticamente genera el “Local 1”, de dimensiones fijadas por defecto en la configuración, pudiendo cambiarlas si queremos, seguidamente se pulsa “Aceptar”. Si en el Administrador de Proyectos, se selecciona con el botón derecho el nombre del local, se puede cambiar su nombre. Si la barra de herramientas “Vista” está activada se puede cambiar la perspectiva del local.

Otra manera de realizar un proyecto interior es importando un plano previamente realizado en Autocad, que nos servirá como plantilla para poder guiar y crear los diferentes ambientes.

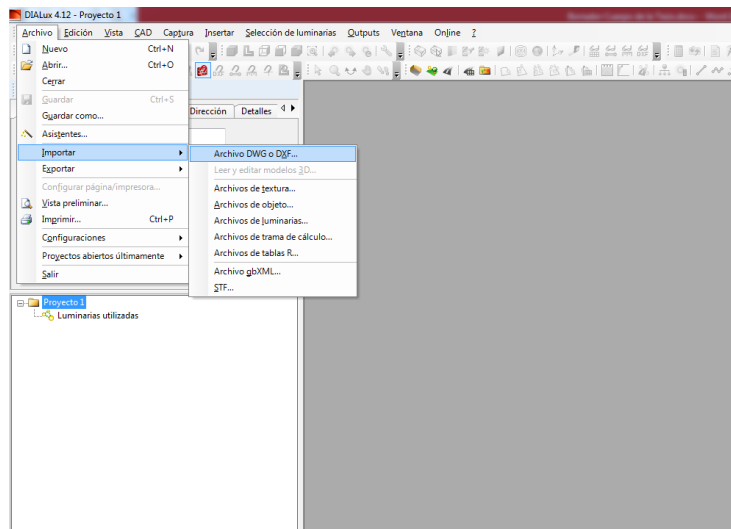


Fig. 68: Importación de una archivo DWG

Fuente: Autores, (2015), Importación de un archivo de Auto CAD formato DWG, Obtenido de Dialux

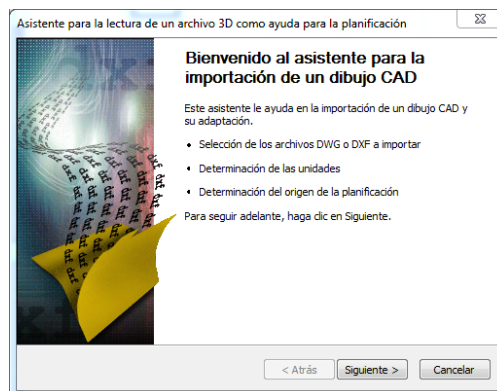


Fig. 69: Importación de un plano desde Auto CAD

Fuente: Autores, (2015), Importación de un plano desde Auto CAD, Obtenido de Dialux

Una vez que tenemos la plantilla elaboramos la geometría del local de nuestro proyecto y damos las dimensiones de acuerdo al plano de Auto CAD importado.

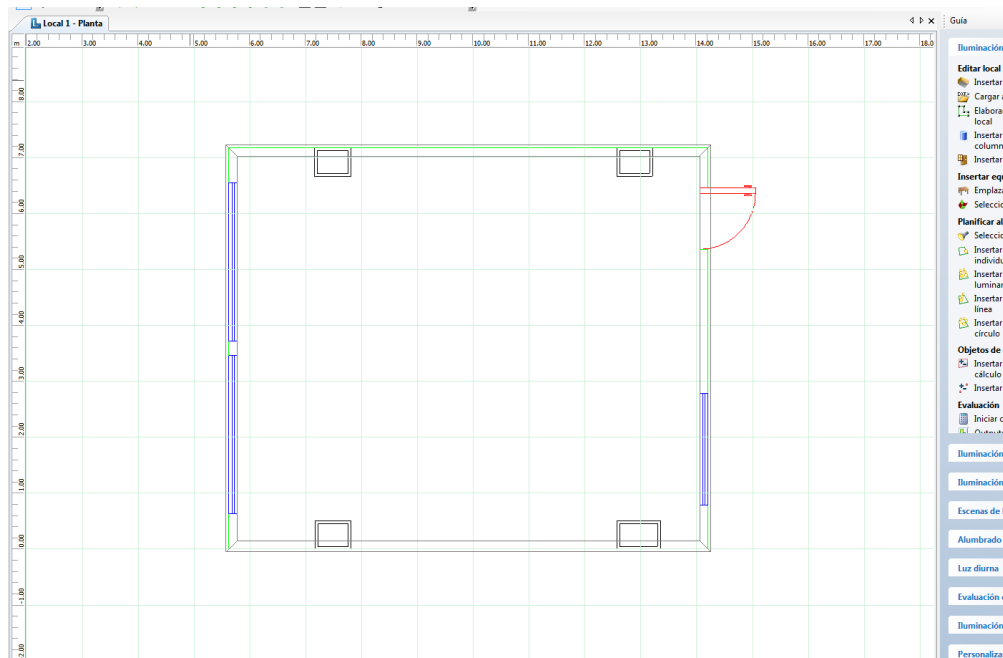


Fig. 70: Creación de superficie del Proyecto

Fuente: Autores, (2015), Creación de Superficie del Proyecto, Obtenido de Dialux

Dialux dispone de una ayuda al dibujo que es la opción “Captura” ubicada en la barra de herramientas, que permite forzar el puntero del ratón a elementos singulares del dibujo.

Podemos modificar la geometría como sus dimensiones añadiendo nuevos vértices o definiendo un polígono, realizando click derecho del mouse hasta obtener un local de acuerdo a lo que deseamos (fig. 71). Se procede con insertar el detalle que corresponda con la escena interior para dar una imagen real al ambiente como pilares, puertas, ventanas, colores, texturas, etc. Además el programa ofrece la flexibilidad de importar imágenes u objetos de nuestros archivos que se pueden usar para dar un mejor acabado (fig.72). En el Administrador de proyecto existen las opciones dar color, grado de reflexión, transparencia, rugosidad y efecto espejo de las cosas, o a su vez determinar directamente el tipo de material: techo estándar, suelo estándar, etc. según corresponda

(fig. 73). En el siguiente paso es definir las características del local como su factor de mantenimiento, paredes, suelo, techos y sus colores.

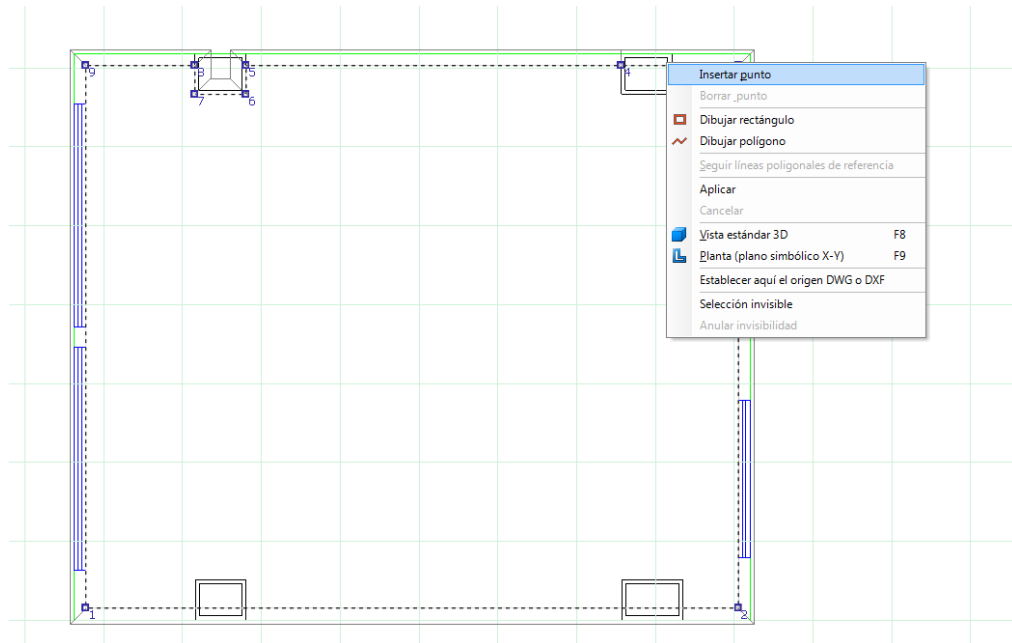


Fig. 71: Creación de la geometría del Laboratorio

Fuente: Autores, (2015), Creación de la geometría del Laboratorio, Obtenido de Dialux

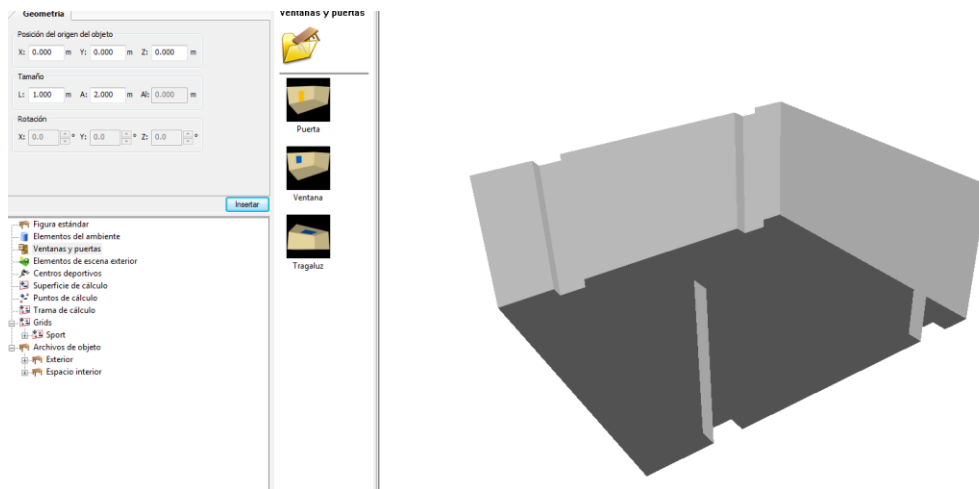


Fig. 72: Detalle del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas

Fuente: Autores, (2015), Detalle del Laboratorio de Instalaciones Eléctricas, Obtenido de Dialux

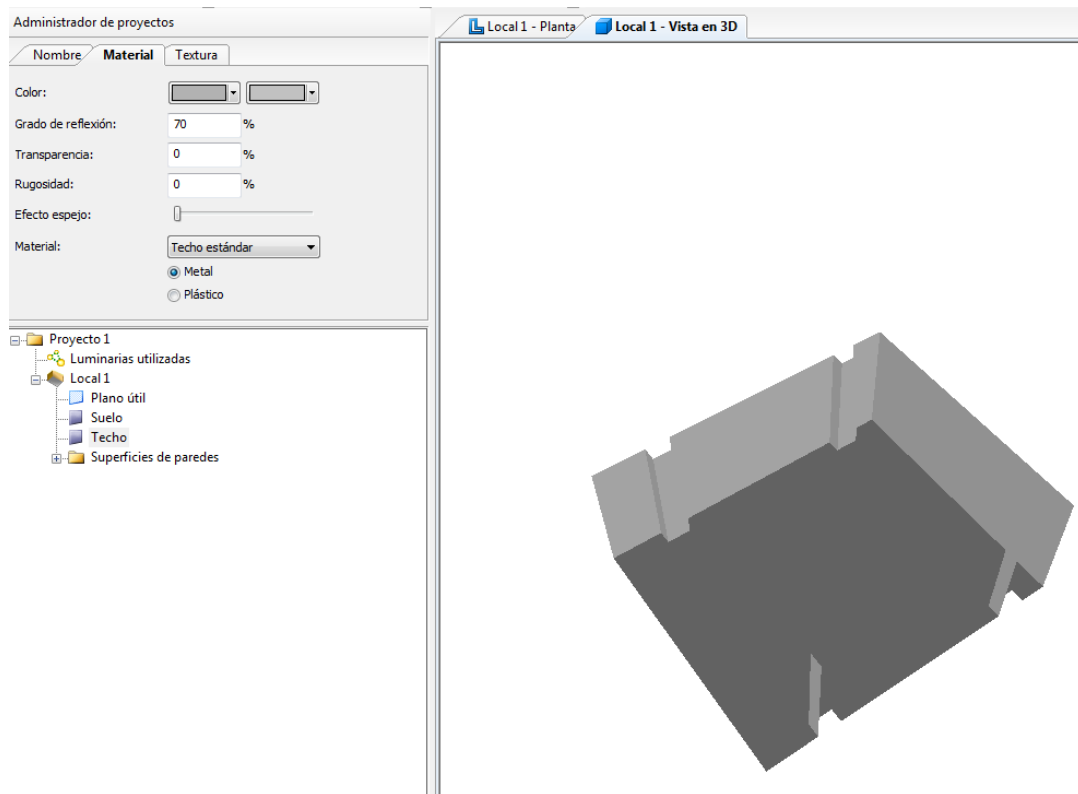


Fig. 73: Características de las superficies del Proyecto

Fuente: Autores, (2015), Características de las superficies del Proyecto, Obtenido de Dialux

En color y textura de las paredes, mediante la opción “Iluminación interior” → “Seleccionar Texturas”. Escogiendo la textura y arrastrando sobre el objeto correspondiente se asigna la textura. Para aplicar una textura a una sola pared se debe especificar la pared que es seleccionándola con mouse, proporcionarle un tipo de material distinto del resto y aplicar la textura. Con el suelo y el techo se procede de la misma forma.

Muchas veces existen locales más complejos con pilares, rampas, descuelgues. En la opción “Iluminación interior” → “Insertar techos, suelos y columnas” añadiremos estos elementos. Posteriormente se podrá modificarlos.

Dialux permite descargar diferentes tipos de plugin de diferentes fabricantes directamente desde el software o a su vez insertar una fotometría específica. Una vez instalada el plugin del fabricante, basta con ir al menú “Selección de luminarias” y escoger el fabricante que queramos.

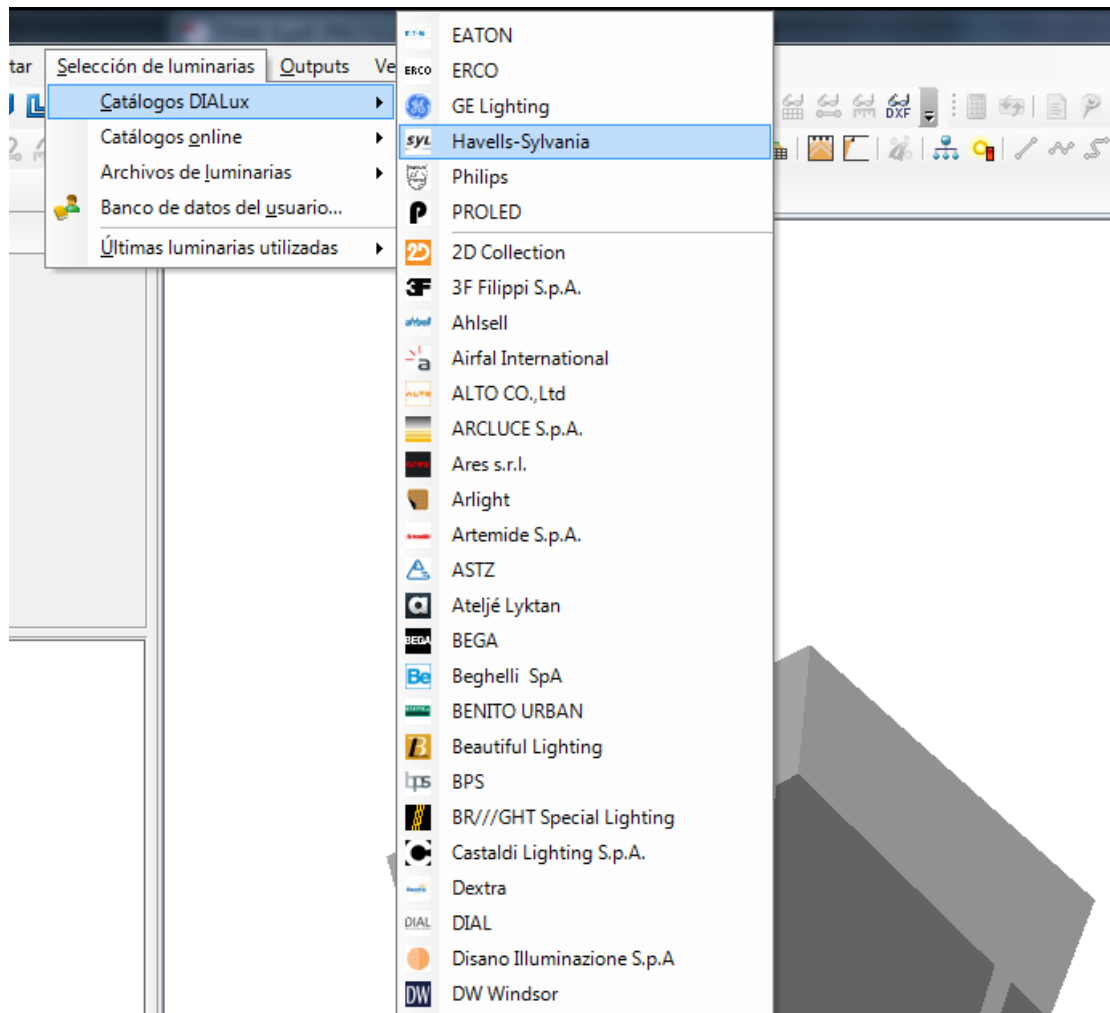


Fig. 74: Selección de plugin del Fabricante

Fuente: Autores, (2015), Selección de plugin del Fabricante, Obtenido de Dialux

Se escoge el modelo de la luminaria se añade al proyecto para su uso. Seleccionadas las luminarias a emplear se deben colocar las mismas, según la forma del local y la aplicación se escogerá la distribución más apropiada, pudiendo elegir entre:

- Insertar luminaria individual, es decir punto a punto.
- Insertar campo de luz en forma de malla Ax B.
- Insertar disposición en línea.
- Insertar disposición en círculo.

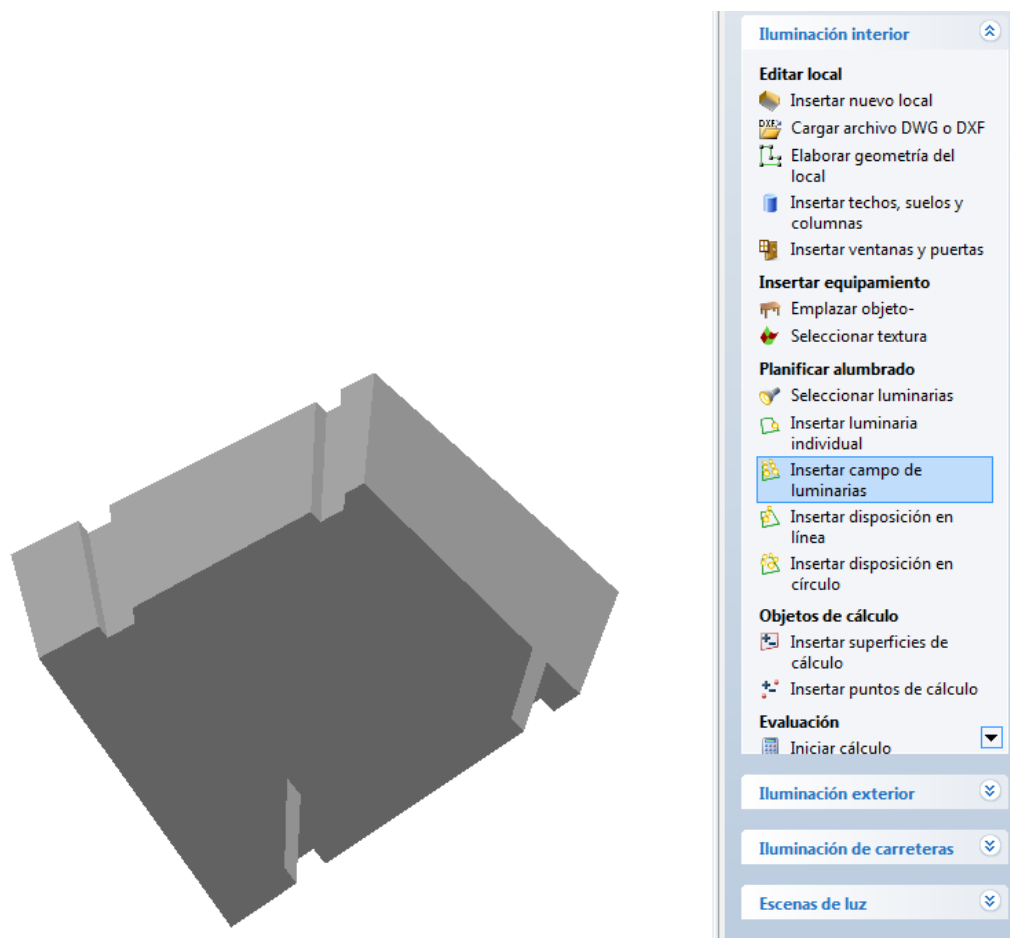


Fig. 75: Planificar Alumbrado

Fuente: Autores, (2015), Planificar Alumbrado, Obtenido de Dialux

La disposición aparecerá en el Administrador y si escogemos el icono con forma de calculadora podremos determinar el nivel de iluminación proporcionado por la disposición seleccionada. Para rotar una luminaria individualmente se debe escoger en los filtros de selección.

Podemos insertar filtros de color de modo similar a la inserción de texturas. Solo hay que arrastrar sobre el grupo de luminarias y se asigna el color. Si se hace pulsando la tecla de control del teclado (CTRL) se aplica el cambio a todas las luminarias, mientras que pulsando mayúsculas (SHIFT) se hará solo sobre la luminaria seleccionada.



En el menú “Outputs” del administrador se puede escoger qué partes de los resultados añadir al proyecto.

Además se pueden exportar los resultados que se observan en la ventana CAD para añadir a otro proyecto desde del menú “Archivo” → “Exportar”. Siendo las opciones de exportación las siguientes:

- General: Para escoger el lugar de guardado del archivo y las escenas de trabajo a incluir.
- Selección de objetos: Permite seleccionar lo que se quiere exportar, como luminarias, forma del local, isolíneas.
- Layer: Permite nombrar las capas de exportar y el color asignado a las mismas.
- Opciones: Configura diversas opciones de exportación.
- Luminaria: Permite exportar las luminarias en una sola capa, por tipo y por disposición.
- Leyenda: Crea la leyenda de las luminarias, permitiendo añadir determinada información.
- Isolíneas: Para escoger el número y gradación de curvas isolux, con sus distintos colores.
- Gráfica de valores: Incluye en el CAD los valores de iluminancia en los puntos de cálculo.

Para realizar los cálculos tenemos diferentes métodos como por ejemplo: superficie de cálculo, puntos de cálculo, etc. Para este proyecto escogeremos puntos puntuales (fig. 76) a nivel del piso en diferentes distancias indicada en cada práctica.

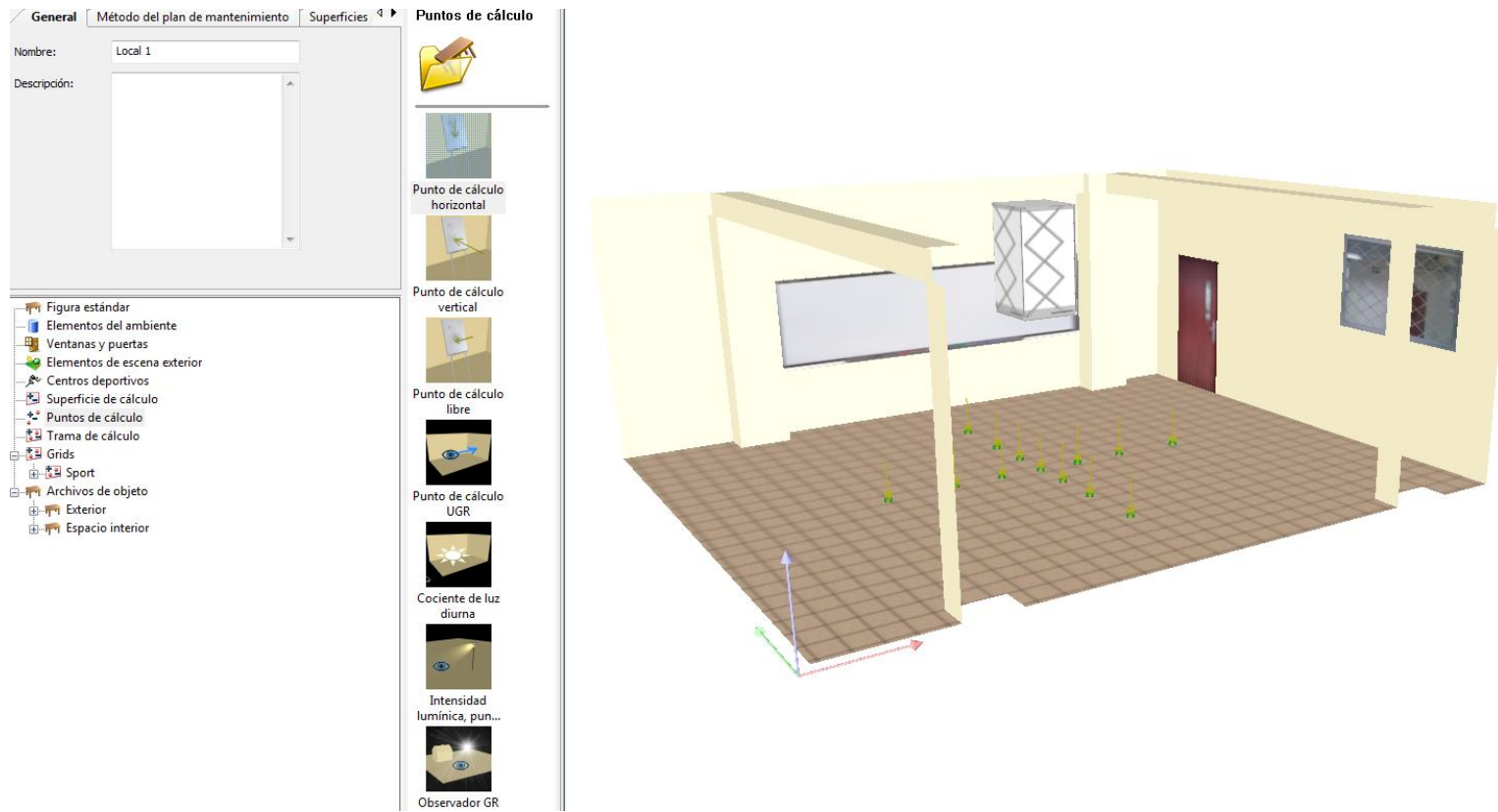


Fig. 76: Puntos de cálculo

Fuente: Autores, (2015), Puntos de cálculo, Obtenido de Dialux

### 3.5. Características de Luminarias LED

#### 3.5.1. Syl-Lighter Sylvania



Fig. 77: Syl-Lighter Led

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del producto.

Luminarias para aplicación en interiores con tecnología LED de alta potencia, excelente ahorro de energía y reproducción de color. El reemplazo apropiado de los downlights con fluorescente ahorrador 2x15w, 2x20w y 2x25w. Disponible en tres temperaturas de color: 3000k blanco cálido (ww) ,5000k blanco fino (cw) y 400k blanco neutro, es idónea para el alumbrado de pasillos y vestíbulo.

Con una reducida de profundidad de empotrado de menos de 60mm y un diámetro de empotrado 145mm, 175mm y 200mm. Además los ganchos de fijación y el controlador remoto la convierten en una solución extremadamente fácil de instalar.

El SYL-LIGHTER está equipado con LED CREE, lo que supone un mayor número de lúmenes por vatio.

Dentro de las características de las Syl- tenemos las siguientes especificaciones:

- Solución energética de vanguardia.
- Refractor de policarbonato.
- Reflector interior anti deslumbramiento.

- Aro color blanco.
- Rendimiento elevado en un tamaño compacto.
- Ideal para uso en aplicaciones con gran frecuencia de encendido.
- Eficiencia luminosa de hasta 57lm/W.

También existen muchas ventajas de las Syl la cual la detallamos a continuación:

- Fácil instalación.
- Incluyen driver electrónico.
- voltaje 100-240v 60 Hz.
- IP44.
- Vida útil de 30000 horas a un flujo luminoso del 70%.
- Reducidos costos de mantenimiento.<sup>4</sup>

Tabla 9: Descripción de luminaria Syl-Lighter Led.

<b>Numero de orden</b>	<b>P24026-36</b>
<b>Color de la luz</b>	Warm White
<b>Tecnología</b>	LED
<b>Promedio de vida útil(clasificada)(h)</b>	50000
<b>Código EAN</b>	87119713116022
<b>Certificaciones</b>	F-mark
<b>Montaje</b>	Culingo recessed
<b>Carcasa</b>	Aluminion
<b>CRI (Ra)</b>	80
<b>Angulo de haz</b>	74
<b>Temperatura de color (K)</b>	3000
<b>Flujo luminoso(lm)</b>	1182
<b>Eficacia (clasificada)(lm/w)</b>	79
<b>Tensión(V)</b>	100-240
<b>Lámparas</b>	High quality LED
<b>Color</b>	White BEZEL
<b>Lámpara incluida</b>	Integrated LED
<b>Clasificación IP</b>	44
<b>Clasificación IK</b>	02

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del producto.

<sup>4</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo Syl Lighter.

### 3.5.2. Insaver Sylvania



Fig. 78: Insaver Led

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del producto.

Luminarias para aplicación en interiores con tecnología LED, para el máximo nivel de ahorro de energía y reproducción de color, es una completa gama de downlights de LED diseñados para ofrecer flexibilidad y funcionalidad.

Esta línea de productos garantiza, no solamente un consumo energético muy bajo de 17W a 42W, sino también una duración extremadamente larga, hasta de 50.000 horas, el reemplazo adecuado de los downlights con fluorescente compacto no integrado 2x26w (33w LED) y 70w halogenuros metálicos (45W). Disponible en dos temperatura de color 3000k blanco cálido (WW) y 4000k blanco neutro (NW).

Dentro de las características de las Insaver tenemos las siguientes especificaciones:

- Solución energética de vanguardia.
- Refractor de policarbonato.
- Reflector interior Anti deslumbramiento.
- Rendimiento elevado en un tamaño compacto.
- Ideal para uso en aplicaciones con gran frecuencia de encendido.

Existen muchas ventajas de las luminarias Insaver que la detallamos a continuación:

- Fácil instalación.
- Incluye drive electrónico.
- Voltaje 100-240v 60 Hz.
- IP44.
- Vida útil de 30.000 horas a un flujo luminoso del 70%.
- Reducido costos de mantenimiento.
- Alta eficacia y protección anti deslumbramiento.
- Solución energéticamente eficiente.
- Mantiene la temperatura ambiental más baja.
- Rendimiento elevado en un tamaño compacto.<sup>5</sup>

Tabla 10: Descripción de luminaria Insaver Led.

<b>Numero de orden</b>	<b>P25925-39</b>
<b>Color de la luz</b>	Warm White
<b>Tecnología</b>	LED
<b>Promedio de vida útil(clasificada)(h)</b>	50000
<b>Código EAN</b>	8711971971948
<b>Certificaciones</b>	CE
<b>Montaje</b>	Recessed
<b>Carcasa</b>	Aluminion
<b>CRI (Ra)</b>	85
<b>Angulo de haz</b>	Wide
<b>Temperatura de color (K)</b>	3000
<b>Flujo luminoso(lm)</b>	2115
<b>Eficacia (clasificada)(lm/w)</b>	70.5
<b>Tensión(V)</b>	100-240
<b>Lámparas</b>	14 high output Leds
<b>Color</b>	White
<b>Lámpara incluida</b>	Integrated LED
<b>Clasificación IP</b>	23(44 with accessory)
<b>Clasificación IK</b>	2

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del producto.

<sup>5</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo Insaver Led.

### 3.5.3. Orion Sylvania



Fig. 79: Orion Led

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del producto.

Luminaria para aplicación exterior con tecnología LED, proporciona un ahorro energético, larga vida útil y excelente reproducción del color.

Debido su diseño compacto se puede instalar en: vías secundarias, áreas residenciales, parqueaderos, parques y caminos peatonales, ofrece un Diseño compacto y especificaciones técnicas que garantizan su segura y duradera operación en todo tipo de proyectos.

Dentro de las características de las luminarias ORION tenemos las siguientes especificaciones:

- Cuerpo de aluminio inyectado, diseñado para tener una excelente disipación de temperatura.
- Acabado en exterior de color gris.
- Resistente al impacto y estabilizador contra los rayos UV
- Refractor fabricado en policarbonato

Existen muchas ventajas de las luminarias ORION que la detallamos a continuación:

- Vida útil promedio de 25.000 horas.
- Índice de protección IP 65.
- Drive electrónico integrado de corriente directa.

- CRI > 70.<sup>6</sup>

Tabla 11: Descripción de luminaria Orion Led.

<b>Referencia</b>	<b>P25048</b>
<b>Certificaciones</b>	CE
<b>Montaje</b>	Fijación en poste, brazo de 35 a 45 mm
<b>Grado de protección</b>	IP 65
<b>Chasis</b>	Aluminio inyectado
<b>Color</b>	Gris
<b>Longitud (mm)</b>	381
<b>Ancho (mm)</b>	118
<b>Profundidad (mm)</b>	79
<b>Material del difusor</b>	Polycarbonato
<b>Temperatura de operación</b>	-40°C a 70°C
<b>IRC (%)</b>	83
<b>Temperatura de color (K)</b>	6000K
<b>Angulo de apertura</b>	Ancho
<b>Tipo de distribución</b>	Directo asimétrico
<b>Flujo luminoso</b>	1700 lm
<b>Tensión</b>	100-277V
<b>THD</b>	< 15%
<b>POTENCIA</b>	18.5 w
<b>LEDs</b>	48 unidades

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

<sup>6</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo Orion Led.



### 3.5.4. Nova LED Sylvania



Fig. 80: Nova Led

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

Luminarias para aplicación vial con tecnología LED de alta potencia, proporciona un importante ahorro energético, larga vida reproducción de color, amigable con el medio ambiente y alto brillo, la línea de producto Nova led ,constituida por 5 diferente opciones en tamaño, potencia representa un enorme avance con respecto a los distinto tipos de luminarias de alumbrado público.

Dentro de las características de las NOVA LED tenemos las siguientes especificaciones:

- Forma convexa para la entrada del aire entre los módulos.
- Carcasa fabricada con la más avanzada tecnología en inyección de aluminio.
- Diseño versátil, garantizando la disipación de calor.
- Luminaria led de alta potencia.
- Índice de rendimiento de color: >70%.
- Variedad en consumos de potencia: 90W / 120W / 150W / 180W.
- Salidas luminosas: >8100 lm / >10000 lm / >13500 lm / >16200 lm.
- Eficacia: 90 LPW.
- Acabado exterior en color gris en el cuerpo y color negro en los módulos de LEDs.

Existen muchas ventajas de las luminarias NOVA LED que la detallamos a continuación:

- Vida útil promedio de 50.000 horas.
- Driver electrónico integrado de corriente constante.
- Óptica de alta eficiencia rectangular.
- Minimiza costos de reposición y mantenimiento.
- Capacidad de reproducir los colores (IRC).<sup>7</sup>

Tabla 12: Descripción de luminaria Nova Led.

<b>Numero de orden</b>	<b>P25360-36</b>
<b>Led parameters</b>	cree
<b>Tecnología</b>	LED
<b>Promedio de vida útil(clasificada)(h)</b>	50000
<b>Led quality</b>	48
<b>Certificaciones</b>	UL, CQC, CE
<b>Montaje</b>	Culingo recessed
<b>Carcasa</b>	Aluminion
<b>CRI (Ra)</b>	>70
<b>Angulo de haz°</b>	145
<b>Temperatura de color (K)</b>	65000K
<b>Flujo luminoso(lm)</b>	>5700 lm
<b>Eficacia (clasificada)(lm/w)</b>	105 lm/w
<b>Tensión(V)</b>	100-240
<b>Housing parameters</b>	Diecasting Aluminium
<b>Housing Color</b>	Silver-gray for luminaire Black for LED module heatsink
<b>Lámpara incluida</b>	Integrated LED
<b>Clasificación IP</b>	65
<b>Application Temperature(°C )</b>	-25°c ~50°c

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

<sup>7</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo Nova Led.

### 3.5.5. Lumipanel Led Sylvania



Fig. 81: Lumipanel Led

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

Esta luminaria combina elegancia, excelencia y facilidad de instalación. Posee una excelente distribución de luz, brindan no solo una iluminación uniforme y eficiente sino que además disminuyen la fatiga visual, debido a su difusor opalino ultra delgado, a su bajo costo de mantenimiento.

Dentro de las características del Lumipanel led tenemos las siguientes especificaciones:

- Marco fabricado en aluminio.
- Sistema de montaje para empotrar.
- Ideal para espacios con restricciones de altura.
- Difusor opalino de acrílico.
- Eficiente en el ahorro energético.

Existen muchas ventajas de las luminarias Lumipanel LED que la detallamos a continuación:

- Vida útil 35.000 hora
- Tensión de operación 100-240v

- Temperatura de operación -20°C a 45°C<sup>8</sup>

Tabla 13: Descripción de luminaria Lumipanel Led.

<b>Numero de orden</b>	<b>P25062-36</b>
<b>Consumo total de energía (W)</b>	40
<b>Tecnología</b>	LED
<b>Promedio de vida útil(clasificada)(h)</b>	35000
<b>Certificaciones</b>	CE
<b>Montaje</b>	Recessed (lay-in) or surface/suspended (with accessory)
<b>Carcasa</b>	Aluminion
<b>LOR (%)</b>	100
<b>Temperatura de color (K)</b>	4000
<b>Flujo luminoso(lm)</b>	3280 lm
<b>Tensión(V)</b>	100-240
<b>Color</b>	White
<b>Clasificación IP</b>	40
<b>Clasificación IK</b>	02

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

### 3.5.6. Jeta Led



Fig. 82: Jeta Led

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

<sup>8</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo Lumipanel Led.

Reflector de un solo cuerpo, es una excelente evolución con respecto a este tipo de luminaria, diseñado específicamente para espacio exterior e interiores. Es una gama de luminaria de tecnología led de alta potencia y eficiencia, jeta led utiliza tan solo 55w con leds altamente eficiente logrando un adecuado uso racional de energía. Dentro de las características de la Jeta led tenemos las siguientes especificaciones:

- Acabado con pintura epoxica, con tratamiento de fosforo cromado.
- Bajo consumo de energía.
- Ideal para iluminación de amplio alcance.
- Alta eficacia.
- Cuerpo en aluminio inyectado a presión con vidrio frontal.
- No produce radiación UV ni IR.

Existen muchas ventajas de las luminarias Jeta LED que la detallamos a continuación:

- Luminaria de alta eficacia y potencia.
- Montaje con goniómetro para una instalación segura.
- Diseño compacto, vanguardista e innovadora.<sup>9</sup>

Tabla 14: Descripción de luminaria Jeta led.

<b>Led parámetros</b>	<b>Cree XM L</b>
<b>Tensión de alimentación (v)</b>	AC 100-240
<b>Potencia total (W)</b>	52 w
<b>Flujo lumínico</b>	>3450LM
<b>Eficiencia</b>	>65 LM/W
<b>IRC</b>	>70
<b>Color temp. (K)</b>	35.000K
<b>Grado de protección IP</b>	65
<b>Vida útil</b>	35.000 h
<b>Temperatura ambiente</b>	-10°C a 45°C

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

<sup>9</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo Jeta Led.

### 3.5.7. Tuled



Fig. 83: Tuled

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

Luminaria vanguardista LED, son el nivel más elevado que permite disimular la estancia de la misma en la oficina, salones de clase, pasillos, hospitales, y aplicaciones industriales, mostrando una elegancia entre el cielo suspendido.

Los tubos de LED garantizan el ahorro energético, además de ser una alternativa ecológica por no contener mercurio, ofrece una larga duración, elevada eficiencia (hasta 114Lm/W), proporciona hasta 3300Lm y cuenta con los beneficios de una lámpara de 40.000 horas.

Dentro de las características de las luminarias Tuled tenemos las siguientes especificaciones:

- Fabricado en Alemania con los más altos estándares de calidad.
- Recubrimiento satinado para reducir el deslumbramiento.
- Luminaria de empotrar para cielo falso.
- Tecnología LED: hasta un 50% de ahorro energético.
- Casquillo rotativo 100° que permiten dirigir el flujo lumínico.

Existen muchas ventajas de las luminarias TULED que la detallamos a continuación:

- Gran duración: 50.000 horas, lo que reduce los costes de mantenimiento.
- Bajo en peso, importante para estructura suspendida.
- Baja temperatura de operación.
- Luz instantánea, permite un mejor empleo de controles de iluminación y aún más ahorro energético.

- No posee componente toxico.
- Sistema de bloqueo que impide la rotación de los tubos, incluso en áreas con altas vibraciones.
- No contiene balastro.<sup>10</sup>

Tabla 15: Descripción de luminaria Tuled.

<b>Código</b>	<b>P33841-36</b>
<b>Nombre del producto</b>	Tubo led 9W
<b>Tensión de entrada</b>	85-265 VAC
<b>Potencia</b>	9W
<b>Factor de potencia</b>	>0.95
<b>Eficiencia</b>	85%
<b>Flujo luminosa</b>	850-900lm
<b>Angulo de haz °</b>	120°
<b>Dimensiones (mm)</b>	600mm x 25.7mm diámetro
<b>Vida útil (horas)</b>	50.000 h
<b>Temperatura de color</b>	5000K
<b>Temperatura ambiente</b>	-30°c a 50 °c
<b>Índice de reproducción de color</b>	CRI>70
<b>Material</b>	ABS y resina epoxica
<b>Base</b>	T8 G13
<b>Cantidad de LEDs</b>	108 LED
<b>reemplazan</b>	17W T8 fluorescente

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

### 3.5.8. Atria LED



Fig. 84: Atria Led

Fuente: Fabricante Sylvania (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto

<sup>10</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo TuLed.

Este tipo de luminarias vanguardista, permite disimular la estancia de la misma en la habitación, provocando que se pierda entre el techo suspendido y brindando condiciones de limpieza visual y minimalismo.

Excelente alternativa para reemplazar una bala halógena por una bala de Leds, las podemos utilizar en varias lugares como en la iluminación comercial, auditorios, colegios, bancos e iluminación residencial.

Dentro de las características de las luminarias Atria led tenemos las siguientes especificaciones:

- Solución energética de vanguardia.
- Aro en inyección de aluminio.
- Colores disponibles: níquel satín y blanco.
- Construida en ABS con aperturas para ventilación.
- Clips de fijación estándar con protección para una instalación adecuada.

Existen muchas ventajas de las luminarias Atria Led que la detallamos a continuación:

- Reducido costo de mantenimiento.
- Reduce la temperatura ambiental.
- Alta eficiencia.
- Vida útil de 25.000 horas.
- Ideal para uso de aplicaciones con gran frecuencia de encendido.
- Sustituto de lámparas dicróicas.<sup>11</sup>

Tabla 16: Descripción de luminaria Atria Led.

<b>Código</b>	<b>P25112-36</b>
<b>Nombre del producto</b>	Atria Led
<b>Tensión de entrada</b>	120-220 VAC
<b>Potencia</b>	3.5w
<b>Factor de potencia</b>	>0.95

<sup>11</sup> Fabricante Sylvania, (enero 2015), Obtenido de catálogo modelo Atria Led.



<b>Flujo luminosa</b>	200 lm
<b>Dimensiones (mm)</b>	80mm x 80mm diámetro
<b>Vida útil (horas)</b>	25.000 h
<b>Temperatura de color</b>	3000K
<b>Temperatura ambiente</b>	-20°c a 45 °c
<b>Material</b>	ABS y aro de aluminio
<b>Base</b>	GU10
<b>Remplazan</b>	Halógenas

Fuente: Fabricante Sylvania. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

### 3.6. Características del Motorreductores de CA Dayton



Fig. 85: Motor con reductor de velocidad

Fuente: Distribuidor Grainger, (16 de febrero de 2015), Descripción del producto

Existen muchas características que poseen el motor lo cual se conocerá a continuación:

- Armario: cerrado enfriado por completo abanico.
- Caja de cambios: de aluminio fundido a presión.
- Lubricación: aceite de engranaje pesado permanente.
- Engranajes: acero templado, AGMA clase 9.
- Rodamientos: rodamientos de agujas de alta resistencia.

- Rodamientos de bolas en el caso: bola en el motor.
- Protección térmica: ninguno.
- 60/50 Hz.
- Rotación: reversible.
- Ambiente: 40°C
- Capacitor: incluido<sup>12</sup>

Tabla 17: Especificaciones técnicas del motor.

<b>Código</b>	4Z520
<b>Nombre del producto</b>	Motor de Engranaje CA
<b>Tensión de entrada</b>	115/230 VAC
<b>Fase</b>	1
<b>Hz</b>	50/60
<b>Orientación del eje</b>	Paralelo
<b>RPM de la placa de identificación</b>	45
<b>Torsión máxima</b>	92 in/lb
<b>Carga lateral</b>	175 lb
<b>HP de potencia de entrada</b>	1/15
<b>Proporción del equipos</b>	35:1
<b>Amperios a carga completa</b>	1.2/0.63
<b>Gabinete</b>	TEFC
<b>Protección térmica</b>	Ninguno
<b>Temp. Ambiente Máx.</b>	40°C
<b>Rotación</b>	Reversible
<b>Montaje</b>	Todas las posiciones
<b>Tipo de motor</b>	Condensador permanente para motor de fase partida
<b>Condensador requerido</b>	Incluido
<b>Longitud menos el eje</b>	8-3/4"
<b>Freno</b>	Se adapta a 5X400
<b>Cantidad de frenos de disco requerida</b>	1
<b>Cojinetes</b>	Rodillo de la aguja resistente y bolas de empuje en caso, válvula en motor
<b>Lubricación</b>	Aceite para engranajes resistente permanente
<b>Carcasa</b>	Aluminio fundido
<b>Material de la carcasa del motor</b>	Aluminio fundido
<b>Equipos</b>	Acero endurecido, etapa 1ST helicoidal, etapas posteriores Spur, AGMA clase 9

<sup>12</sup> Fabricante Dayton, (enero 2015), Obtenido de Manual de información específica del producto 4Z518

<b>Material del engranaje</b>	Acero endurecido
<b>Tipo de engranaje</b>	Helicoidal primera etapa/posteriores etapas Spur/AGMA clase 9
<b>Sellos</b>	Tipo de labio en la entrada y el eje de salida
<b>Rango de RPM</b>	31 a 50

Fuente: Distribuidor Grainger. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

### 3.6.1. Diagrama de cableado

Para invertir la rotación intercambie los alambres rojos y café.

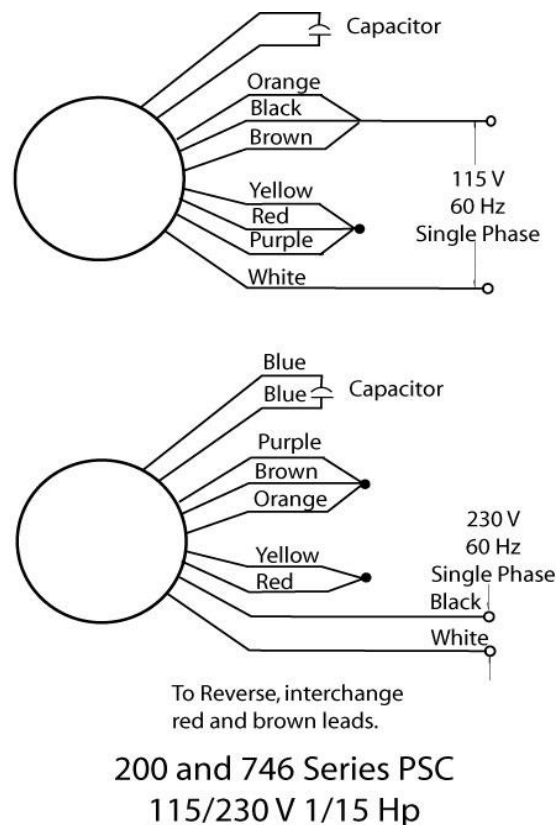


Fig. 86: Conexión eléctrica Motor

Fuente: Bison Gear & Engineering . (Marzo de 2015). Electric Motor Warehouse. Obtenido de [http://www.electricmotorwarehouse.com/bison\\_gearmotors/200\\_series\\_115\\_230v.htm](http://www.electricmotorwarehouse.com/bison_gearmotors/200_series_115_230v.htm)

### 3.7. Freno de disco magnético Dayton.



Fig. 87: Freno de disco magnético

Fuente: Distribuidor Grainger, (16 de febrero de 2015), Descripción del producto

El freno de disco magnético Dayton ha sido diseñado para una operación de servicio continuo en los motores de engranaje reductores. Este freno no tiene la capacidad para más de tres parada por minuto. Los pernos y tuercas de montaje vienen incluida con el freno. El freno engancha y sujeta la carga en la condición de ENERGIA-APAGADA y se alivia automáticamente cuando se aplica la energía.

Tabla 18: Especificaciones técnicas del freno.

<b>Código</b>	5X400
<b>Nombre del producto</b>	Freno
<b>Tipo</b>	Disco Magnético
<b>Torsión Estática [Ft-Lb]</b>	3/8 y 3/4
<b>Trabajo</b>	Continuo
<b>Voltaje a 60 Hz</b>	115
<b>Voltios de la bobina</b>	115 Vac
<b>HP Máx. a 1725 RPM</b>	1/6
<b>HP Máx. a 3450 RPM</b>	1/2
<b>Ambiente</b>	40°C
<b>Hz</b>	60
<b>Longitud de las terminales de alimentación (In)</b>	15
<b>Montaje sobre</b>	Extensión del eje de motorreductores con eje del freno y los pernos de montaje
<b>Características</b>	Un disco se puede quitar fácilmente para reducir a 3/8 ft-lb

<b>Función</b>	Proporcionar $\frac{3}{4}$ ft-lb parando y sostener la acción en 1/14-1/4 HP bajo la sombra del poste, Splitphase y PSC motorreductores
<b>Aplicación</b>	Para motorreductores, transportadores y automatismos para puertas
<b>Longitud (in)</b>	3-1/32
<b>Diámetro (in)</b>	4-1/16

Fuente: Distribuidor Grainger. (16 de febrero de 2015). Descripción del Producto.

### 3.7.1. Operación

Las unidades son dispositivo ajustados con resorte, con un alivio eléctrico (solenoides), que contienen uno o dos discos rotatorios; impulsados por un cubo que está montado en el eje del motor. Cuando se energiza, el mecanismo de alivio del solenoide comprime un resorte removiendo la fuerza en el platillo de presión, permitiendo la libre rotación del eje.

Se debe tomar las precauciones a continuación en lo que se refiere a la operación de la unidad:

- No opere la unidad sobre la capacidad de torsión estática nominal.
- En el caso de las aplicaciones en los malacates, use un freno con un factor de servicio mínimo de 2 o superior, dependiendo de la aplicación.
- En el caso de las aplicaciones que contengan carga del tipo de alta inercia o de ciclo rápido, el factor del servicio del freno tiene que aumentarse dependiendo de la aplicación.
- Aplique los procedimientos de seguridad correctos cuando la aplicación involucra una operación. Mantenga al personal alejado del área de la carga.
- Asegúrese que el abastecimiento de energía corresponda con la capacidad eléctrica del freno.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Fabricante Dayton, (enero 2015), Obtenido de Manual de Instrucciones de Operación 5X400

## CAPÍTULO 4: PRÁCTICAS

### 4.1. Práctica 1

#### 4.1.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 1
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas

#### 4.1.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Normas de seguridad de la estructura de pruebas para las luminarias LED.
- b. **Objetivo general:**

Conocer normas de seguridad que se deben tomar en cuenta para la manipulación de cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el tablero y se utilizarán en la estructura para las pruebas.

- c. **Objetivos específicos:**

- Implementar normas de seguridad para el uso adecuado de la estructura de prueba para las luminarias LED.
- Comprobar el buen funcionamiento de los luminarias LED que se van a utilizar para las pruebas.

- d. **Marco teórico:**

- Principio de funcionamiento de las luminarias LED que se encuentran en el tablero para exhibición, por medio de los manuales entregados por el fabricantes Sylvania.

- e. **Marco procedimental:**

- Revisar que todos los elementos se encuentren en el tablero para exhibición.
- Verificar el funcionamiento de las luminarias LED, por medio de parámetros eléctricos.

- f. **Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Instrumento para medición de: tensión.

- Cables de laboratorio.

**g. Anexos**

- Sin anexos.

#### **4.1.3. Normas de seguridad de los elementos mecánicos**

##### **4.1.3.1. Normas de estructura para pruebas de las luminarias LED**

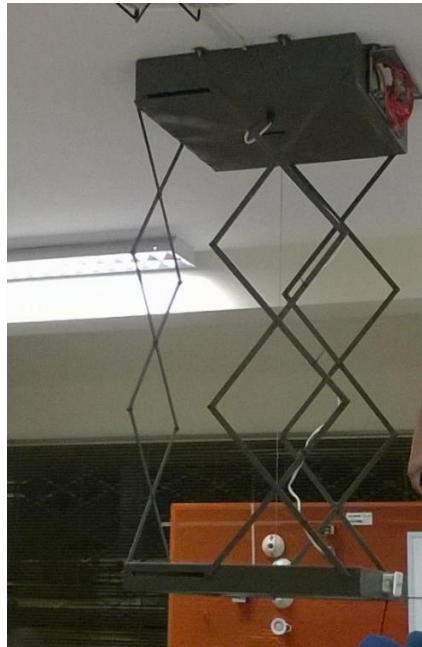


Fig. 88: Estructura para las pruebas de las luminarias LED

Fuente: Autores, (2015), Estructura para las pruebas de las luminarias LED, Obtenido de foto digital

Este es el principal componente del proyecto, ya que con la misma se podrá realizar pruebas de las luminarias LED a diferentes alturas para poder comprobar los valores lumínicos entregados por el fabricante SYLVANIA.

Las normas de seguridad que debemos tener en cuenta son:

- No operar los pulsadores de subir y bajar la estructura con las manos mojadas, podría haber una descarga eléctrica.
- No colocarse debajo de la estructura cuando está operativa, podría ocasionar lesiones.

- No meter las manos entre las varillas de soporte, que unen la parte superior e inferior de la estructura cuando la misma esté operativa, podría ocasionar lesiones.
- Tener cuidado cuando la estructura se encuentra desplegada totalmente, podría recibir un golpe al pasar debajo de ella.
- No manipular el cable de la estructura que mantiene unida la parte superior e inferior, podría provocar cortes.
- Tener precaución con todas las partes móviles de la estructura.
- Tener cuidado en el momento de realizar el montaje o desmontaje de las bandejas extraíbles con las luminarias LED, podrían causar daño material.

#### 4.1.3.2. Normas de tablero para exhibición de las luminarias LED



Fig. 89: Tablero para exhibición de luminarias LED

Fuente: Autores, (2015), Tablero para exhibición de luminarias LED, Obtenido de foto digital

Este es un componente secundario del proyecto, el objetivo del tablero es presentar las luminarias LED que se encuentran a disposición para las pruebas.

Las normas de seguridad que debemos tener en cuenta son:



- Precaución en el momento de realizar el montaje de las bandejas extraíbles con las luminarias LED, asegurar que la mariposa de seguridad se encuentra ajustada.

#### **4.1.4. Normas de seguridad de los elementos eléctricos**

- No utilice cables parchados, rotos, con plug defectuosos o sin plug, podría ocasionar descargas eléctricas.
- Verifique que los jacks eléctricos no se encuentren golpeados ni rotos, podría ocasionar una descarga eléctrica.
- Tener precaución con el uso de los pulsadores, el freno no tiene la capacidad para más de tres paradas por minuto, podría bloquearse.
- No tuerza los cables de los conductores eléctricos ni los cables de energía.
- No desmontar las bandejas extraíble mientras la luminaria LED se encuentra conectada, podría causar descarga eléctrica.

#### **4.1.5. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.1.6. Cuestionario**

- Indique que seguridad debe tener con la estructura metálica.
- ¿Cuál es la forma segura de conectar los cables de prueba?
- ¿Por qué no debe utilizar cables parchados en las conexiones eléctricas?
- ¿Cuáles son los criterios por los que no se debe estar debajo de la estructura cuando está operativa?

#### **4.1.7. Anexos**

- Anexo 1: Diagrama físico de la estructura metálica para las pruebas de las luminarias LED.
- Anexo 2: Diagrama físico del tablero metálico para exhibición de las luminarias LED.
- Anexo 3: Diagrama eléctrico de la estructura metálica para las pruebas de las luminarias LED.

## 4.2. Práctica 2

### 4.2.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 2
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

### 4.2.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de elementos del tablero para exhibición de las luminarias LED.
- b. **Objetivo general:**

Conocer el funcionamiento de la estructura para pruebas de luminarias LED, para realizar las correspondientes prácticas de luminotécnia.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Identificar cada una de las luminarias que forman el tablero para exhibición.
  - Probar cada uno de los elementos y verificar su correcto funcionamiento.
  - Conocer cómo se van a desarrollar las prácticas en la estructura metálica.
- d. **Marco teórico:**
  - Instrumentación para corriente alterna.
  - Normas de seguridad de un laboratorio.
  - Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.
- e. **Marco procedimental:**
  - Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
  - Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
  - Generar el reporte de operatividad de cada uno de los elementos.
- f. **Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**
  - Estructura para pruebas de luminarias LED.
  - Instrumentación para: Tensión y Corriente.
  - Formatos de valores experimentales y resultados.

- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Protocolo de operatividad de Estructura metálica para pruebas de luminarias LED.
- Protocolo de operatividad de Tablero metálico para exhibición de las luminarias LED.
- Protocolo de operatividad de luminaria SYL-LIGHTER LED 12W 3000K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria SYL-LIGHTER LED 12W 4100K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria SYL-LIGHTER LED 18W 3000K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria SYL-LIGHTER LED 15W 4100K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria SYL-LIGHTER LED 15W 5000K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria INSAVER LED 33W 3000K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria ORION LED 20W 6500K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria NOVA LED 40W 5000K 120-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria LUMIPANEL 40W 5000K 120-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria JETA LED 55W 3500K 100-240V.
- Protocolo de operatividad de luminaria TUBLED T8 9W 5000K 85-264V.
- Protocolo de operatividad de luminaria TUBLED T8 20W 5000K 85-264V.

**h. Anexos**

- Cuadro 1: Formato para verificación de funcionamiento de la estructura metálica para pruebas de luminarias LED.
- Cuadro 2: Formato para verificación de funcionamiento del tablero metálico para exhibición de las luminarias LED.
- Cuadro 3: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria SYL-LIGHTER LED 12W 3000K 100-240V.
- Cuadro 4: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria SYL-LIGHTER LED 12W 4100K 100-240V.

- Cuadro 5: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria SYL-LIGHTER LED 18W 3000K 100-240V.
- Cuadro 6: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria SYL-LIGHTER LED 15W 4100K 100-240V.
- Cuadro 7: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria SYL-LIGHTER LED 15W 5000K 100-240V.
- Cuadro 8: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria INSAVER LED 33W 3000K 100-240V.
- Cuadro 9: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria ORION LED 20W 6500K 100-240V.
- Cuadro 10: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria NOVA LED 40W 5000K 120-240V.
- Cuadro 11: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria LUMIPANEL 40W 5000K 120-240V.
- Cuadro 12: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria JETA LED 55W 3500K 100-240V.
- Cuadro 13: Formato para verificación de funcionamiento de luminaria TUBLED T8 9W 5000K 85-264V.

**i. Bibliografía**

- Sin bibliografía.

**j. Desarrollo de las prácticas en la estructura de pruebas para las luminarias Led.**

- Todas las prácticas propuestas para determinar la iluminación de las luminarias Led en diferentes puntos se van a desarrollar a una altura de 2 metros con respecto al nivel del piso.
- Las distancias de los puntos de pruebas de iluminación de cada luminaria se los determinará de acuerdo a la altura y al ángulo gama ( $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  y  $45^\circ$ ) en los planos C0-180 y C90-270.

#### **4.2.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.


#### **4.2.4. Cuestionario**

- Indicar para qué sirven las fotometrías de las luminarias.
- Indique las magnitudes luminosas que se deben considerar en un proyecto.
- ¿Cómo funcionan las luminarias LED?
- Indique las ventajas y desventajas de usar luminarias LED.
- Compare la eficiencia energética entre luminarias LED y Fluorescentes.

#### **4.2.5. Anexos**


- Anexo 4: Plano del laboratorio de Instalaciones Eléctricas B-305, puntos de prueba.

**Cuadro 1: Formato para verificación de funcionamiento de la estructura metálica para pruebas de luminarias LED**

						
<b>INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA PRUEBAS DE LUMINARIAS LED</b>						
<b>INSTRUMENTACIÓN / ESTRUCTURA DE PRUEBAS</b>				<b>FECHA:</b>		
<b>PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
1	Estado de pulsante de subida	Bueno	10%			
2	Estado de pulsante de bajada	Bueno	10%			
3	Estado de microswitch (fin de carrera) de subida.	Bueno	10%			
4	Estado de microswitch (fin de carrera) de subida.	Bueno	10%			
5	Estado de contactores	Bueno	10%			
6	Estado de Breaker de protección	Bueno	10%			
7	Estado de relés auxiliares	Bueno	10%			
8	Estado de conexiones eléctricas de los elementos de control	Bueno	10%			
9	Estado de los jacks para alimentación eléctrica de luminarias LED	Bueno	10%			
10	Estado de los cuadrantes y del tensor de aluminio que unen la parte inferior con la parte superior de la estructura	Bueno	10%			

RECOMENDACIONES:	PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:	REALIZADOR POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO	RECIBIDO POR:	ARROBADO POR:

**Cuadro 2: Formato para verificación de funcionamiento de la estructura metálica para pruebas de luminarias**


						
<b>INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE TABLERO METÁLICO PARA EXHIBICIÓN DE LAS LUMINARIAS LED</b>						
<b>INSTRUMENTACIÓN / TABLERO PARA EXHIBICIÓN</b>				<b>FECHA:</b>		
<b>PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
1	Estado de pintura del tablero.	Bueno	20%			
2	Estado de las ruedas.	Bueno	20%			
3	Estado de las cáncamos abiertos que sostienen las bandejas extraíbles con las luminarias LED.	Bueno	30%			
4	Estado de los tornillos y mariposas de seguridad de las bandejas extraíbles con las luminarias LED.	Bueno	30%			
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:</b>			<b>REALIZADOR POR:</b>	
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITVO</b>		<b>RECIBIDO POR:</b>			<b>ARROBADO POR:</b>	




**Cuadro 3: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria SYL-LIGHTER LED 12W 3000K 100-240V**

					
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA SYL-LIGHTER LED 12W 3000K 100-240V					
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P24026-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:	
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO					
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%		
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%		
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%		
4	Nivel de corriente [A] a 120 Vac.	0.1	10%		
5	Nivel de iluminación [lx] a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	119	40%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:		ARROBADO POR:	

**Cuadro 4: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria SYL-LIGHTER LED 12W 4100K 100-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA SYL-LIGHTER LED 12W 4100K 100-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P24027-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.1	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	121	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADOR POR:		
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITVO		RECIBIDO POR:		ARROBADO POR:		

**Cuadro 5: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria SYL-LIGHTER LED 18W 3000K 100-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA SYL-LIGHTER LED 18W 3000K 100-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P25942-42 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.15	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	169	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADOR POR:		
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:		ARROBADO POR:		


**Cuadro 6: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria SYL-LIGHTER LED 15W 4100K 100-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA SYL-LIGHTER LED 15W 4100K 100-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P25943-42 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.13	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	136	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	


**Cuadro 7: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria SYL-LIGHTER LED 15W 5000K 100-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA SYL-LIGHTER LED 15W 5000K 100-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P25095-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.13	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	136	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	

**Cuadro 8: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria INSAVER LED 33W 3000K 100-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA INSAVER LED 33W 3000K 100-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P25925-39 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.28	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	186	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	

**Cuadro 9: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria ORION LED 20W 6500K 100-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA ORION LED 20W 6500K 100-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P25048-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.17	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	110	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	

**Cuadro 10: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria NOVA LED 60W 100-240V 5000K IP65**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA NOVA LED 40W 5000K 120-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P25360-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.50	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	330	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	




**Cuadro 11: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria LUMIPANEL LED 40W 5000K 120-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA LUMIPANEL 40W 5000K 120-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P25062-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.33	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	245	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	

**Cuadro 12: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria JETA LED 55W 3500K 100-240V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA JETA LED 55W 3500K 100-240V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P47726-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.46	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	405	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITIVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	

**Cuadro 13: Formato para verificación de funcionamiento de la luminaria TUBO LED T8 9W 5000K 85-264V**

						
INGENIERIA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE OPERATIVIDAD DE LUMINARIA TUBLED T8 9W 5000K 85-264V						
INSTRUMENTACIÓN / Luminaria P33841-36 / Luxómetro Amprobe LM-120				FECHA:		
PRUEBA REALIZADA: TOMA DE VALORES / VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	Estado físico de la luminaria	Bueno	20%			
2	Estado de los jacks de la bandeja extraíble donde está ubicada la luminaria LED.	Bueno	15%			
3	Estado del conexionado eléctrico entre la luminaria y los jacks de la bandeja extraíble.	Bueno	15%			
4	Nivel de corriente a 120 Vac.	0.08	10%			
5	Nivel de iluminación a dos metros de altura y a un ángulo gamma de 0°	69	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADOR POR:	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO DEL DISPOSITVO		RECIBIDO POR:			ARROBADO POR:	

### 4.3. Práctica 3

#### 4.3.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 3
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

#### 4.3.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante de la luminaria LED modelo Syl-lighter, simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. **Objetivo general:**
  - Calcular valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante.
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Determinar y comparar los valores de la fotometría con la tabla de intensidades lumínicas [cd/klm] de la luminaria LED modelo Syl-lighter.
  - Calcular la Intensidad luminosa [cd] de la luminaria LED modelo Syl-lighter a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Calcular la iluminancia [lux] de la luminaria LED modelo Syl-lighter a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Realizar la medición de iluminancia con el luxómetro en los puntos antes indicados.
  - Realizar una simulación del laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la UPS-G Bloque B Aula B-305, determinar los valores de iluminancia en los puntos antes mencionados.
  - Realizar una curva de Iluminancia de la luminaria LED modelo Syl-lighter con los valores teóricos, prácticos y simulados.

- Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.

**d. Marco teórico:**

- Principio de interpretación de la fotometría de una luminaria.
- Métodos para calcular valores lumínicos.
- Instrumentación para realizar mediciones de iluminancia.

**e. Marco procedimental:**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
- Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
- Utilizar la estructura de prueba de luminarias LED. Tomar mediciones indicadas y completar la tabla.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

**f. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Estructura para pruebas de luminarias LED.
- Luminaria LED modelo Syl-lighter.
- Instrumentación para: Luxes.
- Formatos de valores experimentales y resultados.
- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Tablas para valores teóricos, simulados y prácticos.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios y conclusiones.

**h. Anexos**

- Fig. 90: Esquema de montaje de luminarias Syl-Lighter Led.
- Cuadro 14: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 12W 3000K 100-240V modelo P24026-36.
- Cuadro 15: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 12W 4100K 100-240V modelo P24027-36.
- Cuadro 16: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 18W 3000K 100-240V modelo P25942-42.

- Cuadro 17: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 15W 4100K 100-240V modelo P25943-42.
- Cuadro 18: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 15W 5000K 100-240V modelo P25095-36.
- Ejercicio práctico.
- Simulación de un Dormitorio.

#### **i. Bibliografía**

- Normas Niveles de iluminación recomendados SMII, UNE, IESNA y Westinghouse.
- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.
- Ficha técnica de la luminaria LED modelo Syl-ligther.

#### **4.3.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.3.4. Cuestionario**

- ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes para las luminarias LED modelo Syl-lighter?
- Identificar qué tipo de fotometría posee la luminaria LED modelo Syl-lighter.

#### **4.3.5. Proyecto**

- Desarrollar una curva comparativa con los valores de iluminación teóricos, prácticos y simulados.
- Resolver el ejercicio práctico propuesto.
- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.3.6. Anexos**

- Anexo 5: Curvas de iluminación SYL-LIGHTER LED 12W 3000K.
- Anexo 6: Curvas de iluminación SYL-LIGHTER LED 12W 4100K.
- Anexo 7: Curvas de iluminación SYL-LIGHTER LED 18W 3000K.
- Anexo 8: Curvas de iluminación SYL-LIGHTER LED 15W 4100K.

- Anexo 9: Curvas de iluminación SYL-LIGHTER LED 15W 5000K.
- Anexo 10: Simulación Dormitorio SYL-LIGHTER LED 12W 3000K.
- Anexo 11: Simulación Dormitorio SYL-LIGHTER LED 12W 4100K.
- Anexo 12: Simulación Dormitorio SYL-LIGHTER LED 18W 3000K.
- Anexo 13: Simulación Dormitorio SYL-LIGHTER LED 15W 4100K.
- Anexo 14: Simulación Dormitorio SYL-LIGHTER LED 15W 5000K.

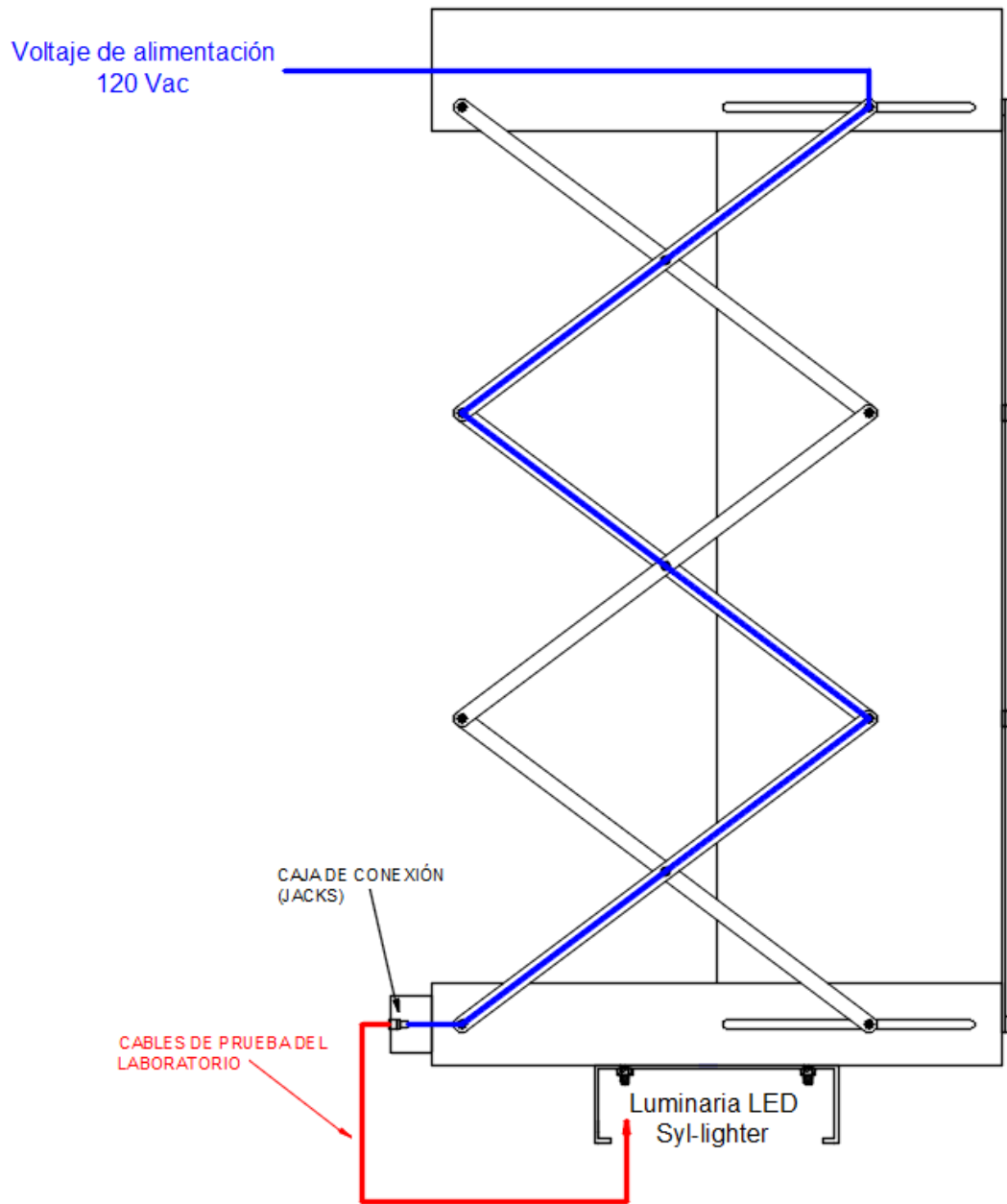


Fig. 90: Esquema de Montaje de luminarias Syl-Lighter Led

Fuente: Autores, (2015), Esquema de montaje de luminarias Syl-Lighter Led, Obtenido de Auto CAD



**Cuadro 14: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 12W 3000K 100-240V modelo P24026-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	509.22	485.48	377.47	213.66	127.31	109.38	61.29	18.89
Plano C180	509.22	457	334.73	164.99	127.31	102.96	54.35	14.58
Plano C90	509.22	483.11	372.72	208.91	127.31	108.85	60.52	18.47
Plano C270	509.22	461.74	340.67	164.99	127.31	104.03	55.32	14.58
Diagrama polar	Valores Simulados							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0	119.00	101.00	56.00	20.00				
Plano C180	119.00	95.00	50.00	16.00				
Plano C90	119.00	101.00	55.00	20.00				
Plano C270	119.00	96.00	51.00	17.00				
Diagrama polar	Valores Prácticos							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

**Cuadro 15: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 12W 4100K 100-240V modelo P24027-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	518.00	490.88	391.13	223.13	129.50	110.60	63.51	19.72
Plano C180	518.00	471.63	341.25	171.50	129.50	106.26	55.41	15.16
Plano C90	518.00	487.38	381.50	216.13	129.50	109.81	61.95	19.10
Plano C270	518.00	470.75	349.13	181.13	129.50	106.06	56.69	16.01
Diagrama polar	Valores Simulados							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0	121.00	102.00	58.00	20.00				
Plano C180	121.00	98.00	51.00	17.00				
Plano C90	121.00	102.00	57.00	20.00				
Plano C270	121.00	98.00	53.00	18.00				
Diagrama polar	Valores Prácticos							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

**Cuadro 16: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 18W 3000K 100-240V modelo P25942-42**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	721,52	627,27	438,78	250,29	180,38	141,33	71,25	22,12
Plano C180	721,52	658,17	465,05	267,29	180,38	148,29	75,51	23,62
Plano C90	721,52	619,55	426,42	241,02	180,38	139,59	69,24	21,30
Plano C270	721,52	672,08	480,50	281,19	180,38	151,42	78,02	24,85
Diagrama polar	Valores Simulados							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0	169,00	131,00	66,00	24,00				
Plano C180	169,00	137,00	70,00	26,00				
Plano C90	169,00	129,00	65,00	24,00				
Plano C270	169,00	140,00	73,00	27,00				
Diagrama polar	Valores Prácticos							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

**Cuadro 17: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 15W 4100K 100-240V modelo P25943-42**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	583,02	517,83	381,30	226,32	145,76	116,67	61,92	20,00
Plano C180	583,02	526,44	378,84	207,87	145,76	118,61	61,52	18,37
Plano C90	583,02	521,52	377,61	220,17	145,76	117,50	61,32	19,46
Plano C270	583,02	519,06	376,38	212,79	145,76	116,95	61,12	18,81
Diagrama polar	Valores Simulados							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0	136,00	108,00	58,00	22,00				
Plano C180	136,00	110,00	57,00	20,00				
Plano C90	136,00	109,00	57,00	22,00				
Plano C270	136,00	108,00	57,00	21,00				
Diagrama polar	Valores Prácticos							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

**Cuadro 18: Valores teóricos, simulados y prácticos SYL-LIGHTER LED 15W 5000K 100-240V modelo P25095-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	583,02	517,83	381,30	226,32	145,76	116,67	61,92	20,00
Plano C180	583,02	526,44	378,84	207,87	145,76	118,61	61,52	18,37
Plano C90	583,02	521,52	377,61	220,17	145,76	117,50	61,32	19,46
Plano C270	583,02	519,06	376,38	212,79	145,76	116,95	61,12	18,81
Diagrama polar	Valores Simulados							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0	136,00	108,00	58,00	22,00				
Plano C180	136,00	110,00	57,00	20,00				
Plano C90	136,00	109,00	57,00	22,00				
Plano C270	136,00	108,00	57,00	21,00				
Diagrama polar	Valores Prácticos							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

## Ejercicio Práctico

Hay que iluminar un aula de dimensiones 4 x 6 x 2.6 metros (ancho x profundidad x alto). Los acabados de dicha aula son paredes de yeso blanco, suelo de terrazo gris y falso techo de placas de cartón-yeso acústicas perforadas. Determine el número de luminarias que necesita y cómo han de colocarse para obtener un nivel adecuado de iluminación uniforme.

Datos:

- Dimensiones de la sala: 4 x 6 x 2.6 metros (ancho x profundidad x alto).
- Nivel de iluminancia media para la sala de lectura 500 lux.
- Tipo de luminaria SYL-LIGHTER LED 12W 3000K 100-240V (Flujo  $\phi$ : 1187 lm)
- Altura del plano de trabajo 0.85 metros con respecto al piso.
- Coeficientes de reflexión:

Color	Coeficiente de reflexión
Blanco	0.7 – 0.85
Techo acústico blanco	0.5 – 0.65
Gris oscuro	0.1 – 0.2

Tabla de corrección						
Techo	0.7	0.7	0.7	0.5	0	0
Pared	0.7	0.5	0.2	0.2	0	0
Suelo	0.5	0.2	0.2	0.1	0	0
k	0.6	77	56	46	46	42
k	1.0	99	75	65	63	58
k	1.5	116	89	80	77	72
k	2.5	131	100	93	88	83
k	3.0	136	104	98	92	87

- En el aula se supone un ambiente limpio por lo que toma:  $F_m = 0.8$

## Solución

- Cálculo del coeficiente de utilización:

1) Cálculo del índice del local:

Se calcula a partir de las dimensiones del local:

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semi-directa, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a * b}{(H - h) * (a + b)}$
Iluminación indirecta y semi-indirecta	$k = \frac{3 * b}{2 * H * (a + b)}$

En este caso utilizaremos la fórmula para la iluminación directa:

$$k = \frac{4 * 6}{(2.6 - 0.85) * (4 + 6)} = 1.37$$

2) A partir del índice del local y de la tabla de correcciones, calcularemos el coeficiente de iluminación interpolando los valores de la tabla.

Tabla de corrección						
Techo	0.7	0.7	0.7	0.5	0	
Pared	0.7	0.5	0.2	0.2	0	
Suelo	0.5	0.2	0.2	0.1	0	
k	0.6	77	56	46	46	42
k	1.0	99	75	65	63	58
k	1.5	116	89	80	77	72
k	2.5	131	100	93	88	83
k	3.0	136	104	98	92	87

El coeficiente de iluminación es:  $C_u = (99 + 75 + 116 + 89) / (4 * 100) = 0.9475$

- Cálculo del flujo luminoso total necesario:

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{500 * 4 * 6}{0.9475 * 0.85} = 15831.13$$

El flujo total luminoso necesario para iluminar la sala de lectura es: 15831.13 lúmenes

- Cálculo del número total de luminarias necesarias:

$$N_{total} = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} = \frac{15831.13}{1 * 1187} = 14$$

- Emplazamiento de las luminarias

$$N_{Ancho} = \sqrt{N_{total} * \frac{a}{b}} = \sqrt{14 * \frac{4}{6}} = 3$$

$$N_{Largo} = N_{Ancho} * \frac{b}{a} = 3 * \frac{6}{4} = 5$$



## Simulación de un Dormitorio

Se realizó un diseño de iluminación para un dormitorio de las siguientes características:

Dimensiones: 3.32 x 3.00 x 3.57 metros (longitud x anchura x altura)

Factor de mantenimiento: 0.80 (Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual)

Local:

Paredes:

Color	Blanco crema (9001)
Grado de reflexión	77%
Transparencia	0%
Rugosidad	0%
Material	Pared estándar
Textura	Ninguna

Suelo:

Color	Estándar
Grado de reflexión	22%
Transparencia	0%
Rugosidad	10%
Material	Suelo estándar
Textura	Azulejos beige

Techo:

Color	Estándar
Grado de reflexión	73%
Transparencia	0%
Rugosidad	50%
Material	Techo estándar
Textura	Revoque grueso blanco

Anexo simulación: Dormitorio.dlx

## 4.4. Práctica 4

### 4.4.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 4
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

### 4.4.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante de la luminaria LED modelo Insaver, simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. **Objetivo general:**
  - Calcular valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante.
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Determinar y comparar los valores de la fotometría con la tabla de intensidades lumínicas [cd/klm] de la luminaria LED modelo Insaver.
  - Calcular la Intensidad luminosa [cd] de la luminaria LED modelo Insaver a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Calcular la iluminancia [lux] de la luminaria LED modelo Insaver a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Realizar la medición de iluminancia con el luxómetro en los puntos antes indicados.
  - Realizar una simulación del laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la UPS-G Bloque B Aula B-305, determinar los valores de iluminancia en los puntos antes mencionados.

- Realizar una curva de Iluminancia de la luminaria LED modelo Insaver con los valores teóricos, prácticos y simulados.
- Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.

**d. Marco teórico:**

- Principio de interpretación de la fotometría de una luminaria.
- Métodos para calcular valores lumínicos.
- Instrumentación para realizar mediciones de iluminancia.

**e. Marco procedimental:**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
- Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
- Utilizar la estructura de prueba de luminarias LED. Tomar mediciones indicadas y completar la tabla.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

**f. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Estructura para pruebas de luminarias LED.
- Luminaria LED modelo Insaver.
- Instrumentación para: Luxes.
- Formatos de valores experimentales y resultados.
- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Tablas para valores teóricos, simulados y prácticos.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios y conclusiones.

**h. Anexos**

- Fig. 91: Esquema de montaje de luminarias Insaver Led.
- Cuadro 19: Valores teóricos, simulados y prácticos INSAVER LED 33W 3000K 100-240V modelo P25925-39.
- Ejercicio práctico.
- Simulación de una Galería de Arte.

**i. Bibliografía**

- Normas Niveles de iluminación recomendados SMII, UNE, IESNA y Westinghouse.
- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.
- Ficha técnica de la luminaria LED modelo Insaver.

#### **4.4.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.4.4. Cuestionario**

- ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes para las luminarias LED modelo Insaver?
- Identificar qué tipo de fotometría posee la luminaria LED modelo Insaver.

#### **4.4.5. Proyecto**

- Desarrollar una curva comparativa con los valores de iluminación teóricos, prácticos y simulados.
- Resolver el ejercicio práctico propuesto.
- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.4.6. Anexos**

- Anexo 15: Curvas de iluminación INSAVER LED 33W 3000K.
- Anexo 16: Simulación Galería de arte INSAVER LED 33W 3000K.

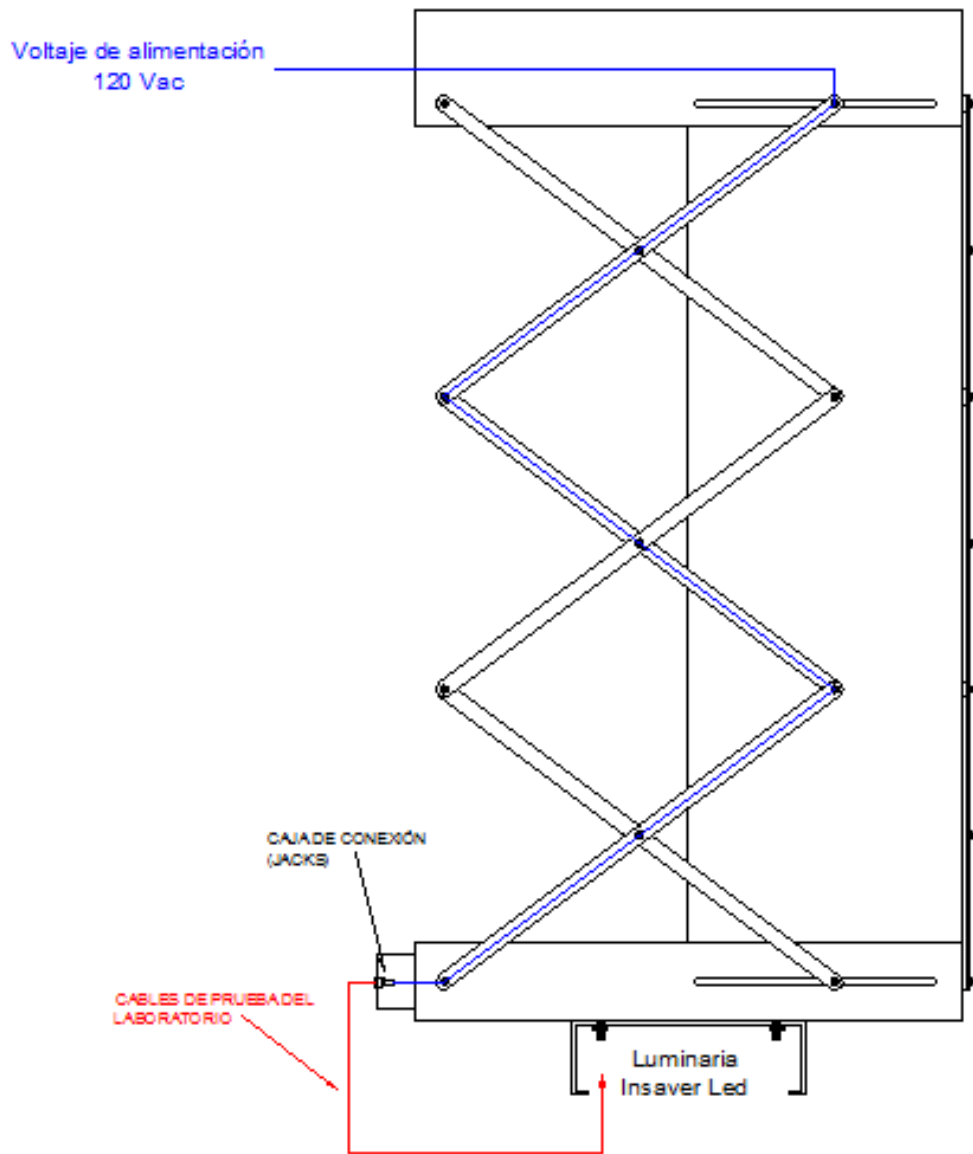


Fig. 91: Esquema de Montaje de luminarias Insaver Led

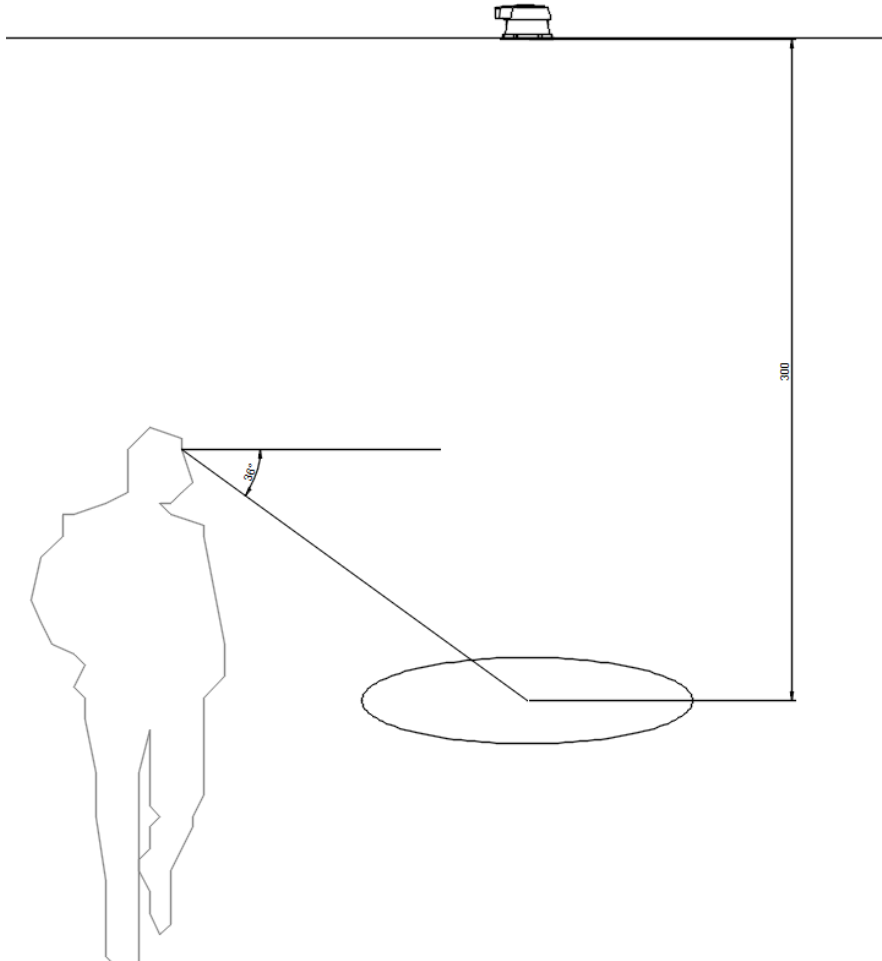
Fuente: Autores, (2015), Esquema de montaje de luminarias Insaver Led, Obtenido de Auto CAD

**Cuadro 19: Valores teóricos, simulados y prácticos INSAVER LED 33W 3000K 100-240V modelo P25925-39**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	782,78	804,03	892,58	632,25	195,70	181,15	144,94	55,88
Plano C180	782,78	825,29	892,58	409,10	195,70	185,94	144,94	36,16
Plano C90	782,78	818,20	904,98	492,34	195,70	184,35	146,95	43,52
Plano C270	782,78	802,26	894,36	541,93	195,70	180,75	145,23	47,90
Diagrama polar					Valores Simulados			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0					186,00	173,00	136,00	52,00
Plano C180					186,00	178,00	132,00	36,00
Plano C90					186,00	176,00	135,00	42,00
Plano C270					186,00	172,00	135,00	46,00
Diagrama polar					Valores Prácticos			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

## Ejercicio Práctico

Una luminaria ubicada a una altura de 3 metros ilumina a una mesa de 1 m<sup>2</sup> de superficie. La mesa posee un factor de reflexión de 0.8 especular. Un observador ve con un ángulo de 36° de la mesa. Calcular la intensidad luminosa que incide en la mesa y la luminancia de la mesa para el observador.



### Solución

Se calcula en primer lugar el ángulo  $\alpha$  que permite la obtención de la intensidad a partir del diagrama polar de la luminaria.

$$\tan \alpha = \frac{d}{h} = \frac{0}{3} = 0$$

$$\alpha = 0^\circ$$

El segundo paso es calcular la intensidad real

$$I_{gráfico} = \frac{442}{1000} = 0.442$$

$$I_{real} = I_{gráfico} * \Phi_{lámpara} = 0.442 * 1771 = 782.78 \text{ cd}$$

El último paso es calcular la luminancia de la mesa para el observador

$$L_{mesa} = \frac{I_{real}}{S_{aparente}} = \frac{I * \rho_{reflexión}}{T * \cos(90 - \beta)} = \frac{782.78 * 0.8}{1 * \cos(90 - 36)} = 1065.39 \text{ cd/m}^2$$



## Simulación de una Galería de Arte

Para el siguiente ejercicio el factor de mantenimiento debe ser 0.8 y se empleará la luminaria INSAVER LED 33W 3000K.

Lo primero será definir el local. Las coordenadas del mismo son:

Punto del local	Coordenada X	Coordenada Y
1	0.00	0.00
2	5.00	0.00
3	5.00	-5.00
4	15.00	-5.00
5	15.00	5.00
6	20.00	5.00
7	20.00	20.00
8	10.00	20.00
9	10.00	15.00
10	0.00	15.00

La altura del local será de 3 metros y la zona marginal del plano de trabajo 0.85 metros.

Seguidamente vamos a definir las propiedades de paredes, suelo y techo. Para ello ve a las propiedades del local.

- El techó será de yeso revocado.
- El suelo será de mármol.
- Las paredes serán de madera clara a excepción de la pared 10 que será de cristal, como si fuera un escaparate.

Ahora vamos a definir texturas:

- El techo tendrá la textura interior de techo tipo “Techo perfil visto”.
- El suelo será de “Azulejos blanco y negro”.
- Las paredes, excepto la 10, serán de “Revestimiento de madera clara”.
- La pared número 10 se deja sin textura.

La pared 10 era un escaparate, de modo que vamos a poner una ventana que ocupe toda la pared, los 15 metros de largo por los 3 de alto.

Además debemos establecer las propiedades del vidrio. Debe ser un “vidrio de seguridad armado”, con “contaminación residencial alta” y travesaños tipo “ventana de metal (fija)”.

El proyecto se situará en la ciudad de Guayaquil (para el cálculo de la luz diurna).

Vamos a crear 4 grupos de control: uno con el 100% de las luminarias y otros 3 con 1/3. Para ello vamos a agrupar contando por filas, de modo que las luminarias 1, 4, 7, 10... sean las del grupo 1. Se realiza para cada grupo su escena de luz.

También vamos a crear una escena de luz diurna, sin modificar la orientación del local.

Se colocará una columna circular de radio 0.5 en el punto  $x=5.00$ ,  $y=7.50$ . Selecciona la columna y haz clic en el botón derecho sobre el texto “columna redonda. Aparece un desplegable del cual escogerás “copiar a lo largo de una línea”, esto permite copiar cualquier cosa tantas veces como quieras.

Anexo simulación: Galería de arte.dlx

## 4.5. Práctica 5

### 4.5.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 5
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

### 4.5.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante de la luminaria LED modelo Orion, simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. **Objetivo general:**
  - Calcular valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante.
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Determinar y comparar los valores de la fotometría con la tabla de intensidades lumínicas [cd/klm] de la luminaria LED modelo Orion.
  - Calcular la Intensidad luminosa [cd] de la luminaria LED modelo Orion a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Calcular la iluminancia [lux] de la luminaria LED modelo Orion a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Realizar la medición de iluminancia con el luxómetro en los puntos antes indicados.
  - Realizar una simulación del laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la UPS-G Bloque B Aula B-305, determinar los valores de iluminancia en los puntos antes mencionados.

- Realizar una curva de Iluminancia de la luminaria LED modelo Orion con los valores teóricos, prácticos y simulados.
- Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.

**d. Marco teórico:**

- Principio de interpretación de la fotometría de una luminaria.
- Métodos para calcular valores lumínicos.
- Instrumentación para realizar mediciones de iluminancia.

**e. Marco procedimental:**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
- Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
- Utilizar la estructura de prueba de luminarias LED. Tomar mediciones indicadas y completar la tabla.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

**f. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Estructura para pruebas de luminarias LED.
- Luminaria LED modelo Orion.
- Instrumentación para: Luxes.
- Formatos de valores experimentales y resultados.
- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Tablas para valores teóricos, simulados y prácticos.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios y conclusiones.

**h. Anexos**

- Fig. 92: Esquema de montaje de luminarias Orion Led.
- Cuadro 20: Valores teóricos, simulados y prácticos ORION LED 20W 6500K 100-240V
- Simulación de un Parqueadero.

**i. Bibliografía**

- Normas EN-13201 y RD-1890/08.

- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.
- Ficha técnica de la luminaria LED modelo Orion.

#### **4.5.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.5.4. Cuestionario**

- ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes para las luminarias LED modelo Orion?
- Identificar qué tipo de fotometría posee la luminaria LED modelo Orion.

#### **4.5.5. Proyecto**

- Desarrollar una curva comparativa con los valores de iluminación teóricos, prácticos y simulados.
- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.5.6. Proyecto**

- Anexo 17: Curvas de iluminación ORION LED 20W 6500K.
- Anexo 18: Simulación Parquadero ORION LED 20W 6500K.

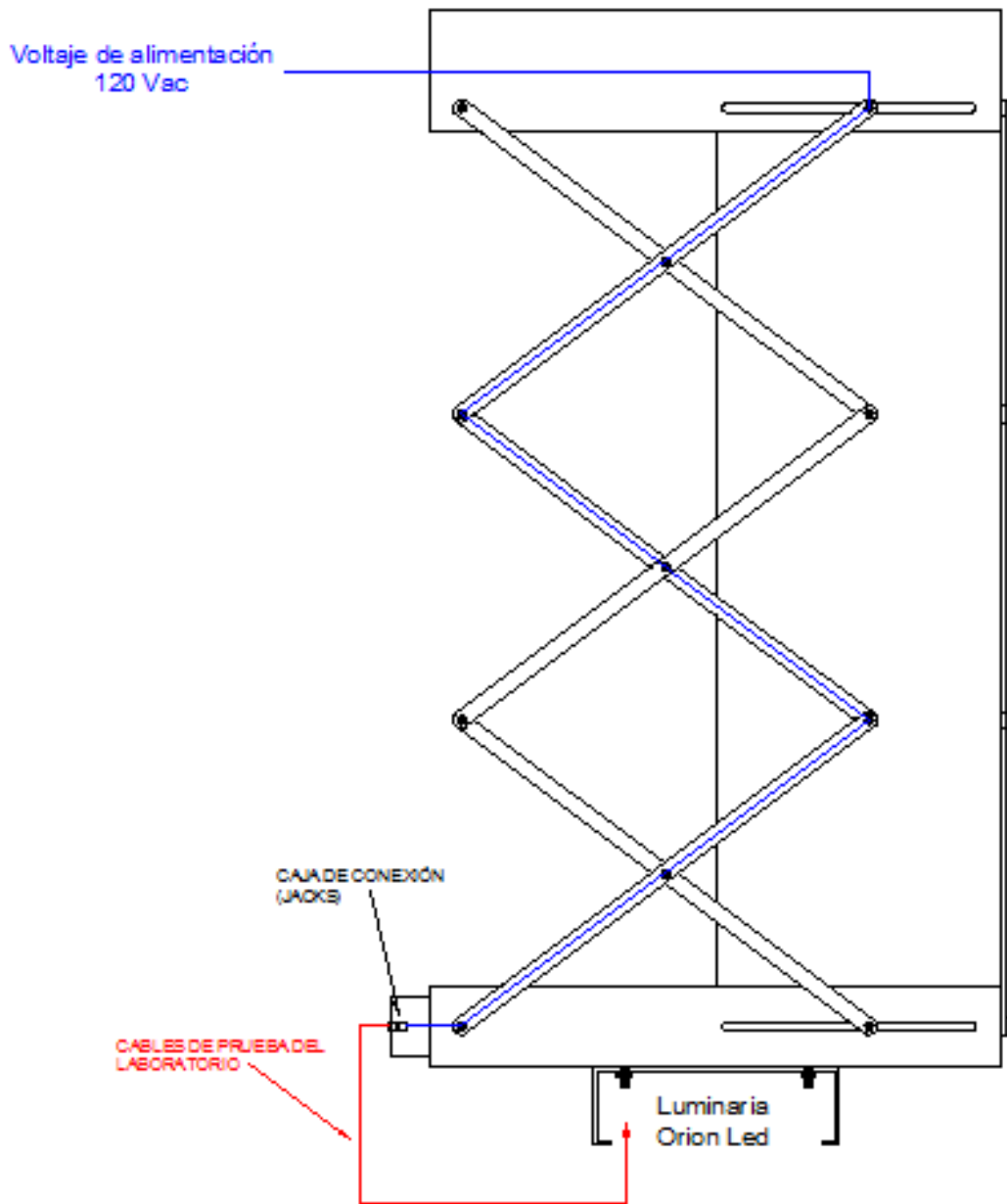


Fig. 92: Esquema de Montaje de luminarias Orion Led

Fuente: Autores, (2015), Esquema de montaje de luminarias Orion Led, Obtenido de Auto CAD

**Cuadro 20: Valores teóricos, simulados y prácticos ORION LED 20W 6500K 100-240V modelo P25048-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	443,75	504,47	532,49	423,50	110,94	113,66	86,47	37,43
Plano C180	443,75	485,78	543,39	397,04	110,94	109,45	88,24	35,09
Plano C90	443,75	440,63	428,18	392,36	110,94	99,28	69,53	34,68
Plano C270	443,75	395,48	294,27	186,84	110,94	89,10	47,78	16,51
Diagrama polar	Valores Simulados							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0	110,00	119,00	82,00	40,00				
Plano C180	110,00	107,00	83,00	38,00				
Plano C90	110,00	100,00	69,00	39,00				
Plano C270	110,00	88,00	50,00	24,00				
Diagrama polar	Valores Prácticos							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

### **Simulación de un Parqueadero**

Se ha creado un parqueadero tipo para este estudio para una Fábrica, se ha introducido en el proyecto una calle vial, con 35.52 metros de anchura y 100.8 metros de largo, con un arcén central de 1.7 metros, se han colocado dos aceras, cada una con 2 metros de anchura. La situación de iluminación de este espacio será D1/D2. El método del plano de mantenimiento será anual, lo que se traduce en un factor de degradación de 0.8.

Los cálculos se han hecho relativamente a un observador tipo. Se ha elegido para los cálculos un observador con 23 años de edad, y el cálculo se hará con las características geográficas de la ciudad de Guayaquil.

Anexo simulación: Parqueadero.dlx



## 4.6. Práctica 6

### 4.6.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 6
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

### 4.6.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante de la luminaria LED modelo Nova, simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. **Objetivo general:**
  - Calcular valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante.
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Determinar y comparar los valores de la fotometría con la tabla de intensidades lumínicas [cd/klm] de la luminaria LED modelo Nova.
  - Calcular la Intensidad luminosa [cd] de la luminaria LED modelo Nova a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Calcular la iluminancia [lux] de la luminaria LED modelo Nova a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Realizar la medición de iluminancia con el luxómetro en los puntos antes indicados.
  - Realizar una simulación del laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la UPS-G Bloque B Aula B-305, determinar los valores de iluminancia en los puntos antes mencionados.

- Realizar una curva de Iluminancia de la luminaria LED modelo Nova con los valores teóricos, prácticos y simulados.
- Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.

**d. Marco teórico:**

- Principio de interpretación de la fotometría de una luminaria.
- Métodos para calcular valores lumínicos.
- Instrumentación para realizar mediciones de iluminancia.

**e. Marco procedimental:**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
- Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
- Utilizar la estructura de prueba de luminarias LED. Tomar mediciones indicadas y completar la tabla.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

**f. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Estructura para pruebas de luminarias LED.
- Luminaria LED modelo Nova.
- Instrumentación para: Luxes.
- Formatos de valores experimentales y resultados.
- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Tablas para valores teóricos, simulados y prácticos.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios y conclusiones.

**h. Anexos**

- Fig. 93: Esquema de montaje de luminarias Nova Led.
- Cuadro 21: Valores teóricos, simulados y prácticos Nova Led 60W 5000K 100-240V modelo P25360-36.
- Ejercicio práctico.
- Simulación de una calle para el interior de una ciudad.

**i. Bibliografía**

- Normas EN-13201 y RD-1890/08.
- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.
- Ficha técnica de la luminaria LED modelo Nova.

#### **4.6.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.6.4. Cuestionario**

- ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes para las luminarias LED modelo Nova?
- Identificar qué tipo de fotometría posee la luminaria LED modelo Nova.

#### **4.6.5. Proyecto**

- Desarrollar una curva comparativa con los valores de iluminación teóricos, prácticos y simulados.
- Resolver el ejercicio práctico propuesto.
- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.6.6. Anexos**

- Anexo 19: Curvas de iluminación NOVA LED 60W 5000K.
- Anexo 20: Simulación Calle para el interior de una ciudad NOVA LED 60W 5000K.

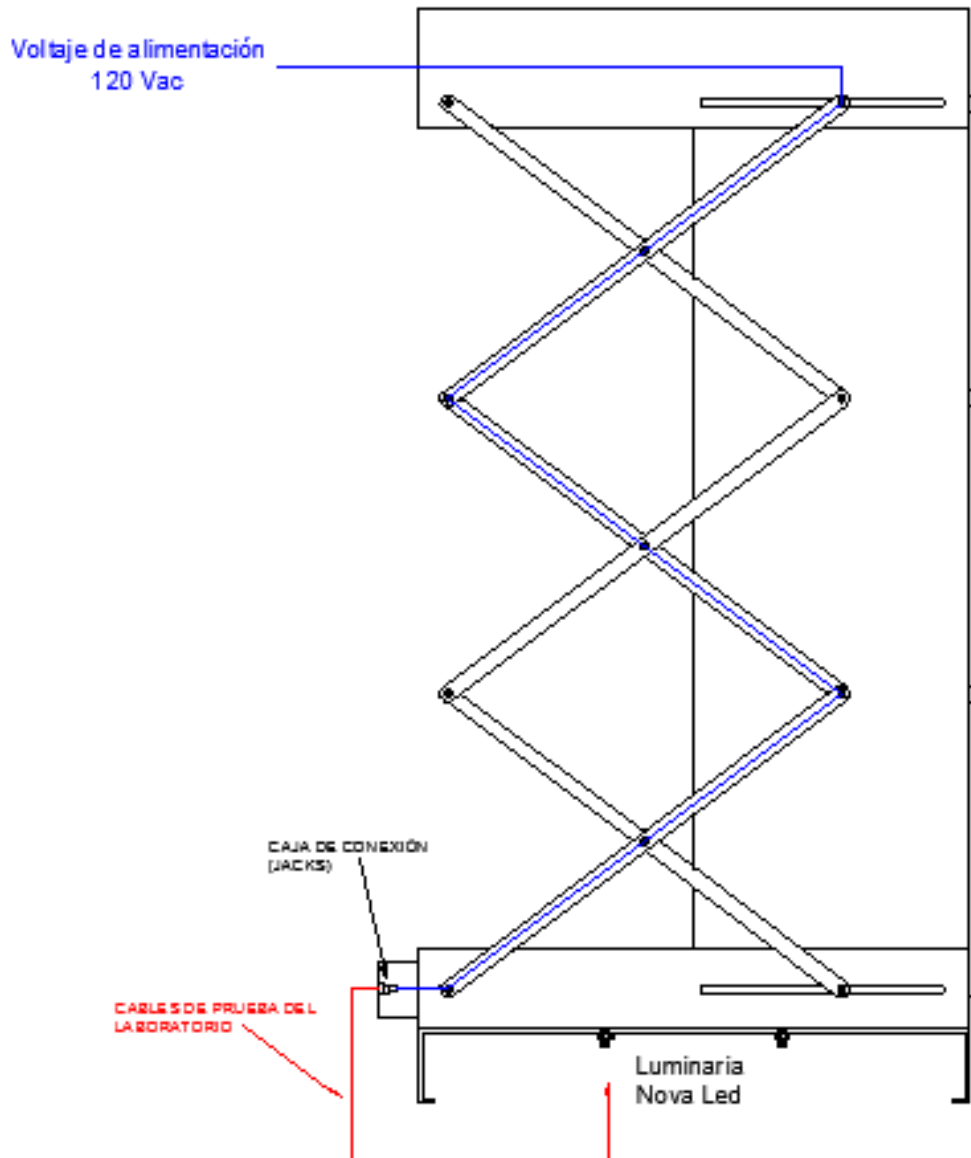


Fig. 93: Esquema de Montaje de luminarias Nova Led

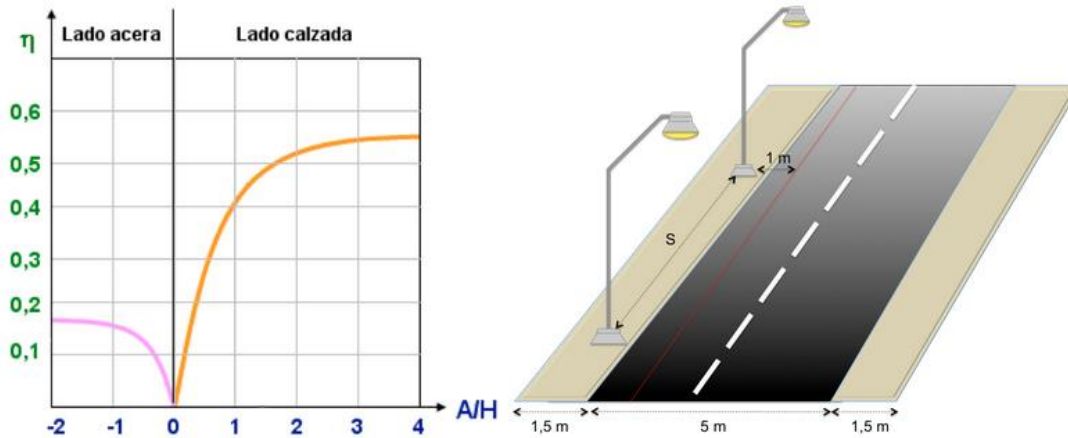
Fuente: Autores, (2015), Esquema de montaje de luminarias Nova Led, Obtenido de Auto CAD

**Cuadro 21: Valores teóricos, simulados y prácticos Nova Led 60W 5000K 100-240V modelo P25360-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	1329,66	1543,26	1244,22	320,40	332,42	347,70	202,04	28,32
Plano C180	1329,66	1094,70	731,58	309,72	332,42	246,64	118,79	27,38
Plano C90	1329,66	1553,94	1874,34	2862,24	332,42	350,11	304,35	252,99
Plano C270	1329,66	1484,52	1772,88	2643,30	332,42	334,47	287,88	233,64
Diagrama polar	/				Valores Simulados			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0					330,00	339,00	195,00	56,00
Plano C180					330,00	250,00	133,00	54,00
Plano C90					330,00	345,00	301,00	251,00
Plano C270					330,00	330,00	287,00	237,00
Diagrama polar					Valores Prácticos			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

## Ejercicio Práctico

La carretera como la que se muestra a continuación se requiere una iluminancia media de 40 lux. Las fuentes de luz utilizadas son lámparas LED de 60W, proporcionan un flujo luminoso de 5365 lúmenes. La altura de montaje de las luminarias es de 10 metros, están ubicadas unilateralmente y se considera 0.7 el factor de mantenimiento de la instalación.

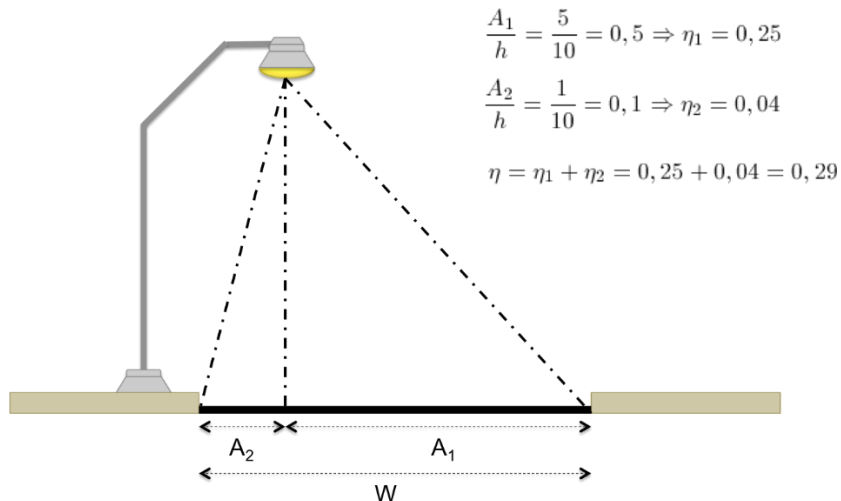


Calcular:

- Distancia entre luminarias.
- Iluminación media de la vía.
- Iluminación media de la acera contraria a las luminarias.

## Solución

- En primer lugar se calcula el factor de utilización de la calzada:



Conocido el valor de la iluminancia media de la calzada que es de 40 lux, se obtiene la interdistancia necesaria para satisfacer el requerimiento:

$$E_m = \frac{\eta * \phi * n * f_m}{w * s} = \frac{0.29 * 5365 * 1 * 0.7}{6 * s} = 40 \text{ lux}$$

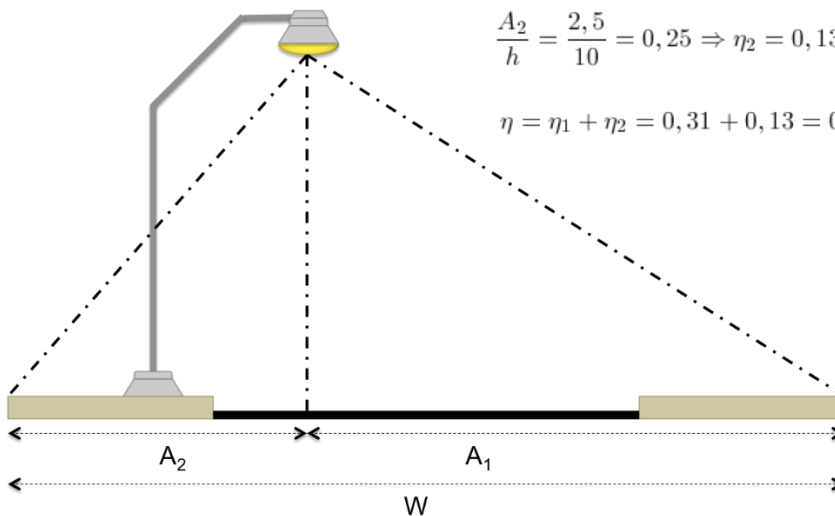
$$s = 4.54 \text{ metros}$$

b) El primer paso vuelve a consistir en calcular el factor de utilización de la vía.

$$\frac{A_1}{h} = \frac{6,5}{10} = 0,65 \Rightarrow \eta_1 = 0,31$$

$$\frac{A_2}{h} = \frac{2,5}{10} = 0,25 \Rightarrow \eta_2 = 0,13$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = 0,31 + 0,13 = 0,44$$



Como la interdistancia entre luminarias es conocida, el valor de la iluminancia media es:

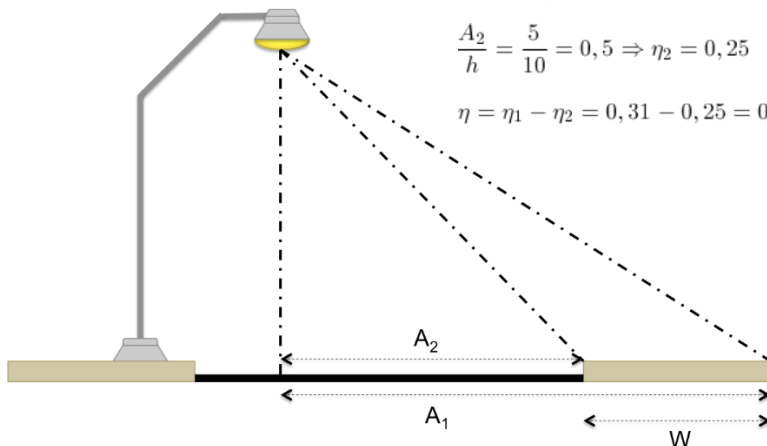
$$E_m = \frac{\eta * \phi * n * f_m}{w * s} = \frac{0.44 * 5365 * 1 * 0.7}{9 * 4.54} = 40.44 \text{ lux}$$

c) El primer paso vuelve a consistir en calcular el factor de utilización, en esta caso de la acera:

$$\frac{A_1}{h} = \frac{6,5}{10} = 0,65 \Rightarrow \eta_1 = 0,31$$

$$\frac{A_2}{h} = \frac{5}{10} = 0,5 \Rightarrow \eta_2 = 0,25$$

$$\eta = \eta_1 - \eta_2 = 0,31 - 0,25 = 0,06$$



El valor de la iluminancia media es:

$$E_m = \frac{\eta * \phi * n * f_m}{w * s} = \frac{0.06 * 5365 * 1 * 0.7}{1.5 * 4.54} = 33.08 \text{ lux}$$



### **Simulación de una calle para el interior de una ciudad**

Se ha creado la calle tipo para este estudio, o sea, se ha introducido en el proyecto una carretera vial, con 10 metros de anchura y 3 vías de circulación automóvil, de ambos los lados de la carretera se han colocado dos aceras, cada una con 4 metros de anchura. La situación de iluminación de este espacio será A3. El método del plano de mantenimiento será de 0.85.

Además de las clases de alumbrado elegidas para este espacio (ME1 para alumbrado vial y S1 para peatonal), también se ha previsto en el proyecto que el pavimento de la carretera será de la clase R3, siendo el pavimento para homogeneidad en calzada mojada de clase W3.

Los cálculos se han hecho relativamente a un observador tipo. Se ha elegido para los cálculos un observador con 23 años de edad, y el cálculo se hará con las características geográficas de la ciudad de Guayaquil.

Anexo simulación: Calle interior de una Ciudad.dlx

## 4.7. Práctica 7

### 4.7.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 7
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

### 4.7.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante de la luminaria LED modelo Panel, simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. **Objetivo general:**
  - Calcular valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante.
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Determinar y comparar los valores de la fotometría con la tabla de intensidades lumínicas [cd/klm] de la luminaria LED modelo Panel.
  - Calcular la Intensidad luminosa [cd] de la luminaria LED modelo Panel a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Calcular la iluminancia [lux] de la luminaria LED modelo Panel a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Realizar la medición de iluminancia con el luxómetro en los puntos antes indicados.
  - Realizar una simulación del laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la UPS-G Bloque B Aula B-305, determinar los valores de iluminancia en los puntos antes mencionados.

- Realizar una curva de Iluminancia de la luminaria LED modelo Panel con los valores teóricos, prácticos y simulados.
- Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.

**d. Marco teórico:**

- Principio de interpretación de la fotometría de una luminaria.
- Métodos para calcular valores lumínicos.
- Instrumentación para realizar mediciones de iluminancia.

**e. Marco procedimental:**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
- Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
- Utilizar la estructura de prueba de luminarias LED. Tomar mediciones indicadas y completar la tabla.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

**f. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Estructura para pruebas de luminarias LED.
- Luminaria LED modelo Panel.
- Instrumentación para: Luxes.
- Formatos de valores experimentales y resultados.
- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Tablas para valores teóricos, simulados y prácticos.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios y conclusiones.

**h. Anexos**

- Fig. 94: Esquema de montaje de luminarias Panel led.
- Cuadro 22: Valores teóricos, simulados y prácticos LED PANEL 40W 5000K 120-240V modelo P25062-36
- Ejercicio práctico.
- Simulación de una tienda de ropa.

**i. Bibliografía**

- Normas Niveles de iluminación recomendados SMII, IESNA y Westinghouse.
- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.
- Ficha técnica de la luminaria LED modelo Panel.

#### **4.7.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.7.4. Cuestionario**

- ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes para las luminarias LED modelo Panel?
- Identificar qué tipo de fotometría posee la luminaria LED modelo Panel.

#### **4.7.5. Proyecto**

- Desarrollar una curva comparativa con los valores de iluminación teóricos, prácticos y simulados.
- Resolver el ejercicio práctico propuesto.
- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.7.6. Anexos**

- Anexo 21: Curvas de iluminación LED PANEL 40W 5000K.
- Anexo 22: Simulación de una Tienda de ropa LED PANEL 40W 5000K.

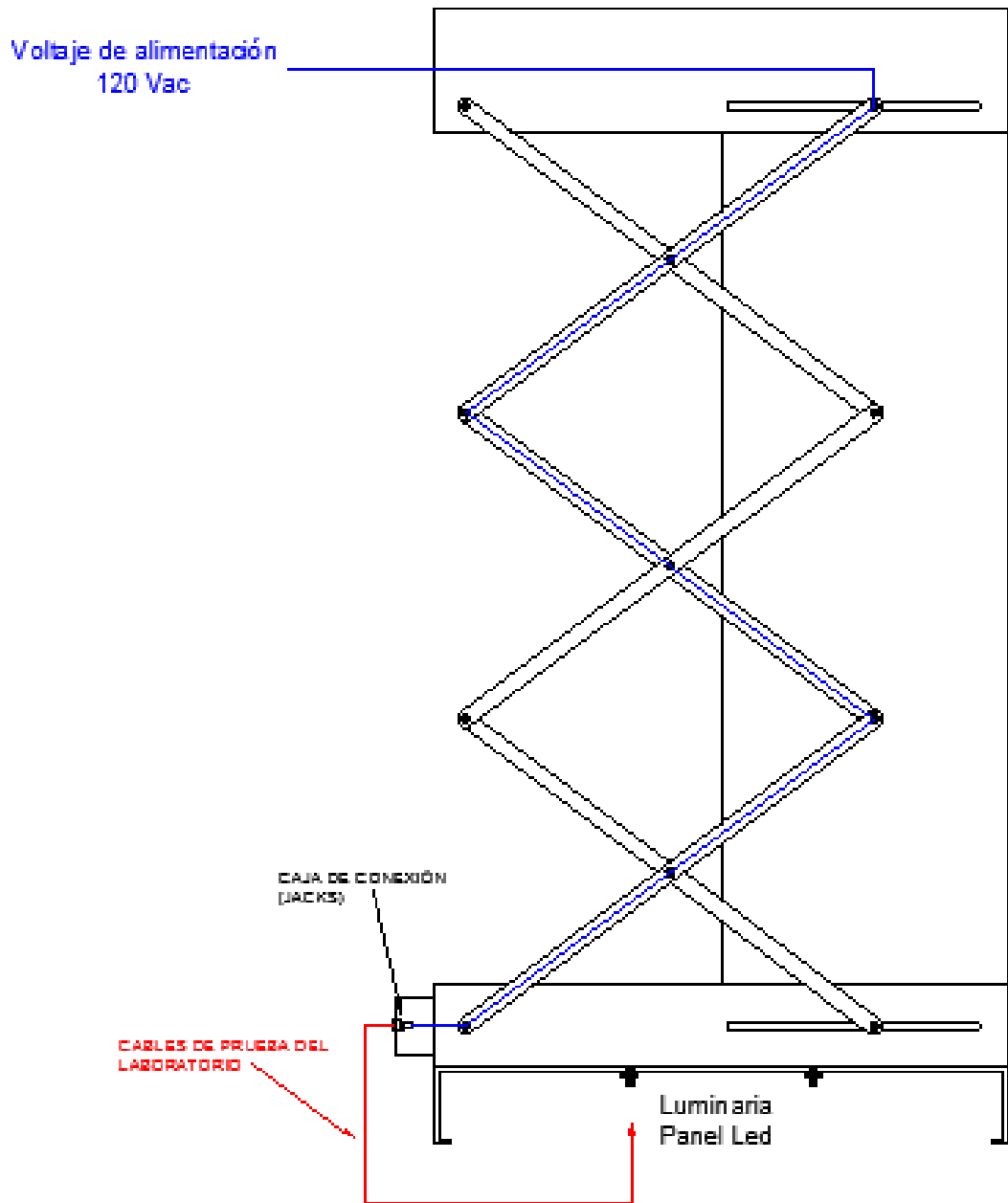


Fig. 94: Esquema de Montaje de luminarias Panel Led

Fuente: Autores, (2015), Esquema de montaje de luminarias Panel Led, Obtenido de Auto CAD

**Cuadro 22: Valores teóricos, simulados y prácticos LED PANEL 40W 5000K 120-240V modelo P25062-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	1104,58	1060,64	941,40	753,12	276,14	238,97	152,86	66,57
Plano C180	1104,58	1041,82	910,02	706,05	276,14	234,73	147,77	62,41
Plano C90	1104,58	1057,51	925,71	728,02	276,14	238,26	150,32	64,35
Plano C270	1104,58	1057,51	925,71	728,02	276,14	238,26	150,32	64,35
Diagrama polar					Valores Simulados			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0					245,00	216,00	145,00	73,00
Plano C180					245,00	213,00	140,00	69,00
Plano C90					245,00	215,00	143,00	73,00
Plano C270					245,00	214,00	143,00	73,00
Diagrama polar					Valores Prácticos			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

## Ejercicio Práctico

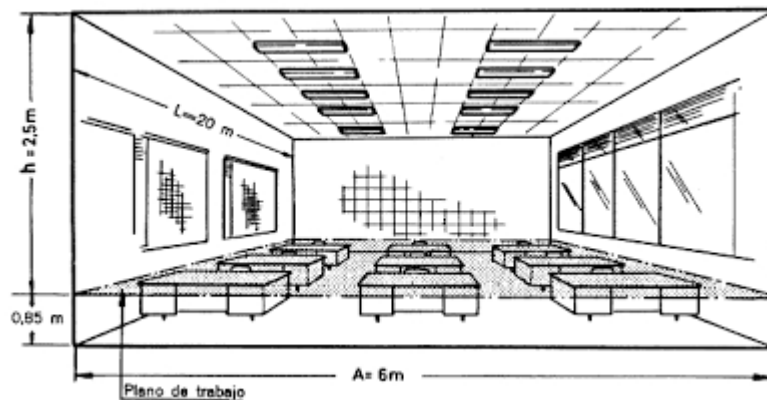
Se deben tener las características del local a iluminar, para este caso se trata de oficinas donde desarrollan actividades en computador y escritura por tanto el nivel medio de iluminación, recomendado para este tipo de Oficinas Em será de 500 lux.

Así mismo, el Local posee la siguientes dimensiones: ancho 6 metros, longitud 20 metros, altura 3.35 metros. El plano de trabajo se sitúa a 0.85 metros del suelo, por lo que la distancia del plano de trabajo al techo falso es de 2.50 metros.

Tanto los techos como las paredes están pintados de color claro. Dada la característica del local, se prevé un buen mantenimiento y una buena conservación.

Dado que las paredes y techo son de color claro utilizamos como factores de reflexión 50% y 50% respectivamente.

Así tenemos el siguiente local.



$$K = \frac{a * L}{hu * (a + L)} = \frac{6 * 20}{(3.35 - 2.5) * (6 + 20)} = 1.85$$

Valor de K	Índice del local (punto central)
Menor a 0,70	0,60
0,70 a 0,90	0,80
0,90 a 1,12	1
1,12 a 1,38	1,25
1,38 a 1,75	1,50
1,75 a 2,25	2

2,25 a 2,75	2,5
2,75 a 3,50	3
3,50 a 4,50	4
Mayores a 4,50	5

Índice del local K	Factor de utilización											
	Factor de reflexión del techo											
	0.8	0.7	0.5	0.3	0							
	Factor de reflexión de las paredes											
	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
0.6	.27	.24	.21	.27	.23	.21	.27	.23	.21	.23	.21	.20
0.8	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.32	.28	.26	.28	.26	.25
1.0	.36	.33	.30	.36	.33	.30	.35	.32	.30	.32	.30	.29
1.25	.40	.36	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.34	.36	.34	.33
1.5	.42	.39	.37	.42	.39	.37	.41	.38	.36	.38	.36	.35
2.0	.45	.42	.40	.44	.42	.40	.44	.42	.40	.41	.40	.39
2.5	.47	.44	.40	.40	.44	.42	.45	.44	.42	.43	.42	.41
3.0	.48	.46	.44	.47	.46	.44	.47	.45	.44	.44	.43	.42
4.0	.50	.48	.46	.49	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45	.44
5.0	.50	.49	.48	.50	.49	.48	.49	.48	.47	.47	.46	.45

Al observar la tabla anterior, seleccionamos  $f_m=0.75$  que es el mismo Cd (coeficiente de depreciación) ya que el factor de mantenimiento se prevé bueno. Hacemos la interpolación y encontramos que el coeficiente de utilización  $C_u = 0.44$

La superficie del local que deseamos iluminar tiene un valor de

$$S = L * a = 6 * 20 = 120 \text{ m}^2$$

Ahora podemos hallar el flujo luminoso total, para lo cual se emplea la siguiente fórmula

$$\phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\phi_T = \frac{500 * 120}{0.44 * 0.75} = 181818.2 \text{ lm}$$

Cálculo del número total de luminarias necesarias

$$N_{total} = \frac{\phi_T}{n * \phi_L} = \frac{181818.2}{1 * 3138} = 57.94 \text{ se asumen } 58$$



Emplazamiento de las luminarias

$$N_{Ancho} = \sqrt{N_{total} * \frac{a}{b}} = \sqrt{58 * \frac{6}{20}} = 4$$

$$N_{Largo} = N_{Ancho} * \frac{b}{a} = 4 * \frac{20}{6} = 14$$

## Simulación de una tienda de ropa

Se ha creado un local con un altillo y una escalera. Se realizó un diseño de iluminación para una Tienda de ropa con las siguientes características:

Dimensiones: 20.00 x 10.00 x 6.00 metros (longitud x anchura x altura)

Factor de mantenimiento: 0.80 (Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual)

Local:

Paredes:

Grado de reflexión	64%
Transparencia	0%
Rugosidad	10%
Material	Madera clara
Textura	Revestimiento en madera clara

Suelo:

Grado de reflexión	44%
Transparencia	0%
Rugosidad	20%
Material	Suelo estándar
Textura	Alfombra Beige

Techo:

Grado de reflexión	73%
Transparencia	0%
Rugosidad	50%
Material	Pared estándar
Textura	Revoque grueso blanco

Se podrá hacer el uso de objetos, su ubicación y características según su disposición.

Anexo simulación: Tienda de Ropa.dlx

Anexo Norma: Niveles de iluminación recomendados SMII, IESNA y Westinghouse.

## 4.8. Práctica 8

### 4.8.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 8
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

### 4.8.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante de la luminaria LED modelo Jeta, simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. **Objetivo general:**
  - Calcular valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante.
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Determinar y comparar los valores de la fotometría con la tabla de intensidades lumínicas [cd/klm] de la luminaria LED modelo Jeta.
  - Calcular la Intensidad luminosa [cd] de la luminaria LED modelo Jeta, a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Calcular la iluminancia [lux] de la luminaria LED modelo Jeta, a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Realizar la medición de iluminancia con el luxómetro en los puntos antes indicados.
  - Realizar una simulación del laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la UPS-G Bloque B Aula B-305, determinar los valores de iluminancia en los puntos antes mencionados.

- Realizar una curva de Iluminancia de la luminaria LED modelo Jeta con los valores teóricos, prácticos y simulados.
- Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.

**d. Marco teórico:**

- Principio de interpretación de la fotometría de una luminaria.
- Métodos para calcular valores lumínicos.
- Instrumentación para realizar mediciones de iluminancia.

**e. Marco procedimental:**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
- Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
- Utilizar la estructura de prueba de luminarias LED. Tomar mediciones indicadas y completar la tabla.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

**f. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Estructura para pruebas de luminarias LED.
- Luminaria LED modelo Jeta.
- Instrumentación para: Luxes.
- Formatos de valores experimentales y resultados.
- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Tablas para valores teóricos, simulados y prácticos.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios y conclusiones.

**h. Anexos**

- Fig. 95: Esquema de montaje de luminarias Jeta led.
- Cuadro 23: Valores teóricos, simulados y prácticos Jeta Led 55W 3500K 100-240V modelo P47726-36
- Simulación de una Escultura en un Parque.

**i. Bibliografía**

- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.

- Ficha técnica de la luminaria LED modelo Jeta.

#### **4.8.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.8.4. Cuestionario**

- ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes para las luminarias LED modelo Jeta?
- Identificar qué tipo de fotometría posee la luminaria LED modelo Jeta.

#### **4.8.5. Proyecto**

- Desarrollar una curva comparativa con los valores de iluminación teóricos, prácticos y simulados.
- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.8.6. Anexos**

- Anexo 23: Curvas de iluminación JETA LED 55W 3500K.
- Anexo 24: Simulación de Escultura/Parque JETA LED 55W 3500K.

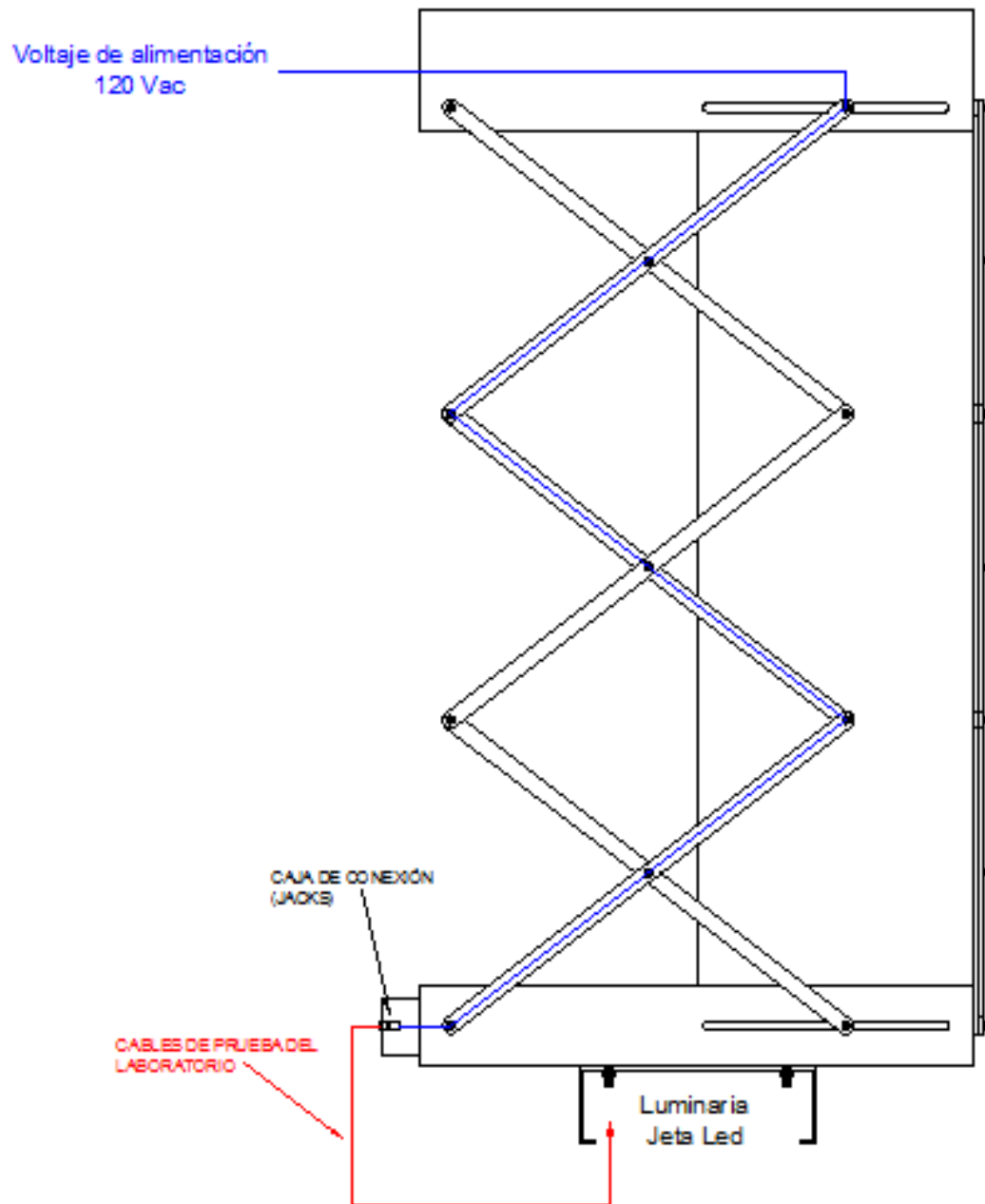


Fig. 95: Esquema de Montaje de luminarias Jeta Led

Fuente: Autores, (2015), Esquema de montaje de luminarias Jeta Led, Obtenido de Auto CAD

**Cuadro 23: Valores teóricos, simulados y prácticos Jeta Led 55W 3500K 100-240V modelo P47726-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	1692,64	1748,92	1554,11	1398,27	423,16	394,04	252,36	123,59
Plano C180	1692,64	1761,90	1614,72	1523,81	423,16	396,97	262,20	134,69
Plano C90	1692,64	1580,09	1411,25	1108,22	423,16	356,00	229,16	97,95
Plano C270	1692,64	1597,40	1450,22	1168,83	423,16	359,90	235,49	103,31
Diagrama polar					Valores Simulados			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0					405,00	375,00	236,00	115,00
Plano C180					405,00	378,00	246,00	129,00
Plano C90					405,00	339,00	222,00	107,00
Plano C270					405,00	344,00	226,00	113,00
Diagrama polar					Valores Prácticos			
Diagrama polar					Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

### **Simulación de una Escultura en un Parque**

Se ha creado una escena exterior, se ha considerado la sección de un parque de 20 metros por metros (ancho x largo), se ha introducido en el proyecto una escultura que se desea iluminar. La escultura estará ubicada en el centro del parque, tendrá las siguientes características:

Dimensiones: 3.00 x 3.00 x 7.00 metros (longitud x anchura x altura)

Superficies:

Rho	22%
Transparencia	0%
Rugosidad	0%
Efecto Espejo	Nulo
Material	Revoque de cal
Textura	Gris Musgo

La escena exterior tendrá un factor de degradación de 0.8.

Las características de los elementos del suelo, los detalles y la ubicación de los objetos se pueden despreciar, queda a criterio del diseñador, debido a que eso no afectará los resultados lumínicos deseados en función de los requerimientos.

Anexo simulación: Escultura en Parque.dlx



## 4.9. Práctica 9

### 4.9.1. Datos informativos

- a. **Materia:** Instalaciones Civiles
- b. **Práctica:** 9
- c. **Número de estudiantes:** 20
- d. **Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. **Tiempo estimado:** 2 Horas.

### 4.9.2. Datos de la práctica

- a. **Tema:** Comprobación de valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante de la luminaria LED modelo Tubo, simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. **Objetivo general:**
  - Calcular valores lumínicos mediante la fotometría entregada por el fabricante.
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. **Objetivos específicos:**
  - Determinar y comparar los valores de la fotometría con la tabla de intensidades lumínicas [cd/klm] de la luminaria LED modelo Tubo.
  - Calcular la Intensidad luminosa [cd] de la luminaria LED modelo Tubo, a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Calcular la iluminancia [lux] de la luminaria LED modelo Tubo, a una altura de dos metros con respecto del nivel del piso, en los puntos indicados en el plano.
  - Realizar la medición de iluminancia con el luxómetro en los puntos antes indicados.
  - Realizar una simulación del laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la UPS-G Bloque B Aula B-305, determinar los valores de iluminancia en los puntos antes mencionados.

- Realizar una curva de Iluminancia de la luminaria LED modelo Tubo con los valores teóricos, prácticos y simulados.
- Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.

**d. Marco teórico:**

- Principio de interpretación de la fotometría de una luminaria.
- Métodos para calcular valores lumínicos.
- Instrumentación para realizar mediciones de iluminancia.

**e. Marco procedimental:**

- Revisar y analizar el correspondiente diagrama del tablero.
- Identificar cada uno de las luminarias LED que se utilizarán para las pruebas.
- Utilizar la estructura de prueba de luminarias LED. Tomar mediciones indicadas y completar la tabla.
- Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

**f. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**

- Estructura para pruebas de luminarias LED.
- Luminaria LED modelo Tubo.
- Instrumentación para: Luxes.
- Formatos de valores experimentales y resultados.
- Cables de laboratorio.

**g. Registro de resultados**

- Tablas para valores teóricos, simulados y prácticos.
- Cuestionario de preguntas.
- Observaciones, comentarios y conclusiones.

**h. Anexos**

- Fig. 96: Esquema de montaje de luminarias Tubo led.
- Cuadro 24: Valores teóricos, simulados y prácticos TUBO LED T8 9W 5000K 85-264V modelo P33841-36.
- Simulación de un Aula.

**i. Bibliografía**

- Normas Niveles de iluminación recomendados SMII, UNE, IESNA y Westinghouse.
- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.
- Ficha técnica de la luminaria LED modelo Tubo.

#### **4.9.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.9.4. Cuestionario**

- ¿Cuáles son las aplicaciones más comunes para las luminarias LED modelo Tubo?
- Identificar qué tipo de fotometría posee la luminaria LED modelo Tubo.

#### **4.9.5. Proyecto**

- Desarrollar una curva comparativa con los valores de iluminación teóricos, prácticos y simulados.
- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.9.6. Anexos**

- Anexo 25: Curvas de iluminación TUBO LED T8 9W 5000K.
- Anexo 26: Simulación de una Escultura en un parque TUBO LED T8 9W 5000K.

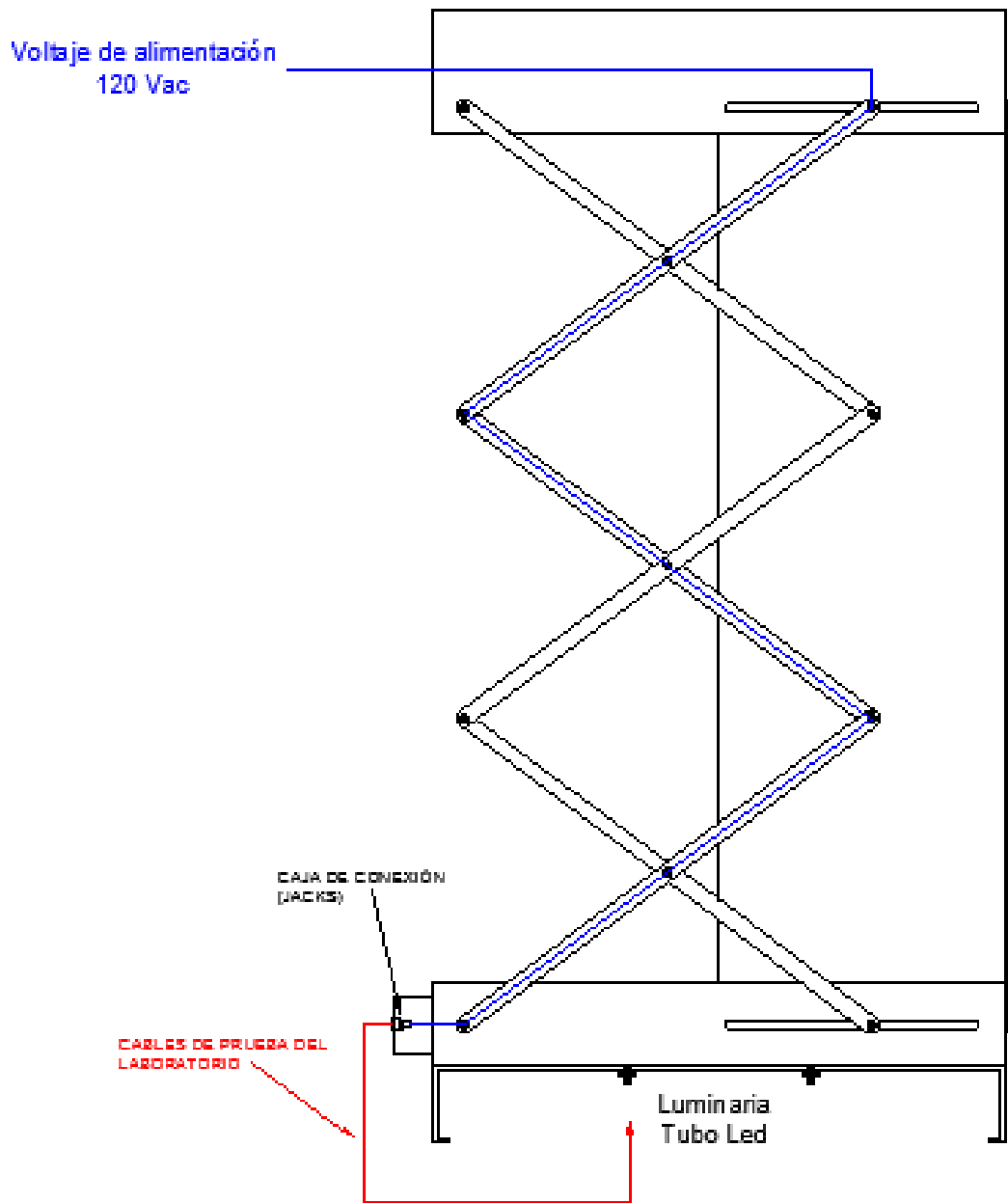


Fig. 96: Esquema de Montaje de luminarias Tubo Led

Fuente: Autores, (2015), Esquema de montaje de luminarias Tubo Led, Obtenido de Auto CAD

**Cuadro 24: Valores teóricos, simulados y prácticos TUBO LED T8 9W 5000K 85-264V modelo P33841-36**

Diagrama polar	Valores Teóricos							
	Intensidad luminosa [cd] → 0°	Intensidad luminosa [cd] → 15°	Intensidad luminosa [cd] → 30°	Intensidad luminosa [cd] → 45°	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°
Plano C0	286,18	279,29	254,29	206,02	71,55	62,93	41,29	18,21
Plano C180	286,18	278,43	252,57	201,71	71,55	62,73	41,01	17,83
Plano C90	286,18	275,84	241,36	206,88	71,55	62,15	39,19	18,29
Plano C270	286,18	274,12	248,26	210,33	71,55	61,76	40,31	18,59
Diagrama polar	Valores Simulados							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0	69,00	61,00	41,00	20,00				
Plano C180	69,00	61,00	40,00	20,00				
Plano C90	69,00	60,00	39,00	20,00				
Plano C270	69,00	60,00	40,00	21,00				
Diagrama polar	Valores Prácticos							
	Iluminación [lux] → 0°	Iluminación [lux] → 15°	Iluminación [lux] → 30°	Iluminación [lux] → 45°				
Plano C0								
Plano C180								
Plano C90								
Plano C270								

## Simulación de un Aula

Se realizó un diseño de iluminación para un aula de las siguientes características:

Dimensiones: 5.40 x 3.60 x 3.00 metros (longitud x anchura x altura)

Factor de mantenimiento: 0.80 (Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual)

Local:

Paredes:

Color	Blanco crema (9001)
Grado de reflexión	77%
Transparencia	0%
Rugosidad	0%
Material	Pared estándar
Textura	Ninguna

Suelo:

Color	Estándar
Grado de reflexión	22%
Transparencia	0%
Rugosidad	10%
Material	Suelo estándar
Textura	Azulejos beige

Techo:

Color	Estándar
Grado de reflexión	70%
Transparencia	0%
Rugosidad	0%
Material	Techo estándar
Textura	Ninguna

Anexo simulación: Aula.dlx

## **4.10. Práctica 10**

### **4.10.1. Datos informativos**

- a. Materia:** Instalaciones Civiles – Instalaciones Industriales
- b. Práctica:** 10
- c. Número de estudiantes:** 20
- d. Nombre del docente:** Ing. Fernando Bustamante
- e. Tiempo estimado:** 4 Horas.

### **4.10.2. Datos de la práctica**

- a. Tema:** Simulación de una aplicación real en Dialux.
- b. Objetivo general:**
  - Realizar una simulación en Dialux de un ambiente real, cumpliendo con las recomendaciones de normas internacionales.
- c. Objetivos específicos:**
  - Mediante el software Dialux realizar un diseño de iluminación del área designada, que cumpla con las recomendaciones internacionales.
- d. Marco procedimental:**
  - Revisar y analizar los valores de iluminación recomendados por diferentes Normas como por ejemplo IESNA, SMII, UNE, etc.
  - De acuerdo a su aplicación identificar y designar cada una de las luminarias LED que se utilizarán para la simulación.
  - Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.
- e. Recursos utilizados (equipos, accesorios y material consumible):**
  - Formatos de valores experimentales y resultados.
- f. Registro de resultados**
  - Cuestionario de preguntas.
  - Observaciones, comentarios y conclusiones.
- g. Bibliografía**
  - Normas Niveles de iluminación recomendados SMII, UNE, IESNA y Westinghouse

- Manual del usuario de Dialux versión 4.9.

#### **4.10.3. Cronograma / calendario**

- De acuerdo a la planificación de cada docente.

#### **4.10.4. Cuestionario**

- En que influye la altura de la luminaria con respecto al nivel del suelo.
- ¿Qué son las curvas que representan los puntos de la superficie que tienen la misma iluminancia?
- ¿Cuándo la iluminancia total es la suma de todas las iluminancias?
- ¿De qué depende la variación de la uniformidad?

#### **4.10.5. Proyecto**

- Desarrollar la simulación propuesta.

#### **4.10.6. Proyecto**

- Anexo 27: Simulación de una Oficina.



## Simulación de una Oficina

Se realizó un diseño de iluminación para una oficina de las siguientes características:

Dimensiones: Se debe importar el plano de Auto Cad y definir las áreas según lo indicado.

Factor de mantenimiento: 0.80 (Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual)

Local:

Paredes:

Color	Blanco crema (9001)
Grado de reflexión	77%
Transparencia	0%
Rugosidad	0%
Material	Pared estándar
Textura	Ninguna

Suelo:

Color	Estándar
Grado de reflexión	33%
Transparencia	0%
Rugosidad	7%
Material	Suelo estándar
Textura	Baldosas-42 Azulejos blancos

Techo:

Color	Estándar
Grado de reflexión	70%
Transparencia	0%
Rugosidad	0%
Material	Techo estándar
Textura	Ninguna

Anexo simulación: Oficina.dlx

Anexo plano: Oficina.dwg

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- El trabajo realizado permite conocer e identificar los diferentes modelos de luminarias LED que existen en el mercado para diferentes aplicaciones.
- Conocer e interpretar las recomendaciones de diferentes normas internacionales para realizar un diseño de iluminación.
- Identificar los diferentes tipos de luminarias, comparando su fotometría, eficiencia, eficacia, rendimiento y rentabilidad que permitan elegir la más acorde en la elaboración de un proyecto de alumbrado público, doméstico, comercial, industrial, decorativo o deportivo.
- Permite conocer las nuevas tecnologías en lo relacionado a las luminarias tipo LED, las cuales se caracterizan por su rendimiento, durabilidad, variedad de aplicaciones y eficiencia energética.
- Aunque las luminarias tipo LED generan un ahorro de energía, la inversión inicial se recupera a largo plazo, por tal motivo en nuestro entorno aún no es rentable desarrollar proyectos con este tipo de luminarias.

### **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar las prácticas sin alterar los pasos que se describen en la guía de prácticas ya que una errónea conexión puede dañar cualquier elemento o causar lesiones físicas a las personas.
- Solicitar a los directivos a gestionar la adquisición de nuevos equipos, para que docentes puedan enfocar su enseñanza, destrezas y habilidades mediante la manipulación y empleo de equipos y demás, relacionados con el área de luminotécnica.
- Realizar mediciones anuales de iluminancia al pie de cada luminaria para revisar la pérdida del flujo luminoso, si baja del 70%, se debería realizar el cambio de la misma.
- Al momento de seleccionar una luminaria tipo LED, se debe considerar el flujo luminoso, temperatura de color, rendimiento luminoso, índice de reproducción cromática, potencia, precio, vida útil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bordón, L. E. (10 de SEPTIEMBRE de 2013). *ABC*. Obtenido de <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/las-lamparas-fluorescentes-616088.html>
- Cad-projects*. (08 de Octubre de 2011). Obtenido de [http://www.cad-projects.org/4.3.3-manual\\_luminotecnica/index.php?art=2](http://www.cad-projects.org/4.3.3-manual_luminotecnica/index.php?art=2)
- Comisión Brundtland. (1987). *Wikipedia*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2014, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible)
- Comité Europeo Normalizador (CENTC 169). (s.f.). Iluminación. En *La prevención de riesgos en los lugares de trabajo*.
- DIAL. (2014). *Download*. Obtenido de <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/download.html>
- Espinosa, L. (21 de Diciembre de 2012). *Cultura Colectiva*. Obtenido de <http://culturacolectiva.com/la-exploracion-del-color-el-blanco/>
- Figueres, N. (5 de noviembre de 2014). *led and colors*. Obtenido de <http://www.ledandcolors.com/blog/como-es-una-lampara-led/>
- Hernández, J. L. (s.f.). *Tu Veras*. Recuperado el 27 de Octubre de 2013, de <http://www.tuveras.com/luminotecnica/magnitudes.htm>
- Ideando tu hogar*. (2014 de Octubre de 2014). Obtenido de <http://www.ideandotuhogar.com/los-colores-en-tu-hogar/>
- Jorge. (26 de marzo de 2009). *blog de Jorge ATK*. Obtenido de <http://jorgeatk.blogspot.com/2009/03/bombilla-incandescente-filamento.html>
- Laszlo, C. (s.f.). Manual de Luminotecnia para interiores. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 9 de Noviembre de 2014, de <http://www.laszlo.com.ar/manual.htm>
- Morales, A. (2 de Octubre de 2013). *Girando a mi alrededor*. Obtenido de <http://barrido-de-fondo.blogspot.com/2013/10/temperatura-del-color.html>
- Raitelli, I. M. (s.f.). *Diseño de la iluminación de Interiores*. Recuperado el 27 de Octubre de 2013, de EDUTECNE: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>
- Silva, L. (14 de Septiembre de 2010). *Fotografía ITC*. Obtenido de <http://fotografiaitc.blogspot.com/2010/09/material-complementario.html>
- Software Dialux. (10 de Enero de 2015). *Pantalla de inicio* .
- Steen, M. v. (20 de 12 de 2014). *OLINO*. Obtenido de <http://www.olino.org/es/articles/2014/12/20/bhc-hlt-vll-30-5000-230-linear-1500>

*Veo veo, ¿Qué ves?* (30 de Abril de 2012). Obtenido de  
<http://www.veoveoqueves.com/2012/04/30/efecto-purkinje/>

Villafranca, C. I. (14 de Diciembre de 2012). *blog de lumiere studio*. Obtenido de  
[http://lumiere-studio.blogspot.com/2012\\_12\\_01\\_archive.html](http://lumiere-studio.blogspot.com/2012_12_01_archive.html)

## **ANEXOS**

