



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DE ARMÓNICOS, EFICIENCIA Y NIVELES DE
ILUMINACIÓN GENERADOS POR LUMINARIAS DE BAJA
POTENCIA PARA INTERIORES, DE TIPO: LED, HALOGENUROS,
INCANDESCENTES Y FLUORESCENTES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES: JOSE LEONARDO CAISAN VELÁSQUEZ
JORGE RIGOBERTO GUNCAY CRIOLLO**

TUTOR: ING. FREDDY FERNANDO CAMPOVERDE ARMIJOS, MGTR

Cuenca - Ecuador

2023

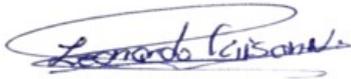
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, José Leonardo Caisan Velásquez con documento de identificación N° 0302913264 y Jorge Rigoberto Guncay Criollo con documento de identificación N° 0106193626; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, Agosto del 2023.

Atentamente,



José Leonardo Caisan Velásquez

0302913264



Jorge Rigoberto Guncay Criollo

0106193626

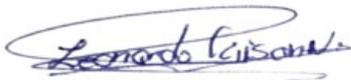
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, José Leonardo Caisan Velásquez con documento de identificación N° 0302913264 y Jorge Rigoberto Guncay Criollo con documento de identificación N° 0106193626, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis de armónicos, eficiencia y niveles de iluminación generados por luminarias de baja potencia para interiores, de tipo: Led, Halogenuros, Incandescentes y Fluorescentes”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Agosto del 2023

Atentamente,



José Leonardo Caisan Velásquez

0302913264



Jorge Rigoberto Guncay Criollo

0106193626

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Freddy Fernando Campoverde Armijos con documento de identificación N° 0102339470, docente de la Universidad Politécnica Salesiana., declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE ARMÓNICOS, EFICIENCIA Y NIVELES DE ILUMINACIÓN GENERADOS POR LUMINARIAS DE BAJA POTENCIA PARA INTERIORES, DE TIPO: LED, HALOGENUROS, INCANDESCENTES Y FLUORESCENTES, realizado por José Leonardo Caisan Velásquez con documento de identificación N° 0302913264 y por Jorge Rigoberto Guncay Criollo con documento de identificación N° 0106193626, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción <Proyecto Técnico>, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Agosto del 2023

Atentamente,



Ing. Freddy Fernando Campoverde Armijos, Mgtr.
0102339470

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme lograr culminar este gran sueño, luego agradezco a mis padres gracias por todo el apoyo incondicional en todo momento y por ser mi motivación fundamental para lograr culminar mi carrera.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana a toda la facultad de Ingeniería Eléctrica, ya que mediante su apoyo nos han permitido formarnos de una manera solvente como profesionales.

Finalmente quiero agradecer a todos mis profesores quienes mediante sus conocimientos nos formaron como profesionales. De una manera muy especial agradezco al Ingeniero Freddy Campoverde, quien con sus conocimientos supo dirigirnos para poder culminar el desarrollo de este trabajo.

José Leonardo Caisan Velásquez

La vida presenta retos para cada persona, estos retos deben ser superadas constantemente, para lograr debemos de dar Gracias a Dios por cada día de Vida, por mantenernos sanos y salvos a pesar de las circunstancias. Agradezco a mis padres Julio y Ana por apoyarme constantemente en esta dura carrera de la vida, quienes con sus consejos supieron guiarme por el camino del bien y hacerme entender que lo máspreciado que los padres pueden dar a sus hijos es el don de la EDUCACION.

A mis hermanos Wilson y Klever, quienes con su esfuerzo ayudaron a superarme.

A mi esposa Nathaly Delgado quien a pesar de los problemas de la vida luchaba constantemente con el simple anhelo de verme superado, a mis hijos Damian y Jaden, que son el motor fundamental para alcanzar las metas propuestas. Finalmente, pero no menos importante, a la Universidad Politécnica Salesiana, por su excelente calidad académica, con valores cristianos inculcados a sus estudiantes, a la carrera de Ingeniería Eléctrica, gracias a su buena calidad de directivos y docentes y en especial a nuestro tutor de tesis el Ing. Freddy Campoverde, gracias a sus seguimientos y constantes esfuerzos hicieron posible la culminación de esta tesis.

Jorge Rigoberto Guncay Criollo

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a:

A mis queridos padres Zoila Velásquez y Paulino Caisan, quienes con mucho esfuerzo hicieron todo lo posible para poder cumplir con este objetivo, gracias por siempre estar en todos los momentos adversos que tuve que atravesar en este largo camino.

Finalmente, se la dedico a mi tía Carmelina Velásquez que está en el cielo junto a dios, gracias tía por todo el apoyo que me has brindado, por ser mi ángel que siempre me cuida y a pesar de todas las adversidades nunca me has dejado solo.

José Leonardo Caisan Velásquez

Este trabajo le dedico primeramente a Dios que con su bondad me dio fuerza suficiente en los momentos más difíciles de mi vida, por mantenerlos sanos y salvos a mi familia que son un motor fundamental en esta meta alcanzada.

A mis padres, Ana Criollo y Julio Guncay de manera especial a mis hermanos Wilson y Klever Guncay, quienes fueron un apoyo fundamental para no rendirme en este largo camino, me dieron fuerza, aliento para continuar y saber enfrentar cada batalla que se presentó, sin dejarme solo en ningún momento.

Finalmente agradezco a mi familia mi esposa Nathaly Delgado, mis hijos Damian y Jaden por ser el motivo fundamental para superarme y cumplir las metas propuestas

Jorge Rigoberto Guncay Criollo

Índice general

AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA	6
GLOSARIO	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
PROBLEMA DE ESTUDIO	18
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS	20
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	21
1.1. ESTADO DEL ARTE	21
1.2. MARCO TEÓRICO	24

1.2.1.	Lámparas Led	24
1.2.2.	Halogenuros	24
1.2.2.1.	Componentes	25
1.2.2.2.	Características de Funcionamiento	25
1.2.3.	Lámparas Incandescentes	26
1.2.3.1.	Estructura	26
1.2.4.	Lámparas Fluorescentes	26
1.2.4.1.	Componentes	27
1.2.5.	Armónicos	27
1.2.5.1.	Indicadores de Distorsión Armónica	27
1.2.6.	Factor de Cresta (K)	29
1.2.7.	Tasas de Distorsión Armónica	29
1.2.8.	Magnitudes Fotométricas	30
1.2.8.1.	Flujo Luminoso(Φ)	30
1.2.8.2.	Intensidad Luminosa(I)	30
1.2.8.3.	Iluminancia(E)	31
1.2.8.4.	Luminancia(L)	31
1.2.8.5.	Eficiencia Luminosa(η)	32
1.2.9.	Normativas	32
1.2.9.1.	Normativa IEEE-519-214	32
1.2.9.2.	Normativa IEC standard 61000-3-2	33
1.2.9.3.	Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20.	35
1.2.9.4.	Regulación UNE 12464-1	36

2. MARCO METODOLÓGICO **38**

2.0.1.	Metodología	38
2.0.1.1.	Tipos de Investigación	38
2.0.1.2.	Métodos	38

2.0.1.3. Método inductivo-deductivo	39
2.0.2. Equipos	39
2.0.2.1. Luxómetro	39
2.0.2.2. Radio Espectrómetro	39
2.0.2.3. Esfera de Ulbricht	40
2.0.2.4. Luminancímetro	41
2.0.2.5. Analizador de Redes	42
2.0.2.6. Mediciones	43
3. CAPITULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS	72
3.1. Análisis de las distorsiones armónicas generados por el uso de los 4 tipos de luminarias, esto mediante el analizador de redes y el osciloscopio.	72
3.2. Análisis de los niveles de iluminación y eficiencia generado por luminarias tipo: led, incandescentes, halogenuros y fluorescentes mediante la esfera de ulbricht.	73
3.3. Análisis del cumplimiento de los niveles de distorsión armónica obtenidos, con los establecidos por la norma IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana AR-CERNR 002-20.	79
3.4. Análisis del cumplimiento de los niveles de iluminación con los establecidos en la norma UNE 12464-1.	90
4. CAPITULO 4: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, DISCUSIÓN, ANEXOS.	92
4.1. CONCLUSIONES	92
4.2. RECOMENDACIONES	94
4.3. ANEXOS	95

Índice de figuras

2.1. Luxómetro Tm 204 [1]	39
2.2. Radio Espectrómetro Hopo - OHSP350I [2]	40
2.3. Esfera de Ulbricht	41
2.4. Luminancímetro [3]	41
2.5. Analizador de Redes [3]	42
3.1. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 1. . . .	79
3.2. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 2. . . .	80
3.3. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 3. . . .	80
3.4. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 4. . . .	81
3.5. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 5. . . .	81
3.6. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 6. . . .	82
3.7. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 7. . . .	82
3.8. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 8. . . .	83
3.9. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 9. . . .	83
3.10. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 10. . . .	84
3.11. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 11. . . .	84
3.12. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 12. . . .	85
3.13. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 13. . . .	85
3.14. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 14. . . .	86
3.15. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 15. . . .	86
3.16. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 16. . . .	87

3.17. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 17. . . .	87
3.18. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 18. . . .	88
3.19. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 19. . . .	88
3.20. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 20. . . .	89
3.21. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 21. . . .	89
3.22. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 22. . . .	90
3.23. Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 23. . . .	90
4.1. Clasificación y Categorización de las Luminarias.	95
4.2. Medición de la Distorsión Armónica mediante el Analizador de Redes.	96
4.3. Conexión y Habilitación de la Esfera.	96
4.4. Medición de las distintas variables fotométricas de las luminarias.	97
4.5. Medición de la Luminancia y Iluminancia.	98

Índice de cuadros

1.1. Historia de la evolución de la luminaria. [4]	22
1.2. Clasificación de Equipos. [4]	33
1.3. Niveles de Armónicos de corriente admisibles establecidos por la Norma IEC 61000-3-2. [5]	34
1.4. Niveles de Armónicos de corriente permisibles establecidos por la Norma IEC 61000-3-2. [5]	35
1.5. Límites de Armónicos máximos de tensión. [6]	36
1.6. Niveles de iluminancia establecidos por la Norma UNE12464-1 [7]	37
2.1. Datos Técnicos del Luxómetro Tm 204 . [1]	39
2.2. Parámetros de Medición Radio Espectrómetro. [2]	40
2.3. Parámetros Fotométricos de Medición del Luminancímetro. [3]	42
2.4. Características Principales del Analizador de Redes. [3].	43
2.5. Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el analizador de redes, en un intervalo de tiempo de 1 minuto.	44
2.6. Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el analizador de redes, en un intervalo de tiempo de 5 minutos.	45
2.7. Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el analizador de redes, en un intervalo de tiempo de 10 minutos.	46
2.8. Promedio del TDHI y THDV.	47
2.9. Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el Osciloscopio (Procesamiento de señal).	48
2.10. Medición de las magnitudes fotométricas de las Luminarias 100 % nuevas.	51
2.11. Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias 100 % nuevas. . .	52

2.12. Medición de las magnitudes fotométricas de las Luminarias con 10 días de uso.	53
2.13. Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 10 días de utilidad.	54
2.14. Medición de las magnitudes fotométricas de las Luminarias con 25 días de uso.	55
2.15. Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 25 días de utilidad.	56
2.16. Comprobación del cumplimiento de la Norma de corriente armónica IEE-518-214	58
2.17. Comprobación del cumplimiento de los niveles de distorsión armónica de tensión estable- cidos en la Norma ARCERNNR 002-20.	60
2.18. Comprobación del cumplimiento de los niveles de iluminación con los que establece la norma UNE 12464-1.(Luminarias 100% nuevas.)	61
2.19. Comprobación del cumplimiento de los niveles de iluminación con los que establece la norma UNE 12464-1.(Luminarias con 10 días de uso.)	62
2.20. Comprobación del cumplimiento de los niveles de iluminación con los que establece la norma UNE 12464-1.(Luminarias con 25 días de uso.)	63
2.21. Características de la luminarias utilizadas	64
3.1. Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias 100% nuevas. . .	74
3.2. Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 10 días de utilidad.	76
3.3. Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 25 días de utilidad.	78
4.1. Algoritmo 1	98

GLOSARIO

W: Vatios.

K: Grados Kelvin.

LM: Lúmenes.

E: Iluminancia.

L: Luminancia.

IRC: Índice de reproducción de color.

LED: Diodo emisor de luz.

THDV: Distorsión armónica de voltaje.

THDI: Distorsión armónica de corriente.

UGR: Índice de deslumbramiento unificado.

(Φ): Flujo Luminoso.

FP: Factor de Potencia.

Lum: Luminaria.

RESUMEN

El presente estudio analiza la eficiencia, niveles de iluminación y niveles de armónicos de luminarias de baja potencia de interior de tipo: led, halógenos, incandescentes y fluorescentes, teniendo como objetivo determinar los principales parámetros fotométricos y armónicos de las luminarias, de esta forma evaluar técnicamente si cumplen o no con las regulaciones vigentes. Se utiliza una metodología, la cual nos permite obtener valores porcentuales armónicos, de corriente y voltaje, la evaluación según los niveles establecidos en la normativa IEEE-519-2014 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20, por otra parte, se obtiene valores de eficiencia e iluminancia y su respectiva evaluación según los niveles establecidos en la normativa UNE 12464-1. Se realiza el análisis de las distintas tablas establecidas, donde se refleja los datos medidos, calculados y del fabricante de cada luminaria, finalmente se simula las formas de Onda de corriente y Voltaje con distorsión armónica y se establece criterios comparativos entre la Onda original obtenida mediante el osciloscopio y la Onda conseguida mediante el procesamiento de señal realizado en un programa en Matlab.

ABSTRACT

The present study analyzes the efficiency, lighting levels and harmonic levels of low-power indoor luminaires of the following types: LED, halide, incandescent and fluorescent, with the objective of determining the main photometric and harmonic parameters of the luminaires, in this way evaluating technically whether or not they comply with current regulations. A methodology is used, which allows us to obtain harmonic, current and voltage percentage values, the evaluation according to the levels established in the IEEE-519-2014 standard and the Ecuadorian Regulation ARCERNR 002-20, on the other hand, values of efficiency and illuminance and their respective evaluation according to the levels established in the UNE 12464-1 regulations. The analysis of the different established tables is carried out, which reflects the measured, calculated and manufacturer data of each luminaire, finally the current and voltage waveforms with harmonic distortion are simulated and comparative criteria are established between the original wave obtained by the oscilloscope and the Wave achieved through signal processing carried out in a Matlab program.

INTRODUCCIÓN

La iluminación de interiores es muy importante en el ámbito social y económico de los habitantes. Cuando se utiliza de una forma efectiva y razonable, es beneficioso para el hogar en muchos aspectos (como confort visual, productividad y la salud, etc.), garantizando así mejores estados de iluminación para dormitorios, salas, pasillos y espacios que conforman una vivienda o residencia.

Al caminar por un pasillo de una vivienda una correcta iluminación de interiores brindara, una mayor intensidad de luz, una mayor sensación de seguridad, lo que aumenta el tiempo de ejercicio y anima a las personas a incrementar la interacción intrapersonal, mejorando de esta forma la salud de las personas.

Los dispositivos eléctricos que se utilizan en la actualidad son técnicamente avanzados. Estos se caracterizan por consumir energía de pulso, debido a los componentes no lineales que poseen, lo que provoca la distorsión de las formas de onda temporales, que a su vez se contempla con el impacto de armónicos más elevados. Por otro lado, estos problemas afectan de forma directa a la calidad del sistema de energía, así como, a la fiabilidad y correcto funcionamiento de los equipos eléctricos. [8]

En contraste, las luminarias que se usan de forma general son las incandescentes, estas poseen una eficiencia luminosa muy baja, lo cual ha sido muy relevante para reemplazarlas por fuentes de luz de descarga. Los halogenuros son más eficientes que las luminarias incandescentes, no obstante, las luminarias que emplean diodos emisores de luz (LED) ofrecen una mayor eficiencia luminosa. [3]

El uso de luminarias LED es económicamente ventajoso, debido a que, estas ofrecen una larga vida útil asociados a menores costos de inversión y el bajo consumo de energía activa que se traduce en menores costos operativos. A pesar de que, estas poseen muchas ventajas, las fuentes de luz electroluminiscentes tienen un inconveniente importante y es que causan fuertes distorsiones en la corriente. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis de Armónicos, eficiencia y niveles de Iluminación generados por Luminarias de baja potencia para Interiores, de tipo led, halogenuros, y fluorescente. [8]

PROBLEMA DE ESTUDIO

Hoy en día existe un uso extenso de luminarias de distintos tipos en iluminación de interior tales como: led, halogenuros, incandescentes y fluorescentes, de los cuales sobresale la tecnología LED, la misma produce una cantidad de distorsión armónica en la red eléctrica, por lo cual es necesario analizar cuan eficientes son estas luminarias, los niveles de iluminación y principales variables fotométricas que poseen, por otra parte también es de vital importancia analizar la distorsión armónica de cada luminaria para de esta forma poder establecer si cumplen o no con las distintas normas vigentes.

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación propone un análisis de los valores de generación armónica que se producen por las luminarias de tipo: led, halogenuros, incandescentes y fluorescentes para interiores, para el análisis se utilizará 2 formas de medición, la primera mediante los resultados directos que nos da el analizador de energía Fluke, y el segundo mediante un procesamiento de señal el cual se trata de obtener una data inicial del Osciloscopio de cada luminaria, para luego mediante un programa realizado en Matlab obtener los valores armónicos de corriente y voltaje para así poder contrarrestar cual de los 2 métodos es el más factible, para de esta forma poder analizar dichos valores si cumplen con el rango permitido que establecen las normas: IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20. Asimismo, la medición de la iluminancia y la eficiencia de cada luminaria mediante la esfera de Ulbricht, para de esta forma poder contrastar el cumplimiento de los niveles de iluminación que deben estar en consonancia con lo establecido en la norma europea para iluminación de interiores UNE 12464-1.

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las distorsiones armónicas, eficiencia y los niveles de iluminación producidos por las luminarias de tipo led, halogenuros, incandescentes y fluorescentes.

1. OBJETIVO ESPECIFICO

- a)* Analizar las distorsiones armónicas generadas por la utilización de luminarias tipo led, halogenuros, incandescentes y fluorescentes mediante el Osciloscopio y el Analizador de Redes Fluke.
- b)* Determinar los niveles de iluminación y la eficiencia generado por las luminarias tipo led, incandescentes, halogenuros y fluorescentes mediante la esfera de Ulbricht.
- c)* Comprobar el cumplimiento de los niveles de distorsión armónica obtenidos, con los establecidos por la norma IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20.
- d)* Verificar el cumplimiento de los niveles de iluminación con los establecidos en la norma UNE 12464-1.

Capítulo 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. ESTADO DEL ARTE

Los dispositivos electrónicos que se emplean en la actualidad son técnicamente avanzados. Estos se caracterizan por consumir energía de pulso, debido a los componentes no lineales que poseen, lo que provoca la distorsión de las formas de onda temporales, que a su vez se asocia con el impacto de armónicos más elevados.

Por otro lado, estos problemas afectan de forma directa a la calidad del sistema de energía así como, a la fiabilidad y funcionamiento de los equipos eléctricos.

Hoy en día la bombilla incandescente tiene un uso muy diminutivo por su baja eficiencia en comparación con luminarias actuales tales como: Fluorescentes, Halógenas y Led.

La tabla siguiente muestra la evolución de la iluminación.[4]

Cuadro 1.1: Historia de la evolución de la luminaria.[4]

Tecnología	Año de Invención	Vida Útil(Horas)	Eficiencia (Lm/W)
Incandescente	1978	1000	15
Fluorescente	1930	8000	107
Halógena	1959	2000	24
CFL	1970	10000	63
LED	1990	10000	303

Como podemos observar la tecnología Led sobresale ante los demás tipos de luminaria. Es importante recordar que esta tecnología posee ciertos fallos, esto debido a que este tipo de luminaria usa convertidores que distorsiona la Onda de corriente que a su vez provoca caídas de tensión dándose así la aparición de armónicos. [4]

Los armónicos en la red eléctrica ha suscitado varios casos de estudio, esto con el fin de poder controlar las perturbaciones en el sistema eléctrico.

En un estudio realizado en la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, analizan la distorsión armónica generada en luminarias de tipo fluorescente y LED. Para lo cual utilizan un analizador de redes que permite mostrar valores como el de la distorsión armónica de corriente THDI, y el valor de distorsión armónica de voltaje THDV. Por otra parte, usan un luxómetro con la finalidad de medir la iluminancia de cada luminaria, se concluye que la iluminación LED al ser una fuente no lineal, se considera una fuente de armónicos considerable por ende es necesario implementar un controlador que cumpla con las normativas vigentes. [9]

En otro artículo se analiza la distorsión armónica en iluminación LED en luminarias de interior menores a 25W, fundamentan su estudio en iluminación LED fija y LED dimerizable tomando como referencia lo que establece la normativa IEC de distorsión armónica.

Realizan un mayor énfasis en el tercer armónico ya que este representa la mayor afectación a la red, por lo cual se considera la iluminación LED una fuente de armónicos más considerable, cuando la luminaria opera de forma dimerizable, este artículo concluye que en la mayoría de las luminarias el valor de su tercer armónico sobrepasa las normativas establecidas. [10]

En un estudio realizado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el año 2017, se analiza la distorsión armónica aplicado a dos tipos de drivers dimerizables para luminarias Led, en este caso se utilizó luminarias de 18.8 W. Para cada controlador se consideraron datos los cuales se basan en la intensidad luminosa, así como también la corriente que consume cada uno desde la fuente.

Para el análisis se utilizó un analizador de redes fluke 435, para lo cual se considera como variables principales: corriente, tensión, potencia activa, frecuencia, componentes armónicas de corrientes y THDi. Las mediciones se tomaron en un rango de tiempo de intervalos de 10 segundos.

Por otra parte evidenciaron que el uso de las Series de Fourier es un método confiable a la hora del análisis armónico. Finalmente concluyen que el uso del osciloscopio para este estudio proporciona resultados con mayor exactitud frente al analizador de redes. [11]

En otro estudio realizado en la Facultad de Ingeniería UADY- México, se analiza la eficiencia energética en luminarias de interior. Para ello el proceso de medición se realizó mediante el uso de un luxómetro Hioki 3423 para obtener valores de intensidad luminosa, esto conforme a lo que establece la norma NOM-025-STPS-2008.

De esta forma se obtuvieron resultados de un proceso manual que arrojó 510.36 luxes y en el proceso de simulación se obtuvo un valor de 541.10 lux, estos son valores cercanos entre sí existiendo una diferencia de 30.74 lux. Lo cual puede ser a causa de las horas de utilización y la suciedad que puede presentar cada luminaria. En este estudio se concluye que si se disminuye la potencia de las luminarias se obtendría un 33% de ahorro en el consumo de energía. [12]

Se realizó un estudio en la Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica, donde se analiza la estabilidad del flujo luminoso para ensayos mediante la Esfera de Ulbricht.

En este caso en primera instancia para ejecutar los ensayos del flujo luminoso, siguen a lo que establece las normas CIE y la IESNA.

Para ello se mide distintas variables fotométricas de cada luminaria. Esto se desarrolló mediante distintos equipos que previamente fueron calibrados.

Para la medición de variables eléctricas utilizaron un analizador de potencia Yokogawa WT 310. En este estudio concluyeron que la implementación de un tablero de control y la caja de ignición resolvió el problema de encendido de lámparas de alta descarga reduciendo la atenuación del pulso, permitiendo un

manejo más fácil y una apreciación de los valores fotométricos de las luminarias. [13]

En la Universidad Católica de Cuenca se realizó una investigación, donde se plantea un procedimiento para la medición del flujo luminoso de luminarias fluorescentes mediante la esfera de Ulbricht.

Es importante considerar que para realizar mediciones de este tipo de dispositivos, necesariamente la lámpara deberá tener un desgaste previo o lo que se conoce como periodo de envejecimiento.

Esto conforme a lo que establece la norma IESNA 9-99 siendo el tiempo de 100 horas. Para determinar el flujo luminoso se identificó la incertidumbre de los equipos de medición, de acuerdo a la metodología establecida por el Laboratorio. Finalmente concluyeron que para determinar el flujo luminoso es necesario identificar la incertidumbre de los equipos de medición y realizar la respectiva calibración de los equipos de una manera adecuada. [14]

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Lámparas Led

A las lámparas Led se les puede definir como semiconductores que utilizan un conjunto de diodos emisores de luz (LED).

Estos dispositivos electrónicos se combinan con semiconductores de diferentes propiedades que, al polarizarse estas pueden convertir directamente la energía eléctrica en energía lumínica.

La iluminación LED tiene muchas aplicaciones y permite ahorrar energía en comparación con las luces convencionales. Algunas de las ventajas más importantes es la vida útil, y el bajo consumo de energía que poseen. Por otra parte las desventajas son que ciertos modelos pueden causar daños a la vista, y que su vida útil depende directamente del tipo de disipador que contenga. [15]

1.2.2. Halogenuros

Son lámparas que están formadas de halogenuros metálicos de cloro y Yodo. En su interior generalmente se añade un tipo de aditivo que es una mezcla de argón que sirve para el encendido. En un punto cuando estas mismas, alcanzan su temperatura ideal de funcionamiento, se vaporizan convirtiéndose en iones metálicos. Formándose de esta forma elementos importantes en su interior que influyen en el correc-

to funcionamiento. Algunas ventajas que posee es la facilidad de enfoque de puntos específicos y su bajo consumo. Su principal desventaja es que produce un nivel alto de calor y tiende a calentarse reduciendo su vida útil. [16]

1.2.2.1. Componentes

1. Tubo de descarga.

Este es un tubo de cuarzo que contiene transmitancia constante. Un aspecto que hay que tomar mucho en cuenta es la temperatura del tubo, debe ser superior a 627°C pero debe permanecer siempre limitante a 927°C , es decir no superar este valor. [16]

2. Gas de Relleno.

Este tipo de luminarias usan una mezcla de neón y argón para su encendido con una presión de 4000 a 5000 Pa. La desventaja principal del neón es que se difunde a través del cuarzo. [16]

3. Electrodo.

Cuando se trata de lámparas trilineas, como emisor se usa el denominado óxido de torio lo cual facilita la facilidad de encendido, en otros tipos se utiliza yoduro de torio. [16]

1.2.2.2. Características de Funcionamiento

Las principales características que podemos rescatar de este tipo de luminaria presentamos a continuación:

1. Eficacia Luminosa.

Cuando hablamos de la eficacia de estas lámparas podemos decir que son superiores a las de mercurio. En el mercado podemos obtener las mismas con una eficiencia de 80 a 110 lm/W. [16]

2. Características Cromáticas.

El índice de rendimiento de color de esta lámpara está entre los 75 a 90 grados kelvin, su espectro de emisión es casi continuo. [16]

3. Vida Útil.

La vida útil de las lámparas halógenas es de hasta 10000 horas, esto debido a algunos factores

que limitan su duración, siendo el más influyente la suciedad que los recubre. [16]

1.2.3. Lámparas Incandescentes

Este tipo de luminarias son resistentes a golpes y altas temperaturas, su operación funciona de una manera muy sencilla, esto debido a que su tamaño es manipulable por las personas facilitando de esta forma su uso. Su principal ventaja es la proporción de una luz saludable al ojo humano y su bajo costo, este tipo de luminaria tiene como desventaja que su nivel de eficiencia es muy bajo. [8]

1.2.3.1. Estructura

Se estructura de la siguiente manera:

1. Bombilla de vidrio: Esta bombilla posee un filamento, el cual contiene su estructura interna y distintas conexiones. Poseen un tubo de repliegue de donde nacen conductores los mismos que suministran corriente eléctrica al filamento. [8].
2. Filamento de tungsteno: este filamento es un tipo de enrollamiento que contiene una forma de espiral, sus partes externas poseen conexiones a una fuente de alimentación. [8].
3. Soportes del Filamento: Cumplen con la función de sujetar al filamento, es importante mencionar que estos soportes a su vez también conducen energía eléctrica. [8]
4. Rosca Metálica: Esta rosca esta incrustada a la bombilla mediante un tipo de sello, uno de los 2 conductores de alimentación esta soldado a esta última. [8]
5. Contacto Eléctrico Inferior: este es el segundo contacto que suministra energía al filamento a través del denominado porta lámparas.

1.2.4. Lámparas Fluorescentes

A las Lámparas Fluorescentes se puede definir como dispositivos de descarga en forma de vapor de mercurio, lo cual funciona básicamente a una presión baja.

Las mismas generan un tipo de radiación ultravioleta, esto debido al efecto de descarga que contienen. Su principal ventaja es que posee un nivel alto de eficiencia, y como desventaja genera poco calor.

1.2.4.1. Componentes

Básicamente este tipo de lámpara está compuesta de la siguiente manera que presentamos a continuación:

1. Tubo de descarga.

Este tubo está compuesto en su interior de un gas de tipo inerte, y a su vez está cubierto por un componente químico fluorescente el cual permite que las radiaciones ultravioletas se transformen en luz.

2. Electrodo.

Dispositivos que cumplen la función de conducir la energía eléctrica de la luminaria.

3. Casquillo.

Esta luminaria está compuesta por dos casquillos, los mismos se sitúan en los extremos.

1.2.5. Armónicos

Son variaciones de tensión o corriente, las cuales son causadas por un tipo de cargas no lineales. Los mismos generan distorsiones en un sistema lo cual implica pérdida de energía, esto a su vez ocasiona desgaste en equipos eléctricos.

El estudio de los mismos es de vital importancia, pues una carga no lineal puede generar armónicos peligrosos, los cuales pueden causar daño al sistema y consumidores cercanos. [3]

1.2.5.1. Indicadores de Distorsión Armónica

La función principal de los indicadores es: medir, evaluar y analizar distintos parámetros para de esta forma poder regirse a las normas establecidas. [3]

A continuación presentamos los indicadores más significativos e importantes.

1.2.5.1.1 Potencia Activa (P)

Si hablamos de una señal distorsionada que contiene armónicos pues es la suma de todas las potencias activas, que corresponden a tensiones e intensidades del mismo orden. [3]

Su expresión matemática es la siguiente:

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} V_h \cdot I_h \cdot \cos(\varphi_h) \quad (1.1)$$

Es importante recordar que:

1. h : Orden Armónico.
2. V_h : Tensión del Armónico h .
3. I_h : Corriente del Armónico h .
4. (φ_h) : Ángulo de desfase del Armónico h .

1.2.5.1.2 Factor de Potencia (FP)

Factor de Potencia es la relación que existe entre la Potencia Activa y la Potencia Aparente. [3]

Su expresión matemática presentamos a continuación:

$$FP = \frac{P}{S} \quad (1.2)$$

Donde:

1. P = Potencia Activa.
2. S = Potencia Aparente.

Es importante recordar que cuando se analiza un sistema que contenga armónicos, el factor de potencia debe ser diferente al ángulo de desfase del armónico es decir: [3]

$$\cos(\varphi) \neq FP$$

Entonces tenemos que:

$$\cos(\varphi) = \frac{P1}{S1} \quad (1.3)$$

Donde se denota que:

1. P1 : Potencia Activa de la Onda Fundamental.

2. S1: Potencia Aparente de la Onda Fundamental.

1.2.6. Factor de Cresta (K)

El factor de cresta se puede definir como la relación que existe entre 2 factores importantes que son, el valor de cresta de corriente (I_m) o voltaje (V_m) y el valor eficaz de los antes mencionados, es decir (I_{rms}) y (V_{rms}) . [3]

Entonces podemos decir que el factor de cresta es igual a:

$$K = \frac{I_m}{I_{RMS}} \quad (1.4)$$

$$K = \frac{V_m}{V_{RMS}} \quad (1.5)$$

Por otra parte es importante recordar que, cuando se trata de una señal sinusoidal, entonces se dice que:

$$K_S = \sqrt{2} \quad (1.6)$$

1.2.7. Tasas de Distorsión Armónica

Las ecuaciones que se presentan a continuación representan una señal eléctrica en el dominio (t). [3]

La frecuencia fundamental (f_0) que utiliza Ecuador es de 60Hz.

$$f_0 = 60Hz \quad (1.7)$$

Por ende tenemos la velocidad angular ω_0 ,la cual tiene como expresión matemática:

$$\omega_0 = 2\Pi \quad (1.8)$$

A continuación, presentamos las ecuaciones de corriente y voltaje total respecto al tiempo, que representan la sumatoria de las 2 magnitudes en un sistema que contiene armónicos. [3]

$$V(t) = \sum_{n=1}^k V_n \cdot \text{Cos}(n \cdot \omega_0 \cdot t + \theta_n) \quad (1.9)$$

$$i(t) = \sum_{n=1}^k I_n \cdot \text{Cos}(n \cdot \omega_0 \cdot t + \theta_n) \quad (1.10)$$

Recordemos que:

1. V_n : Representa el voltaje del armónico de orden n..
2. I_n : Representa la corriente del armónico de orden n.
3. θ_n : Representa el ángulo de desfase entre el voltaje y corriente.

1.2.8. Magnitudes Fotométricas

Las magnitudes fotométricas son parámetros que permiten, la valoración y comparación de distintas luminarias o fuentes que emitan luz, las más importantes son:

1.2.8.1. Flujo Luminoso(Φ)

Flujo Luminoso se puede definir como la potencia desprendida en forma de radiación.[17]

Su unidad de medida es el lumen (lm).

1.2.8.2. Intensidad Luminosa(I)

La Intensidad Luminosa básicamente refleja la cantidad de flujo luminoso, proyectado por los rayos de luz emitidos por la fuente apuntando a una dirección determinada por unidad de ángulo. [17]

Su expresión matemática es la siguiente:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1.11)$$

Donde:

1. Φ : Flujo Luminoso.

2. ω : Ángulo solido.

Su unidad de medida es candela (cd).

1.2.8.3. Iluminancia(E)

Iluminancia también conocida como el nivel de iluminación, se denomina como una cantidad de luz, la cual viene dada el lúmenes por el área de la superficie a donde ilumina dicha luz.

Por consiguiente se presenta su fórmula matemática:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1.12)$$

Donde:

1. Φ : Flujo Luminoso.

2. S : Superficie.

Su unidad de medida es: $lux = \frac{lum}{m^2}$

1.2.8.4. Luminancia(L)

Luminancia es un efecto de luminosidad que imprime una superficie.

Básicamente esta relaciona la intensidad luminosa y la superficie donde se ubica la fuente de luz.[17]

La unidad de medida de este parámetro es: $\frac{cd}{m^2}$

Se presenta su expresión matemática:

$$L = \frac{I}{S_{Aparente}} = \frac{I}{S \cdot \cos.\alpha} \quad (1.13)$$

Donde:

1. L : Luminancia.

2. I : Intensidad Luminosa.

3. S : Superficie Real Iluminada

1.2.8.5. Eficiencia Luminosa(η)

La Eficiencia Luminosa indica cuan eficiente es una fuente de luz o luminaria de cualquier tipo. [17]

Es decir, es el resultado que existe entre el flujo luminoso producido por la fuente y la potencia consumida.

Por lo general este parámetro viene dado por el fabricante de acuerdo a la marca y potencia de la anteriormente mencionada. [17]

Su fórmula matemática es:

$$\eta = \frac{\Phi}{W} \quad (1.14)$$

Donde:

1. η : Eficiencia.
2. Φ : Flujo Luminoso.
3. W : Potencia de la Luminaria

Su unidad de medida es: lumen/watt

1.2.9. Normativas

1.2.9.1. Normativa IEEE-519-214

Para aplicar esta norma, es necesario considerar las normas IEC 61000-4-7 y la IEC 61000-4-30.

Es decir cualquier medición de niveles de armónicos realizada deberá cumplir con las especificaciones anteriormente mencionadas.

Para la gestión correcta de armónicos se debe realizar de una forma conjunta que, involucren a usuarios, propietarios y controladores del sistema.

Necesariamente se recomiendan límites para tensiones y corrientes armónicas.

Por otra parte tenemos que esta norma nos dice que en el caso de que un nivel de corriente no cumple con los límites establecidos, los propietarios estarán en la obligación de tomar alternativas para modificar su sistema eléctrico

1.2.9.2. Normativa IEC standard 61000-3-2

Esta norma establece ciertos límites que rigen la generación de armónicos en diferentes equipos.

De cierta forma deben ser cumplidos estos límites, para de esta forma garantizar que los niveles de perturbación no excedan los niveles definidos en la normativa IEC standard 61000-2-2.

Recordemos que para poder limitar la emisión de armónicos en distintos equipos, la norma IEE standard 61000-3-2 establece una clasificación, la misma que se presenta en la 1.2

Cuadro 1.2: Clasificación de Equipos. [4]

Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Equipo Trifásico Equilibrado	Herramientas Portátiles	Equipos de Iluminación	Ordenadores Personales
Aparatos Electrodomésticos excluidos los del grupo D			Televisores
Herramientas no Portátiles	Equipos de soldadura		Congeladores
Lámparas Incandescentes	de arco		Lavadoras
Equipos de Sonido			Equipos de Velocidad Variable

Con la clasificación de equipos que se observa en la tabla 1.2, se categoriza los dispositivos que se utilizará para este trabajo de titulación, los cuales se ubican en la clase A.

1.2.9.2.1 Potencia Activa de Entrada $>25W$

Para los equipos que contengan una potencia de entrada mayor a 25W, sus corrientes armónicas no deben sobrepasar los límites que se establecen en la 1.3.

Donde se presenta valores distintos de corriente armónica, para condiciones de carga máxima que proviene de límites porcentuales.

Cuadro 1.3: Niveles de Armónicos de corriente admisibles establecidos por la Norma IEC 61000-3-2. [5]

π de Armónicos	Corriente máxima admisible expresada en porcentaje de la corriente de entrada a la frecuencia
2	2
3	$(30 * \lambda)^2$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq \pi \leq 39$	3

1.2.9.2.2 Potencia Activa de Entrada $\leq 25W$

Los dispositivos de iluminación que contengan una potencia menor o igual a 25 W, deberán regirse a los puntos que se establecen a continuación.

- Las corrientes armónicas no deben sobrepasar los límites de potencia que se presentan en la 1.4.
- La corriente del tercer armónico, la cual puede ser expresada en porcentaje de la denominada corriente fundamental necesariamente no sobrepasara el 86 %, por otra parte la corriente del quinto armónico no debe ser superior al 61 %. [4]
- La Onda de Corriente de entrada, debe alcanzar el umbral de corriente del 5 % antes que su ángulo sea 60 grados. [4]

A continuación presentamos distintas condiciones armónicas para las corrientes maximas permisibles por vatio, esto establecido por la norma IEC 61000-3-2. [5]

Cuadro 1.4: Niveles de Armónicos de corriente permisibles establecidos por la Norma IEC 61000-3-2. [5]

π de Armónicos	Corriente máxima permisible por vatio [mA/W]	Corriente máxima permisible por vatio [A]
3	3.4	2.3
5	1.9	1.14
7	1	0.77
9	0.5	0.4
11	0.35	0.33
$13 \leq \pi \leq 39$	$3.85/\pi$	3

1.2.9.3. Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20.

Esta regulación establece indicadores, índices y límites de la calidad de servicio de distribución y comercialización de la energía eléctrica ecuatoriana.[6]

Por otra parte, define algunos procedimientos de medición, registro y evaluación que deben ser cumplidos por la empresas de distribución y consumidores o clientes. [6]

A continuación detallamos los niveles de armónicos que admite esta regulación.

1.2.9.3.1 Índices de Distorsión Armónica de Voltaje

Mediante las siguientes expresiones matemáticas, se evaluara la distorsión armónica individual y total de voltaje.

$$V_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200} \cdot \sum_{i=1}^{200} (V_{h,i})^2} \quad (1.15)$$

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_{h,1}} \cdot (100\%) \quad (1.16)$$

$$THD_k = \left(\frac{1}{V_{h,1}} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,k})^2} \right) \cdot (100)[\%] \quad (1.17)$$

Donde:

- $V_{h,k}$ = Armónico de voltaje, en un intervalo de $k = 10$ minutos.
- $V_{h,i}$ = Valor eficaz rms de los armónicos de tensión h , (para $h = 2, 3, \dots, 50$) medido en un intervalo de tiempo de cada 3 segundos.
- $DV_{h,k}$ = Factor de distorsión individual de armónicos de tensión h (para $h = 2, 3, \dots, 50$) en un intervalo de tiempo de $k = 10$ minutos.
- THD_k = Factor Total de distorsión armónica.
- $V_{h,1}$ = Valor eficaz rms, de la componente fundamental de tensión en un punto de medición.

1.2.9.3.2 Límites

Los límites máximos del factor de distorsión armónica individual y total se establece en la 1.5. [6]

Cuadro 1.5: Límites de Armónicos máximos de tensión. [6]

Nivel de Voltaje	Factor de Distorsión armónica individual (%)	THD[%]
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo2)	1.0	1.5

1.2.9.4. Regulación UNE 12464-1

Esta norma Europea presenta algunos requisitos de iluminación para distintos lugares y ámbitos.

Esta norma se enfoca en 3 parámetros importantes: confort visual, prestaciones visuales y seguridad.

A continuación presentamos los rangos y límites que establece esta normativa para cada ambiente y lugar.

Cuadro 1.6: Niveles de iluminancia establecidos por la Norma UNE12464-1 [7]

Tipo: de Interior Tarea o Actividad	Em(lux)	CUDL	Ra
Archivo, copia, etc.	300	19	80
Escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos.	500	19	80
Dibujo Técnico	750	16	80
Puesto de trabajo de CAD	500	19	80
Salas de Conferencias y Reuniones.	500	19	80
Mostrador de Recepción.	300	22	80
Archivos.	200	25	80

Donde:

Em(lux) : representa la iluminancia media.

CUDL : representa la capacidad unificada de deslumbramiento.

Ra : representa el índice de reproducción de color.

Capítulo 2

MARCO METODOLÓGICO

2.0.1. Metodología

Para poder cumplir con los objetivos propuestos necesariamente se tiene que utilizar distintos dispositivos para la medición: (Analizador de redes, Esfera de Ulbricht, Radio espectrómetro, Luxómetro, Luminancímetro y Osciloscopio).

Con la información obtenida en las mediciones, se puede verificar si cumplen o no según las normativas, posterior a esto se analizara si se encuentran dentro de un rango óptimo según la marca y potencia de cada luminaria.

2.0.1.1. Tipos de Investigación

Tipo Exploratoria: Realiza el acercamiento a los laboratorios, aplica la utilización de los equipos necesarios y correspondientes, con lo cual se obtienen los datos necesarios de las luminarias, a partir de esto se establece una evaluación importante.

2.0.1.2. Métodos

Método analítico-sintético: Con este método se puede simplificar el contenido general o la teoría, obtenida de Internet, catalogo y libros para una mejor comprensión.

2.0.1.3. Método inductivo-deductivo

Este método se utiliza para deducir el contenido general o la teoría, también se puede desarrollar una forma explicativa del tema de investigación.

2.0.2. Equipos

2.0.2.1. Luxómetro

Dispositivo que se usa para medir la iluminancia. En este caso usaremos un modelo: Tm 204. Observar figura 2.1



Figura 2.1: Luxómetro Tm 204 [1]

Datos técnicos:

Cuadro 2.1: Datos Técnicos del Luxómetro Tm 204 . [1]

Datos Técnicos
Compatible con unidades de nivel de iluminación LUX y FC.
Contiene una lectura con un máximo de 2000 unidades.
Contiene indicadores de sobre carga y batería baja.
Respuesta Espectral CIE.
Posee un tamaño de 172x55x38mm.

2.0.2.2. Radio Espectrómetro

El radio espectrómetro es un dispositivo que se utiliza para realizar mediciones de distintas propiedades de la luz.

Es decir mediante este dispositivo se puede medir las principales variables fotométricas de una luminaria, a partir de una superficie cerrada. En este caso trabajaremos conjuntamente con la esfera de Ulbricht, para realizar cada una de las mediciones necesarias.

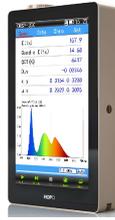


Figura 2.2: Radio Espectrómetro Hopo - OHSP350I [2]

A continuación se puede observar los principales parámetros de medición del dispositivo anteriormente mencionado.

Cuadro 2.2: Parámetros de Medición Radio Espectrómetro. [2]

Parámetros de Medición
Temperatura de Color (K)
Iluminancia (lx)
Distribución Espectral
Relación de radiación azul (W/m ²)
Otros Parámetros Fotométricos

2.0.2.3. Esfera de Ulbricht

La Esfera de Ulbricht es un dispositivo que permite medir el flujo luminoso y otros parámetros fotométricos de una luminaria. [18]

La radiación que ingresa en la esfera se introduce en las paredes y se despliega uniformemente dentro de ella. El nivel de radiación que se obtiene es directamente proporcional al nivel inicial de radiación, puede medirse variables fotométricas mediante un detector el cual censa la luz emitida por la luminaria, y los resultados fotométricos se reflejan en un dispositivo espectrómetro. [18]

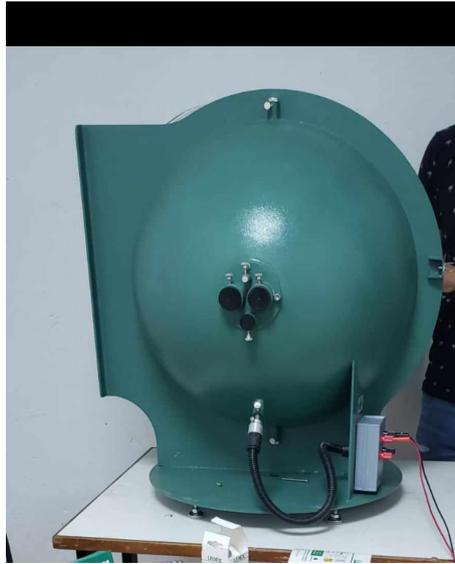


Figura 2.3: Esfera de Ulbricht

2.0.2.4. Luminancímetro

Dispositivo que permite medir la luminancia inyectada por una fuente de luz, es decir es un medidor de precisión que permite obtener mediciones exactas.

El mismo puede realizar mediciones a partir de un metro de distancia hasta el infinito.

El tipo de luminancímetro que se utilizará es el modelo: MAVO - SPOT 2, a continuación se muestra sus características técnicas:



Figura 2.4: Luminancímetro [3]

Cuadro 2.3: Parámetros Fotométricos de Medición del Luminancímetro. [3]

Parámetros Fotométricos de Medición
Densidad Luminosa
Luminancia (L)
Distribución Espectral
Relación de radiación azul (W/m ²)
Otros Parámetros Fotométricos

2.0.2.5. Analizador de Redes

El analizador de redes es un instrumento que permite realizar mediciones de armónicos, en este caso se utiliza en luminarias de baja potencia de interior.

Por otra parte, este instrumento también permite analizar sistemas de distribución eléctrica lo cual es muy importante ya que permite establecer ciertos criterios sobre los distintos sistema de distribución eléctrica.

El modelo que utilizaremos es el: 435 Serie 2 Fluke, el cual esta disponible en el laboratorio de la Universidad.



Figura 2.5: Analizador de Redes [3]

En la siguiente tabla se presenta las características principales:

Cuadro 2.4: Características Principales del Analizador de Redes. [3]

Características Principales
Analiza la calidad de energía eléctrica
Posee una calculadora de pérdida de energía
Posee una máxima categoría de seguridad
Muestra datos de calidad de energía al instante
Posee un análisis avanzado sobre ciertos parámetros

2.0.2.6. Mediciones

Esta primera medición de armónicos realizamos mediante el analizador de energía y el osciloscopio, para de esta forma poder relacionar los resultados que arrojen estos 2 dispositivos y así poder verificar el cumplimiento de las normativas que rigen los niveles de armónicos y los niveles de las variables fotométricas de cada luminaria de interior que utilizaremos.

A continuación presentamos las mediciones del THDI y THDV de las 23 luminarias, para lo cual nos regimos a la recomendaciones que establece la normativa IEC 61000-4-30.

La cual establece que realicemos las mediciones en intervalos de tiempo de 1 minuto, 5 minutos y 10 minutos. De esta forma garantizar mayor factibilidad al momento de realizar la medición de los armónicos de corriente y tensión.

2.0.2.6.1

Medición de Armónicos generados por las luminarias de baja potencia de interior de tipo: led, halogenuros, incandescentes y fluorescentes, mediante el analizador de redes.

En la siguiente tabla se observa las mediciones obtenidas en el laboratorio mediante el analizador de redes o energía, donde observamos la potencia y el valor porcentual de los armónicos de corriente y tensión de cada una de las luminarias, mediciones que realizamos en un tiempo estimado de 1 minuto.

Cuadro 2.5: Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el analizador de redes, en un intervalo de tiempo de 1 minuto.

Denominación	Marca	Tipo	Potencia (W)	THDV (%)	THDI (%)
Lum 1	A	LED	9	0.1013	107.47
Lum 2	B	LED	9	0.1111	49.37
Lum 3	C	LED	4	0.112	89.42
Lum 4	C	LED	7	0.108	94.79
Lum 5	D	LED	4	0.1112	127.52
Lum 6	E	LED	4	0.1128	25.08
Lum 7	F	LED	4	0.1089	9.82
Lum 8	G	LED	4	0.1145	99.309
Lum 9	A	LED	5	0.1132	41.3
Lum 10	C	LED	6	0.923	84.85
Lum 11	C	LED	6	0.1109	44.14
Lum 12	H	LED	7	0.1141	84.63
Lum 13	I	LED	3	0.116	79.36
Lum 14	F	LED	4	0.113	83.84
Lum 15	F	Incan	40	0.1121	114.52
Lum 16	J	Incan	50	0.1098	9.37
Lum 17	K	Incan	20	0.1023	8.33
Lum 18	L	Fluore	20	0.1098	100.21
Lum 19	B	Fluore	15	0.987	6.47
Lum 20	B	Fluore	9	0.1098	24.21
Lum 21	M	Fluore	9	0.1023	7.67
Lum 22	N	Haloge	5	0.1123	60.33
Lum 23	C	Haloge	10	0.1013	28.58

Como establece la norma anteriormente mencionada realizamos otra medición esta vez a 5 minutos.

Cuadro 2.6: Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el analizador de redes, en un intervalo de tiempo de 5 minutos.

Denominación	Marca	Tipo	Potencia (W)	THDV (%)	THDI (%)
Lum 1	A	LED	9	0.101	107.47
Lum 2	B	LED	9	0.111	49.37
Lum 3	C	LED	4	0.112	89.42
Lum 4	C	LED	7	0.108	94.8
Lum 5	D	LED	4	0.111	127.5
Lum 6	E	LED	4	0.113	25.1
Lum 7	F	LED	4	0.109	9.8
Lum 8	G	LED	4	0.115	99.3
Lum 9	A	LED	5	0.113	41.3
Lum 10	C	LED	6	0.923	84.9
Lum 11	C	LED	6	0.111	44.1
Lum 12	H	LED	7	0.114	84.6
Lum 13	I	LED	3	0.116	79.4
Lum 14	F	LED	4	0.113	83.8
Lum 15	F	Incan	40	0.112	114.5
Lum 16	J	Incan	50	0.110	9.4
Lum 17	K	Incan	20	0.102	8.3
Lum 18	L	Fluore	20	0.110	100.2
Lum 19	B	Fluore	15	0.987	6.5
Lum 20	B	Fluore	9	0.110	24.2
Lum 21	M	Fluore	9	0.102	7.7
Lum 22	N	Haloge	5	0.112	60.3
Lum 23	C	Haloge	10	0.101	28.6

A continuación, presentamos la siguiente tabla donde se muestra la última medición la cual se realizó dentro de un lapso de tiempo de 10 minutos.

Cuadro 2.7: Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el analizador de redes, en un intervalo de tiempo de 10 minutos.

Denominación	Marca	Tipo	Potencia (W)	THDV (%)	THDI (%)
Lum 1	A	LED	9	0.1012	107.98
Lum 2	B	LED	9	0.1197	49.41
Lum 3	C	LED	4	0.113	89.44
Lum 4	C	LED	7	0.196	94.01
Lum 5	D	LED	4	0.1134	127.55
Lum 6	E	LED	4	0.1128	26.01
Lum 7	F	LED	4	0.1091	9.8
Lum 8	G	LED	4	0.1147	99.39
Lum 9	A	LED	5	0.1137	41.3
Lum 10	C	LED	6	0.989	84.85
Lum 11	C	LED	6	0.1109	44.17
Lum 12	H	LED	7	0.1148	84.62
Lum 13	I	LED	3	0.1168	79.36
Lum 14	F	LED	4	0.1098	83.84
Lum 15	F	Incan	40	0.1123	114.55
Lum 16	J	Incan	50	0.1099	9.367
Lum 17	K	Incan	20	0.1101	8.345
Lum 18	L	Fluore	20	0.1097	100.45
Lum 19	B	Fluore	15	0.988	6.49
Lum 20	B	Fluore	9	0.1102	24.23
Lum 21	M	Fluore	9	0.1025	7.66
Lum 22	N	Haloge	5	0.1129	60.38
Lum 23	C	Haloge	10	0.1014	28.6

A partir de la tercera medición que realizamos, se establece un promedio del THDI y el THDV en forma porcentual, el cual se refleja en la tabla 2.8.

Cuadro 2.8: Promedio del TDHI y THDV.

Denominacion	Marca	Tipo	Potencia (W)	THDV (%)	THDI (%)
Lum 1	A	LED	9	0.1012	107.64
Lum 2	B	LED	9	0.1139	49.38
Lum 3	C	LED	4	0.1123	89.42
Lum 4	C	LED	7	0.1373	94.53
Lum 5	D	LED	4	0.1119	127.53
Lum 6	E	LED	4	0.1128	25.39
Lum 7	F	LED	4	0.1089	9.81
Lum 8	G	LED	4	0.1145	99.33
Lum 9	A	LED	5	0.1138	41.3
Lum 10	C	LED	6	0.945	84.81
Lum 11	C	LED	6	0.1109	44.14
Lum 12	H	LED	7	0.1143	84.62
Lum 13	I	LED	3	0.1162	79.36
Lum 14	F	LED	4	0.1119	83.84
Lum 15	F	Incan	40	0.1121	114.53
Lum 16	J	Incan	50	0.1098	9.364
Lum 17	K	Incan	20	0.1049	8.341
Lum 18	L	Fluore	20	0.1097	100.4
Lum 19	B	Fluore	15	0.9873	6.44
Lum 20	B	Fluore	9	0.1099	24.2
Lum 21	M	Fluore	9	0.1023	7.66
Lum 22	N	Haloge	5	0.1125	60.34
Lum 23	C	Haloge	10	0.1013	28.58

2.0.2.6.2

Medición de Armónicos generados por las luminarias de baja potencia de interior de tipo: led, halogenuros, incandescentes y fluorescentes, mediante el Osciloscopio.

La medición se realiza en el laboratorio de electrónica analógica de la Universidad, donde se obtiene un archivo CCV de corriente y tensión de cada luminaria para posteriormente, mediante un programa

realizado en el software matlab se procesa la señal y de esta forma se obtiene el valor total de THDV y THDI, expresado de forma porcentual.

Cuadro 2.9: Medición de Armónicos generados por las luminarias mediante el Osciloscopio (Procesamiento de señal).

Denominación	Marca	Tipo	Potencia (W)	THDV (%)	THDI (%)
Lum 1	A	LED	9	0.1152	107.75
Lum 2	B	LED	9	0.1132	51.37
Lum 3	C	LED	4	0.1147	91.42
Lum 4	C	LED	7	0.1139	96.79
Lum 5	D	LED	4	0.1153	129.52
Lum 6	E	LED	4	0.1147	27.08
Lum 7	F	LED	4	0.1148	11.82
Lum 8	G	LED	4	0.1157	101.31
Lum 9	A	LED	5	0.1144	43.3
Lum 10	C	LED	6	0.1123	86.85
Lum 11	C	LED	6	0.112	46.14
Lum 12	H	LED	7	0.1142	86.63
Lum 13	I	LED	3	0.1137	81.36
Lum 14	F	LED	4	0.1122	85.84
Lum 15	F	Incan	40	0.1131	90.29
Lum 16	J	Incan	50	0.1102	11.37
Lum 17	K	Incan	20	0.1085	10.33
Lum 18	L	Fluore	20	0.1157	102.21
Lum 19	B	Fluore	15	0.1012	8.47
Lum 20	B	Fluore	9	0.1021	26.21
Lum 21	M	Fluore	9	0.098	9.67
Lum 22	N	Haloge	5	0.097	62.33
Lum 23	C	Haloge	10	0.098	30.58

2.0.2.6.3

Medición de los niveles de iluminación y la eficiencia generado por las luminarias tipo led, incandescentes, halogenuros y fluorescentes mediante la esfera de Ulbricht.

A continuación en la tabla 2.10 presentamos la medición de los parámetros fotométricos de las luminarias totalmente nuevas.

Recordemos que los parámetros más relevantes e importantes para el análisis en esta parte es la eficiencia y la iluminancia o también conocida como el nivel de iluminación de una fuente de luz o luminaria.

Donde los parámetros:

- Flujo Luminoso : (Φ)
- Eficiencia: η
- Temperatura de color: Temp(K)
- Índice de Reproducción de color: IRC

Se obtienen a partir de los resultados fotométricos que nos de el radio espectrómetro, esto a partir de la medición con la esfera de Ulbricht que se experimentó con cada una de las 23 luminarias de interior de baja potencia.

Luego para obtener el valor de la:

- Iluminancia: E (Lux)

Seguimos los siguientes pasos:

- Se utiliza el Luxómetro tipo TM-204.
- Se necesita saber la altura y ancho de la área de trabajo.
- Se aplica el método de la cuadrícula.
- Cada medición deberá durar como mínimo un minuto.
- El plano deberá estar a una altura considerable.

- Se aplica la siguiente expresión matemática, la cual refleja la relación entre el ancho y la altura de la área de trabajo:

$$K = \frac{L * A}{AM(L + A)} \quad (2.1)$$

Donde:

- L= Largo de la área de trabajo.
 - A= Ancho de la área de trabajo.
 - AM= Altura de Montaje.
- Luego se aplica la siguiente formula:

$$N = (X + 2)^2 \quad (2.2)$$

Recordemos que el valor de X representa el valor índice del lugar de trabajo, en casos cuando se mayor o igual a 3 , el valor del índice sera 4.

- Se realiza las mediciones correspondientes con el luxómetro, tomando en cuenta que el mismo deberá estar situado a una altura promedio de 0.8m.
- Finalmente se obtiene la iluminancia promedio, la cual obtenemos mediante la siguiente expresión que presenta a continuación:

$$Em = \frac{\sum \text{Valores Medidos (lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}} \quad (2.3)$$

Luego se obtiene el valor medido de la Luminancia mediante el luminancímetro .

Cuadro 2.10: Medición de las magnitudes fotométricas de las Luminarias 100 % nuevas.

Marca	Tipo	Potencia(W)	(Φ)(lm)	η (lm/W)	Temp(K)	IRC	E(lux)	$L \frac{cd}{m^2}$
A	LED	9	799	91.14	7591	79.5	106.533	969
B	LED	9	801	104.6	7676	79.3	106.8	983.2
C	LED	4	440	110.67	2653	80.6	58.1333	593.14
C	LED	7	419	59	2653	80.8	55.8667	432.7
D	LED	4	422	122.91	3197	83.7	56.2667	516.8
E	LED	4	362	90	2324	80.5	48.2667	327.6
F	LED	4	416.9	104.22	8806	83.4	55.5867	323.9
G	LED	4	400.5	113.88	3203	84	53.4	350
A	LED	5	402.87	80.14	7555	78.8	53.716	484
C	LED	6	551.14	91.8567	3397	83.1	73.4853	507.9
C	LED	6	550.78	91.7967	7553	79	73.4373	645.03
H	LED	7	561.06	80.14	7566	81.5	74.808	506.5
I	LED	3	257.4	85.8	3493	69.4	34.32	233.6
F	Incan	40	384.2	9.605	3052	96.9	51.2267	524.8
F	LED	4	260.3	65.075	2954	97.1	34.7067	459
J	Incan	50	184.6	3.69	2.59	94	24.6133	198.4
K	Incan	20	51	4.51429	2568	97.7	6.8	437.14
L	Fluore	20	58	1.16	1000	60.9	7.73333	583
B	Fluore	15	40	0.8	1001	78.5	5.33333	668.43
B	Fluore	9	39.4	0.62333	1594	77.6	5.25333	185.02
M	Fluore	9	130.3	11.85	3310	96.6	17.3733	243
N	Haloge	5	350	70	3215	72.1	46.6667	493.12
C	Haloge	10	350.78	35.078	3383	83.1	46.7707	857

A continuación, elaboramos una tabla donde se aprecian valores de la eficiencia: valores calculados, valores medidos y valores preestablecidos por el fabricante de la luminaria y en el caso de la iluminancia tenemos valores calculados y valores medidos ya que el fabricante no proporciona este valor.

Para calcular la eficiencia se utiliza la fórmula (1.14), y para obtener la Iluminancia la (1.12), las cuales se mencionan en el capítulo 2.

Cuadro 2.11: Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias 100 % nuevas.

$\eta(\text{lm/W})$			E(lux)		Denominación
Valor Medido	Valor Calculado	Valor del Fabricante	Valor Medido	Valor Calculado	
91.14	88.89	89 (Marca A)	106.53	106.53	Lum 1 Tipo: Led
104.6	89	90 (Marca B)	106.8	106.80	Lum 2 Tipo: Led
110.67	109.5	110 (Marca C)	58.13	58.67	Lum 3 Tipo: Led
59	59.86	60 (Marca C)	55.87	55.87	Lum 4 Tipo: Led
122.91	105.5	122 (Marca D)	56.27	56.27	Lum 5 Tipo: Led
90	90.5	90 (Marca E)	48.27	48.27	Lum 6 Tipo: Led
104.22	104.23	104 (Marca F)	55.59	55.59	Lum 7 Tipo: Led
113.88	100.13	113 (Marca G)	53.4	53.40	Lum 8 Tipo: Led
80.14	80.624	80 (Marca A)	53.716	53.72	Lum 9 Tipo: Led
91.86	91.86	92 (Marca C)	73.49	73.49	Lum 10 Tipo: Led
91.80	91.87	93 (Marca C)	73.44	73.44	Lum 11 Tipo: Led
80.14	80.15	80 (Marca H)	74.808	74.81	Lum 12 Tipo: Led
85.8	85.8	86 (Marca I)	34.32	34.32	Lum13 Tipo: Led
9.605	9.67	12 (Marca F)	51.23	51.23	Lum 14 Tipo: Incan
65.08	65.08	66 (Marca F)	34.71	34.71	Lum 15 Tipo: Led
3.69	3.692	5 (Marca J)	24.61	24.61	Lum 16 Tipo: Incan
4.514	7.29	7 (Marca K)	6.8	6.80	Lum 17 Tipo: Incan
1.16	1.2	2 (Marca L)	7.73	7.73	Lum 18 Tipo: Fluore
0.8	0.84	1 (Marca B)	5.33	5.33	Lum 19 Tipo: Fluore
0.623	2.69	1 (Marca B)	5.25	5.25	Lum 20 Tipo: Fluore
11.85	1.18	12 (Marca M)	17.37	17.37	Lum 21 Tipo: Fluore
70	70.27	70 (Marca N)	46.67	46.67	Lum 22 Tipo: Halog
35.078	35.08	36 (Marca C)	46.77	46.77	Lum 23 Tipo: Halog

A continuación, se presenta la tabla 2.12, donde se puede apreciar la medición de las principales variables fotométricas de las luminarias con 10 días de uso.

Cuadro 2.12: Medición de las magnitudes fotométricas de las Luminarias con 10 días de uso.

Marca	Tipo	Potencia(W)	(Φ)(lm)	η (lm/W)	Temp(K)	IRC	E(lux)	$L \frac{cd}{m^2}$
A	LED	9	800	91.14	7550	79.7	106.0	963.77
B	LED	9	801	104.6	7635	79.5	106.2	977.89
C	LED	4	438	59.11	2639	80.8	57.8	589.94
C	LED	7	419	59	2639	81.0	55.6	430.36
D	LED	4	422	122.91	3180	83.8	56.0	514.01
E	LED	4	362	90	2311	81.8	48.0	325.83
F	LED	4	416.9	104.22	8758	83.6	55.3	322.15
G	LED	4	400.5	113.88	3186	84.2	53.1	348.11
A	LED	5	403.12	80.14	7514	79.0	53.4	481.39
C	LED	6	551.14	91.85667	3379	83.3	73.1	505.16
C	LED	6	551.24	91.79667	7512	79.2	73.0	641.55
H	LED	7	561.06	80.14	7525	81.7	74.4	503.76
I	LED	3	257.4	85.8	3474	69.6	34.1	232.34
F	Incan	40	386.89	9.605	3036	97.1	50.9	521.97
F	LED	4	260.3	65.075	2938	97.3	34.5	456.52
J	Incan	50	184.6	3.69	3	94.2	24.5	197.33
K	Incan	20	51	4.514286	2554	97.9	6.8	434.78
L	Fluore	20	60	1.16	995	61.1	7.7	579.85
B	Fluore	15	41.89	0.8	996	78.7	5.3	664.82
B	Fluore	9	40.4	0.623333	1585	77.8	5.2	184.02
M	Fluore	9	130.3	11.85	3292	96.8	17.3	241.69
N	Haloge	5	351.34	70	3198	72.3	46.4	490.46
C	Haloge	10	350.78	35.078	3365	83.3	46.5	852.37

A partir de la tabla 3.2, se repite el mismo proceso para esta parte donde se analiza las luminarias

con 10 días de uso.

Cuadro 2.13: Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 10 días de utilidad.

$\eta(\text{lm/W})$			E(lux)		Denominación
Valor Medido	Valor Calculado	Valor del Fabricante	Valor Medido	Valor Calculado	
89.17	88.89	89 (Marca A)	105.96	106.67	Lum 1 Tipo: Led
102.19	89	90 (Marca B)	106.22	106.8	Lum 2 Tipo: Led
110.67	109.5	110 (Marca C)	57.82	58.4	Lum 3 Tipo: Led
59	59.86	60 (Marca C)	55.56	55.87	Lum 4 Tipo: Led
122.91	105.5	122 (Marca D)	55.96	56.27	Lum 5 Tipo: Led
90	90.5	90 (Marca E)	48.01	48.27	Lum 6 Tipo: Led
104.22	104.23	104 (Marca F)	55.29	55.59	Lum 7 Tipo: Led
113.88	100.13	113 (Marca G)	53.11	53.4	Lum 8 Tipo: Led
80.14	80.624	80 (Marca A)	53.43	53.75	Lum 9 Tipo: Led
91.86	91.86	92 (Marca C)	73.09	73.49	Lum 10 Tipo: Led
91.80	91.87	93 (Marca C)	73.04	73.50	Lum 11 Tipo: Led
80.14	80.15	80 (Marca H)	74.40	74.81	Lum 12 Tipo: Led
85.8	85.8	86 (Marca I)	34.13	34.32	Lum13 Tipo: Led
9.605	9.67	12 (Marca F)	50.95	51.59	Lum 14 Tipo: Incan
65.075	65.08	66 (Marca F)	34.52	34.71	Lum 15 Tipo: Led
3.69	3.692	5 (Marca J)	24.48	24.61	Lum 16 Tipo: Incan
4.51	7.29	7 (Marca K)	6.763	6.8	Lum 17 Tipo: Incan
1.16	1.2	2 (Marca L)	7.69	8	Lum 18 Tipo: Fluore
0.8	0.84	1 (Marca B)	5.30	5.59	Lum 19 Tipo: Fluore
0.623	2.69	1 (Marca B)	5.22	5.39	Lum 20 Tipo: Fluore
11.85	1.18	12 (Marca M)	17.28	17.37	Lum 21 Tipo: Fluore
70	70.27	70 (Marca N)	46.41	46.85	Lum 22 Tipo: Halog
35.08	35.08	36 (Marca C)	46.52	46.77	Lum 23 Tipo: Halog

A continuación realizamos una siguiente medición con 15 días más de uso, es decir en la tabla 2.14 presentamos las mediciones de las luminarias con 25 días de utilidad.

Cuadro 2.14: Medición de las magnitudes fotométricas de las Luminarias con 25 días de uso.

Marca	Tipo	Potencia(W)	(Φ)(lm)	η (lm/W)	Temp(K)	IRC	E(lux)	$L_{\frac{cd}{m^2}}$
A	LED	9	800.12	91.14	7525	79.9	105.6	960.6
B	LED	9	801.57	104.6	7616	79.3	105.9	974.7
C	LED	4	436	59.11	2630	81.0	57.6	588.0
C	LED	7	422	59	2630	81.2	55.4	428.9
D	LED	4	424.56	122.91	3169	84.1	55.8	512.3
E	LED	4	363.81	90	2304	80.9	47.8	324.8
F	LED	4	418.34	104.22	8729	83.8	55.1	321.1
G	LED	4	400.5	113.88	3175	84.4	52.9	347.0
A	LED	5	402.87	80.14	7489	79.2	53.2	479.8
C	LED	6	551.14	91.8567	3367	83.5	72.8	503.5
C	LED	6	552.09	91.7967	7487	79.4	72.8	639.4
H	LED	7	561.06	80.14	7500	81.9	74.2	502.1
I	LED	3	257.4	85.8	3463	69.7	34.0	231.6
F	Incan	40	386.78	9.605	3025	97.4	50.8	520.2
F	LED	4	260.3	65.075	2928	97.6	34.4	455.0
J	Incan	50	186.98	3.69	3	94.5	24.4	196.7
K	Incan	20	51	4.51429	2546	98.2	6.7	433.3
L	Fluore	20	60.98	1.16	991	61.2	7.7	577.9
B	Fluore	15	42.56	0.8	992	78.9	5.3	662.6
B	Fluore	9	40.47	0.62333	1580	78.0	5.2	183.4
M	Fluore	9	131.23	11.85	3281	97.1	17.2	240.9
N	Haloge	5	351.87	70	3187	72.5	46.3	488.8
C	Haloge	10	350.78	35.078	3354	83.5	46.4	849.5

Finalmente elaboramos una tabla de comparación de resultados, de las luminarias con una utilidad de 25 días, para posterior realizar el análisis respectivo en el siguiente capítulo.

Cuadro 2.15: Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 25 días de utilidad.

$\eta(\text{lm/W})$			E(lux)		Denominación
Valor Medido	Valor Calculado	Valor del Fabricante	Valor Medido	Valor Calculado	
87.67	88.90	89 (A)	105.61	106.68	Lum 1 Tipo: Led
100.59	89.06	90 (B)	105.87	106.88	Lum 2 Tipo: Led
57.91	109	110 (C)	57.63	58.13	Lum 3 Tipo: Led
57.8	60.29	60 (C)	55.38	56.27	Lum 4 Tipo: Led
121.71	106.14	122 (D)	55.78	56.61	Lum 5 Tipo: Led
88.8	90.953	90 (E)	47.85	48.51	Lum 6 Tipo: Led
103.02	104.59	104 (F)	55.10	55.78	Lum 7 Tipo: Led
112.68	100.13	113 (G)	52.94	53.40	Lum 8 Tipo: Led
78.94	80.574	80 (A)	53.25	53.72	Lum 9 Tipo: Led
90.66	91.857	92 (C)	72.85	73.49	Lum 10 Tipo: Led
90.60	92.015	93 (C)	72.80	73.61	Lum 11 Tipo: Led
77.37	80.151	80 (H)	74.16	74.81	Lum 12 Tipo: Led
71.13	85.8	86 (I)	34.02	34.32	Lum13 Tipo: Led
8.405	9.67	12 (F)	50.78	51.57	Lum 14 Tipo: Incan
63.88	65.08	66 (F)	34.40	34.71	Lum 15 Tipo: Led
2.49	3.74	5 (J)	24.40	24.93	Lum 16 Tipo: Incan
3.3143	7.286	7 (K)	6.74	6.80	Lum 17 Tipo: Incan
-0.04	1.220	2 (L)	7.67	8.13	Lum 18 Tipo: Fluore
-0.4	0.851	1 (B)	5.29	5.67	Lum 19 Tipo: Fluore
-0.58	2.698	1 (B)	5.21	5.40	Lum 20 Tipo: Fluore
10.65	1.19	12 (M)	17.22	17.50	Lum 21 Tipo: Fluore
68.8	70.37	70 (N)	46.26	46.92	Lum 22 Tipo: Halog
33.878	35.08	36 (C)	46.36	46.77	Lum 23 Tipo: Halog

2.0.2.6.4

Comprobación del cumplimiento de los niveles de distorsión armónica obtenidos, con los establecidos por la norma IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20.

Para realizar la comprobación se analiza el valor de THDI total de cada luminaria, a partir de eso se establece si cumple o no con lo estipulado por las Norma Establecida en la tabla 2.8.

Como establece en la normas IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20, se parte del límite $\leq 20W$ de las luminarias que estamos utilizando, como se muestra en la tabla 1.4 donde se asigna un valor de 3Amp por Watio, lo cual en forma porcentual representa que la corriente fundamental del tercer armónico no sobrepase el 86 %, si sobrepasa este valor la luminaria no es apta para su uso en la iluminación de interiores y por otra parte la corriente del quinto armónico no sea mayor al 61 %, ya que si supera este valor podría causar daños a la red y demás equipos que están conectados a la misma.

En la tabla 2.16 presentamos el cumplimiento de las 2 normativas anteriormente mencionadas donde se reflejan los términos tales como:

- Denominación: Hace referencia al numero de luminaria.
- Marca : Hace referencia a la marca de la luminaria la cual hemos categorizado con letras del abecedario.
- Tipo: Hace referencia a la clase de luminaria como por ejemplo: led, fluorescente etc.
- Potencia: Básicamente es la capacidad de cada luminaria.
- THDI : Hace referencia al porcentaje del tercer armónico de corriente.
- THDI : Hace referencia al porcentaje del cuarto armónico de tension.
- La normativa IEE 519 214 : Es la normativa que rige los niveles de armónicos de las luminarias.

Cuadro 2.16: Comprobación del cumplimiento de la Norma de corriente armónica IEE-518-214

Denominación	Marca	Tipo	Potencia (W)	THDI tercer armónico (%)	THDI quinto armónico (%)	Normativa IEEE 519-214 tercer armónico	Normativa IEEE 519-214 quinto armónico	Cumple
Lum 1	A	LED	9	84	61	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	NO
Lum 2	B	LED	9	40	12	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 3	C	LED	4	74	41	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 4	C	LED	7	69	50	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 5	D	LED	4	98	59	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	NO
Lum 6	E	LED	4	19	4	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 7	F	LED	4	12	2	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 8	G	LED	4	73	57	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 9	A	LED	5	32	15	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 10	C	LED	6	34	18	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 11	C	LED	6	34	17	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 12	H	LED	7	69	46	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 13	I	LED	3	69	47	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 14	F	Incan	40	47	37	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 15	F	LED	4	68	48	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 16	J	Incan	50	68	47	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 17	K	Incan	7	10	2	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 18	L	Fluore	20	10	3	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 19	B	Fluore	20	1	0.98	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 20	B	Fluore	15	19	5	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 21	M	Fluore	9	9	1	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 22	N	Haloge	5	53	14	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI
Lum 23	C	Haloge	10	26	9	no mayor al 86 %	no mayor al 61 %	SI

A continuación, verificaremos el cumplimiento de los niveles de distorsión armónica de tensión con la Norma:

Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20.

Para lo cual tomamos en consideración los valores que se asignan en la tabla 14, donde nos especifica que en valor del THDV total no deberá ser superior al 8.0 % , y por otra parte el factor de distorsión armónica individual no debe ser superior al 5.0 %. Es decir si las luminarias superan estos valores porcentuales no serian ideales para el uso en iluminación de interiores.

En la tabla 2.17 presentamos el cumplimiento de la normativa anteriormente mencionada donde se reflejan los términos tales como:

- Denominación: Hace referencia al numero de luminaria.
- Marca : Hace referencia a la marca de la luminaria la cual hemos categorizado con letras del abecedario.
- Tipo: Hace referencia a la clase de luminaria como por ejemplo: led, fluorescente etc.
- Potencia: Básicamente es la capacidad de cada luminaria.
- THDV : Hace referencia al porcentaje de armónicos de tensión del tercer armónico.
- THDV : Hace referencia al porcentaje de armónicos de tensión del quinto armónico.
- La normativa ARCERNNR 002 - 20 : Es la normativa que rige los niveles de armónicos de las luminarias.

Podemos observar en la tabla 2.17 que las 23 luminarias cumplen con esta normativa porque están por debajo del nivel que establece esta normativa. Sin embargo es importante mencionar que algunas luminarias cumplen con esta normativa pero no cumple con la Normativa IEEE 518-214, tal es el caso de la luminaria 1 de marca A y la luminaria 5 de marca A, entonces las mismas no podrían ser usadas en la iluminación de interiores.

Cuadro 2.17: Comprobación del cumplimiento de los niveles de distorsión armónica de tensión establecidos en la Norma ARCERNNR 002-20.

Denominación	Marca	Tipo	Potencia (W)	THDV tercer armónico (%)	THDV quinto armónico (%)	Normativa ARCERNNR 002-20 tercer armónico	Normativa ARCERNNR 002-20 quinto armónico	Cumple
Lum 1	A	LED	9	0.11	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 2	B	LED	9	0.11	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 3	C	LED	4	0.10	0.03	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 4	C	LED	7	0.113	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 5	D	LED	4	0.112	0.023	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 6	E	LED	4	0.111	0.021	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 7	F	LED	4	0.101	0.03	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 8	G	LED	4	0.11	0.03	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 9	A	LED	5	0.112	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 10	C	LED	6	0.10	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 11	C	LED	6	0.101	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 12	H	LED	7	0.11	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 13	I	LED	3	0.112	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 14	F	Incan	40	0.10	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 15	F	LED	4	0.101	0.031	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 16	J	Incan	50	0.101	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 17	K	Incan	7	0.111	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 18	L	Fluore	20	0.101	0.03	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 19	B	Fluore	20	0.1	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 20	B	Fluore	15	0.11	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 21	M	Fluore	9	0.11	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 22	N	Haloge	5	0.1	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI
Lum 23	C	Haloge	10	0.1	0.02	no mayor al 5 %	no mayor al 5 %	SI

2.0.2.6.5

Comprobación del cumplimiento de los niveles de iluminación con los establecidos en la normativa UNE 12464-1.

En las tablas que presentamos a continuación se refleja los valores de los niveles de iluminación de las luminarias 100% nuevas, 10 días, y 25 días de uso, los mismos valores son comprobados con la norma anteriormente mencionada.

Cuadro 2.18: Comprobación del cumplimiento de los niveles de iluminación con los que establece la norma UNE 12464-1.(Luminarias 100% nuevas.)

Denominacion	Marca	Tipo	Potencia (W)	Illum (Lux)	IRC	CUDL	Norma UNE 126-1 illum>200lux	Norma UNE 126-1 IRC = 80	Norma UNE 126-1 CUDL = 19 a 25
Lum 1	A	LED	9	106.533	79.5	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 2	B	LED	9	106.8	79.3	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 3	C	LED	4	58.1333	80.6	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 4	C	LED	7	55.8667	80.8	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 5	D	LED	4	56.2667	83.7	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 6	E	LED	4	48.2667	80.5	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 7	F	LED	4	55.5867	83.4	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 8	G	LED	4	53.4	84	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 9	A	LED	5	53.716	78.8	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 10	C	LED	6	73.4853	83.1	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 11	C	LED	6	73.4373	79	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 12	H	LED	7	74.808	81.5	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 13	I	LED	3	34.32	69.4	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 14	F	Incan	40	51.2267	96.9	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 15	F	LED	4	34.7067	97.1	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 16	J	Incan	50	24.6133	94	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 17	K	Incan	7	6.8	97.7	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 18	L	Fluore	20	7.73333	60.9	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 19	B	Fluore	20	5.33333	78.5	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 20	B	Fluore	15	5.25333	77.6	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 21	M	Fluore	9	17.3733	96.6	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 22	N	Haloge	5	46.6667	72.1	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 23	C	Haloge	10	46.7707	83.1	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple

Cuadro 2.19: Comprobación del cumplimiento de los niveles de iluminación con los que establece la norma UNE 12464-1.(Luminarias con 10 días de uso.)

Denominacion	Marca	Tipo	Potencia (W)	Illum (Lux)	IRC	CUDL	Norma UNE 126-1 illum>200lux	Norma UNE 126-1 IRC = 80	Norma UNE 126-1 CUDL = 19 a 25
Lum 1	A	LED	9	106.0	79.7	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 2	B	LED	9	106.2	79.5	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 3	C	LED	4	57.8	80.8	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 4	C	LED	7	55.6	81.0	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 5	D	LED	4	56.0	83.8	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 6	E	LED	4	48.0	81.8	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 7	F	LED	4	55.3	83.6	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 8	G	LED	4	53.1	84.2	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 9	A	LED	5	53.4	79.0	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 10	C	LED	6	73.1	83.3	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 11	C	LED	6	73.0	79.2	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 12	H	LED	7	74.4	81.7	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 13	I	LED	3	34.1	69.6	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 14	F	Incan	40	50.9	97.1	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 15	F	LED	4	34.5	97.3	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 16	J	Incan	50	24.5	94.2	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 17	K	Incan	7	6.8	97.9	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 18	L	Fluore	20	7.7	61.1	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 19	B	Fluore	20	5.3	78.7	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 20	B	Fluore	15	5.2	77.8	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 21	M	Fluore	9	17.3	96.8	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 22	N	Haloge	5	46.4	72.3	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 23	C	Haloge	10	46.5	83.3	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple

En la tabla 2.19 podemos observar que la mayoría de las luminarias no cumplen con la normativa UNE 12464-1, solo el 56.52% cumple con la misma porque poseen un valor de IRC = 80 o superior a este valor, por otra parte el nivel de iluminancia y el nivel de deslumbramiento no cumplen ninguna de las luminarias de baja potencia de interior.

Cuadro 2.20: Comprobación del cumplimiento de los niveles de iluminación con los que establece la norma UNE 12464-1.(Luminarias con 25 días de uso.)

Denominacion	Marca	Tipo	Potencia (W)	Illum (Lux)	IRC	CUDL	Norma UNE 126-1 illum>200lux	Norma UNE 126-1 IRC = 80	Norma UNE 126-1 CUDL = 19 a 25
Lum 1	A	LED	9	105.6	79.9	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 2	B	LED	9	105.9	79.3	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 3	C	LED	4	57.6	81.0	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 4	C	LED	7	55.4	81.2	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 5	D	LED	4	55.8	84.1	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 6	E	LED	4	47.8	80.9	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 7	F	LED	4	55.1	83.8	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 8	G	LED	4	52.9	84.4	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 9	A	LED	5	53.2	79.2	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 10	C	LED	6	72.8	83.5	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 11	C	LED	6	72.8	79.4	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 12	H	LED	7	74.2	81.9	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 13	I	LED	3	34.0	69.7	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 14	F	Incan	40	50.8	97.4	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 15	F	LED	4	34.4	97.6	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 16	J	Incan	50	24.4	94.5	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 17	K	Incan	7	6.7	98.2	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 18	L	Fluore	20	7.7	61.2	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 19	B	Fluore	20	5.3	78.9	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 20	B	Fluore	15	5.2	78.0	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 21	M	Fluore	9	17.2	97.1	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple
Lum 22	N	Haloge	5	46.3	72.5	4	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Lum 23	C	Haloge	10	46.4	83.5	4	No Cumple	Si Cumple	No Cumple

En la tabla 2.20 podemos observar que el 61.21 % de luminarias cumplen con el rango que establece la Norma UNE 12464-1 para el IRC , el restante 38.79 % no cumplen con esta normativa. Por otra parte los valores de iluminancia y el índice de deslumbramiento no están en rango permitido por esta normativa, por lo que no cumplen con la misma.

2.0.2.6.6 Materiales (Luminarias)

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas

Denominación	Marca	Tipo	Ilustración	Características Principales
Luminaria 1	A	LED		<p>W=9W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 10000h</p> <p>ϕ = 800 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 2	B	LED		<p>W=9W</p> <p>IRC \geq 70</p> <p>Vida Util = 15000h</p> <p>ϕ = 800 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Continued on next page

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas (Continued)

Luminaria 3	C	LED		<p>W=4W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 20000h</p> <p>ϕ = 440 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 4	C	LED		<p>W=7W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 20000h</p> <p>ϕ = 420 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 5	D	LED		<p>W=4W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 20000h</p> <p>ϕ = 424 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Continued on next page

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas (Continued)

Luminaria 6	E	LED		<p>W=4W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 15000h</p> <p>ϕ = 360 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 7	F	LED		<p>W=4W</p> <p>IRC \geq 70</p> <p>Vida Útil = 8000h</p> <p>ϕ = 420 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 8	G	LED		<p>W=4W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 20000h</p> <p>ϕ = 400 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Continued on next page

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas (Continued)

Luminaria 9	A	LED		<p>W=5W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 15000h</p> <p>ϕ = 400 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 10	C	LED		<p>W=6W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 25000h</p> <p>ϕ = 550 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 11	C	LED		<p>W=6W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 25000h</p> <p>ϕ = 550 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Continued on next page

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas (Continued)

Luminaria 12	H	LED		<p>W=7W</p> <p>IRC \geq 80</p> <p>Vida Útil = 25000h</p> <p>ϕ = 560 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 13	I	LED		<p>W=3W</p> <p>IRC \geq 70</p> <p>Vida Útil = 9000h</p> <p>ϕ = 75 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 14	F	Incan		<p>W=40W</p> <p>IRC \geq 70</p> <p>Vida Útil = 10000h</p> <p>ϕ = 385 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Continued on next page

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas (Continued)

Luminaria 15	F	LED		<p>W=4W</p> <p>IRC \geq 70</p> <p>Vida Útil = 9000h</p> <p>ϕ = 260 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 16	J	Incan		<p>W=50W</p> <p>IRC \geq 70</p> <p>Vida Útil = 10000h</p> <p>ϕ = 186 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 17	K	Incan		<p>W=20W</p> <p>IRC \geq 50</p> <p>Vida Útil = 8000h</p> <p>ϕ = 10 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 18	L	Fluorescente		<p>W=20W</p> <p>IRC \geq 20</p> <p>Vida Útil = 8000h</p> <p>ϕ = 65 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Continued on next page

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas (Continued)

Luminaria 19	B	Fluorescente		<p>W=15W</p> <p>IRC \geq 50</p> <p>Vida Útil = 9000h</p> <p>ϕ = 40 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 20	B	Fluorescente		<p>W=9W</p> <p>IRC \geq 50</p> <p>Vida Útil = 9000h</p> <p>ϕ = 45 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 21	M	Fluorescente		<p>W=9W</p> <p>IRC \geq 50</p> <p>Vida Útil = 9000h</p> <p>ϕ = 130 Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Continued on next page

Cuadro 2.21: Características de la luminarias utilizadas (Continued)

Luminaria 22	N	Halogenuros		<p>W=5W</p> <p>IRC \geq 60</p> <p>Vida Útil = 15000h</p> <p>$\phi = 350$ Lm</p> <p>Uso = Interior</p>
Luminaria 23	C	Halogenuros		<p>W=10W</p> <p>IRC \geq 65</p> <p>Vida Útil = 14000h</p> <p>$\phi = 350$ Lm</p> <p>Uso = Interior</p>

Capítulo 3

CAPITULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Análisis de las distorsiones armónicas generados por el uso de los 4 tipos de luminarias, esto mediante el analizador de redes y el osciloscopio.

Mediante el Analizador de Redes se obtuvo las siguientes mediciones:

- Primera medición en 1 minuto.
- Segunda medición en 5 minutos.
- Tercera Medición en un intervalo de tiempo de 10 minutos.

Donde posteriormente realizamos un promedio de las 3 mediciones, se puede analizar que las mediciones varían un 0.1 % en algunos casos , por otra parte en algunas luminarias el THDI y el THDV mantienen sus valores iniciales.

Los valores porcentuales del THDI y THDV obtenidos mediante un procesamiento de señal, esto a partir de una data inicial obtenido de cada luminaria, varían un 0.3 % comparado con los valores que se obtuvo mediante las mediciones con el analizador de redes fluke.

Los resultados obtenidos mediante el procesamiento de señal son más exactos porque se trata 10.000 muestras de cada luminaria, lo cual mediante un programa en Matlab se obtiene un valor porcentual

cercano a lo que se obtuvo con el analizador de redes, por otra parte también se logra obtener la misma señal de corriente y tensión distorsionada lo cual se detalla más adelante en simulaciones.

Podemos analizar que el armónico más peligroso que poseen las luminarias es el tercero, ya que este sobrepasa en algunas luminarias el 86 % valor máximo permitido que establecen las normativas IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20.

3.2. Análisis de los niveles de iluminación y eficiencia generado por luminarias tipo: led, incandescentes, halogenuros y fluorescentes mediante la esfera de ulbricht.

Las Mediciones se realizó en un intervalo de tiempo de: las luminarias totalmente nuevas, con 15 días de uso y finalmente con 25 días de uso, esto con el fin de poder analizar la variación de la eficiencia y el nivel de iluminación de cada luminaria.

En la tabla 3.1 se puede observar, valores medidos, valores calculados y valores del fabricante de la eficiencia y por otra parte de la iluminancia tenemos valores medidos y calculados unicamente ya que este valor de iluminancia el fabricante no nos proporciona.

Donde analizamos que los valores medidos varían ante los calculados, esto debido a que las mediciones se realizo en el interior de la esfera de ulbricht, y por lo tanto existe mayor fuente de luz en el caso de la iluminancia.

Por otra parte podemos observar que en ciertos casos el valor medido de la eficiencia sobrepasa ante el valor del fabricante esto es debido a que el fabricante realizo las mediciones en un ambiente abierto, y en nuestro caso las mediciones realizamos en un ambiente cerrado que es el interior de la esfera, donde existe mayor concentración de luz.

Cuadro 3.1: Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias 100% nuevas.

$\eta(\text{lm/W})$		E(lux)		Denominación	
Valor Medido	Valor Calculado	Valor del Fabricante	Valor Medido		Valor Calculado
91.14	88.89	89 (Marca A)	106.53	106.53	Lum 1 Tipo: Led
104.6	89	90 (Marca B)	106.8	106.80	Lum 2 Tipo: Led
110.67	109.5	110 (Marca C)	58.13	58.67	Lum 3 Tipo: Led
59	59.86	60 (Marca C)	55.87	55.87	Lum 4 Tipo: Led
122.91	105.5	122 (Marca D)	56.27	56.27	Lum 5 Tipo: Led
90	90.5	90 (Marca E)	48.27	48.27	Lum 6 Tipo: Led
104.22	104.23	104 (Marca F)	55.59	55.59	Lum 7 Tipo: Led
113.88	100.13	113 (Marca G)	53.4	53.40	Lum 8 Tipo: Led
80.14	80.624	80 (Marca A)	53.716	53.72	Lum 9 Tipo: Led
91.86	91.86	92 (Marca C)	73.49	73.49	Lum 10 Tipo: Led
91.80	91.87	93 (Marca C)	73.44	73.44	Lum 11 Tipo: Led
80.14	80.15	80 (Marca H)	74.808	74.81	Lum 12 Tipo: Led
85.8	85.8	86 (Marca I)	34.32	34.32	Lum13 Tipo: Led
9.605	9.67	12 (Marca F)	51.23	51.23	Lum 14 Tipo: Incan
65.08	65.08	66 (Marca F)	34.71	34.71	Lum 15 Tipo: Led
3.69	3.692	5 (Marca J)	24.61	24.61	Lum 16 Tipo: Incan
4.514	7.29	7 (Marca K)	6.8	6.80	Lum 17 Tipo: Incan
1.16	1.2	2 (Marca L)	7.73	7.73	Lum 18 Tipo: Fluore
0.8	0.84	1 (Marca B)	5.33	5.33	Lum 19 Tipo: Fluore
0.623	2.69	1 (Marca B)	5.25	5.25	Lum 20 Tipo: Fluore
11.85	1.18	12 (Marca M)	17.37	17.37	Lum 21 Tipo: Fluore
70	70.27	70 (Marca N)	46.67	46.67	Lum 22 Tipo: Halog
35.078	35.08	36 (Marca C)	46.77	46.77	Lum 23 Tipo: Halog

En la tabla 3.2 se puede observar valores de la eficiencia y la iluminancia, esta vez las luminarias han experimentado 15 días de uso.

En este caso se puede observar que los valores no cambian con respecto a las mediciones realizadas con las luminarias 100 % nuevas, excepto con las luminarias número 1 y 2 , estas disminuyen un 2 % en su valor de eficiencia medido.

Si establecemos una comparación entre el valor medido y el valor calculado de la eficiencia podemos observar que los valores se aproximan en un 98 % al valor que establece el fabricante de cada una de las luminarias.

Existen casos que el valor de la eficiencia medida sobre pasa el valor que establece el fabricante, esto se debe a que las pruebas de medición realizamos en el interior de la esfera de Ulbricht y existe mayor concentración de luz que emite la luminaria, tal es el caso de las luminarias: Luminaria 1 Marca A, Luminaria 2 Marca B y la Luminaria 3 Marca C.

Por otra parte, para la Iluminancia podemos establecer comparaciones únicamente con 2 valores el medido y calculado, ya que el fabricante no da este valor en el cuadro de detalle técnico de las luminarias. Los 2 valores se asemejan, diferenciándose apenas con el 0.71 % . Es importante recordar que la iluminancia es uno de los parámetros más importantes de las variables fotométricas de las luminarias de baja potencia de uso de interior ya que nos permite reducir la fatiga ocular, reducir el estrés de esta forma mejorando la salud de las personas.

La Eficiencia también juega un papel muy importante dentro de los parámetros fotométricos ya que esta magnitud posee la capacidad de producir un ahorro energético.

De todas las luminarias la más eficiente de acuerdo a las mediciones realizadas es la:

Luminaria 3, Marca C

Cuadro 3.2: Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 10 días de utilidad.

$\eta(\text{lm/W})$			E(lux)		Denominación
Valor Medido	Valor Calculado	Valor del Fabricante	Valor Medido	Valor Calculado	
89.17	88.89	89 (Marca A)	105.96	106.67	Lum 1 Tipo: Led
102.19	89	90 (Marca B)	106.22	106.8	Lum 2 Tipo: Led
110.67	109.5	110 (Marca C)	57.82	58.4	Lum 3 Tipo: Led
59	59.86	60 (Marca C)	55.56	55.87	Lum 4 Tipo: Led
122.91	105.5	122 (Marca D)	55.96	56.27	Lum 5 Tipo: Led
90	90.5	90 (Marca E)	48.01	48.27	Lum 6 Tipo: Led
104.22	104.23	104 (Marca F)	55.29	55.59	Lum 7 Tipo: Led
113.88	100.13	113 (Marca G)	53.11	53.4	Lum 8 Tipo: Led
80.14	80.624	80 (Marca A)	53.43	53.75	Lum 9 Tipo: Led
91.86	91.86	92 (Marca C)	73.09	73.49	Lum 10 Tipo: Led
91.80	91.87	93 (Marca C)	73.04	73.50	Lum 11 Tipo: Led
80.14	80.15	80 (Marca H)	74.40	74.81	Lum 12 Tipo: Led
85.8	85.8	86 (Marca I)	34.13	34.32	Lum13 Tipo: Led
9.605	9.67	12 (Marca F)	50.95	51.59	Lum 14 Tipo: Incan
65.075	65.08	66 (Marca F)	34.52	34.71	Lum 15 Tipo: Led
3.69	3.692	5 (Marca J)	24.48	24.61	Lum 16 Tipo: Incan
4.51	7.29	7 (Marca K)	6.763	6.8	Lum 17 Tipo: Incan
1.16	1.2	2 (Marca L)	7.69	8	Lum 18 Tipo: Fluore
0.8	0.84	1 (Marca B)	5.30	5.59	Lum 19 Tipo: Fluore
0.623	2.69	1 (Marca B)	5.22	5.39	Lum 20 Tipo: Fluore
11.85	1.18	12 (Marca M)	17.28	17.37	Lum 21 Tipo: Fluore
70	70.27	70 (Marca N)	46.41	46.85	Lum 22 Tipo: Halog
35.08	35.08	36 (Marca C)	46.52	46.77	Lum 23 Tipo: Halog

A continuación mostramos la tabla 3.3 la cual refleja los valores comparativos de las luminarias con

25 días de uso, donde podemos analizar que las luminarias han disminuido un valor porcentual del 1.4 % aproximadamente en su eficiencia.

Por otra parte analizamos la iluminancia, donde podemos observar que las luminarias varían un 1.07 % entre sus valores medidos y calculados. En esta parte las luminarias experimentan 25 días de utilidad razón por la cual su valor de iluminancia medida disminuyó, por esta razón se diferencia notoriamente entre el valor medido y el valor calculado. Por otra parte tenemos que la Eficiencia también experimenta cambios es decir a los 25 días disminuyó el 1.23 %, esto debido al mismo tiempo de uso lo cual va deteriorando la vida útil de las luminarias de interior de baja potencia.

Se puede analizar en esta parte que la eficiencia y la iluminancia de acuerdo a los días de utilidad van disminuyendo su tiempo de vida útil, disminuyen el 1.23 % cada 25 días, es decir las luminarias de interior que utilizamos pierden su vida útil en un aproximado de 0.04 % por día.

Estos 2 factores son muy importantes en la iluminación de interiores ya que si una luminaria de interior contiene una buena eficiencia y iluminancia el cliente podrá obtener:

- Confort Visual
- Fácil Aprendizaje
- Mejoría de su salud mental.

Por otra parte si las luminarias no son las adecuadas podrían afectar a la persona en su salud visual provocando:

- Fatiga
- Estrés
- Poco Aprendizaje

El rango que debe tener una luminaria en cuanto a eficiencia es de 60 a 90 %.

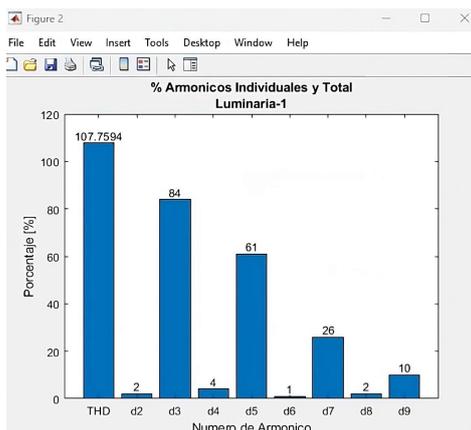
Cuadro 3.3: Valores comparativos de la Eficiencia y la Iluminancia de las luminarias con 25 días de utilidad.

$\eta(\text{lm/W})$			E(lux)		Denominación
Valor Medido	Valor Calculado	Valor del Fabricante	Valor Medido	Valor Calculado	
87.67	88.90	89 (Marca A)	105.61	106.68	Lum 1 Tipo: Led
100.59	89.06	90 (Marca B)	105.87	106.88	Lum 2 Tipo: Led
57.91	109	110 (Marca C)	57.63	58.13	Lum 3 Tipo: Led
57.8	60.29	60 (Marca C)	55.38	56.27	Lum 4 Tipo: Led
121.71	106.14	122 (Marca D)	55.78	56.61	Lum 5 Tipo: Led
88.8	90.953	90 (Marca E)	47.85	48.51	Lum 6 Tipo: Led
103.02	104.59	104 (Marca F)	55.10	55.78	Lum 7 Tipo: Led
112.68	100.13	113 (Marca G)	52.94	53.40	Lum 8 Tipo: Led
78.94	80.574	80 (Marca A)	53.25	53.72	Lum 9 Tipo: Led
90.66	91.857	92 (Marca C)	72.85	73.49	Lum 10 Tipo: Led
90.60	92.015	93 (Marca C)	72.80	73.61	Lum 11 Tipo: Led
77.37	80.151	80 (Marca H)	74.16	74.81	Lum 12 Tipo: Led
71.13	85.8	86 (Marca I)	34.02	34.32	Lum13 Tipo: Led
8.405	9.67	12 (Marca F)	50.78	51.57	Lum 14 Tipo: Incan
63.88	65.08	66 (Marca F)	34.40	34.71	Lum 15 Tipo: Led
2.49	3.74	5 (Marca J)	24.40	24.93	Lum 16 Tipo: Incan
3.3143	7.286	7 (Marca K)	6.74	6.80	Lum 17 Tipo: Incan
-0.04	1.220	2 (Marca L)	7.67	8.13	Lum 18 Tipo: Fluore
-0.4	0.851	1 (Marca B)	5.29	5.67	Lum 19 Tipo: Fluore
-0.58	2.698	1 (Marca B)	5.21	5.40	Lum 20 Tipo: Fluore
10.65	1.19	12 (Marca M)	17.22	17.50	Lum 21 Tipo: Fluore
68.8	70.37	70 (Marca N)	46.26	46.92	Lum 22 Tipo: Halog
33.878	35.08	36 (Marca C)	46.36	46.77	Lum 23 Tipo: Halog

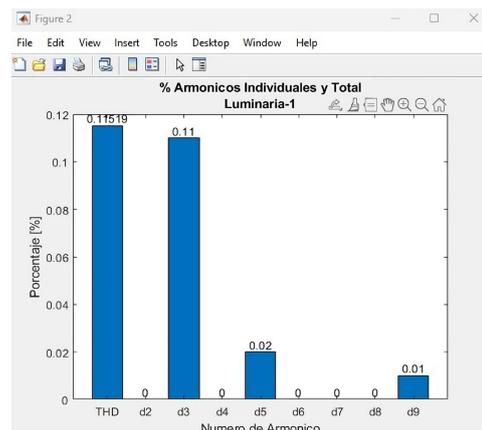
3.3. Análisis del cumplimiento de los niveles de distorsión armónica obtenidos, con los establecidos por la norma IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20.

En la figura 3.1 podemos observar que la luminaria 1 cumple con la normativa IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20 ya que el tercer armónico no supera el 86 % y el quinto armónico no es mayor al 61 % del valor de corriente armónico.

Por otra parte el THDV también cumple con las 2 normativas mencionadas anteriormente ya que el valor individual de distorsión armónica de la luminaria no sobrepasa el 5.0 % y el valor total el THD no es superior al 8.0 % .



(a) Valor Porcentual THDI.

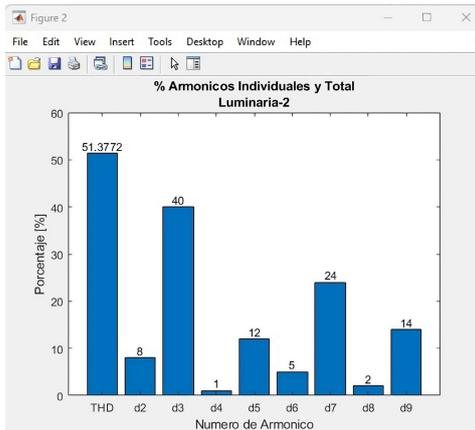


(b) Valor Porcentual THDV.

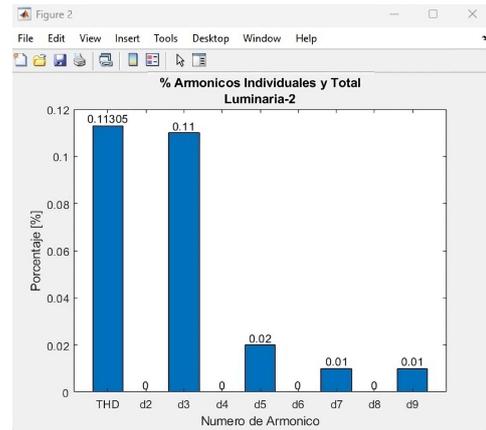
Figura 3.1: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 1.

En la figura 3.2 podemos observar que la luminaria 2 cumple con la normativa IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20 ya que el tercer armónico no supera el 86 % y el quinto armónico es menor al 61 % del valor de corriente armónico.

Por otra parte el THDV también cumple con las 2 normativas ya que el valor individual de distorsión armónica de la luminaria no sobrepasa el 5.0 % y el valor total el THD no es superior al 8.0 %.



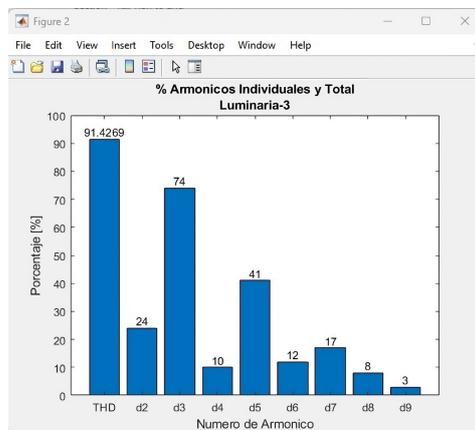
(a) Valor Porcentual THDI.



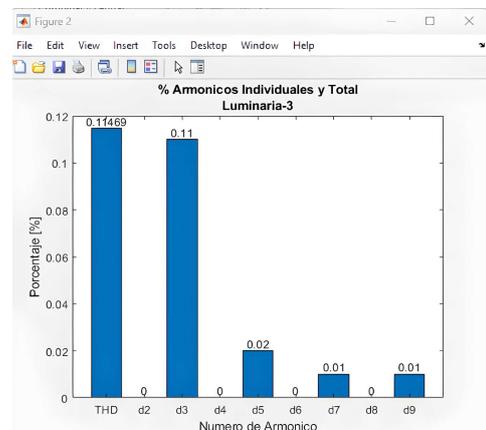
(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.2: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 2.

En la figura 3.3 observamos que la luminaria 3 cumple con la normativa IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20 ya que el tercer armónico no supera el 86 % y el quinto es menor al 61 % del valor THDI. Por otra parte el THDV también cumple con las normativas.



(a) Valor Porcentual THDI.

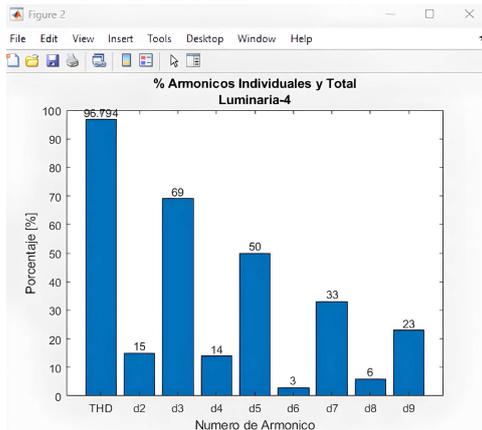


(b) Valor Porcentual THDV.

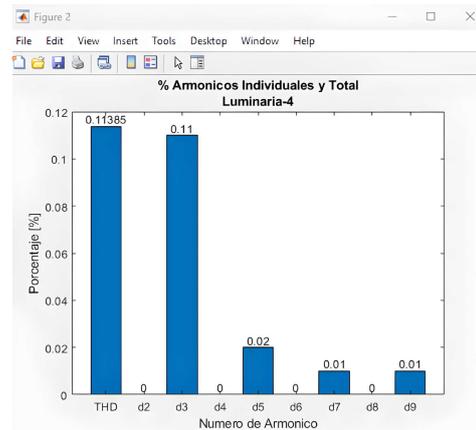
Figura 3.3: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 3.

En la figura 3.4 y 3.5 se puede apreciar que la luminaria 4 cumple con la normativa IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20. tanto el THDI, y el THDV.

Por otra parte la luminaria 5 posee un valor de THDI que no cumple con el rango permitido por las normativas, mientras que el valor del THDV si cumple con los valores establecidos, ya que su valor de distorsión armónica individual está por debajo del 5.0 % y el valor THD está por debajo del 8.0 %.

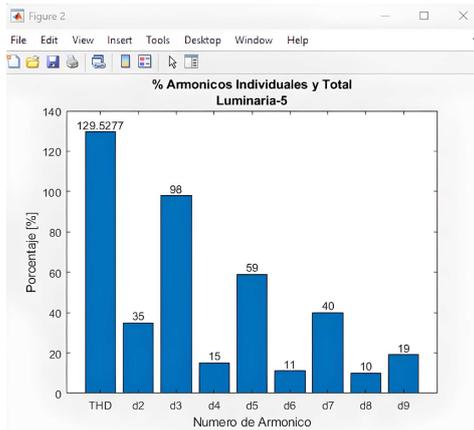


(a) Valor Porcentual THDI.

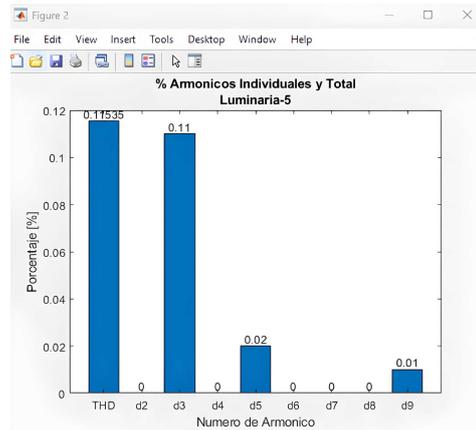


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.4: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 4.



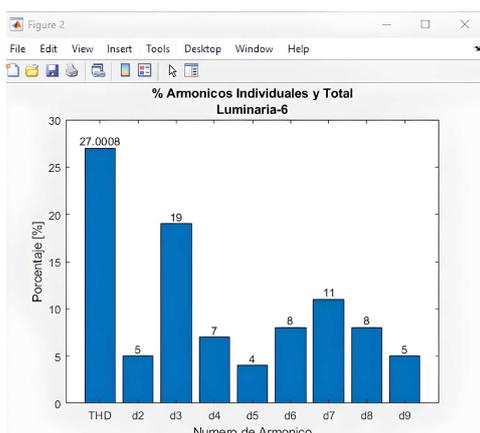
(a) Valor Porcentual THDI.



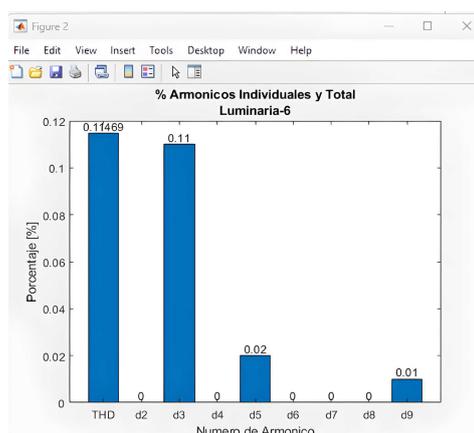
(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.5: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 5.

En la figura 3.6 y 3.7 se puede apreciar que la luminaria 6 y 7 cumple con la normativa IEEE-519-214,y la Regulación ARCERNR 002 - 20. tanto el THDI, y el THDV.

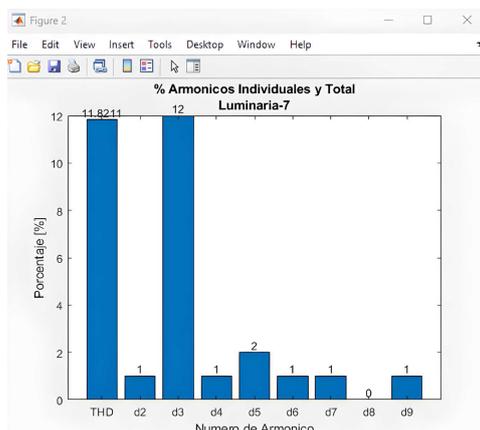


(a) Valor Porcentual THDI.

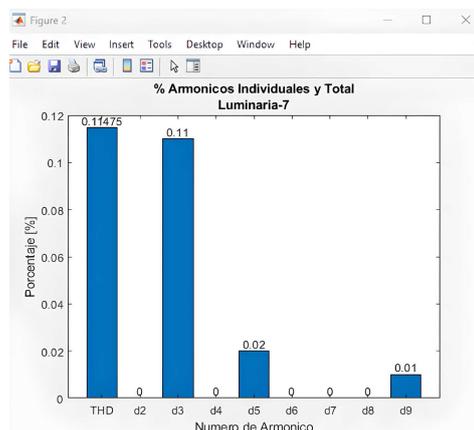


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.6: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 6.



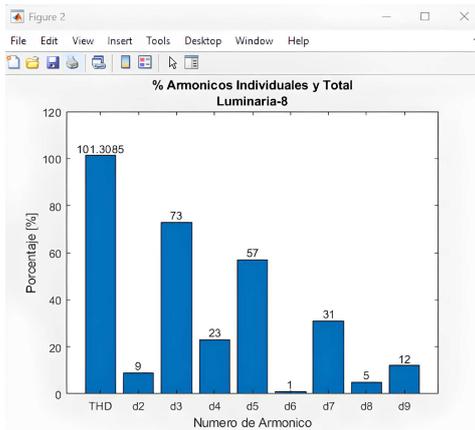
(a) Valor Porcentual THDI.



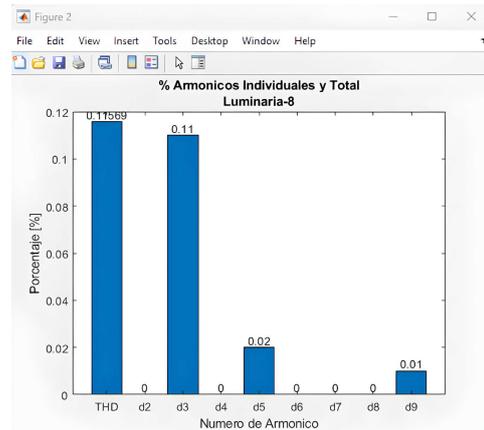
(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.7: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 7.

En la figura 3.8 y 3.9 se puede apreciar que la luminaria 8 y 9 cumple con la normativa IEEE-519-214,y la Regulación ARCENNR 002 - 20. tanto el THDI, y el THDV.

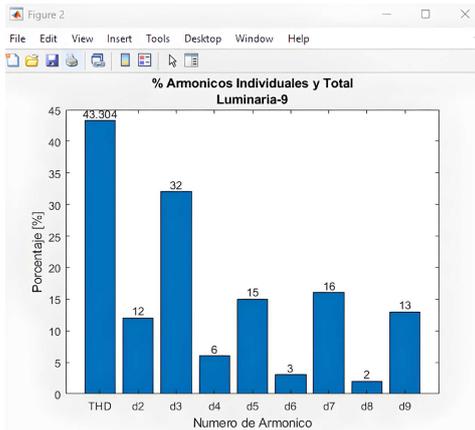


(a) Valor Porcentual THDI.

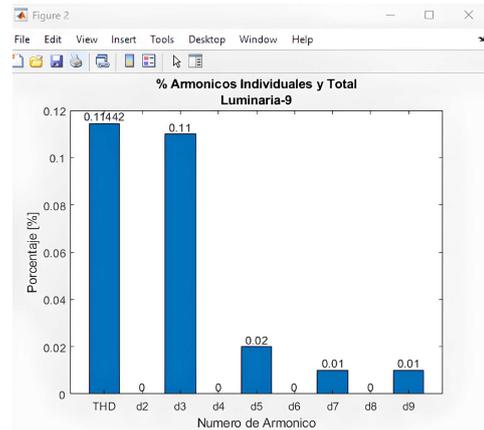


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.8: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 8.



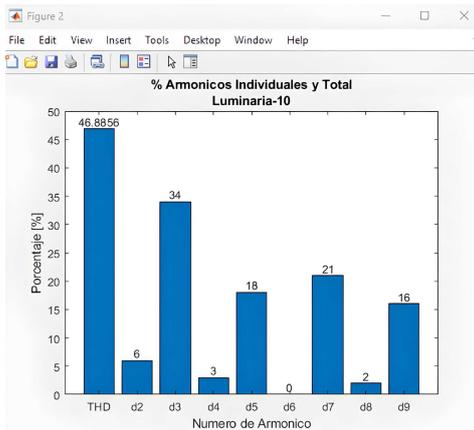
(a) Valor Porcentual THDI.



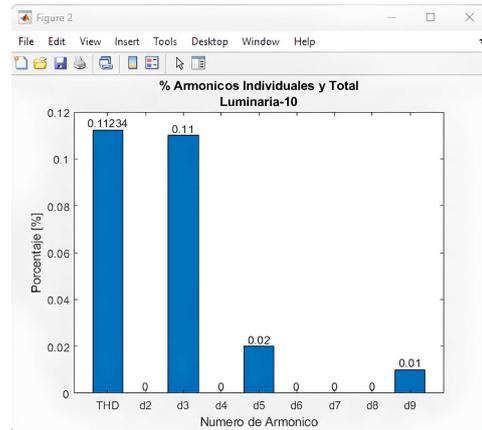
(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.9: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 9.

En la figura 3.10 y 3.12 se puede apreciar que la luminaria 10 y 11 cumple con la normativa IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20. Su valor de THDI del tercer armónico no es mayor al 86% y el quinto armónico posee un valor no superior al 61% y el THDV por su parte posee un factor de distorsión armónica individual menor al 5.0%, mientras que el THD total es menor al 8.0% tal como especifica en las normativas es decir que las 2 normativas contemplan los mismos rangos de distorsión armónica.

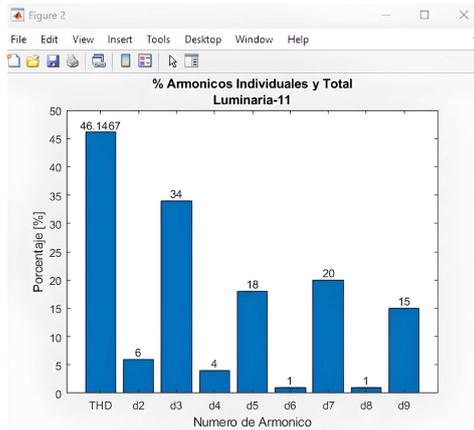


(a) Valor Porcentual THDI.

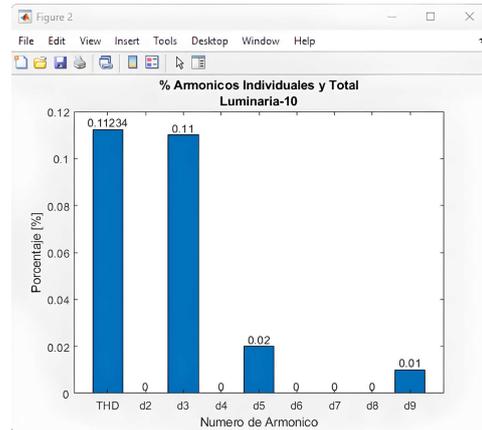


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.10: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 10.



(a) Valor Porcentual THDI.

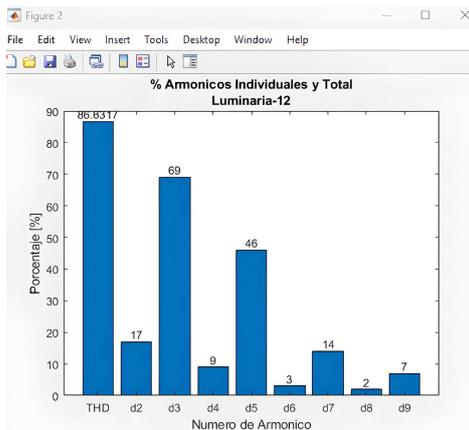


(b) Valor Porcentual THDV.

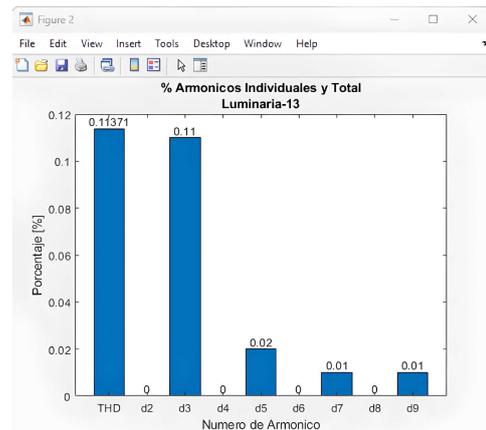
Figura 3.11: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 11.

En la figura 3.12 y 3.13 se puede observar que la luminaria 12 y 13 cumple con la normativa IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNR 002 - 20. Recordemos que las 2 normativas coinciden al establecer sus rangos tanto en el THDI y THDV, su valor de THDI del tercer armónico no es mayor al 86% y el quinto armónico tiene un valor menor al 61% y el THDV por su parte contiene un factor de distorsión armónica individual menor al 5.0%, mientras que el THD total es menor al 8.0%.

Por tanto, estas 2 luminarias al cumplir con los rangos establecidos son muy aptas para el uso en iluminación de interiores contemplando la correcta iluminación de distintos ambientes del hogar.

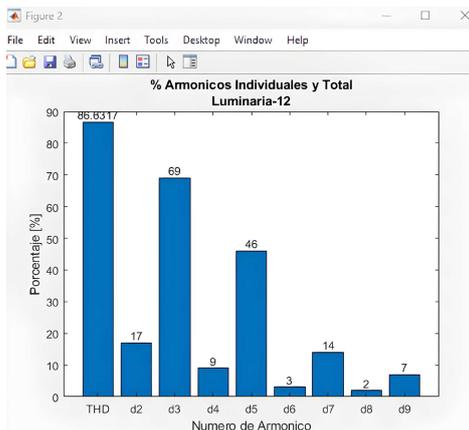


(a) Valor Porcentual THDI.

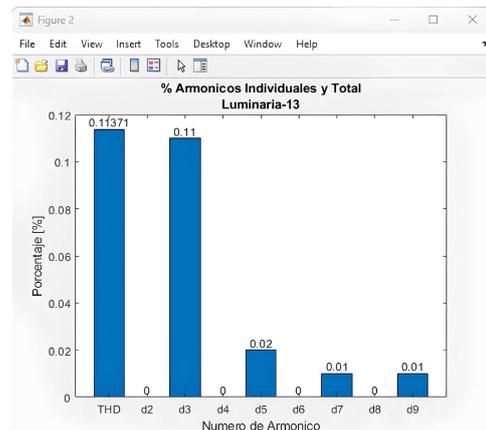


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.12: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 12.



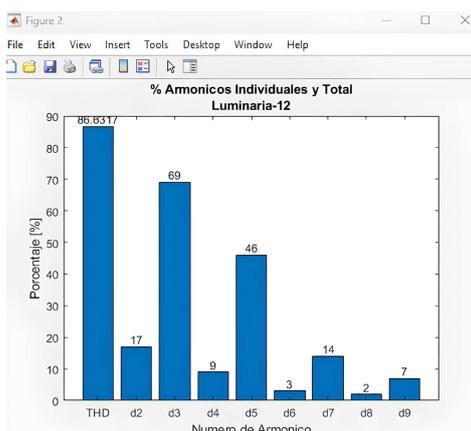
(a) Valor Porcentual THDI.



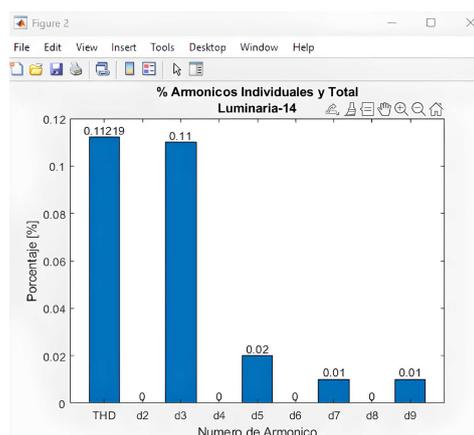
(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.13: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 13.

A continuación en la figura 3.14 y 3.16 se observa que la luminaria 14y 15 si cumple con la normativa IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNR 002 - 20. Su valor de THDI del tercer armónico no supera el 86 % y el quinto armónico tiene un valor menor al 61 % y el THDV contiene un factor de distorsión armónica individual menor al 5.0 %, mientras que el THD total es menor al 8.0 %.

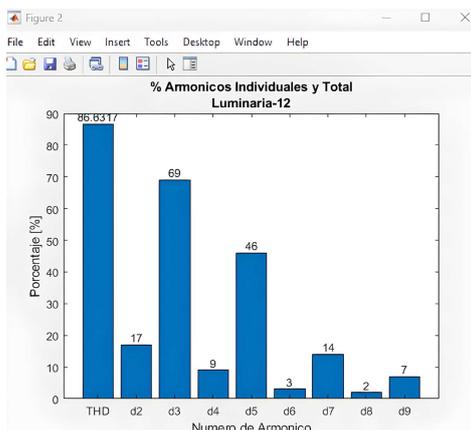


(a) Valor Porcentual THDI.

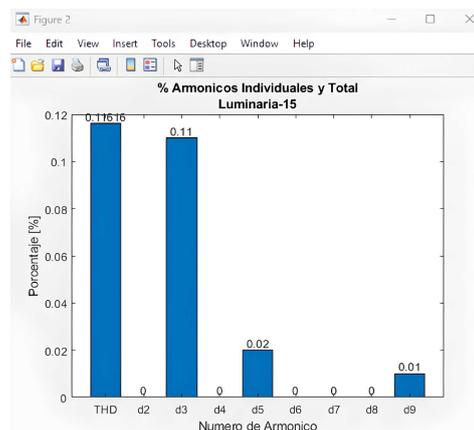


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.14: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 14.



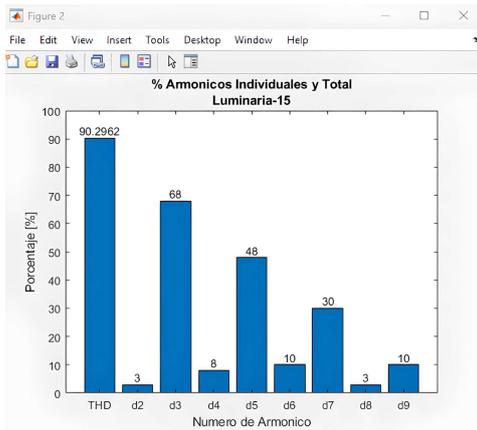
(a) Valor Porcentual THDI.



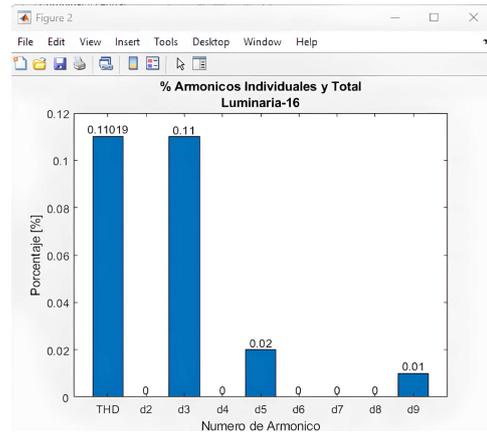
(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.15: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 15.

En la figura 3.16 y 3.17 se puede observar que la luminaria 16 y 17 cumple con las 2 normativas IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20. El THDI del tercer armónico no supera el 86% y el quinto armónico tiene un valor menor al 61% y el THDV por su parte contiene un factor de distorsión armónica individual menor al 5.0%, mientras que el THD total es menor al 8.0%.

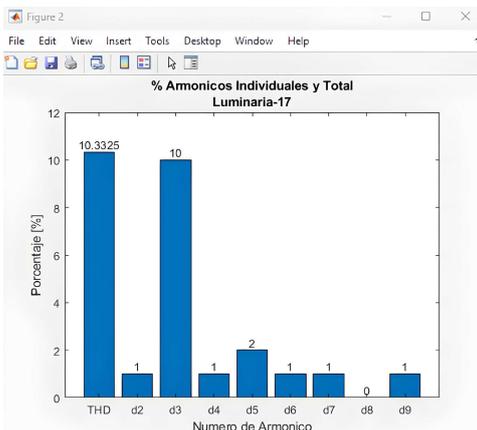


(a) Valor Porcentual THDI.

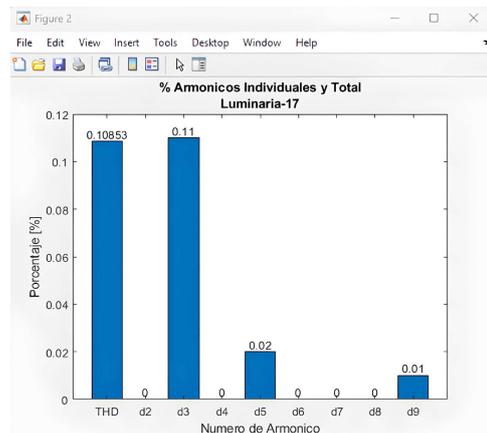


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.16: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 16.



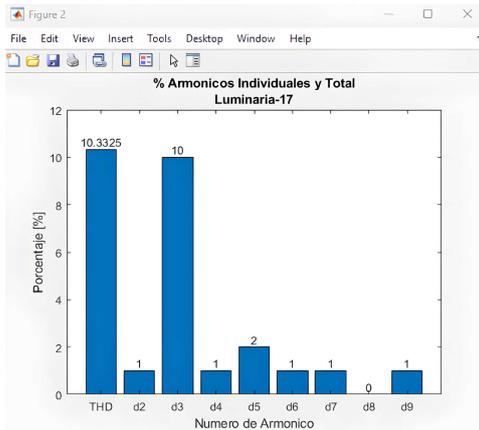
(a) Valor Porcentual THDI.



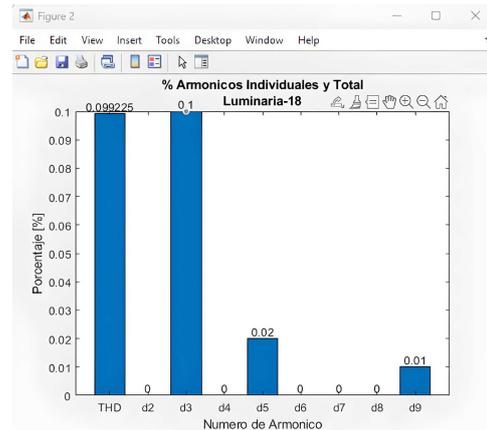
(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.17: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 17.

A continuación, en la figura 3.18 y 3.19 se puede observar que la luminaria 18 y 19 si cumple con las 2 normativas IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNR 002 - 20. El THDI del tercer armónico no supera el 86% y por su parte el quinto armónico tiene un valor menor al 61% y el THDV por su parte también cumple con las normativas ya que contiene un factor de distorsión armónica individual menor al 5.0%, y el THD total es menor al 8.0% .

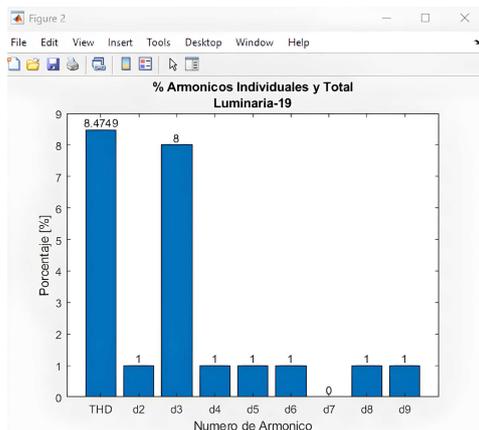


(a) Valor Porcentual THDI.

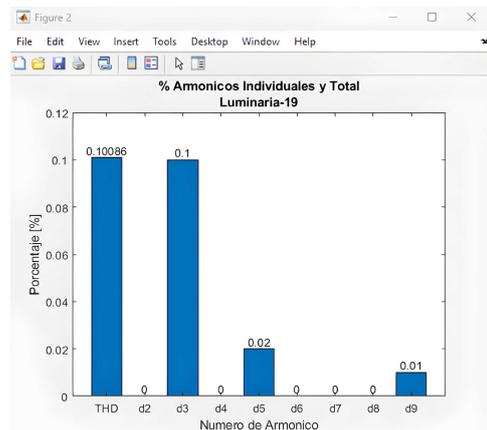


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.18: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 18.



(a) Valor Porcentual THDI.

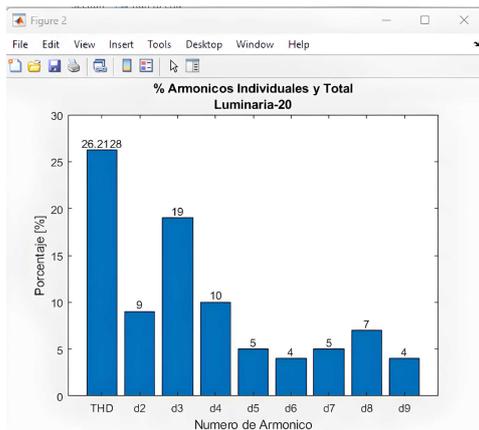


(b) Valor Porcentual THDV.

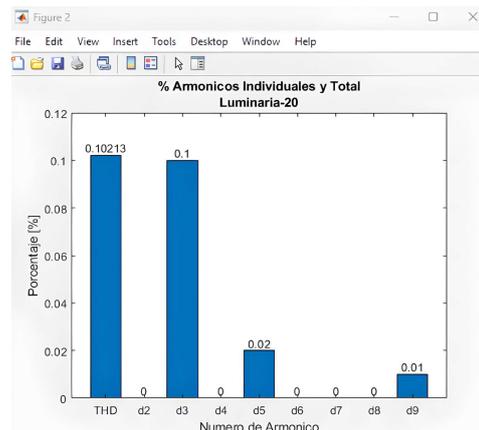
Figura 3.19: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 19.

A continuación, en la figura 3.20 y 3.21 se puede observar que la luminaria 20 y 21 cumplen con las 2 normativas IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20.

El THDI del tercer armónico para este caso no supera el 86% y por su parte el quinto armónico contiene un valor menor al 61% y el THDV por su parte también cumple con las normativas ya que posee un factor de distorsión armónica individual menor al 5.0%, y el THD total es menor al 8.0%.

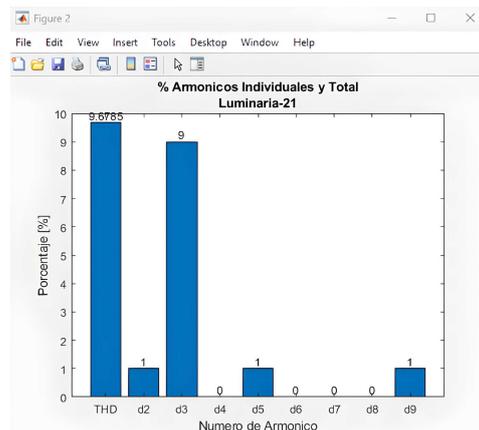


(a) Valor Porcentual THDI.

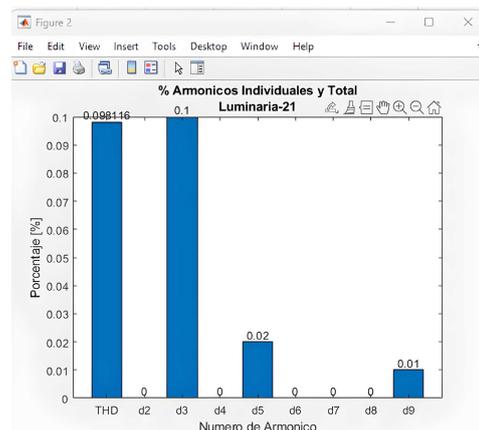


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.20: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 20.



(a) Valor Porcentual THDI.

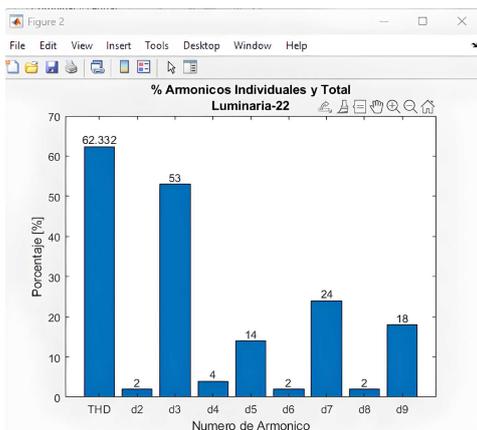


(b) Valor Porcentual THDV.

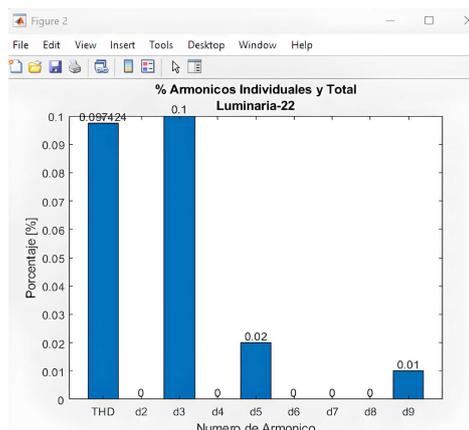
Figura 3.21: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 21.

Finalmente en la figura 3.22 y 3.23 se puede observar que la luminaria 22 y 23 cumplen con las 2 normativas IEEE-519-214, y la Regulación ARCERNNR 002 - 20.

El THDI del tercer armónico para este caso no supera el 86% y por su parte el quinto armónico contiene un valor menor al 61% y el THDV por su parte también cumple con las normativas ya que posee un factor de distorsión armónica individual menor al 5.0%, y el THD total es menor al 8.0%.

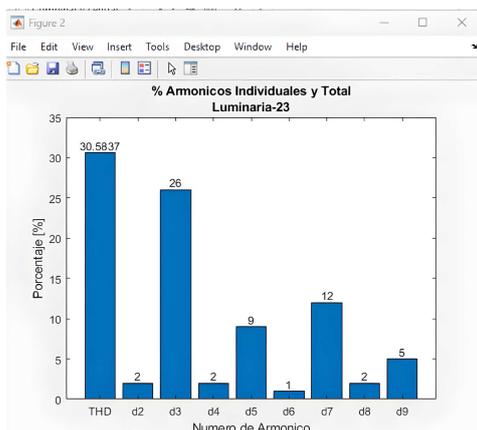


(a) Valor Porcentual THDI.

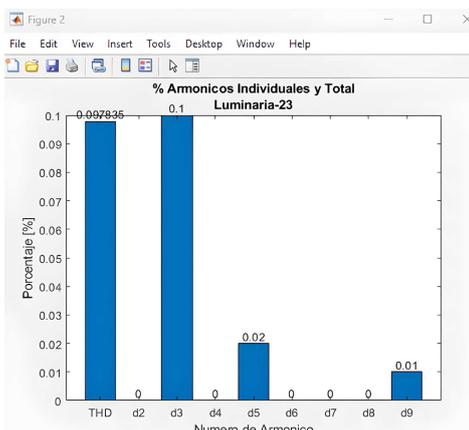


(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.22: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 22.



(a) Valor Porcentual THDI.



(b) Valor Porcentual THDV.

Figura 3.23: Diagrama de Barras de valor porcentual armónico: THDI, THDV de la luminaria 23.

3.4. Análisis del cumplimiento de los niveles de iluminación con los establecidos en la norma UNE 12464-1.

- En esta parte podemos analizar que las luminarias no cumple con los rangos establecidos por la normativa anteriormente mencionada, esto debido a que las luminarias de interior de baja potencia posee valores de iluminancia por muy debajo de los valores que establece la misma.
- La normativa UNE 1264-1 establece valores de iluminancia de 200 luxes en adelante para cada

ambiente o zona determinada, lo cual ninguna de nuestras luminarias de interior cumple en los 3 casos:

- Luminarias 100 % nuevas.
 - Luminarias con 15 días de uso.
 - Luminarias con 25 días de uso.
- Por otra parte analizamos el índice de capacidad de deslumbramiento CUDL, para lo cual la norma establece que las luminarias deben tener un valor de entre 19 a 25, para lo cual ninguna de las 23 luminarias cumple con esta condición.

Finalmente analizamos el índice de reproducción de color Ra, para lo cual la normativa establece que las luminarias deben tener un valor de 80.

Básicamente el 9% de las luminarias cumplen con este parámetro fotométrico las mismas que serán mencionadas a continuación.

Las luminarias que cumplen con la normativa son las siguientes:

Luminarias: 3,8,10,12,14,15,16,17,21.

Estas luminarias cumplen la normativa en las 3 mediciones realizadas.

Capítulo 4

CAPITULO 4: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, DISCUSIÓN, ANEXOS.

4.1. CONCLUSIONES

- Las mediciones que se realiza con el Osciloscopio y el Analizador de redes fluke, muestran resultados diferentes, esto debido a la calibración de los mecanismos, el resultado más confiable se puede apreciar con el osciloscopio esto debido a la confiabilidad del mismo mecanismo, para la modelación de los armónicos a través de los datos obtenidos por el osciloscopio, es necesario utilizar el software MATLAB.
- Las luminarias: numero 15 de tipo Led de Marca F con una potencia de 4W, numero 16 de tipo Incandescente de Marca J con una potencia de 50W, numero 18 de tipo Fluorescente con una potencia de 50W, numero 19 de tipo Fluorescente con una potencia de 50W, y la numero 21 de tipo Fluorescente con una potencia de 110W, poseen un nivel de THDI muy alto ya que su tercer armónico supera el 86% y su quinto armónico es mayor al 61% de los rangos establecidos por las normativas IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNNR 002-20, siendo el tercer armónico el más peligroso de tal forma que no es recomendable usar este tipo de luminarias ya que puede causar daños a la red y equipos.

- Las mediciones de los armónicos con el analizador de redes Fluke, en los intervalos de 1 minuto y 5 minutos, nos muestran resultados similares, pero en el tiempo de 10 minutos los resultados varían esto es debido al tiempo de utilización, los armónicos que las luminarias producen en tiempos mayores a 10 minutos son notorios, esto debido a que su forma de Onda se distorsiona más en comparación con la medición de las luminarias 100 % nuevas.
 - Los parámetros lumínicos de las luminarias analizadas son diferentes entre ellas debido a su marca y condición de análisis, para ello se utilizó la esfera de ulbrich, entre las luminarias de 9 w la más confiable es de la marca B, presenta una mayor eficiencia lumínica y el flujo luminoso es mayor, para mayor durabilidad hay que dar el uso correcto, esto debido a que esta luminaria sobresalió en todas las mediciones que se realizó en el laboratorio.
 - En la tabla 2.11 se observa que en el caso de la luminaria 1 de Marca A y con una potencia de 9W y la luminaria 2 de Marca B con una potencia de 9W al medir en el laboratorio la eficiencia, sobrepasan el valor del fabricante, esto debido a que al realizar las mediciones en la esfera de ulbricht hay que tomar en cuenta que es una superficie muy cerrada por ende existe mayor concentración de luz, pues el fabricante ha realizado pruebas de medición en un ambiente abierto donde existe la presencia de luz natural.
 - Para obtener resultados lumínicos favorables es necesario tener en cuenta la calibración y configuración de los mecanismos de medición, también es importante la instalación y la ubicación de la luminaria a medir. En la iluminación de interiores es recomendable utilizar luminarias con IRC >a 80, esto con la finalidad de presentar mayor confiabilidad y confort al cliente.
 - La luminaria 3 de Tipo Led de marca C con una potencia de 4w no cumple con el valor de eficiencia que establece su fabricante, ya que al medir su valor se obtiene un valor de 57.91 % y el valor preestablecido es de 110 %, por lo tanto nose recomienda usar este tipo de luminaria para la Iluminación de interiores, esto debido a que podria causar daños a la red, como se puede observar en la tabla
- 3.3
- Los armónicos tienen ciertas injerencias en la calidad del servicio eléctrico, las causas más comunes son el deterioro en los aislantes que cubren el conductor, calentamiento del conductor y en conse-

cuencia reducción del nivel de energía. Los armónicos reducen la calidad de la energía, los armónicos son provocados por sistemas electrónicos que poseen cargas no lineales, un edificio o una instalación residencial pueden soportar cargas no lineales de hasta un 15 por ciento del total de la carga del sistema eléctrico sin problema alguno, pero si estas son excedidas entonces empezaran aparecer los problemas, esto debido a que los armónicos son el principal factor que causa distorsiones en la red provocando un rápido deterioro y daños graves de algunos equipos que se encuentran conectados a la red.

- Es necesario que los aparatos electrónicos siempre permanezcan desconectados si no están en uso, al momento de estar apagado y conectados a la red no es para nada insignificante el consumo de potencia que tienen aquellos dispositivos, esto provoca un incremento en la planilla por ende requiere que las centrales generadoras se robustezcan en el tema de máquinas de generación para abastecer la demanda, llevando consigo a contaminar el ambiente por el desecho de máquinas que en ciertos casos se vuelven obsoletos.

4.2. RECOMENDACIONES

- Dependiendo de la aplicación que se requiera dentro de iluminación para interiores, se recomienda utilizar luminarias de baja potencia menores a 9W pero que tengan un IRC >80 , flujo luminoso >250 lm, todo esto con el fin de reducir gastos influyentes en la planilla eléctrica y a su vez cumplir con los niveles de iluminación establecidos por la normativa UNE 12464-1.
- Es recomendable utilizar luminarias con potencia menores a 20W, esto debido a que las mismas contienen un nivel de armónicos bajo como establece la normativa IEEE-519-214 y la Regulación Ecuatoriana ARCERNR 002-20.
- Se puede recomendar que al tratar temas que involucren la utilización de equipos como: Esfera de Ulbricht, Radio Espectrómetro, y analizador de redes, se debe tomar en cuenta que es necesario una correcta calibración y configuración de los equipos sobre todo al manipular el instrumento espectrómetro, el cual refleja los más importantes parámetros de cada luminaria, una mala calibración podría alterar notoriamente los resultados finales.

- Las mediciones ha sido realizado dentro del laboratorio del campus Universitario con un fin investigativo, se trabajó con equipos e instrumentos de poca precisión, se recomienda revisar fichas técnicas del fabricante en el caso de que se requiera conocer datos precisos de magnitudes fotométricas de cada marca.

4.3. ANEXOS



Figura 4.1: Clasificación y Categorización de las Luminarias.



Figura 4.2: Medición de la Distorsión Armónica mediante el Analizador de Redes.



Figura 4.3: Conexión y Habilitación de la Esfera.



Figura 4.4: Medición de las distintas variables fotométricas de las luminarias.



Figura 4.5: Medición de la Luminancia y Iluminancia.

Cuadro 4.1: Algoritmo 1

Algoritmo 1. Calculo THDi y THDv

```
LUM = input('Luminariaingresada :');  
LUM = "Luminaria" + " - " + string(LUM);  
holdon  
x = xlsread('Armonico22.xlsx',' A1 : A10000');  
y = xlsread('Armonico22.xlsx',' B1 : B10000');
```

Continued on next page

Cuadro 4.1: Algoritmo 1 (Continued)

```
title(['Graficaoriginalconfourier', LUM]);  
  
xlabel('tiempo');  
  
ylabel('Amplitud');  
  
plot(x, y, 'B');  
  
grid on;  
  
P = 1/60;  
  
C = xlsread('Armonico22.xlsx', 'B1 : B10000');  
  
C = C';  
  
Cuad = C .* C;  
  
  
  
C1 = C(1703 : 3377);  
  
C2 = C(1704 : 3378);  
  
C3 = x(1703 : 3377)';  
  
C4 = x(1704 : 3378)';  
  
altura_promedio = (C1 + C2);  
  
tiempo_promedio = (C4 - C3);  
  
area = (tiempo_promedio .* (altura_promedio))/2;  
  
A = sum(area);  
  
a0 = A/P;  
  
t = xlsread('Armonico22.xlsx', 'A1703 : A3377');  
  
t = t';  
  
sen1w0 = sin(2 * pi * 60 * t);  
  
cos1w0 = cos(2 * pi * 60 * t);
```

Continued on next page

Cuadro 4.1: Algoritmo 1 (Continued)

$$\text{sen}2w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 2 * t);$$

$$\text{cos}2w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 2 * t);$$

$$\text{sen}3w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 3 * t);$$

$$\text{cos}3w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 3 * t);$$

$$\text{sen}4w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 4 * t);$$

$$\text{cos}4w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 4 * t);$$

$$\text{sen}5w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 5 * t);$$

$$\text{cos}5w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 5 * t);$$

$$\text{sen}6w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 6 * t);$$

$$\text{cos}6w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 6 * t);$$

$$\text{sen}7w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 7 * t);$$

$$\text{cos}7w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 7 * t);$$

$$\text{sen}8w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 8 * t);$$

$$\text{cos}8w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 8 * t);$$

$$\text{sen}9w0 = \sin(2 * \pi * 60 * 9 * t);$$

$$\text{cos}9w0 = \cos(2 * \pi * 60 * 9 * t);$$

$$\text{prod}_a1 = \text{area.} * \text{sen}1w0;$$

$$\text{prod}_b1 = \text{area.} * \text{cos}1w0;$$

$$\text{prod}_a2 = \text{area.} * \text{sen}2w0;$$

$$\text{prod}_b2 = \text{area.} * \text{cos}2w0;$$

$$\text{prod}_a3 = \text{area.} * \text{sen}3w0;$$

$$\text{prod}_b3 = \text{area.} * \text{cos}3w0;$$

Continued on next page

Cuadro 4.1: Algoritmo 1 (Continued)

$$prod_a4 = area. * sen4w0;$$

$$prod_b4 = area. * cos4w0;$$

$$prod_a5 = area. * sen5w0;$$

$$prod_b5 = area. * cos5w0;$$

$$prod_a6 = area. * sen6w0;$$

$$prod_b6 = area. * cos6w0;$$

$$prod_a7 = area. * sen7w0;$$

$$prod_b7 = area. * cos7w0;$$

$$prod_a8 = area. * sen8w0;$$

$$prod_b8 = area. * cos8w0;$$

$$prod_a9 = area. * sen9w0;$$

$$prod_b9 = area. * cos9w0;$$

$$a1 = 2 * sum(prod_a1)/P;$$

$$b1 = 2 * sum(prod_b1)/P;$$

$$a2 = 2 * sum(prod_a2)/P;$$

$$b2 = 2 * sum(prod_b2)/P;$$

$$a3 = 2 * sum(prod_a3)/P;$$

$$b3 = 2 * sum(prod_b3)/P;$$

$$a4 = 2 * sum(prod_a4)/P;$$

$$b4 = 2 * sum(prod_b4)/P;$$

$$a5 = 2 * sum(prod_a5)/P;$$

$$b5 = 2 * sum(prod_b5)/P;$$

Continued on next page

Cuadro 4.1: Algoritmo 1 (Continued)

```

a6 = 2 * sum(prod_a6)/P;

b6 = 2 * sum(prod_b6)/P;

a7 = 2 * sum(prod_a7)/P;

b7 = 2 * sum(prod_b7)/P;

a8 = 2 * sum(prod_a8)/P;

b8 = 2 * sum(prod_b8)/P;

a9 = 2 * sum(prod_a9)/P;

b9 = 2 * sum(prod_b9)/P;

a0 = a0/2;

ar1 = a1 * sin(2 * pi * 60 * t) + b1 * cos(2 * pi * 60 * t);

ar2 = a2 * sin(2 * pi * 60 * 2 * t) + b2 * cos(2 * pi * 60 * 2 * t);

ar3 = a3 * sin(2 * pi * 60 * 3 * t) + b3 * cos(2 * pi * 60 * 3 * t);

ar4 = a4 * sin(2 * pi * 60 * 4 * t) + b4 * cos(2 * pi * 60 * 4 * t);

ar5 = a5 * sin(2 * pi * 60 * 5 * t) + b5 * cos(2 * pi * 60 * 5 * t);

ar6 = a6 * sin(2 * pi * 60 * 6 * t) + b6 * cos(2 * pi * 60 * 6 * t);

ar7 = a7 * sin(2 * pi * 60 * 7 * t) + b7 * cos(2 * pi * 60 * 7 * t);

ar8 = a8 * sin(2 * pi * 60 * 8 * t) + b8 * cos(2 * pi * 60 * 8 * t);

ar9 = a9 * sin(2 * pi * 60 * 9 * t) + b9 * cos(2 * pi * 60 * 9 * t);

C_fourier = a0 + ar1 + ar2 + ar3 + ar4 + ar5 + ar6 + ar7 + ar8 + ar9;

plot(t, C_fourier, 'r');

legend('Original', 'Fourier')

Vrms1 = max(ar1)/sqrt(2);

```

Continued on next page

Cuadro 4.1: Algoritmo 1 (Continued)

```

Vrms2 = max(ar2)/sqrt(2);

Vrms3 = max(ar3)/sqrt(2);

Vrms4 = max(ar4)/sqrt(2);

Vrms5 = max(ar5)/sqrt(2);

Vrms6 = max(ar6)/sqrt(2);

Vrms7 = max(ar7)/sqrt(2);

Vrms8 = max(ar8)/sqrt(2);

Vrms9 = max(ar9)/sqrt(2);

sumat = (Vrms2)2 + (Vrms3)2 + (Vrms4)2 + (Vrms5)2 +
(Vrms6)2 + (Vrms7)2 + (Vrms8)2 + (Vrms9)2;

RMS = sqrt((Vrms1)2 + (Vrms2)2 + (Vrms3)2 + (Vrms4)2 +
(Vrms5)2 + (Vrms6)2 + (Vrms7)2 + (Vrms8)2 + (Vrms9)2);

THD = (sqrt(sumat)/(Vrms1)) * 100;

disp('ElvalorTHDes :');

THD

RMS

Vol = [Vrms2; Vrms3; Vrms4; Vrms5; Vrms6; Vrms7; Vrms8; Vrms9]

for i = 1 : length(Vol)

d(:, i) = round((Vol(i)/Vrms1), 2) * 100;

n(:, i) = "d" + (i + 1);

end

figure

```

Continued on next page

Cuadro 4.1: Algoritmo 1 (Continued)

d = [*dTHD*];

n = [*n*"*THD*"]

n = *categorical*(*n*);

b = *bar*(*n*, *d*)

title('ArmonicosIndividualesyTotal', *LUM*)

xlabel('NumerodeArmonico')

ylabel('Porcentaje[]')

xtips2 = *b.XEndPoint*s;

ytips2 = *b.YEndPoint*s;

labels2 = *string*(*b.YData*);

text(*xtips2*, *ytips2*, *labels2*, 'HorizontalAlignment', 'center', ...

Bibliografía

- [1] T. 064, “Cable matic,” *Cable Matic Store and advisory*, pp. 1–3, 2019.
- [2] HOPOOCOLOR, “Radio espectrometro hopo - ohsp350i,” *HOPOOCOLOR Store and advisory*, pp. 1–2, 2020.
- [3] J. G. Matute Heredia and L. M. Ayala Pérez, “Análisis del efecto que producen los armónicos en la red eléctrica generados por distintas cargas lumínicas tipo led usados para interiores,” B.S. thesis, 2021.
- [4] A. F. B. Franco, L. A. N. Vega, W. M. G. Ramírez *et al.*, “Análisis de distorsión armónica en iluminación led,” *Revista vínculos*, vol. 14, no. 2, pp. 95–107, 2017.
- [5] S. Thuta and T. Motors, “International standard iec 61000-3-2,” *International Electrotechnical Commission Suiza-Geneva*, pp. 1–69, 2014.
- [6] A. de Regulación y Control de Energía Recursos no Renovables, “Regulación no arcernnr 002-2020,” *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables*, pp. 9–11, 2020.
- [7] D. 2002/91/CE, “Norma une12464.1,” *Union Europea y Parlamento de Eficiencia Energetica*, pp. 9–11, 2020.
- [8] C. Solivárez, “Análisis de un objeto tecnológico: lámpara eléctrica incandescente,” *Recuperado de https://cyt-ar.com.ar/cytar/images/c/c7/L%20C3%A1mpara_el%20C3%A9ctrica_-_an%20C3%A1lisis.pdf*.
- [9] Y. F. Pinargote Menéndez and C. E. Castro Morejón, “Estudio de armónicos producidos por la

iluminación tipo fluorescente y led en un aula del bloque b de la universidad politécnica salesiana sede guayaquil.” B.S. thesis, 2018.

- [10] A. F. B. Franco, L. A. N. Vega, W. M. G. Ramírez *et al.*, “Análisis de distorsión armónica en iluminación led,” *Revista vínculos*, vol. 14, no. 2, pp. 95–107, 2017.
- [11] C. A. Rincón Triana, J. A. Muñoz Romero *et al.*, “Análisis de distorsión armónica aplicado a dos tipos de drivers dimerizables para luminarias led.”
- [12] J. L. López, J. Á. Ley, and A. Bassam, “Eficiencia energética en luminarias: Estudio de caso,” *Ingeniería*, vol. 21, no. 3, pp. 1–12, 2017.
- [13] R. O. De La Bastida Chiza, “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y análisis de estabilidad de flujo luminoso para ensayos en esfera de ulbricht del laboratorio de luminotecnia del iner,” B.S. thesis, Quito, 2018., 2018.
- [14] C. E. Parapi Patiño, “Elaboración de un manual de procedimiento para medir el flujo lumínico en lámparas fluorescentes compactas,” 2018.
- [15] A. F. B. Franco, L. A. N. Vega, W. M. G. Ramírez *et al.*, “Análisis de distorsión armónica en iluminación led,” *Revista vínculos*, vol. 14, no. 2, pp. 95–107, 2017.
- [16] B. M. O’Donell, J. D. Sandoval, and F. Paukste, “10. lámpara de halogenuros metálicos.”
- [17] V. Blanca Giménez, N. Castilla Cabanes, A. Martínez Antón, and R. M. Pastor Villa, “Luminotecnia: Magnitudes fotométricas básicas. unidades de medida,” 2011.
- [18] . Kommerling, “Esfera de ulbricht hopoo - ohsp350i,” *HOPOOCOLOR Store*, pp. 1–2, 2020.