

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“EVALUACIÓN ENERGÉTICA-ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS
DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE CUENCA.”**

Tesis Previa a la Obtención del

Título De Ingeniero Eléctrico

AUTORES:

JUAN SEBASTIÁN GUAMÁN HERRERA

DIEGO PATRICIO PEÑA BANEGAS

DIRECTOR:

ING. HERNANDO MERCHÁN MANZANO

TUTORES:

ING. SANTIAGO MACHADO SOLÍS

ING. SANTIAGO PULLA GALINDO

CUENCA – ECUADOR

2015



RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo analizar y evaluar los sistemas de iluminación residencial con los que cuenta los hogares ubicados dentro del sector urbano del cantón Cuenca. Se analizará parámetros de calidad de iluminación. Así también se busca recomendar la implementación de nuevas tecnologías que tengan mejores cualidades de consumo energético y prestaciones de servicio.

En el primer capítulo se presentan las características y aspectos técnicos de la luz, además los tipos y métodos de iluminación. En el capítulo dos se describe los principales sistemas de iluminación residencial. En el capítulo tres se establece la metodología que se utiliza en la investigación. El proceso para realizar levantamientos de información es el de elaborar encuestas y realizar mediciones utilizando datos actualizados hasta el mes de septiembre de 2014, las encuestas están separadas en dos partes, la primera, consulta temas generales como preferencias por cierto tipo de iluminación o niveles de aceptación al cambio de tecnología. La segunda encuesta es asistida y realizada en el domicilio puesto que los temas consultados son de carácter técnico. De modo paralelo se toman medidas de niveles de iluminación en algunos ambientes de los hogares que accedieron al estudio. En el capítulo cuatro, se presenta toda la información recopilada, con sus respectivos análisis y evaluaciones. En el capítulo cinco se presentan las alternativas tecnológicas que existen actualmente para iluminar el sector residencial, además se realizan las comparaciones entre tecnologías dentro de diferentes ámbitos como calidad de iluminación, costos, eficiencia energética y la contaminación que generan. Finalmente en el capítulo seis se emiten conclusiones y recomendaciones.

Palabras claves: Iluminación Residencial, Ciudad de Cuenca, CENTROSUR.



ABSTRACT

The present thesis has as its objective to analyze and evaluate residential lighting systems installed in dwellings throughout the urban sector of Cuenca Canton. Quality and Illumination parameters are to be analyzed. It is also the objective to recommend the implementation of new technologies that have better attributes in the aspect of their energy consumption and the service they deliver.

In the first chapter, light characteristics and its technical aspects are presented as well as lighting types and methods. In chapter two the main residential lighting systems are described. In the third chapter the methodology used for research is established. The process to develop information studies, elaborate surveys and perform measurements using updated data up to the month of september of 2014, the surveys are organized in two parts, the first one, survey on general topics such a preference in certain type of lighting or levels of acceptance to changes in technology. The second one, performed and developed in the dwelling given that the surveyed topics are of technical purpose. At the same time, measurements were performed in different lighting environments in dwellings were studies were allowed. In the chapter four, all the gathered information is presented, with their corresponding analysis and evaluations. In the fifth chapter, present alternative technologies for lighting in the residential sector are presented along with comparisons among technologies within the different criteria such as lighting quality, costs, energy efficiency and pollution in general. Finally, chapter six provides conclusions and recommendations.

Key Words: Residential lighting, Cuenca City, CENTROSUR.



INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
INTRODUCCION	23
JUSTIFICACION	24
ALCANCE	25
METODOLOGIA	25
OBJETIVOS	26
OBJETIVOS ESPECIFICOS	26
CAPÍTULO I	28
GENERALIDADES DE LA ILUMINACIÓN	28
1.1 Introducción	28
1.2 Conceptos Básicos	28
1.2.1 Luz	29
1.2.2 Magnitudes luminosas Fundamentales	29
1.2.2.1 Flujo Luminoso	29
1.2.2.2 Rendimiento Luminoso	30
1.2.2.3 Vida útil o Vida Media	31
1.2.2.4 Cantidad de luz (Energía luminosa)	31
1.2.2.5 Intensidad Luminosa	32
1.2.2.6 Iluminancia o Iluminación	33
1.2.2.7 Luminancia	34
1.2.2.8 Leyes fundamentales de la luminotecnia	37
1.2.2.8.1 Ley de la inversa del cuadrado de la distancia	37
1.2.2.8.2 Ley del coseno	38
1.2.3 La visión del color	39
1.2.3.1 Rendimiento del color	39
1.2.3.2 Gráficos de distribución espectral	41
1.2.4 Aspectos implicados en el rendimiento visual	41
1.2.4.1 Iluminación	41



1.2.4.2	Contraste	42
1.2.4.3	Sombra	42
1.2.4.4	Deslumbramiento	43
1.2.4.5	Ambiente cromático	44
1.3	Lámparas y Luminarias	45
1.3.1	Lámparas	45
1.3.2	Luminarias	46
1.3.2.1	Clasificación según la radiación del flujo luminoso	47
1.3.2.2	Clasificación según el ángulo de apertura	49
1.4	Iluminación Residencial	50
1.4.1	Métodos de Iluminación	51
1.4.1.1	Alumbrado General	51
1.4.1.2	Alumbrado General Localizado	51
1.4.1.3	Alumbrado Localizado	51
CAPÍTULO II		53
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL		53
2.1	Introducción	53
2.2	Fuentes de luz artificial	54
2.2.1	Por Incandescencia	54
2.2.2	Por descarga eléctrica o arco voltaico	55
2.2.3	Lámparas de Inducción	56
2.3	Lámparas incandescentes	57
2.3.1	Lámparas incandescentes no halogenadas	58
2.3.1.1	Lámparas incandescentes no halogenadas de argón o nitrógeno	58
2.3.2	Lámparas incandescentes halogenadas	58
2.4	Lámparas de descarga o arco voltaico	58
2.4.1	Lámpara de descarga de gas a baja presión	60
2.4.1.1	Lámparas de descarga de mercurio a baja presión	60
2.4.1.1	Lámparas Fluorescentes	61
2.4.1.1.2	Lámparas fluorescentes compactas (CFL)	62
2.4.2	Lámparas Luz del día o Daylight	64
2.5	Tecnología de iluminación LED	65



CAPÍTULO III	69
METODOLOGÍA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	69
3.1 Introducción	69
3.2 Metodología	71
3.3 Población y segmentos a realizar el estudio	71
3.4 Determinación de la muestra estadística para la investigación	73
3.4.1 Tamaño de la muestra para las encuestas	73
3.4.2 Calculo de Muestras por Parroquia para las Encuestas	75
3.5 Encuestas	77
3.5.1 Información levantada en las encuestas	78
3.6 Tamaño de la muestra para las mediciones	78
3.6.1 Calculo de Muestras por Estrato para las Mediciones	79
3.7 Mediciones	80
3.7.1 Técnica para la medición de iluminancia	81
3.7.2 Procedimiento de medida con el luxómetro.	81
3.7.3 Información levantada en las mediciones	82
CAPÍTULO IV	83
ANÁLISIS, MEDICIONES Y EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL	83
4.1 Introducción	83
4.2 Análisis de los sistemas de iluminación residencial	84
4.2.1 Respuestas y análisis de las encuestas	84
4.2.1.1 Respuestas de las encuestas generales	85
4.2.1.2 Respuestas generales del levantamiento en viviendas	99
4.3 Valores de las mediciones	119
4.4 Evaluación de los niveles de iluminación residencial medidos	122
4.4.1 Análisis de mediciones [LUX]	122
CAPÍTULO V	125
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS A LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	125
5.1 Introducción	125
5.2 Consideraciones para el análisis de fuentes luminosas	125



5.3 Análisis Comparativo de las diferentes Tecnologías de Alumbrado Residencial.....	126
5.4 Análisis Comparativo entre un sistema de iluminación convencional y uno utilizado tecnología LED aplicado al sector residencial.....	126
5.5 Análisis Ambiental	133
5.6 Análisis comparativo de costos de implementación y beneficios económicos	135
CAPÍTULO VI	138
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
6.1 Conclusiones	138
6.2 Recomendaciones	142
BIBLIOGRAFIA	144
ANEXOS	146



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Espectro Electromagnético _____	29
Figura 1.2 Angulo sólido. Relación entre el flujo luminoso, intensidad luminosa e iluminancia. _____	32
Figura 1.3 Curvas fotométricas de una lámpara incandescente y fluorescente _____	33
Figura 1.4 Luminancia directa e indirecta de una superficie luminosa _____	35
Figura 1.5 Distribución del flujo luminoso a diferentes superficies _____	38
Figura 1.6 Espectro visible por el hombre _____	39
Figura 1.7 Reflexión (1) y Absorción (2) total de la luz blanca _____	39
Figura 1.8 Distribución espectral de una lámpara incandescente Iluminante Standard CIE tipo A _____	40
Figura 1.9 Distribución espectral de la luz del día normal Iluminante Standard CIE D65 _____	40
Figura 1.10 Deslumbramiento producido por grandes superficies luminosas _____	44
Figura 1.11 Clasificación de las Luminarias según la radiación del flujo luminoso _____	49
Figura 1.12 Clasificación de las Luminarias según ángulo de apertura _____	50
Figura 2.1 Primera bombilla _____	53
Figura 2.2 Flujo de electrones por un conductor de radio adecuado _____	54
Figura 2.3 Flujo de electrones por el filamento _____	54
Figura 2.4 Partes principales de una lámpara incandescente _____	57
Figura 2.5 Rendimiento de una lámpara incandescente _____	57
Figura 2.6 Circuito de una lámpara de descarga _____	59
Figura 2.7 Componentes de una lámpara fluorescente _____	61
Figura 2.8 Presentaciones de una lámpara fluorescente compacta _____	62
Figura 2.9 Componentes de una lámpara fluorescente compacta _____	63
Figura 2.10 Conjunto de LEDs con colores de todos los segmentos del espectro visibles _____	65



Figura 2.11 Presentaciones de lámparas LED para uso en iluminación residencial _____	65
Figura 2.12 Evolución y perspectiva de esta tecnología respecto a las convencionales _____	66
Figura 3.2 División Territorial Urbana del Cuenca _____	72
Figura 3.2 Número de mediciones por cada estrato _____	77
Figura 4.1 Tipo de foco utilizado _____	85
Figura 4.2 Tiempo de duración de un foco _____	86
Figura 4.3 Calificación que tiene la iluminación del foco _____	89
Figura 4.4 Preferencias para la adquisición de una lámpara _____	91
Figura 4.5 Características que posee un foco _____	92
Figura 4.6 Punto de vista por el cambio de focos impulsado por el gobierno _____	95
Figura 4.7 Criterio sobre si genero algún beneficio económico el cambio de focos impulsado por el estado _____	96
Figura 4.8 Conocimiento sobre la tecnología LED _____	97
Figura 4.9 Aceptación de tecnología LED _____	98
Figura 4.10 Porcentajes de los tipos de viviendas levantadas _____	100
Figura 4.11 Porcentajes de los tipos de viviendas levantadas _____	102
Figura 4.12 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto de la iluminación en su hogar _____	105
Figura 4.13 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto al número de lámparas instaladas en cada ambiente de su hogar _____	108
Figura 4.14 Valoración de la temperatura del color que poseen los focos instalados en los domicilios intervenidos _____	110
Figura 4.15 Valoración de la capacidad para reproducir los colores que poseen las lámparas instaladas en los domicilios intervenidos _____	112
Figura 4.16 Resultados que reflejan la capacidad de contraste visual de objetos _____	114



Figura 4.17 Resultados que muestran la existencia o no del deslumbramiento por la iluminación del hogar _____	116
Figura 4.18 Uso de la iluminación durante el día dentro de cada ambiente del hogar _____	117
Figura 4.19 Uso de la iluminación durante la noche dentro de cada ambiente del hogar _____	118
Figura 5.1 Comparación entre Luminarias LED – Incandescente _____	127
Figura 5.2 Comparación entre Luminarias LED – LFC _____	128
Figura 5.3 Comparación entre Luminarias LED – Tubo Fluorescente _____	129
Figura 5.4 Características de las fuentes de Iluminación _____	130
Figura 5.5 Comparativo de los rangos de eficiencia de las fuentes de Iluminación _____	131
Figura 5.6 Comparativo de los rangos de vida útil de las fuentes de Iluminación _____	131
Figura 5.7 Comparativo de los rangos de los índices cromáticos de las fuentes de Iluminación _____	132



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Flujo luminoso de algunas lámparas _____	30
Tabla 1.2 Rendimiento luminoso de algunas lámparas _____	31
Tabla 1.3 Valores aproximados de iluminancias _____	34
Tabla 1.4 Valores aproximados de luminarias _____	36
Tabla 1.5 Resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales _____	36
Tabla 1.6 Clasificación de luminarias según el ángulo de apertura _____	49
Tabla 3.1 Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca _____	72
Tabla 3.2 Clientes de las parroquias urbanas residenciales de Cuenca servidas por la CENTROSUR _____	73
Tabla 3.3 Número de muestra por estrato _____	76
Tabla 3.4 Tabla de contingencia con el número de muestras de acuerdo a dos estratos _____	80
Tabla 4.1 Tipo de foco utilizado _____	85
Tabla 4.2 Tiempo promedio de cuánto tiempo dura el foco _____	86
Tabla 4.3 Tiempo de duración de un foco _____	87
Tabla 4.4 Tabla de Contingencia sobre la calificación que tiene la iluminación de cada tipo de foco _____	88
Tabla 4.5 Calificación sobre la iluminación del foco _____	89
Tabla 4.6 Preferencias para la adquisición de un foco _____	90
Tabla 4.7 Características que posee un foco _____	91
Tabla 4.8 Precio promedio que el usuario gasta en un foco _____	93
Tabla 4.9 Precio aproximado que el usuario gasta en un foco _____	94
Tabla 4.10 Opinión sobre el cambio de focos impulsado por el estado _____	95
Tabla 4.11 Criterio sobre si genero algún beneficio económico el cambio de focos impulsado por el estado _____	96
Tabla 4.12 Conocimiento sobre la tecnología LED _____	97
Tabla 4.13 Aceptación de tecnología LED _____	98
Tabla 4.14 Porcentajes dl tipo de viviendas inspeccionadas _____	99



Tabla 4.15 Porcentajes de uso de cada tecnología de iluminación en los diferentes ambientes de un hogar_____	100
Tabla 4.16 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto de la iluminación en su hogar_____	104
Tabla 4.17 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto del número de lámparas instaladas en cada ambiente de su hogar_____	107
Tabla 4.18 Valoración de la temperatura del color que poseen los focos instalados en los domicilios intervenidos_____	108
Tabla 4.19 Valoración de la capacidad para reproducir los colores que poseen las lámparas instaladas en los domicilios intervenidos_____	111
Tabla 4.20 Resultados que reflejan la capacidad de contraste visual de objetos_____	113
Tabla 4.21 Resultados que muestran la existencia o no del deslumbramiento por la iluminación del hogar_____	115
Tabla 4.22 Uso de la iluminación durante el día dentro de cada ambiente del hogar_____	117
Tabla 4.23 Uso de la iluminación durante la noche dentro de cada ambiente del hogar_____	118
Tabla 4.24 Promedio de las medidas del nivel de iluminación en cada ambiente del hogar_____	119
Tabla 4.25 Niveles de iluminación recomendado para cada ambiente del hogar_____	123
Tabla 4.26 Comparación entre los niveles de iluminación recomendados y el promedio de los medidos en cada ambiente de los hogares visitados_____	123
Tabla 5.1 Flujos Lumínicos similares de algunos tipos de Lámparas según datos de fabricantes._____	126
Tabla 5.2 Tabla de Comparativa de Luminarias LED – Incandescente_____	127
Tabla 5.3 Tabla de Comparativa de Luminarias LED – LFCs_____	128
Tabla 5.4 Tabla de Comparativa de Luminarias LED – Tubo Fluorescente _	129
Tabla 5.5 Tabla las características de las fuentes de Iluminación_____	130
Tabla 5.6 Tabla Comparativa de Costos de las tecnologías de Iluminación _	136



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	146
Anexo 2	148
Anexo 3	154
Anexo 4	155
Anexo 5	156
Anexo 6	163
Anexo 7	164



Yo, Juan Sebastián Guamán Herrera, autor de la tesis “Evaluación Energética-Económica de los Sistemas de Iluminación Residencial en la Ciudad de Cuenca”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 17 de marzo de 2015

Juan Sebastián Guamán Herrera

0302225024



Yo, Diego Patricio Peña Banegas, autor de la tesis “Evaluación Energética-Económica de los Sistemas de Iluminación Residencial en la Ciudad de Cuenca”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 17 de marzo de 2015

Diego Patricio Peña Banegas
0104342571



Yo, Juan Sebastián Guamán Herrera, autor de la tesis “Evaluación Energética-Económica de los Sistemas de Iluminación Residencial en la Ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 17 de marzo de 2015

Juan Sebastián Guamán Herrera

0302225024



Yo, Diego Patricio Peña Banegas, autor de la tesis “Evaluación Energética-Económica de los Sistemas de Iluminación Residencial en la Ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 17 de marzo de 2015

Diego Patricio Peña Banegas
0104342571



Esta Tesis ha sido desarrollada dentro del Convenio entre la Universidad de Cuenca y la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. Y dentro de los convenios específicos entre la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur y los señores Juan Sebastián Guamán Herrera y Diego Patricio Peña Banegas, firmados en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, a los 1 días del mes de octubre del año dos mil catorce.



AGRADECIMIENTO

A Dios que me llena de bendiciones día a día, y me regaló una familia maravillosa. A mis padres, que me brindan su amor y esfuerzo, que son los dueños de este logro. A mi hermana por su amor, mi abuelita por sus oraciones, mi esposa por su apoyo y a mi hijo por ser mi motivación.

Al Ing. Hernando Merchán por su apoyo y colaboración con nuestro trabajo, al Ing. Santiago Pulla quien nos compartió sus conocimientos y manejó la investigación siempre buscando los mejores resultados y al Ing. Santiago Machado quien brindó información y respaldó constantemente este proyecto.

Finalmente agradezco a las personas con quienes formé grandes amistades dentro de la vida universitaria y de quienes recibí de una u otra manera muestras de apoyo.

Sebastián Guamán.



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por ser mi fuente de fortaleza para superar obstáculos y dificultades que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mis padres, quienes a lo largo toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, ya que gracias a los valores que me han inculcado he aprendido que con esfuerzo y perseverancia todo se consigue.

A mi tía Carmita por su apoyo incondicional y siempre estar a mi lado.

A nuestro Director de tesis el Ing. Hernando Merchán por sus consejos y amistad. A nuestros tutores de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur el Ing. Santiago Pulla y el Ing. Santiago Machado por la valiosa guía y asesoramiento que nos dieron para culminar este proyecto.

A todas las personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización en este proyecto.

A todos ustedes, ¡Gracias!

Diego Peña.



DEDICATORIA

A mi hijo Juan Sebastián, a mis padres Wilson y Patricia, a mi esposa Johanna, a mi hermana Patricia Guadalupe y a mi abuelita Teresita, ustedes son los autores de este triunfo, gracias por su esfuerzo que ayuda a superarme, se los dedico.

Sebastián Guamán



DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar.

A mi familia que siempre ha estado dispuesta a brindarme su apoyo para llevar acabo uno de mis sueños. A mi hermana por ser mi apoyo.

Diego Peña.



INTRODUCCIÓN

Desde hace un tiempo el mundo viene enfrentando problemas energéticos, mismos que se han agudizado en los últimos años en muchos países. Las razones pueden ser varias tales como el aumento del consumo de energía eléctrica debido al constante crecimiento de la demanda, especialmente en el sector residencial que conjuntamente con el sector industrial requieren la mayor cantidad de energía. La iluminación es parte del incremento del consumo energético. Frente a esta situación, surge la necesidad de aprovechar de la mejor manera los recursos energéticos disponibles, para esto, en el campo de la iluminación se han diseñado algunos tipos de dispositivos que poseen mayor eficiencia energética que los existentes hasta hace una década.

Dentro de las políticas energéticas que varios estados han adoptado, se encuentra la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas de mercurio de baja presión, lámparas fluorescentes compactas LFC, conocidos por la mayor parte de usuarios, como focos ahorradores y, últimamente va en incremento el uso de lámparas de diodos electroluminiscentes LED. El Estado Ecuatoriano, desde el año 2008 como parte de su plan de eficiencia energética, implementó proyectos a escala nacional para sustituir los focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas LFC, plan al que la CENTROSUR también se acogió.

Para la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. sería de beneficio conocer el estado real y actual de los sistemas de iluminación en el sector residencial del cantón Cuenca. Por ello en esta tesis, se analiza y evalúa aspectos como: eficiencia energética, eficiencia lumínica, variaciones en consumo, calidad lumínica, impactos ambientales y beneficios económicos, además se recopila los criterios generados por los usuarios respecto a la implementación de lámparas fluorescentes compactas al reemplazar las lámparas incandescentes.

Para ello se ha realizado levantamientos de información en puntos estratégicos en el sector urbano de la ciudad utilizando datos actualizados hasta el mes de



septiembre de 2014 proporcionados por la CENTROSUR para luego en base de la información recopilada realizar la evaluación de los sistemas, tomando como parámetros de comparación criterios técnicos existentes.

Los levantamientos de información se componen de encuestas y mediciones de niveles de iluminación realizados en diferentes ambientes de una vivienda: sala, cocina, comedor, dormitorio, estudio, baño, gradas o pasillos. Las encuestas consultan temas generales como: tipo de lámpara utilizada en el hogar, duración de la misma, criterios para la adquisición de una lámpara, aceptación hacia un cambio de tecnología, entre otros. La recopilación de información también contiene preguntas de carácter técnico, como: deslumbramiento, temperatura de color, contraste, iluminancia, distribución de lámparas, etc.

Se concluye realizando un análisis comparativo entre tecnologías de iluminación en aspectos de eficiencia energética, impacto ambiental y costos en el mercado para luego emitir conclusiones y recomendaciones que ayuden a mejorar los sistemas de iluminación residencial de la ciudad de Cuenca.

JUSTIFICACIÓN

Con el incremento de la demanda de energía eléctrica en los últimos años, surgió la necesidad del ahorro. El área de iluminación es una de las partes del sistema de distribución en donde se puede conseguir mayores ahorros energéticos, por ello la importancia de conocer los usos actuales y su tendencia en lo que se refiere a fuentes de luz. El consumo de electricidad dentro del sector residencial se encuentra repartido de la siguiente manera: en iluminación un 49%, para equipos (electrodomésticos) un 46% y el 5% restante en varios.

Mediante un análisis detallado sobre el tipo de luminarias utilizadas en el sector residencial se aportará con información que permita por un lado conocer el impacto de las recientes políticas energéticas y por otro implementar nuevos planes para obtener mayor eficiencia energética con el fin de disminuir la demanda de la misma en horas pico y obtener beneficios económicos tanto



para la Empresa como para el consumidor, y de ser posible llegar a un acuerdo que beneficie a las dos partes.

ALCANCE

El estudio está limitado a los clientes residenciales de la CENTROSUR para la zona urbana y de expansión de la ciudad de Cuenca.

Se analizarán los sistemas de iluminación utilizados por los usuarios del sector residencial, con sus respectivos tipos de luminarias.

Se realizarán encuestas para determinar el comportamiento actual de los clientes en el uso de luminarias que poseen sus viviendas las cuales servirán para determinar el impacto de la demanda actual. Estas encuestas serán elaboradas de acuerdo a las normas que rigen para conseguir una muestra significativa y con el menor porcentaje de tolerancia posible, así mismo será respaldada con levantamientos en lugares determinados donde se esté utilizando los diferentes tipos de tecnologías y corroboren la información obtenida.

Se realizará una evaluación y análisis sobre las encuestas realizadas, adjuntando criterios junto a las conclusiones y recomendaciones respectivas.

METODOLOGÍA

Para determinar la evaluación energética-económica de lo sistemas de Iluminación Residencial en la Ciudad de Cuenca, será importante realizar algunos parámetros que intervienen en dicho estudio, para ello se ejecutarán los siguientes pasos a seguir:

- ❖ *Recopilación de Información:* Recolección de información a través de formularios, los cuales nos permitan conocer el estado actual de los sistemas de iluminación residencial en la ciudad de Cuenca.

- ❖ *Estadístico*: Clasificación de Datos según las encuestas realizadas de los tipos de luminarias utilizadas en el sector residencial en la ciudad de Cuenca.
- ❖ *Analítico*: Observación del comportamiento de los usuarios en lo que se refiere a elección del tipo de luminaria mayor utilizada.
- ❖ *Deductivo*: Según los datos obtenidos y estudios realizados se podrá dar alternativas tecnologías en sistemas de iluminación para el beneficio del usuario y la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Analizar y evaluar los sistemas de iluminación residencial, desde el punto de vista económico, de eficiencia energética, variaciones en consumo, calidad lumínica, impactos ambientales, demanda en el mercado y otros.

Todos estos análisis y evaluaciones se realizarán en algunos sistemas de iluminación utilizados actualmente en el sector residencial de la ciudad de Cuenca para catalogarlos de acuerdo a su eficiencia energética y tecnología empleada, así mismo según su impacto ambiental y económico al implementarlos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Recopilar información sobre los tipos de luminarias del sistema de iluminación con los que cuenta el sector residencial de la ciudad de Cuenca, y corroborar esta información con levantamientos en lugares claves de acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta.

- Analizar y evaluar la información recopilada, características de consumo energético y eficiencia por parte de cada tipo de luminaria del sector.
- Analizar los aspectos de confort lumínico al utilizar diferentes tipos de tecnología, efectuando la verificación en las viviendas.



- Comparar las ventajas y desventajas de los sistemas de iluminación tradicionales respecto a los sistemas de iluminación actuales basados en nuevas tecnologías.
- Desarrollar un análisis costo-beneficio al implementar nuevas tecnologías
- Proponer los tipos de luminarias que aporten mayor confiabilidad dentro de los aspectos técnicos, económicos y ambientales.
- Realizar conclusiones y recomendaciones en base de los análisis y evaluaciones que aporten.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA ILUMINACIÓN

1.1 Introducción

La iluminación es un factor importante que tiene como principal objetivo el facilitar la visualización de las cosas dentro de un contexto espacial (laboral, de investigación, residencial, entre otros).

De modo que las diferentes actividades que realiza el ser humano se puedan desarrollar de una forma eficaz, de tal forma que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que “el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz”. [1]

A principios del siglo XX se han realizado estudios e investigaciones para conocer la iluminación adecuada del ambiente visual que permita satisfacer las exigencias de la tarea visual e incidir en los aspectos de:

- ✓ Confort.
- ✓ Seguridad
- ✓ Productividad.

Una iluminación incorrecta puede ocasionar deslumbramientos, contrastes, sombras, etc. En general estos son factores que causan cansancio visual, índice de error y esfuerzo mental, lo cual son los promotores de la causa de accidentes principalmente en el ambiente laboral.

1.2 Conceptos Básicos

Antes de tratar el tema propuesto es necesario e importante familiarizarse en conceptos básicos de iluminación.

1.2.1 Luz

“La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaces de afectar el órgano visual. Se denomina radiación a la transmisión de energía a través del espacio.” [1]

Dichas manifestación de la energía se encuentra determinadas en longitudes de onda que son visibles para el ojo humano.

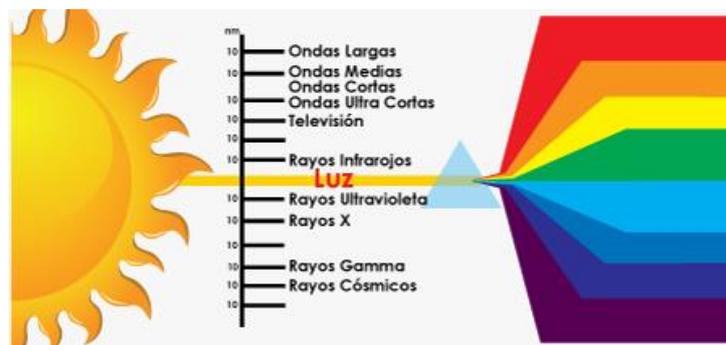


Figura 1.1 Espectro Electromagnético con zonas de efectividad y aplicación

Fuente: www.recuernosdepandora.com

1.2.2 Magnitudes luminosas Fundamentales

Las principales magnitudes y unidades luminotécnicas básicas son:

1.2.2.1 Flujo Luminoso

El Flujo luminoso es la cantidad de luz que emite una fuente luminosa en cada segundo, es decir el flujo luminoso es la potencia luminosa de una fuente de luz.

La unidad de medida es el lumen (lm) y se representa por la letra griega Φ (fi), que como unidad de potencia, corresponde a 1/680 W emitidos por una longitud de onda de 555 nanómetros, cuyo valor es donde el ojo humano representa su máxima sensibilidad.

A continuación se muestra una tabla que resume el flujo luminoso de diferentes tipos de lámparas:

Tabla 1.1 Flujo luminoso de algunas lámparas

Fuente: http://ocw.bib.upct.es/Tema_Iluminacion.pdf

Tipo de lámpara	Flujo luminoso (lm)
Vela de cera	10
Bicicleta	18
Incandescente Standard de 100 W	1.380
Fluorescente 40 W (Blanco frio)	3.200
Mercurio de alta presión 400 W	23.000
Halogenuros metálicos 400 W	28.000
Sodio de alta presión Na 400 W	48.000
Sodio de baja presión Na 180 W	31.500
Magnesio AG 3	450.000

1.2.2.2 Rendimiento Luminoso

El rendimiento luminoso indica la relación entre el flujo luminoso que emite una fuente de luz y la potencia eléctrica (W) consumida por la misma fuente (lámpara).

El rendimiento luminoso tiene como unidad de medida el lumen por vatio (lm/W) y se representa por la letra griega η (eta) cuya fórmula es:

$$\eta = \frac{\phi}{W} \quad ec. 1$$

Dónde:

η = Rendimiento luminoso (lm/W)

ϕ = flujo luminoso de una fuente de luz (lm)

W = Potencia Activa (W)

A continuación se muestra los rendimientos luminosos de algunos tipos de lámparas:

Tabla 1.2 Rendimiento luminoso de algunas lámparas

Fuente: http://ocw.bib.upct.es/Tema_Iluminacion.pdf

Tipo de lámpara	Potencia Nominal (W)	Rendimiento luminoso (lm/W)
Incandescente Standard de 40W/220 V	40	11
Fluorescente 40 W (Blanco frio)	40	80
Mercurio de alta presión 400 W	400	58
Halogenuros metálicos 400 W	360	78
Sodio de alta presión Na 400 W	400	120
Sodio de baja presión Na 180 W	180	175
Led	40	105

1.2.2.3 Vida útil o Vida Media

La vida media indica el tiempo medio durante el cual el filamento de la lámpara se mantiene en buen estado, es decir no existe disminución de flujo luminoso. Por otra parte la vida útil va dirigida a lámparas en las que no existe ese filamento y en consecuencia no existe un deterioro brusco de radiación si no que, se produce depreciación lenta antes del envejecimiento total de la lámpara.

Tanto la vida útil como la vida media se miden en horas (h). Se puede destacar que el margen de valores varía según el tipo de lámpara, como por ejemplo una lámpara incandescente dura alrededor de 1000 horas promedio y una lámpara LED alcanza hasta las 30000 horas de uso.

1.2.2.4 Cantidad de luz (Energía luminosa)

La energía luminosa se determina mediante el flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo.

La unidad de medida de la cantidad de luz es el lumen por hora (lmh) y es representado por la letra Q de la siguiente manera:

$$Q = \phi \times h \quad \text{ec. 2}$$

Dónde:

$Q = \text{cantidad de luz (lm * t)}$

$\phi = \text{flujo luminoso (lm)}$

$h = \text{horas (s)}$

1.2.2.5 Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa de una fuente de luz se entiende que está referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido. “A una magnitud de superficie le corresponde un ángulo plano que se mide en radianes y a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido que se medirá en estereorradianes.” [2]

“El estereorradián como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera”. [2]

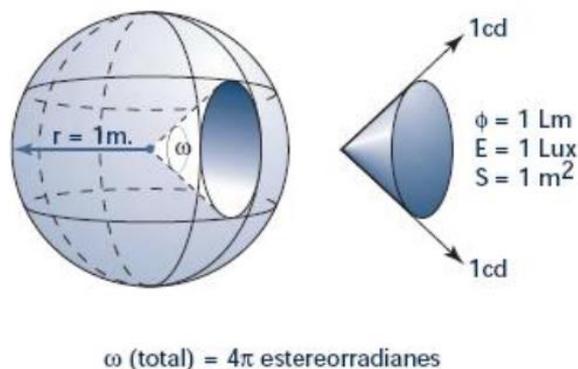


Figura 1.2 Angulo sólido. Relación entre el flujo luminoso, intensidad luminosa e iluminancia.

Fuente: <http://www.insht.es/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>

“La intensidad luminosa de una fuente de luz en una determinada dirección es proporcional al flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera, e inversamente proporcional al valor de dicho ángulo sólido expresado en estereorradianes.” [2] La intensidad luminosa se representa por la letra I , siendo su unidad de medida la candela (cd).

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad \text{ec. 3}$$

Dónde:

I = Intensidad luminosa (cd)

ϕ = flujo luminoso contenido en el ángulo sólido (lm)

ω = ángulo sólido en estereoradianes

Las fuentes de luz utilizadas en la práctica poseen una superficie relativamente grande, cuya intensidad luminosa se ve perturbada por la propia construcción de la fuente, lo cual presenta diferentes valores en las distintas direcciones.

Una forma sencilla de definir la distribución luminosa de una fuente de luz (lámpara) es representar la distribución mediante curvas fotométricas de intensidades, que no son más que una representación gráfica de las medidas de intensidades luminosas generadas por las diferentes direcciones que parten del centro de la fuente de luz (lámpara).

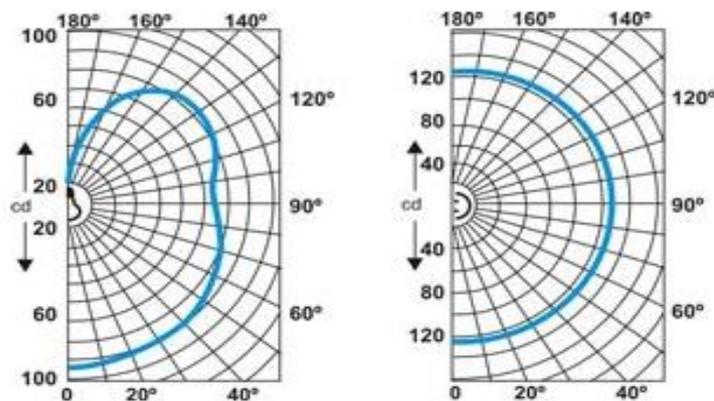


Figura 1.3 Curvas fotométricas de una lámpara incandescente y fluorescente

Fuente: <http://www.electromagazine.com.uy/antiores/numero14/ilum14.htm>

1.2.2.6 Iluminancia o Iluminación

Se denomina iluminancia a la relación que existe entre el flujo luminoso que recibe la superficie y la extensión que esta posea.

La iluminancia se representa por la letra E, siendo su unidad el lux.

$$E = \frac{\phi}{S} \quad ec. 4$$

Dónde:

$E =$ Iluminancia(lux)

$\phi =$ flujo luminoso (lm)

$S =$ superficie (m^2)

De una manera clara se puede deducir la fórmula que cuanto mayor sea el flujo luminoso que incide en una superficie, mayor será la iluminancia y con un mismo flujo luminoso si se disminuye la superficie esta iluminancia aumentara.

La iluminación constituye datos importantes para valorar el nivel de iluminación que existe en los diferentes ambientes ya sean laboral, públicos, etc.

Tabla 1.3 Valores aproximados de iluminancias

Fuente: http://ocw.bib.upct.es/Tema_Iluminacion.pdf

Mediodía de verano al aire libre, con cielo despejado	100.000 lux
Mediodía de verano al aire libre, con cielo cubierto	20.000 lux
Puesto de trabajo bien iluminado en un recinto interior	1.000 lux
Buen alumbrado público	20-40 lux
Noche de luna llena	0,25 lux
Noche de luna nueva (luz de las estrellas)	0,01 lux

1.2.2.7 Luminancia

La luminancia es la magnitud que produce la sensación de brillo o claridad en el ojo. La mayor o menor claridad con que se ve los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia ya que esta es de gran importancia para evaluar el grado de deslumbramiento, como se verá más adelante.

La luminancia se encuentra representada por la letra L, y la unidad de medida es la candela por metro cuadrado o nit (cd/m^2).

La fórmula de la luminancia se presenta a continuación:

$$L = \frac{I}{S * \cos \alpha} \quad ec. 5$$

Dónde:

$L =$ Luminancia (cd/m^2)

$I =$ Intensidad luminosa (cd)

$S * \cos \alpha =$ superficie aparente

El valor de luminancia es máximo cuando el espectador se encuentre en posición perpendicular a la superficie luminosa, debido que el ángulo α es cero y el valor del coseno es 1.

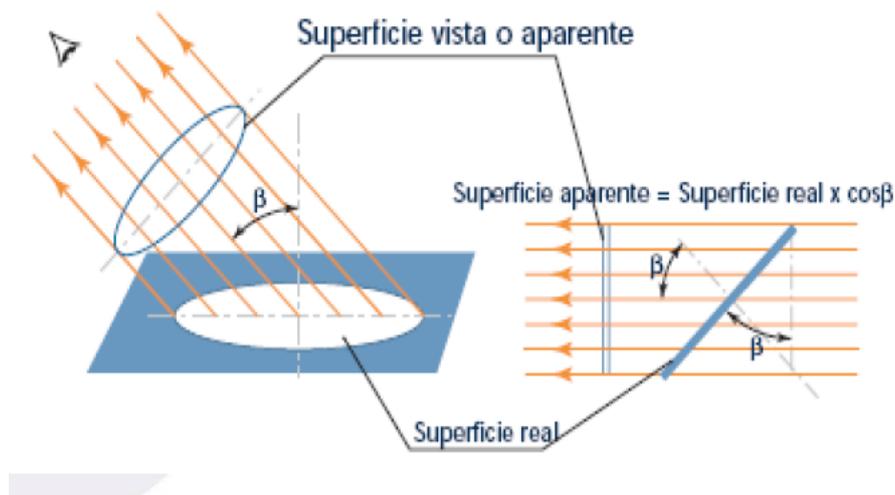


Figura 1.4 Luminancia directa e indirecta de una superficie luminosa

Fuente: <http://www.insht.es/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>

Lo antes mencionado se deduce a:

$$L = \frac{I}{S} \quad ec. 6$$

Perpendicular a la superficie luminosa $\therefore \cos 0 = 1$

A continuación se muestran los valores aproximados de luminarias.

Tabla 1.2 Valores aproximados de luminarias

Fuente: http://ocw.bib.upct.es/Tema_Iluminacion.pdf

Sol	50.000 cd/cm ²
Cielo despejado	0,3 - 0,5 cd/cm ²
Cielo cubierto	0,03 – 0,1 cd/cm ²
Luna	0,25 cd/cm ²
Llama de una vela de cera	0,7 cd/cm ²
Lámpara incandescente clara	100 – 200 cd/cm ²
Lámpara fluorescente 40W/20	0,75 cd/cm ²
Lámpara Mercurio de alta presión 400 W	11 cd/cm ²
Lámpara Halogenuros metálicos 400 W	78 cd/cm ²
Lámpara Sodio de alta presión Na 400 W	500 cd/cm ²
Lámpara Sodio de baja presión Na 180 W	10 cd/cm ²
Lámpara de xenón 2500 W	72.000 cd/cm ²

Ahora se presenta un cuadro resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales.

Tabla 1.5 Resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales

Fuente: http://ocw.bib.upct.es/Tema_Iluminacion.pdf

Magnitud	Símbolo	Unidad
Flujo luminoso	ϕ	Lumen (lm)
Rendimiento luminoso	η	Lumen por vatio (lm/W)
Cantidad de luz	Q	Lumen por hora (lm*h)
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)
Iluminancia	E	Lux (lx)
Luminancia	L	Candela por m ² (cd/m ²)

1.2.2.8 Leyes fundamentales de la luminotecnia

Por lo general las leyes que más se utilizadas en el estudio de la luminotecnia son 2:

- Ley de la inversa del cuadrado de la distancia
- Ley del coseno

1.2.2.8.1 Ley de la inversa del cuadrado de la distancia

“El nivel de iluminación es directamente proporcional a la intensidad de una fuente luminosa en una dirección determinada, e inversamente proporcional al cuadrado de la de la distancia a la que se encuentra la fuente respecto al plano considerado, por ejemplo un plano de trabajo.” [3]

Esta ley se expresa por la siguiente ecuación:

$$E = \frac{I}{d^2} \quad ec.7$$

Dónde:

E = Nivel de iluminacion (lux)

I = Intensidad luminosa de la fuente en la direccion considerada (cd)

d = distancia de la fuente respecto al plano considerado (m)

Entonces de una manera más simple se puede decir que la fuente luminosa pierde intensidad muy rápidamente según nos alejamos del foco emisor puesto que se reparte en muchas más superficies.

Esta ley es permitida solo cuando se trata de una fuente precisa, de superficies perpendiculares a la dirección del flujo luminoso y cuando la distancia es grande en relación al tamaño del foco.

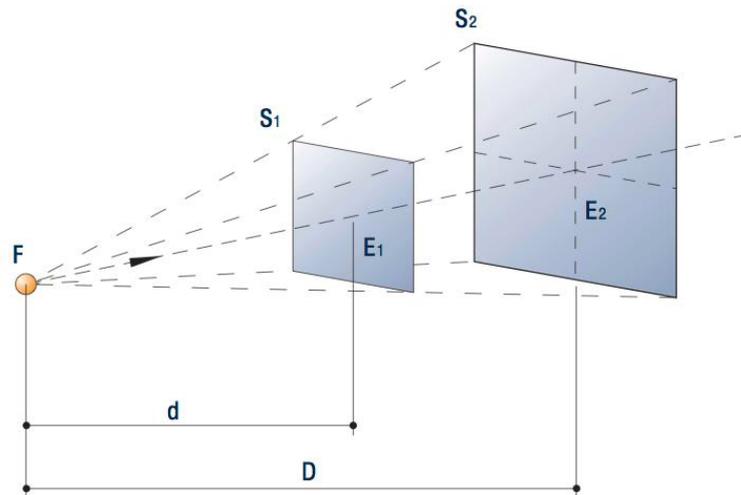


Figura 1.5 Distribución del flujo luminoso a diferentes superficies

Fuente: <http://grlum.dpe.upc.edu/manual/imagenes/inversaCuadrado.png>

1.2.2.8.2 Ley del coseno

La ley del coseno se aplica cuando en el plano de trabajo se forma un determinado ángulo con la dirección del flujo luminoso.

“La iluminancia en un punto cualquiera en un punto cualquiera de una superficie es proporcional al coseno del ángulo de incidencia de los rayos luminosos en el punto iluminado.” [3]

Entonces esta ley se expresa por la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{I}{d^2} \times \cos \alpha \quad \text{ec. 8}$$

Dónde:

E = Nivel de iluminacion (lux)

I = Intensidad luminosa de la fuente en la direccion considerada (cd)

α = ángulo formado por el plano de trabajo con el plano perpendicular a la direccion del flujo de luz

1.2.3 La visión del color

El espectro electromagnético está constituido por todos los posibles niveles de energía de la luz, es por eso que abarca todas las longitudes de onda que la luz puede tener.

“De todo el espectro, la porción que el ser humano es capaz de percibir es muy pequeña en comparación con todas las existentes. Esta región, denominada espectro visible, comprende longitudes de onda desde los 380 nm hasta los 760 nm.” [4]

Fuera de estos límites el ojo no percibe ninguna clase de radiación.

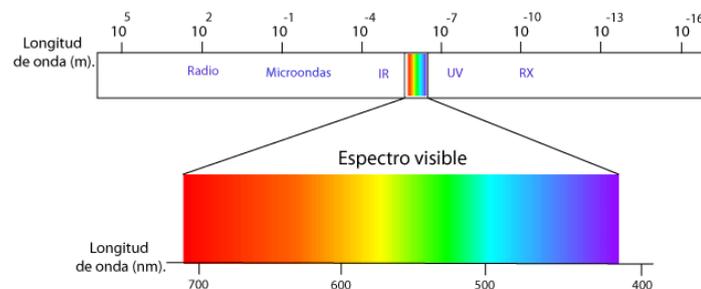


Figura 1.6 Espectro visible por el hombre

Fuente: <http://www.aulacliic.es/espectro1.gif>

1.2.3.1 Rendimiento del color [5]

Para que una fuente de luz sea considerada de buen “rendimiento de color”, esta debe emitir todos los colores del espectro visible. Si falta uno de ellos, este no podrá ser reflejado.

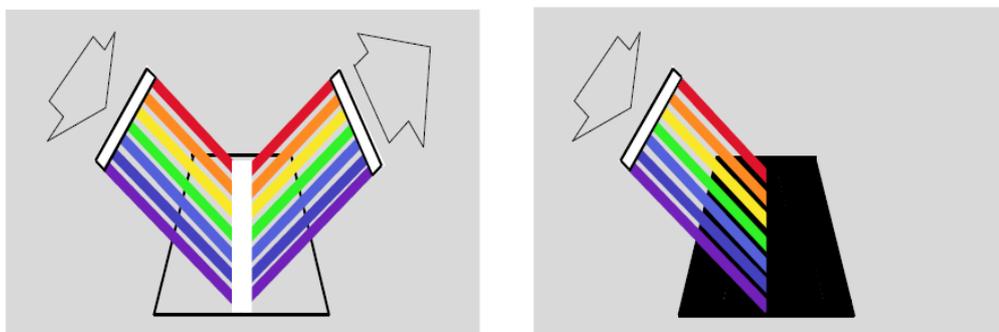


Figura 1.7 Reflexión (1) y Absorción (2) total de la luz blanca

Fuente: www.laszlo.com./Manual_de_Luminotecnia.PD

Las propiedades de una fuente de luz, a los efectos de la reproducción de los colores, se valorizan mediante el “*Índice de Reproducción Cromática*” (IRC).

Este factor se determina comparando el aspecto cromático que presentan los objetos iluminados por una fuente dada.

“Los espectros que no presentan interrupción como el de la luz del día o el de las lámparas incandescentes, se denominan continuos porque en ellos están presentes todas las radiaciones visibles, pero en la realidad ninguno de los 2 es perfecto ya que al espectro de la lámpara incandescente le falta componente azul mientras que a la luz del día roja”. [5]

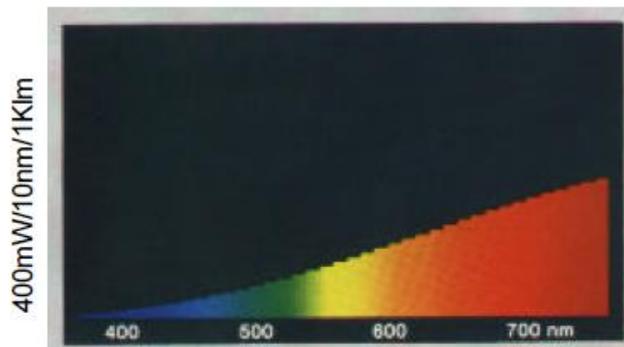


Figura 1.8 Distribución espectral de una lámpara incandescente Iluminante Standard CIE tipo A

Fuente: www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PD

Por el contrario el espectro muestra interrupciones, como por ejemplo el de las lámparas de descarga, se dice que es un espectro “*discontinuo*”, ya que presenta diversas “*líneas espectrales*” propias del material emisor. [5]

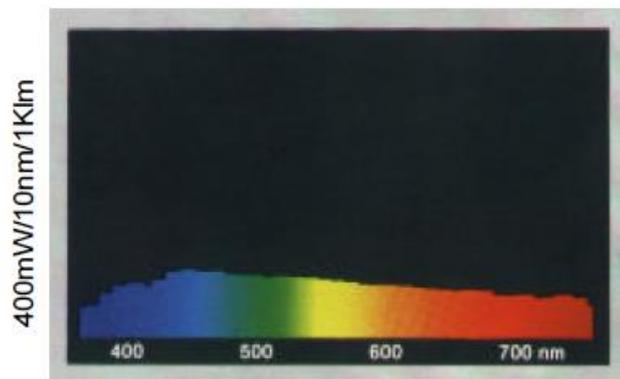


Figura 1.9 Distribución espectral de la luz del día normal Iluminante Standard CIE D65

Fuente: www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PD

1.2.3.2 Gráficos de distribución espectral

Los gráficos de distribución espectral permiten tener una rápida evaluación de las características de color de una determinada fuente.

Las fuentes de luz artificial se clasifican según rendimiento cromático: si el IRC está comprendido entre 85 y 100 es óptimo, si está entre 70 y 85 es bueno y finalmente discreto si lo está entre 50 y 70.

1.2.4 Aspectos implicados en el rendimiento visual

La eficacia del sistema visual se mide en términos de beneficio visual. “El rendimiento visual se emplea para cuantificar la aptitud de un individuo para: detectar, identificar y reaccionar ante los estímulos visuales existentes en su campo de visión.” [6]

El rendimiento visual depende de 2 cosas: de las características de la tarea y de la percepción visual, la cual influyen los siguientes factores:

- ❖ Iluminación
- ❖ Contraste
- ❖ Sombras
- ❖ Deslumbramiento
- ❖ Ambiente Cromático

1.2.4.1 Iluminación

Las actividades que se desarrollan al largo del día, no serían posibles sin un nivel de iluminación adecuado que permita sentir confort. Cada actividad que se realiza es diferente, por lo que se requiere unos niveles de iluminación adecuados según la tarea a realizar.

Para realizar una determinada actividad la iluminación de adaptación se basa en una serie de factores entre los que se puede mencionar a continuación:



- Distancia entre el ojo y el objeto observado
- Factor de reflexión del objeto observado
- Contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que se destaca
- Tiempo empleado en la observación
- Rapidez de movimiento del objeto

Otro aspecto importante que se debe considerar es que, cuanto mayor sea la dificultad para la percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de iluminación.

1.2.4.2 Contraste

La mayor parte de la información visual que se recibe generalmente es por las variaciones de luminancia que detecta el ojo en el campo visual, es decir el contraste de las luminancias y no por la luminancia de la fuente que por lo general se piensa.

Para poder obtener un contraste que resulte fácil de distinguir en algún lugar se debe tener en cuenta los niveles de reflexión.

El contraste se puede ver afectado negativamente en los siguientes casos:

- a) Cuando existe un deslumbramiento perturbador, debido a las fuentes luminosas cercanas a la línea de visión. Esto disminuye la percepción del contraste.
- b) Cuando existen reflexiones de velo, debido a la reflexión de fuentes de luz sobre la tarea. Esto produce una reducción real del contraste.

1.2.4.3 Sombra

Las sombras son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se distinguen 2 clases de sombras: fuertes y suaves.

Las sombras fuertes se dan cuando al iluminar un objeto con luz dirigida intensa desde un punto fijo más o menos alejado, las sombras fuertes se caracterizan por su profunda oscuridad y dureza.

Por otra parte las sombras suaves resultan de iluminar un objeto con una fuente de luz difusa caracterizándose por su suavidad y menor efecto de relieve.

1.2.4.4 Deslumbramiento

“Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad.

La magnitud de la sensación del deslumbramiento depende de factores como el tamaño, la posición y la luminancia de la fuente, el número de fuentes y la luminancia a la que los ojos están adaptados.” [7]

En general, se puede producir deslumbramiento cuando:

- a) La luminancia de los objetos del entorno es excesiva en relación con la luminancia general existente. (deslumbramiento directo).
- b) Cuando la fuente de luz se proyecta en la retina a través de una superficie reflectante. (Deslumbramiento indirecto o por reflejo).

En general el deslumbramiento puede revestir dos formas distintas, aunque regularmente se presentan juntas:

El deslumbramiento perturbador.- Reduce la percepción del contraste y, por tanto, el rendimiento visual.

El deslumbramiento molesto.- Cuyo efecto es producir una situación de molestias visuales.

a) El deslumbramiento perturbador

Deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable.

b) Deslumbramiento molesto

El deslumbramiento molesto ocasiona una sensación de disgusto que tiende a ir aumentando con el tiempo y causa fatiga visual produciendo des confort.

El grado de deslumbramiento molesto depende de los siguientes parámetros:

- Luminancia de las lámparas.
- Su tamaño aparente (ángulo sólido subtendido).
- Número de fuentes en el campo visual.
- Distancia angular de cada fuente al eje visual.
- Luminancia L de fondo (que determina la luminancia de adaptación).

La sensación de deslumbramiento aumenta con los tres primeros factores y disminuye con los otros.



Figura 1.10 Deslumbramiento producido por grandes superficies luminosas

Fuente: <http://rueconomy.ru/>

1.2.4.5 Ambiente cromático

Es buen ambiente cromático es aquel en el cual los colores están perfectamente armonizados y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar.

Los colores facilitan extraordinariamente el reconocimiento de cuanto nos rodea. Los efectos psicológicos que constituyen el ambiente cromático, que es una gran influencia en el estado de ánimo de las personas.

1.3 Lámparas y Luminarias

Una vez explicado sobre los aspectos implicados en el rendimiento visual se debe escoger el sistema de iluminación más adecuado a nuestras necesidades. Para ello, es preciso conocer las principales características de las lámparas y de las luminarias que podemos utilizar. (Capítulo 2)

Prácticamente la totalidad de los factores que configuran el medio ambiente visual dependen de tres aspectos:

- a) De las características de las lámparas empleadas
- b) De las características de las luminarias
- c) De las características del local y del entorno

Con las lámparas se puede controlar factores como: el nivel de iluminación, el rendimiento en color y la tonalidad de la luz. Por otra parte las luminarias se pueden controlar: la distribución del flujo luminoso, el grado de deslumbramiento producido por la luminaria y el grado de direccionalidad y difusión de la luz.

1.3.1 Lámparas

El término lámpara se aplica al dispositivo que genera la luz, los principales parámetros que interesa considerar para comparar las características de los diferentes tipos de tecnologías de lámparas, son:

- La eficiencia energética (o rendimiento luminoso)
- La vida media
- La tonalidad de la luz
- El rendimiento en color
- La estabilidad del flujo luminoso



Los principales tipos de lámparas empleadas actualmente en las instalaciones de alumbrado residencial son los siguientes: incandescentes, fluorescentes compactas LFC o tubos fluorescentes y entrando como una nueva tecnología la LED.

1.3.2 Luminarias

“El término luminaria se aplica al sistema donde se aloja la lámpara, y puede estar compuesto por reflectores, lentes, pantallas y difusores, cuya tarea es controlar el flujo de luz producido por la lámpara.” [5]

De acuerdo con la definición dada por la C.I.E. (Comisión Internacional de la Iluminación), las luminarias son “aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación”.¹

Desde el punto de vista óptico la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara.

Los elementos que integran una luminaria hacen posible distribuir adecuadamente el flujo de luz de las lámparas y determinar la proporción de luz directa o indirecta requerida. De forma análoga, las luminarias permiten ocultar el cuerpo brillante de las lámparas evitando así el deslumbramiento.

Un requisito básico que debe cumplir una luminaria es que sea de fácil instalación y mantenimiento, para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento.

Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética. La elección del tipo de luminaria constituye otro aspecto importante en el proceso de diseño de la iluminación.

¹ Resolución Número 18, *Iluminación en el puesto de trabajo*, España, 2009, Pág. 31

1.3.2.1 Clasificación según la radiación del flujo luminoso [7]

En cuanto al sistema de iluminación, se puede hablar acerca de la clasificación de las mismas en función de su distribución del flujo luminoso, estableciendo una clasificación en cinco tipos que llamamos luminarias de radiación.

- Iluminación Directa
- Iluminación Semi-Directa
- Iluminación General difusa (uniforme)
- Iluminación Semi-Indirecta
- Iluminación Indirecta

Iluminación directa

Se produce cuando en un 90 a 100% de todo el flujo luminoso va dirigido hacia el suelo. Este sistema de iluminación ofrece un mayor rendimiento luminoso, pero un problema es que produce sombras fuertes y aumenta el riesgo de deslumbramiento.

En la práctica no se suele obtener una iluminación totalmente directa, dado que casi siempre existe una componente indirecta procedente de la reflexión de la luz en las paredes y techo del ambiente.

La iluminación directa se suele utilizar cuando se requieren altos niveles de iluminación en la zona de trabajo.

Iluminación Semi-Directa

Un 60 a 90% del flujo luminoso es dirigido hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal. La cantidad de luz dirigida hacia arriba se traduce en una pequeña componente indirecta que ilumina el ambiente.

Su valor consiste en hacer más brillante el área del techo alrededor de la luminaria, lo cual conlleva a reducir el contraste de brillos, reduciendo el riesgo de deslumbramiento y el desequilibrio de luminancias entre la zona de trabajo.

Iluminación General difusa (uniforme)

Un 40 a 60% del flujo luminoso es dirigido al techo en ángulos por encima de la horizontal, de manera que una parte de él llega directamente a la tarea mientras el resto se refleja en el techo y las paredes. La combinación de luz directa e indirecta que se obtiene produce sombras muy suaves.

En general el efecto producido por este sistema de iluminación es agradable, dado que proporciona una distribución armoniosa de luminancias en todo el campo visual. Este tipo de iluminación también está indicado para locales de oficina y otras actividades diversas.

Iluminación Semi-Indirecta

En este caso sólo una pequeña parte del flujo luminoso se dirige directamente hacia el suelo, en tanto alrededor de un 60 a 90% de luz sufre varias reflexiones en el techo y las paredes antes de iluminar cualquier zona. Con este sistema se obtiene una buena calidad de iluminación, con sombras muy suaves y prácticamente sin riesgo de deslumbramiento. No obstante, el rendimiento obtenido es bajo porque una parte importante del flujo luminoso es absorbido por el techo y las paredes. Esto obliga a que dichas superficies se recubran con pinturas muy claras, que reflejen bien la luz.

Iluminación indirecta

En este tipo de iluminación todo el flujo luminoso se dirige hacia el techo, quedando las luminarias totalmente ocultas. El observador no ve ningún objeto luminoso, únicamente aprecia las áreas iluminadas. Las sombras desaparecen casi por completo y también todo riesgo de deslumbramiento. Presenta una menor eficiencia energética; su utilización suele quedar reservada a los lugares donde no se requieran niveles relevantes de iluminación pero sea importante conseguir un ambiente relajante y agradable.

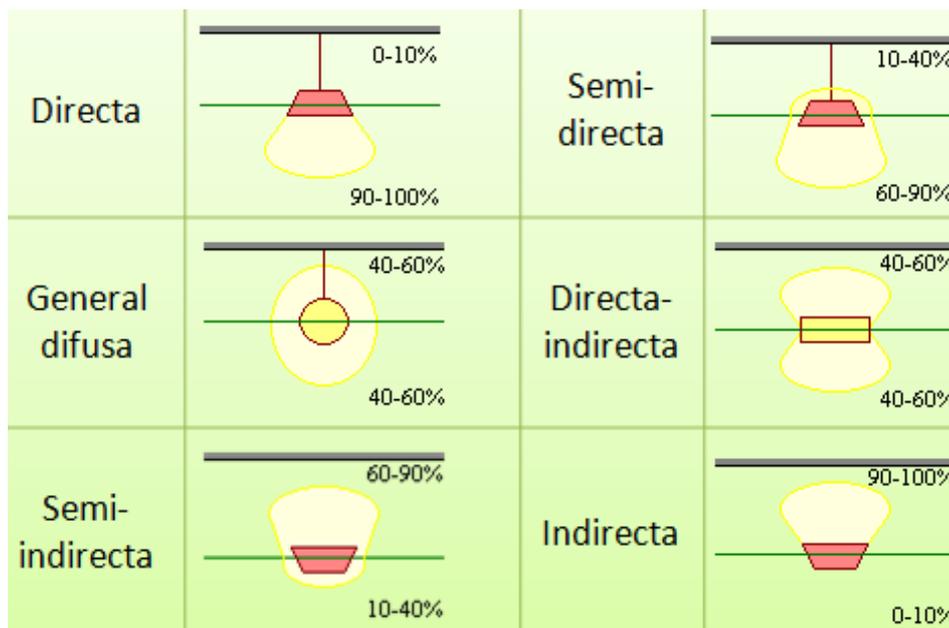


Figura 1.11 Clasificación de las Luminarias según la radiación del flujo luminoso.

Fuente: <http://iluminaconeficiencia.files.wordpress.com/2012/03/distribucion.jpg>

1.3.2.2 Clasificación según el ángulo de apertura

Según el ángulo con el que se diseñen las luminarias influenciarán en el diseño de la estancia, ya que afectan tanto a la iluminancia y a la luminancia de esta.

Tabla 1.6 Clasificación de luminarias según el ángulo de apertura – Elaboración propia

Angulo de Apertura	Descripción
0° a 30°	Intensiva
30° a 40°	Semi-Intensiva
40° a 50°	Dispersora
50° a 60°	Semi-Extensiva
60° a 70°	Extensiva
70° a 90°	Hiper-Extensiva

En la siguiente figura se muestra la clasificación de las luminarias según su ángulo de apertura.

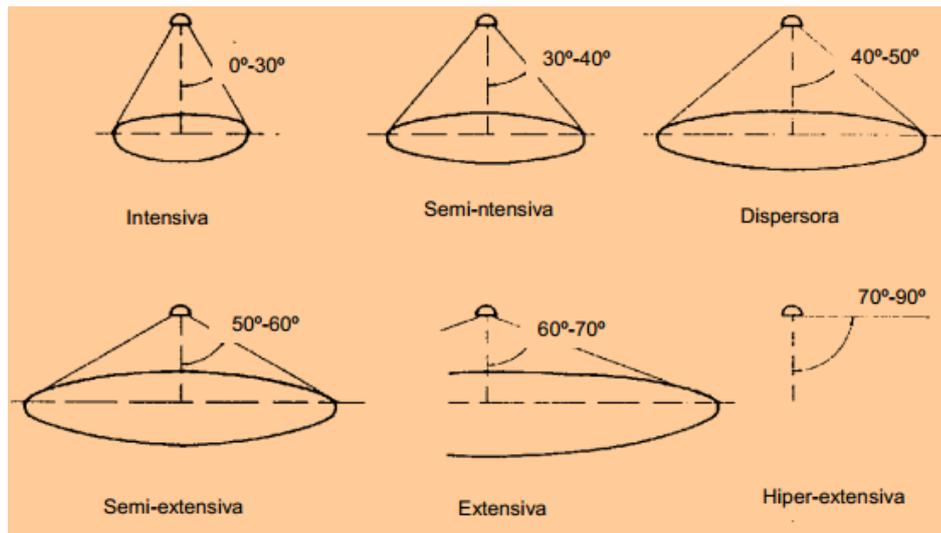


Figura 1.12 Clasificación de las Luminarias según ángulo de apertura

Fuente: <http://www.insht.es/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>

Otra clasificación de las luminarias es la que responde al tipo de lámpara que ha de contener. De este modo, hay que distinguir entre luminarias para: lámparas incandescentes normales, lámparas halógenas, lámparas fluorescentes, etc.

Finalmente, una vez trazado el perfil básico de la luminaria requerida es posible elegir entre los diferentes modelos existentes en el mercado atendiendo a otros criterios: el grado de deslumbramiento que provocan, su apariencia estética, etc.

1.4 Iluminación Residencial

Un papel fundamental que debe cumplir la iluminación residencial es lograr un ambiente de confort y al mismo tiempo obtener una buena iluminación, ya que con ello logra que los espacios y los objetos adquieran un carácter expresivo.

La iluminación Residencial va más allá de una espontánea elección de luminarias o lámparas, para una iluminación residencial, se debe tener en cuenta el diseño arquitectónico, la concepción visual y la decoración de cada área, es importante ver el estilo, retro, tradicional o contemporáneo.



1.4.1 Métodos de Iluminación

En la iluminación residencial existen 3 sistemas relacionados con la distribución de la luz sobre el área a iluminar. Estos 3 métodos son los siguientes:

- Alumbrado General
- Alumbrado General Localizado
- Alumbrado Localizado

1.4.1.1 Alumbrado General

Este tipo de alumbrado proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. La distribución más habitual es colocar las luminarias de forma simétrica en filas.

- La gran ventaja de éste método de alumbrado consiste en que los puestos de trabajo pueden ser cambiados en la forma que se quiera sin que por ello varíen las características de la iluminación.
- Su único inconveniente consiste en que el nivel medio proporcionado por el sistema debe estar de acuerdo con los usuarios que precisen mayor iluminación.

1.4.1.2 Alumbrado General Localizado

Este tipo de iluminación consiste en distribuir las luminarias de manera que aparte de proporcionar un iluminación general uniforme, permita aumentar el nivel de iluminación en las zonas en que ello sea necesario, su único inconveniente radica en que si se efectúa un cambio en el emplazamiento de los lugares más necesitados de luz, será preciso retocar la instalación del alumbrado.

1.4.1.3 Alumbrado Localizado

Cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. Esto ocurre cuando el local a iluminar tiene



dimensiones considerables y se necesite un nivel lumínico mayor en ciertos lugares.

Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplean este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL

2.1 Introducción

Desde su creación, la humanidad se ha visto en la necesidad de crear o descubrir fuentes de luz artificial, ya sea por su necesidad de sobrevivir o la importancia de iluminar sus espacios de trabajo en las diferentes actividades nocturnas.

“En épocas de la era primitiva, se utilizaba las antorchas rústicas, luego cuando ya existían las grandes civilizaciones, como la egipcia, la maya o la griega, la fuente principal de luz artificial era el fuego. En aquel entonces para iluminar los grandes templos y pirámides, se requería de un mayor nivel de iluminación por lo que los edificios eran proyectados con espaciosos cubos y ventanales. Cuando se vivió épocas de capitalismo donde apareció la revolución industrial, Thomas Alva Edison (Físico e inventor en Norteamérica) creó la primera bombilla eléctrica con filamento de carbono, la cual tuvo viabilidad comercial, la misma que la patentó en el año de 1880.” [8]



Figura 2.1 Primera bombilla.

Fuente: Edison y la lámpara incandescente. EPEC.ar

2.2 Fuentes de luz artificial

Si se utiliza energía eléctrica para generar luz artificial, existen las siguientes posibilidades de obtenerla:

2.2.1 Por Incandescencia

Por lo general cuando se genera luz, también se genera calor, por ello se analiza la manera más común de excitar a los átomos de un filamento para que emita fotones y alcance el estado de incandescencia. Cuando se tiene un circuito eléctrico cerrado, y por este circula corriente eléctrica, debido al choque de los electrones que están en movimiento se disipa energía en forma de calor.

Las cargas eléctricas o electrones fluyen normalmente por el conductor desprendiendo poco calor, debido a que su calibre es el adecuado.



Figura 2.2 Flujo de electrones por un conductor de radio adecuado

Fuente: Glosario de nuevas tecnologías_ J. Álvarez

Pero la situación es diferente, cuando estos electrones o carga eléctrica fluyen por medio de un conductor sumamente fino (filamento de una lámpara incandescente), generan temperaturas muy elevadas del orden de 2500 grados centígrados, esto produce que el metal del filamento emita fotones de luz blanca a una frecuencia visible para el ojo humano, produciéndose el fenómeno llamado incandescencia.



Figura 2.3 Flujo de electrones por el filamento

Fuente: Glosario de nuevas tecnologías_ J. Álvarez



“Cuando un metal ofrece resistencia al flujo de la corriente, la fricción de las cargas eléctricas que chocan unas entre sí, provoca que su temperatura se eleve. En esas condiciones las moléculas del metal se excitan y, alcanzan el estado de incandescencia y los electrones llegan a emitir fotones de luz”. [9]

2.2.2 Por descarga eléctrica o arco voltaico

En este método de generación de luz, se sustituye el filamento, utilizando dos electrodos que están perfectamente alineados entre los cuales se produce una descarga de electrones en un arco voltaico, puede ser directamente o mediante una pantalla fosforescente.

El cristal de la bombilla está lleno de un determinado gas, que participará cuando se evapore en la creación del arco permitiendo que la lámpara emita luz. Cuando se le aplica una adecuada tensión de encendido el gas se comporta como conductor (se ioniza) y origina la formación del arco voltaico.

Tomando en cuenta los dos métodos para generar iluminación artificial, se construye la siguiente clasificación:

Por incandescencia:

- ❖ Lámparas no Halogenadas
 - ✓ Argón o nitrógeno
- ❖ Lámparas Halogenadas
 - ✓ Halógeno o cuarzo

Por descarga o arco voltaico:

- ❖ Lámparas de gas de baja presión
 - ✓ Mercurio de baja presión

- Fluorescentes
- Fluorescentes Compactadas

- ✓ Sodio de baja presión

- ❖ Lámparas de gas de alta presión

- ✓ Vapor de mercurio de alta presión
 - Mercurio de Alta presión
 - Halogenuros o haluros metálicos
 - Luz mezcla

- ✓ Sodio de alta presión

- ❖ Lámparas Luz del día o Daylight

2.2.3 Lámparas de Inducción

Las lámparas de inducción se encuentran dentro del uso público, comercial e industria. Es la última generación de lámparas ahorradoras con una durabilidad que varía entre 60.000 y 100.000 horas.

Ofrecen un mayor rango de iluminación, y muchos beneficios, respecto a las estudiadas en el uso público, por ejemplo respecto de la tecnología LED ofrecen mayor ahorro de energía y una vida útil más prolongada a un menor costo.

De acuerdo a la aplicación que tenga la lámpara se puede obtener un ahorro de hasta el 70%. Respecto de las fluorescentes no posee parpadeos, su encendido es inmediato y no necesita elementos auxiliares.

Posee un alto índice de rendimiento de color ($R_a > 85$). No contiene filamentos, tampoco utiliza gases a presión ni tóxicos, esto le hace muy amigable con el medio ambiente. Lo más representativo sin duda es que no tiene pérdidas de energía. Sin embargo al no pertenecer a la gama de tecnologías principalmente

utilizadas en iluminación residencial no será necesario realizar su estudio a profundidad.

2.3 Lámparas incandescentes

“Desde su invención en el año 1878, la lámpara incandescente común ha sido prácticamente la fuente de luz artificial más utilizada, aunque desde 1939 compite también con los tubos de lámparas fluorescentes, mucho más eficientes y económicos”. [9]

Una de las formas más general de la lámpara incandescente es la que se muestra en la siguiente figura:

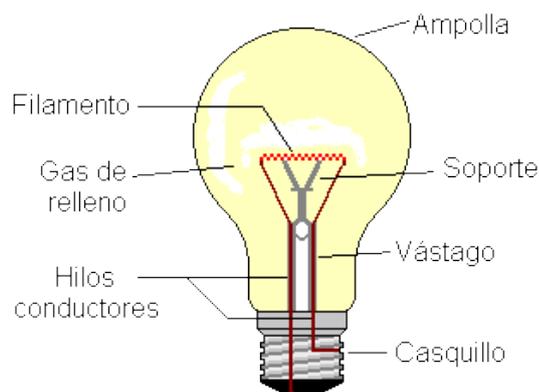


Figura 2.4 Partes principales de una lámpara incandescente

Fuente: recursos.citcea.upc.edu/lámparas

Del total de la energía consumida por una lámpara incandescente solamente el 10% genera luz, Alrededor del 90% se disipa en forma de calor.

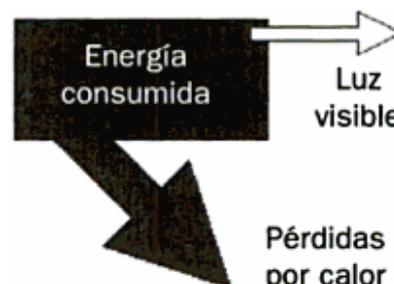


Figura 2.5 Rendimiento de una lámpara incandescente:

Fuente: recursos.citcea.upc.edu/lámparas

2.3.1 Lámparas incandescentes no halogenadas

Fueron las primeras lámparas incandescentes puestas en funcionamiento. Originalmente, no se colocaba ningún gas dentro de una bombilla tradicional, por ello, se creó un vacío que impida la oxidación del filamento cuando se calienta.

Este tipo de lámparas tienen una vida útil de alrededor de 1000 horas.

2.3.1.1 Lámparas incandescentes no halogenadas de argón o nitrógeno

Luego de largos estudios, se descubrió que sería beneficioso colocar átomos de gas dentro de la bombilla, con la expectativa que cumplan la función de repercutir los átomos de tungsteno en el filamento y se consiga restaurar la estructura del mismo.

Dentro de las primeras bombilla de luz, se mostraba un solo tipo de gas dentro, se trataba de argón, luego, tratando de tener mejores resultados respecto a la vida útil del filamento se probó mezclando el gas argón con nitrógeno.

2.3.2 Lámparas incandescentes halogenadas

Manteniendo el tungsteno como elemento principal de iluminación, se sustituyó el argón, por un elemento halógeno como el yodo (I). Además, el cristal común que emplean las lámparas incandescentes normales como cubierta protectora, fue sustituido por cristal de cuarzo.

➤ Aplicaciones

Su aplicación principal se da en el sector residencial, aunque en los últimos años se vio fácilmente desplazada por lámparas de tipo fluorescentes compactas, aún se las encuentra en dicho sector eléctrico.

2.4 Lámparas de descarga o arco voltaico

De manera general este tipo de lámparas hacen referencia a la fuente que genera luz mediante energía eléctrica tal vez más eficiente a finales del siglo

pasado, y con la cual se rezagó en gran parte la utilidad de las lámparas incandescentes, por sus características de mayor eficiencia y menor costo.

➤ Principio de Funcionamiento

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

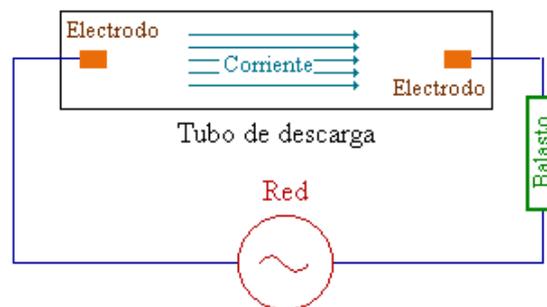


Figura 2.6 Circuito de una lámpara de descarga

Fuente: recursos.citcea.upc.edu/ilum/lámparas

➤ Equipos Auxiliares de una Lámpara de Descarga

Para obtener un correcto funcionamiento de las lámparas de descarga es necesario, en la mayoría de los casos, contar en su instalación con elementos propios de su circuito llamados equipos o elementos auxiliares, estos son:

Los cebadores o ignitores: Suministran un breve pico de tensión instantáneo entre los electrodos del tubo necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica.

Balastos: Produce el encendido mediante una tensión inicial alta y luego disminuye la energía eléctrica al nivel normal. Limitan la corriente que atraviesa la lámpara y evitan un exceso de electrones circulando por el gas.

Para este estudio se clasificara las lámparas de descarga por dos aspectos:

- El tipo de gas utilizado en las lámparas puede ser vapor de mercurio o sodio.
- La presión a la que funcionen que puede ser alta y baja.

2.4.1 Lámpara de descarga de gas a baja presión

Las lámparas de descarga de baja presión, entre ellas las fluorescentes y fluorescentes compactas funcionan basándose en el principio de la descarga de gas a baja presión. “La pared de vidrio está recubierta de fluorescente. Dentro de la carcasa, se desarrolla un campo eléctrico entre los dos electrodos y se produce la descarga de gas. El procedimiento de descarga provoca que el vapor de mercurio emita rayos ultra violetas (UV).” [10]

En cuanto la radiación UV entra en contacto con el fluorescente, se emite luz visible. El tono de luz generado puede ser modificado utilizando una mezcla fluorescente apropiada. De este modo, es posible crear lámparas fluorescentes para todo tipo de aplicaciones.

Algunas de las ventajas de la descarga de gas a baja presión es que son eficientes y rentables. También cabe mencionar que existen lámparas fluorescentes para cada aplicación dentro del sector residencial.

Dentro de las lámparas que basan su funcionamiento en determinado gas a baja presión encontramos dos grupos principales, el primero que utiliza el mercurio como gas para su funcionamiento y el otro que trabaja mediante sodio.

2.4.1.1 Lámparas de descarga de mercurio a baja presión

Se puede distinguir con diferentes conceptos, pero similares características a la vez, dos tipos de lámparas de descarga de Mercurio a Baja presión:

- Lámparas fluorescentes
- Lámparas fluorescentes compactas

2.4.1.1 Lámparas Fluorescentes

➤ Componentes

A continuación la figura 2.7 muestra los componentes de un tubo fluorescente:

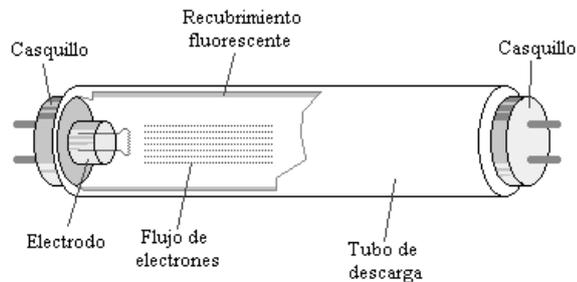


Figura 2.7 Componentes de una lámpara fluorescente

Fuente: recursos.citcea.upc.edu/ilum/lámparas

Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, contienen en cada extremo un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. En el tubo de descarga se encuentra vapor de mercurio a baja presión.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores entre los cuales se puede mencionar:

- ❖ Potencia de la lámpara
- ❖ Tipo y presión del gas de relleno
- ❖ Propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo
- ❖ Temperatura ambiente

La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara. La duración de estas lámparas es de alrededor de 10000 horas. Se puede determinar que su vida termina debido al problema que se genera de acuerdo al número de encendidos.

Respecto a las incandescentes este tipo de lámparas presenta las siguientes ventajas:

- ❖ Consumo de corriente hasta tres veces menor
- ❖ Los colores son más fieles al color real

- ❖ La emisión de luz es de 4 a 6 veces mayor que la de una lámpara incandescente de la misma potencia
- ❖ Provee una luz más uniforme y menos deslumbrante, porque el área de iluminación es mayor
- ❖ Posee un calentamiento reducido
- ❖ Duración promedio de vida es de 7500 horas en condiciones normales

2.4.1.1.2 Lámparas fluorescentes compactas (LFC)

Las lámparas fluorescentes compactas, se muestran como una variante mejorada de las lámparas fluorescentes de tubos rectos.



Figura 2.8 Presentaciones de una lámpara fluorescente compacta

Fuente: lamparasdemercurio/osram.com

Estas lámparas son muy utilizadas en la iluminación de viviendas. En la práctica el rendimiento de esas lámparas es mucho mayor, consumen menos energía eléctrica, por ello se conocen como focos ahorradores.

Las lámparas fluorescentes compactas funcionan según el principio de descarga de gas a baja presión y contienen pequeñas cantidades de mercurio, que sirve para generar luz con eficiencia energética.

No todas las lámparas contienen la misma cantidad de mercurio, porque los diferentes métodos de dosificación se utilizan en función del tipo de lámpara. Un aspecto sorprendente de estas lámparas es la rapidez del tiempo de arranque.

➤ Componentes

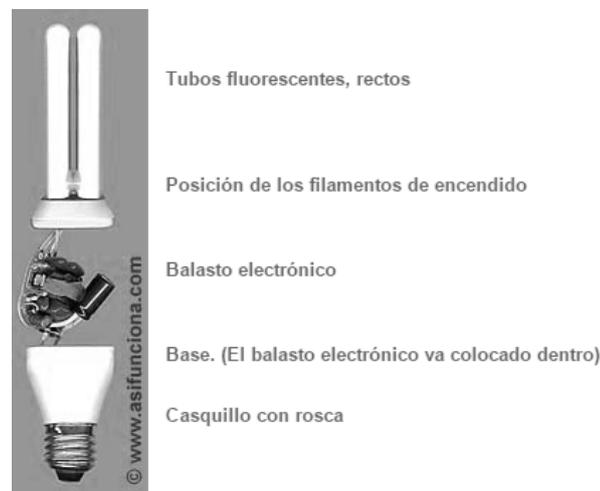


Figura 2.9 Componentes de una lámpara fluorescente compacta

Fuente: asifunciona.com/lamparasfluorescentes.com

El tubo fluorescente es de vidrio y su diámetro generalmente es de 1 cm, existen varios modelos en diferentes formas, medidas y potencias la más utilizada es en forma de “U”.

Las paredes del tubo se encuentran recubiertas por dentro con una fina capa de fósforo.

Poseen un balasto electrónico que se aloja en la base de la lámpara que generalmente es de plástico, el balasto ayuda a conseguir un encendido rápido por ello no requieren de un cebador.

Su principio de funcionamiento es el expuesto por las lámparas de descarga

La principal característica que aventaja este tipo de lámparas es que pueden sustituir fácilmente a las lámparas incandescentes tradicionales puesto que son compatibles con las boquillas. Están disponibles en tonalidades “luz de día” y “luz fría”, sin que introduzcan distorsión en la percepción de los colores. Poseen encendido inmediato aunque con una luz débil por breves instantes antes que alcancen su máxima intensidad de iluminación. Su precio es mayor que el de una lámpara incandescente de igual potencia, pero este fácilmente

recompensa con el ahorro que se obtiene por menor consumo eléctrico y por un tiempo de vida útil más prolongado. Otra ventaja es que consume hasta la quinta parte de la energía eléctrica que requiere una lámpara incandescente para alcanzar el mismo nivel de iluminación.

Tienen una vida útil aproximado entre 8000 y 10000 horas, su flujo luminoso es mucho mayor.

2.4.2 Lámparas Luz del día o Daylight

Este tipo de lámparas se encuentra dentro del funcionamiento y comportamiento de las fluorescentes, su característica principal es que siempre son diseñadas para entregar luz con temperaturas de color muy particulares, por lo que se encuentran en los siguientes tonos de luz: [11]

- Blanco cálido (Warm White): 3.000°K
- Blanco (White): 3.500°K
- Natural (Natural): 3.400°K
- Blanco Frío (Cool White): 4.100°K
- Blanco Frío Deluxe (Cool White Deluxe): 4.200°K
- Luz del Día (Daylight): 6.500°K

Las primeras proporcionan un color similar al de las lámparas incandescentes, algo amarillento, en apariencia. Las lámparas "blanca", "blanca brillante" o "blanco medio" producen una luz blanca-amarillenta, más blanca que la de una lámpara incandescente pero aún considerada como "cálida". Las lámparas

"blanco frío" emiten un blanco más puro. Las llamadas DayLight (luz diurna) emiten un brillo blanco, al emitir un espectro correspondiente a la temperatura del sol.

Cuanto más baja sea la temperatura, domina más el rojo (luz más cálida) y cuando sube, se va acercando a la luz del día (luz solar) o luz blanca, más fría.

Sus principales aplicaciones se dan dentro del mundo artístico como estudios de fotografía, museos, iluminación para pinturas en exposición entre otros, pues por lo general se colocan en pedestales o soportes necesarios para obtener iluminación localizada y en tonos muy similares a la luz natural.

2.5 Tecnología de iluminación LED

“Ese efecto de producir luz con un diodo semiconductor fue observado por primera vez en 1907 por el británico H. J. Round. Al realizar experimentos sobre la conducción de corriente en diferentes materiales detectó que algunos de ellos emitían luz.” [12]

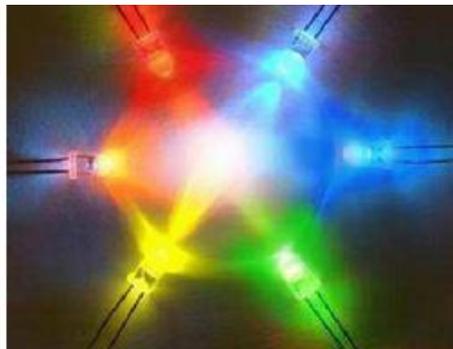


Figura 2.10 Conjunto de LEDs con colores de todos los segmentos del espectro visibles

Fuente: Iluminación con tecnología LED. Alfonso Gago Calderón/Jorge Fraile



Figura 2.11 Presentaciones de lámparas LED para uso en iluminación residencial

Fuente: www.lighting.philips.es/lightcommunity/trends/led

“Los diodos electrónicos consisten en la unión de dos porciones de cristal, generalmente de silicio (Si), en los que se han añadido impurezas de una

manera controlada. Estas impurezas son normalmente algún metal u otro compuesto químico de manera que obtenemos semiconductores de tipo N y P.” [12]

LED². Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz con una longitud de onda monocromática específica muy bien definida cuando se polariza de forma directa pasando, por tanto, una corriente eléctrica entre sus dos extremos.

Las principales características incluso de manera general son los altos valores de eficiencia energética y de vida útil. La envolvente que encierra el circuito electrónico del LED, en la mayoría de los casos de plástico. De manera más específica esta tecnología presenta sus principales características dentro de sus ventajas. Para su eficiencia, el comportamiento ideal consistiría en emitir al exterior un fotón por cada uno de los electrones que circulan por el cristal.

“En febrero de 2006 el mejor LED alcanzaba los 55 lm/W, en 2007 se llegó a los 99 lm/W. Los nuevos modelos que salieron en el año 2009 alcanzaban ya los 150 lm/W con una corriente de polarización directa de 20mA. Pruebas en laboratorio alcanzan, en el año 2012, valores por encima de los 250 lm/W.” [12]

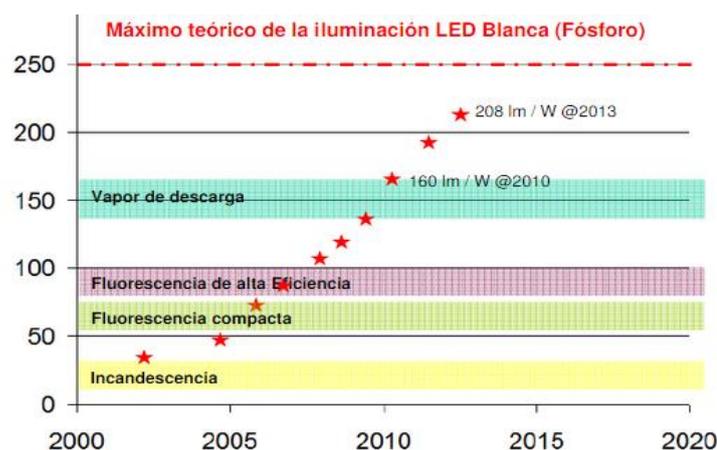


Figura 2.12 Evolución y perspectiva de esta tecnología respecto a las convencionales

Fuente: Iluminación con tecnología LED. Alfonso Gago Calderón/Jorge Fraile

² LED: es el acrónimo inglés de Light Emitting Diode (diodo emisor de luz).

➤ **Ventajas y desventajas**

Si tomamos en cuenta criterios tecnológicos, y abrimos el campo de aplicación específica para la que están diseñados,

- Los LEDs alcanzan un mejor rendimiento de luminosidad por vatio que ningún otro sistema tradicional de iluminación
- Permiten emitir luz de un amplio rango colores con longitudes de onda muy bien definidas sin la necesidad de utilizar filtros, incluso fuera del espectro visible.
- Permiten la regulación de su intensidad luminosa sin que varíe la longitud de onda del color emitido.
- Son capaces de funcionar con altos ciclos de conmutación sin que se vea reducido su tiempo de vida y con un tiempo de respuesta muy corto.
- Son dispositivos de estado sólido.
- El ciclo de vida de los LEDs es muy alto.
- No suelen presentar un cese de funcionamiento brusco. Se considera el final de su vida útil al alcanzar una degradación de su luminosidad.
- Su tamaño puede llegar a ser muy pequeño.
- Son un producto ambientalmente amigable: Desde el punto de vista de gestión de residuos, no contienen mercurio, plomo ni otros elementos contaminantes.

Las desventajas que presenta son principalmente de carácter económico, su mayor reto está en reducir los costos. Actualmente se fabrican con materiales caros, como el carburo de silicio o el zafiro.

Para hacer a esta tecnología más competitiva, se están desarrollando diversos proyectos de investigación para sustituir los materiales existentes por otros más económicos. Así se consideran las siguientes desventajas:

- Su rendimiento depende de la temperatura ambiente de trabajo.



- Los LEDs dirigen su radiación luminosa en una determinada dirección con un mayor o menor ángulo de proyección, pero no existen aplicaciones en las que se emita la luz en todas las direcciones como en los fluorescentes y las lámparas de incandescencia.
- A nivel del cristal de silicio todavía se obtiene una deficiente extracción de la luz.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.1 Introducción

Cuenca, es una ciudad del centro sur de la República del Ecuador y es la capital de la provincia del Azuay.

Con 505.585 habitantes, según datos proporcionados por el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEC EN EL 2010, Cuenca corresponde el 71% del total de habitantes de la provincia, lo cual lo convierte en el tercer cantón más poblado del Ecuador.

El cantón se divide en 21 parroquias rurales y 15 parroquias urbanas.

El suministro de energía eléctrica para la ciudad de Cuenca es proporcionado por la CENTROSUR C.A. En este capítulo se presenta la metodología de levantamiento de información con la finalidad de obtener datos fiables del estado actual de los sistemas de iluminación.

El análisis se realiza para el área urbana de la ciudad de Cuenca, puesto que en este sector se encuentra el mayor número de clientes residenciales

Para realizar el levantamiento de información se ha planteado 4 objetivos, estos son:

- ❖ Conocer las preferencias y saber los motivos por los cuales los clientes residenciales utilizan cada tipo de lámparas.
- ❖ En base a las preferencias de los tipos de luminarias que están siendo utilizados por los usuarios, analizar los aspectos de confort lumínico y/o eficiencia energética.
- ❖ Evaluar la posibilidad de que el usuario implemente de nuevas tecnologías en luminarias para el uso residencial.



- ❖ Realizar mediciones de niveles de iluminación en diferentes ambientes de una vivienda para determinar las falencias de los sistemas de iluminación respecto a las normas referentes.

En el primer punto el objetivo es conocer la situación actual y el motivo que lleva a los clientes a utilizar cierto tipo de tecnología, siendo este un punto importante puesto que se determinarían los diferentes puntos de vista que conlleva a la adquisición de estas lámparas.

En el segundo punto la prioridad es saber si los usuarios se sienten satisfechos con el tipo de lámpara adquirida o utilizada en sus viviendas considerando características fundamentales como: técnicas, económicas, ambientales, entre otras.

Para el tercer punto como objetivo específico es evaluar la posibilidad de la implementación de nuevas tecnologías de iluminación en el sector residencial por ejemplo la tecnología LED, dicha información nos hará saber si las personas están dispuestas a un cambio de tecnología en su hogar que brinde mayor confort visual.

Finalmente con el cuarto objetivo que se propone, se quiere conocer los niveles de iluminación que poseen algunos ambientes de las casas de la ciudad de Cuenca.

Luego de establecer la metodología, se procede a realizar el levantamiento de la información en dos partes, la primera encuesta contiene las preguntas de carácter general como preferencias entre tecnologías, precios de adquisición de lámparas, entre otros que fácilmente pueden ser interpretadas y resueltas por los usuarios encuestados y que no necesariamente deben ser contestadas en su domicilio. En la segunda parte del levantamiento de información, lo que se busca es resolver un cuestionario más técnico respecto del primero, se elabora una encuesta con preguntas que indiquen información del estado actual de los sistemas de iluminación residencial, preguntas que además evalúan el nivel de confort visual, que brinda la iluminación existente. Esta



parte del levantamiento se realiza de manera asistida por parte de los investigadores, buscando explicar cada término técnico de modo que el encuestado pueda entender lo que se le está consultando y responda adecuadamente, también se aprovechará esta entrevista a domicilio para realizar las mediciones de los niveles de iluminación en cada una de las casas que accedieron al estudio.

Se considera la necesidad de consultar y realizar mediciones en diferentes ambientes del hogar.

3.2 Metodología

Para realizar el estudio respectivo se ha utilizado una metodología que se incluye de los siguientes aspectos:

- ✓ Identificar la población y muestra sobre los que se ha de realizar el estudio.
- ✓ Realizar una investigación de campo por medio de encuestas aplicadas a las parroquias urbanas de Cuenca.
- ✓ Recopilar y tabular los datos obtenidos.
- ✓ Procesar y analizar los datos obtenidos.

3.3 Población y segmentos a realizar el estudio

La investigación de campo se realiza sobre una población relativamente grande concentrada en el área urbana de la ciudad de Cuenca, por ello se ha propuesto los siguientes estratos como puntos de partida:

Población: Sector urbano del cantón Cuenca.

Segmento: Clientes residenciales conectados a los alimentadores de la CENTROSUR C.A.

Para identificar la población por el motivo de la encuesta, se toma información levantada de la CENTROSUR C.A cuyo catastro es del mes de septiembre de

2014. De esta información se tiene que los clientes residenciales se encuentran en las siguientes quince parroquias urbanas:

Tabla 3.1 Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca - Elaboración Propia

1. San Sebastián	6. El Sagrario	11. Hermano Miguel
2. El Batán	7. San Blás	12. El Vecino
3. Yanuncay	8. Cañaribamba	13. Totoracocha
4. Bellavista	9. Sucre	14. Monay
5. Gil Ramírez D.	10. Huayna Cápac	15. Machángara

En la figura 3.1 se puede observar la división territorial urbana del cantón Cuenca.

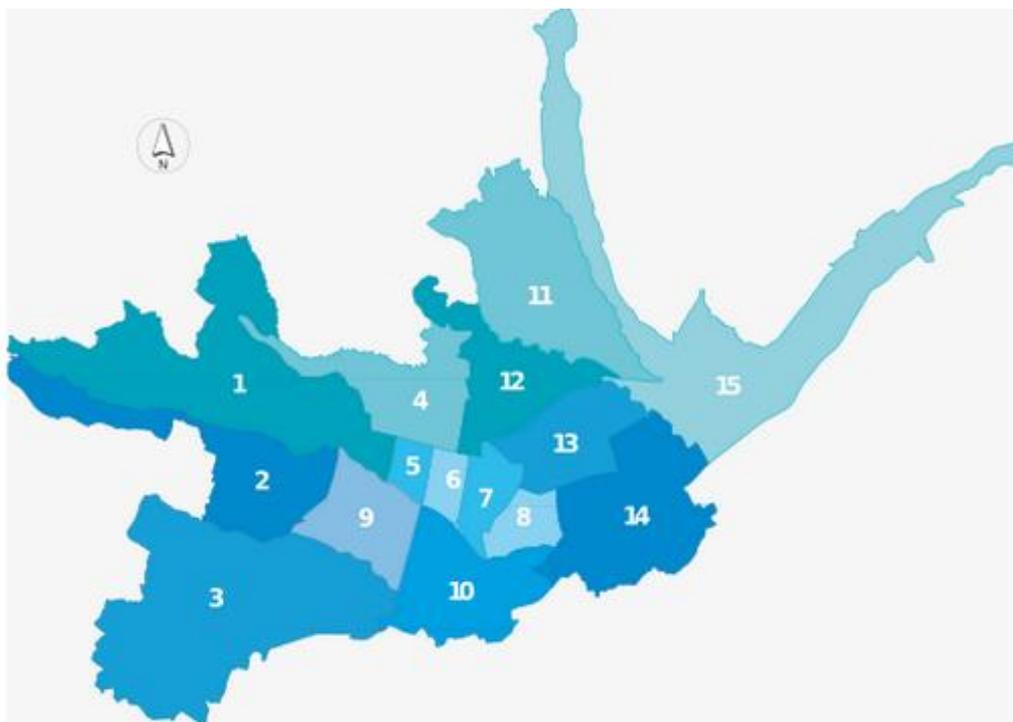


Figura 3.1 División Territorial Urbana del Cuenca

Fuente: http://www.cuenca.gov.ec/?q=page_divisionpolitica

En la Tabla 3.2 se percibe el número de clientes ubicados en las diferentes parroquias urbanas del Cantón Cuenca y servidas por la CENTROSUR C.A.

Tabla 3.2 Clientes de las parroquias urbanas residenciales de Cuenca servidas por la CENTROSUR – Base de datos de la CENTROSUR, septiembre 2014

Codigo	Parroquia	Cantón	Provincia	Zona	Número de Clientes
10101	Bellavista	Cuenca	Azuay	Urbana	7077
10102	Cañaribamba	Cuenca	Azuay	Urbana	4372
10103	El batán	Cuenca	Azuay	Urbana	7759
10104	El sagrario	Cuenca	Azuay	Urbana	2947
10105	El vecino	Cuenca	Azuay	Urbana	10793
10106	Gil ramírez dávalos	Cuenca	Azuay	Urbana	2436
10107	Huaynacápac	Cuenca	Azuay	Urbana	5624
10108	Machángara	Cuenca	Azuay	Urbana	4444
10109	Monay	Cuenca	Azuay	Urbana	5244
10110	San blas	Cuenca	Azuay	Urbana	3038
10111	San sebastián	Cuenca	Azuay	Urbana	10629
10112	Sucre	Cuenca	Azuay	Urbana	5490
10113	Totoracocha	Cuenca	Azuay	Urbana	9075
10114	Yanuncay	Cuenca	Azuay	Urbana	15847
10115	Hermano miguel	Cuenca	Azuay	Urbana	2448
				TOTAL	97223

Una vez delimitada el área de estudio, se procede a calcular el tamaño de la muestra a ser encuestada, para ello se ha empleado un método estadístico denominado “estratificado”, [13] el cual se demuestra a continuación.

3.4 Determinación de la muestra estadística para la investigación

Para determinar el número de muestras, el tipo de muestreo recomendado dentro del análisis es el muestreo estratificado, puesto que los clientes de la CENTROSUR C.A. se encuentran clasificados por: “ubicación del abonado” y “niveles de consumo energético”

3.4.1 Tamaño de la muestra para las encuestas

La fórmula para determinar el tamaño de la muestra “n” se encuentra dado por la siguiente expresión:

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{(N - 1) * e^2 + z^2 * p * q} \quad ec.9$$

Dónde:

n = *Tamaño de la muestra*

N = *Tamaño de la población*

z = *Valor obtenido mediante niveles de confianza del 95%*

p = *variabilidad positiva*

q = *variabilidad negativa*

e = *precisión o error muestral*

“La variabilidad es la probabilidad (o porcentaje) con el que se aceptó “p” y se rechazó “q” la hipótesis que se quiere indagar en alguna investigación anterior o en un ensayo previo a la investigación actual.” [13]

Hay que considerar que p y q son complementarios, es decir, que su suma es igual a la unidad: $p + q = 1$

El tamaño de la población “N” de los clientes de la CENTROSUR, específicamente clientes residenciales urbanos del cantón Cuenca es de 97223 clientes. (Datos de septiembre de 2014)

“El nivel de confianza “z” es la probabilidad de que la muestra representa el comportamiento del universo, aunque se puede tomar cualquier valor entre 0 y 1, los valores más comunes se dan entre 95% (0.95) y 99% (0.99), correspondientes a valores de “Z” de 1.96 y 2.58 respectivamente, para este caso se ha tomado un nivel de confianza de 0.95 relacionado a un “Z” de 1.96.” [14]

“El límite aceptable del error muestral “e”, cuando no se tiene valor, varía entre 1% (0.01) y 9% (0.09) valor que queda a criterio del encuestador, para este caso se ha tomado un valor medio de 0.05.” [13]

Para la variabilidad, que en el caso de no existir antecedentes sobre la investigación (no hay otras o no se pudo aplicar una prueba previa), entonces los valores recomendados de variabilidad es $p = q = 0,5$

Una vez que se han determinado estos tres factores, entonces se puede calcular el tamaño de la muestra como a continuación se expone:

Datos:

N	97223
z	1,96
p	0,5
p	0,5
e	0,05

Entonces:

$$n = \frac{97223 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{(97223 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{97223 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{(97223 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 382,652$$

$$\underline{\underline{n = 383}}$$

3.4.2 Calculo de Muestras por Parroquia para las Encuestas

La distribución de las muestras se realiza en función al número de clientes por parroquia, es decir 15 parroquias, multiplicando el número de encuestas totales por los porcentajes de clientes de cada parroquia, se obtiene el número de encuestas por realizar en cada parroquia urbana.

$$n_{estrato(i)} = \frac{n * (\% E_{(i)})}{100} \quad ec. 10$$

Dónde:

- (i) , corresponde al número de estratos, en este caso valores comprendidos entre 1 y 15 ya que tenemos 15 estratos.
- n , es el tamaño de la muestra.

- $n_{estrato(i)}$, es el número de muestras por estrato.
- $\% E_{(i)}$, es el porcentaje de clientes.

En la Tabla 3.3, se presenta el número de muestras que le corresponde a cada estrato por número de clientes.

Tabla 3.3 Número de muestra por estrato – Elaboración propia

Estratos	Número de Clientes	Porcentaje de Clientes	Muestra por cliente
Estrato 1	7077	7%	28
Estrato 2	4372	4%	17
Estrato 3	7759	8%	31
Estrato 4	2947	3%	12
Estrato 5	10793	11%	43
Estrato 6	2436	3%	10
Estrato 7	5624	6%	22
Estrato 8	4444	5%	18
Estrato 9	5244	5%	21
Estrato 10	3038	3%	12
Estrato 11	10629	11%	42
Estrato 12	5490	6%	22
Estrato 13	9075	9%	36
Estrato 14	15847	16%	62
Estrato 15	2448	3%	10
Total	97223	100%	383

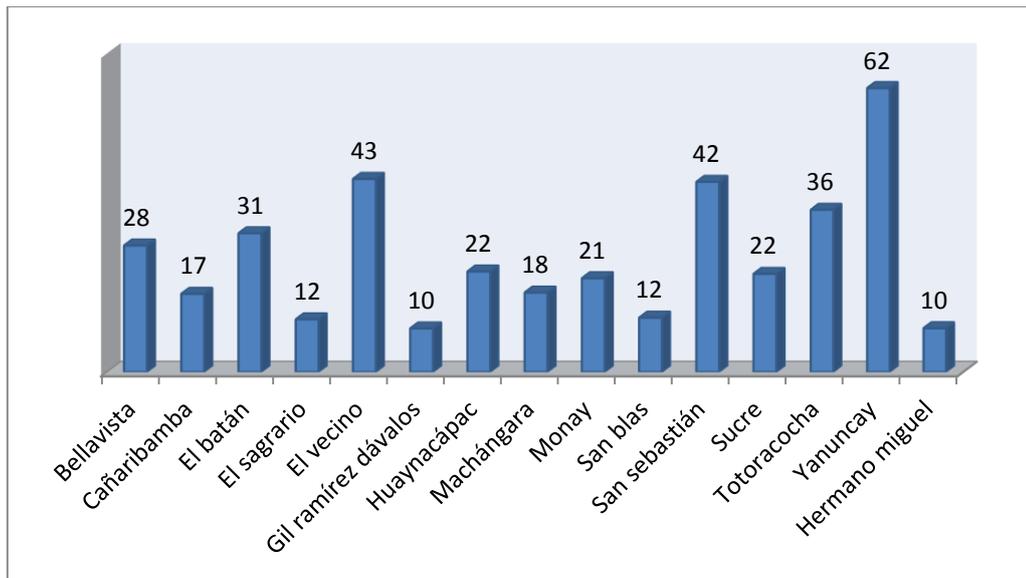


Figura 3.2 Número de mediciones por cada estrato – Elaboración propia

3.5 Encuestas

El levantamiento de información de las encuestas se realizó en forma presencial, de tipo entrevista con el usuario y dado a un gran número de muestras se aprovecha de la aplicación que brinda google.docs para realizar la encuesta de manera digital.

Con las encuestas, se apreció el estado actual, tendencias, gustos, preferencias, entre otros de los usuarios residenciales en el sector urbano del cantón Cuenca.

En general, la recepción de las personas al momento de acceder a contestar la encuesta fue positiva. Se registró un numero bajo de rechazos, comportamiento sumamente diferente al momento de realizar las mediciones.

La base de datos obtenida (resultados) fue ingresada en el programa estadístico IBM-SPSS STATISTICS³ mediante el cual se realizó el análisis de cada una de las preguntas de la encuesta.

(Modelo de Encuesta realizada en el periodo indicado ver **ANEXO 1**).

³ IBM-SPSS STATISTICS. Es un programa estadístico que ayuda a la tabulación de datos obtenidos, en este caso, mediante encuestas.



3.5.1 Información levantada en las encuestas

Con las encuestas realizadas se obtuvo la siguiente información:

- ❖ Tipo de foco que utiliza en su hogar.
- ❖ Tiempo de duración aproximadamente de una lámpara.
- ❖ Preferencias y motivos para la adquisición de una lámpara.
- ❖ Apreciación del usuario de acuerdo a la iluminación de la lámpara utilizada.
- ❖ Beneficio en consumo energético por el cambio de focos impulsado por el gobierno.
- ❖ Precio promedio que gasta la persona al comprar una lámpara.
- ❖ Conocimiento sobre nuevas tecnologías de iluminación.
- ❖ Aceptación de la tecnología led para uso residencial.

3.6 Tamaño de la muestra para las mediciones

El cálculo se realiza mediante la misma ecuación ya mostrada anteriormente (ecuación 9).

El tamaño de la población " N ", nivel de confianza " z " y el error de la muestra " e " tienen los mismos valores que fueron utilizados anteriormente.

Sin embargo dentro de la variabilidad, los valores a utilizar en esta parte del estudio son diferentes, puesto que anteriormente no se contaba con antecedentes sobre la investigación (no hubo ni se aplicó una prueba previa. Ahora a la variable " p " que representa la probabilidad de éxito dentro de los

datos se le dio el valor de 0,9 y a “ q ” que mostrará la probabilidad de fracaso de 0,1. [14]

Estos valores son justificados puesto que ya se realizó una primera encuesta, donde ya se realizó un sondeo previo mediante el levantamiento de información.

La muestra dentro del levantamiento donde recopilamos datos y criterios de iluminación con la que cuenta los hogares ubicados en el sector urbano de Cuenca, no fue tan grande como se calculó para realizar las encuestas.

Datos:

N	97223
z	1,96
p	0,9
p	0,1
e	0,05

Entonces:

$$n = \frac{97223 * 1,96^2 * 0,9 * 0,1}{(97223 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,9 * 0,1}$$
$$n = 138$$

3.6.1 Cálculo de Muestras por Estrato para las Mediciones

Para realizar la distribución de las muestras se clasifica mediante dos variables, la primera es la “ubicación del abonado” y la segunda “niveles de consumo energético”, de esta manera se obtuvo una tabla de contingencia entre parroquia y consumo del cliente.

Los porcentajes de mediciones correspondientes a cada sector, se obtiene multiplicando el número total de levantamientos necesarios por los porcentajes

de cada estrato, exactamente como se realizó para las encuestas (Ecuación 10).

En la tabla 3.4 se muestra, el número de muestras que le corresponde a cada estrato. Puesto que no son valores enteros, se procedió a redondear las muestras para así tener números exactos de mediciones en cada parroquia.

Tabla 3.4 Tabla de contingencia con el número de muestras de acuerdo a dos estratos –
Elaboración propia

Consumo KWh Parroquia	<0	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-400	>400	Total
Bellavista	1	1	2	2	2	2	0	1	11
Cañaribamba	1	1	1	1	1	1	0	0	6
El Batán	0	1	2	3	2	2	1	0	11
El Sagrario	0	1	1	1	1	0	0	0	4
El Vecino	0	2	4	4	2	2	1	0	15
Gil Ramírez Dávalos	0	2	1	0	0	0	0	0	3
Huaynacápac	1	1	2	2	1	1	0	0	8
Machángara	0	1	1	2	1	1	0	0	6
Monay	0	1	2	1	1	1	0	1	7
San Blas	0	1	1	1	1	0	0	0	4
San Sebastián	1	2	3	4	2	2	1	0	15
Sucre	1	1	1	2	1	1	1	0	8
Totoracocha	1	2	3	3	2	2	0	0	13
Yanuncay	1	3	6	5	3	3	1	1	23
Hermano Miguel	0	0	1	1	1	0	0	1	4
Total	7	20	31	32	21	18	5	4	138

Dentro del catastro que facilitó la CENTROSUR existen clientes que poseen consumos negativos o datos incoherentes en su medición de energía consumida, por ello descartamos las siete encuestas calculadas para este tipo de usuarios que poseen errores en la base de datos y que se muestra en la primera columna de cálculos de la tabla 3.4.

3.7 Mediciones

Las mediciones se realizaron en los hogares que mostraban las características necesarias, es decir cumplen las condiciones de ubicación dentro de un sector específico del cantón y nivel de consumo energético requerido.

Las mediciones se llevaron a cabo desde diciembre de 2014, hasta el 20 de enero de 2015 en forma paralela con las encuestas. Los horarios de inspección

oscilaban entre las 19H00 y 23H00, dado que es necesario evaluar la iluminación durante momentos en los cuales no afecte la luz natural.

Para seleccionar los usuarios que colaboraron con el estudio, en algunas ocasiones se recurrió a la búsqueda dentro del catastro de clientes.

Modelo de Evaluación, Levantamiento y Medición realizada en el periodo indicado ver (**ANEXO 2**).

3.7.1 Técnica para la medición de iluminancia

Para las mediciones, el instrumento debe descansar sobre la superficie a ser evaluada con el sensor de luz hacia arriba. Para el caso de las mediciones de área, el equipo se dispondrá en posición horizontal (1 m por encima del nivel del suelo) con el sensor de luz hacia arriba. Se debe tener cuidado de no cubrir las células foto-sensibles, ya que esto daría lugar a una lectura errónea.

3.7.2 Procedimiento de medida con el luxómetro.

- ✓ Accionar el Interruptor de encendido.
- ✓ Las mediciones deben ser efectuadas en las posiciones donde están situados los elementos de la tarea visual.
- ✓ La célula fotosensible del luxómetro debe situarse en el plano correspondiente donde se quiera realizar la medición.
- ✓ Durante la medición la persona no debe perturbar las condiciones de ejecución de la tarea ni interferir la luz que llega a la zona de trabajo.
- ✓ “El (**ANEXO 3**) muestra la ubicación de puntos de medición en un espacio interior cuando la superficie es extensa.
- ✓ Ver lectura en el Display. Si indica un 1, es porque se está fuera del rango, por lo cual se debe buscar la escala adecuada con el mismo Interruptor de encendido.

3.7.3 Información levantada en las mediciones

Dentro del levantamiento se consideran siete ambientes por hogar: Sala, Cocina, Comedor, Estudio, Dormitorio, Baño y Gradas o Pasillo, en cada uno de ellos se toma información como número y tipo de focos utilizados, al igual que el criterio del usuario respecto a aspectos técnicos como temperatura del color, distribución de lámparas, e iluminación en general, también se mide niveles de iluminancia. Todos estos datos recopilados fueron analizados nuevamente en el programa estadístico IBM-SPSS STATISTICS, para luego ser comparados con normas referentes de iluminación, así se puede emitir conclusiones y obtener resultados de la evaluación de los sistemas de iluminación residencial de la parte urbana del Cantón Cuenca.

Las mediciones de iluminancia se realizaron mediante un aparato especial denominado “luxómetro” (datos básicos del luxómetro) “que consiste en una célula fotoeléctrica que al incidir la luz sobre su superficie genera una débil corriente eléctrica que aumenta en función de la luz incidente que cuenta con una precisión del 4%” [2] y el cual fue facilitado por la empresa CENTROSUR y del cual se puede obtener mayor información en el (**ANEXO 4**).

En el (**ANEXO 5**) se muestran diferentes ambientes de una vivienda en las q se realizaron las mediciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS, MEDICIONES Y EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL

4.1 Introducción

La iluminación dentro del hogar es un factor muy influyente, puesto que forma parte de los elementos que componen el ambiente de la tarea visual y afecta directamente al confort visual.

La luz ayuda a crear un ambiente acogedor y optimista en la vivienda, además una buena iluminación puede ayudar a prevenir problemas de visión evitando que se fije o esfuerce la vista, permitiendo que reconozcamos sin error lo que vemos, en un tiempo adecuado y sin fatiga visual. En base a lo descrito se realiza este estudio que evalúa la iluminación implementada en las viviendas del sector urbano de Cuenca.

En este capítulo se muestra todas las respuestas y mediciones obtenidas en las dos partes del levantamiento de información, las mismas que serán analizadas y evaluadas.

Los resultados se muestran en dos partes, la primera contiene consultas de carácter general como aceptación por un cambio tecnología, costos por adquisición de lámparas, beneficios de consumo energético dentro del cambio de lámparas incandescentes por lámparas CFL, entre otras. En la segunda parte se expone los resultados de las preguntas de carácter técnico como: deslumbramientos, distribución de lámparas en un ambiente, temperatura del color, contraste, etc. Esta fracción del estudio se realizó en diferentes ambientes de la vivienda como: sala, cocina, comedor, estudio, dormitorio, baño y pasillos o gradas, además de cada espacio mencionado, se obtuvo medidas de niveles de iluminación.

4.2 Análisis de los sistemas de iluminación residencial

4.2.1 Respuestas y análisis de las encuestas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el estudio aplicado en el sector residencial de Cuenca con sus respectivas interpretaciones. Antes de realizar las interpretaciones de las encuestas realizadas, es necesario tener en cuenta algunos aspectos como:

- En la encuesta se utiliza el término “foco” en lugar de “lámpara”, puesto que los usuarios generalmente están familiarizados con ese término.
- Para las preguntas que contienen 2 o 3 categorías cualitativas se usa ciclogramas caso contrario para más categorías, se utiliza gráficos de barras.
- En el caso de las preguntas que contienen variables cuantitativas se utiliza histogramas para su mejor interpretación.

Las tablas que genera el programa IBM-SPSS STATISTICS que se muestran más adelante, contienen los siguientes términos:

- **Frecuencia:** Indica el número de personas encuestas.
- **Porcentaje Valido:** Si se obtiene el número de muestras totales en la pregunta este “porcentaje valido” debe coincidir con la columna de “porcentaje”, de lo contrario, este porcentaje solo hace referencia a las respuestas validas de la consulta.
- **N:** Indica el número de encuestas ya sean totales, válidas o perdidas.
- **N Válidos:** Es el número de respuestas que sirven para realizar el análisis.
- **N Perdidos:** Son las respuestas que no se pueden analizar porque fueron nulas o blancas.

4.2.1.1 Respuestas de las encuestas generales

➤ Pregunta 1:

¿Qué tipo de foco utiliza o adquiere en su hogar?

Tabla 4.1 Tipo de foco utilizado – Elaboración Propia

Foco	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Ahorradores	310	80,9	80,9	80,9
Fluorescente	13	3,4	3,4	84,3
Incandescente	53	13,8	13,8	98,2
LED	7	1,8	1,8	100
Total	383	100	100	



Figura 4.1 Tipo de foco utilizado – Elaboración Propia

Interpretación: De acuerdo con la tabla presentada, se puede observar que la mayoría de usuarios cuenta con tecnología de lámparas fluorescentes compactas (LFC) con un 81%, esta tecnología desplazó y reemplazó a las lámparas incandescentes y lámparas de tubo fluorescentes que actualmente se

encuentran utilizadas en porcentajes mínimos del 14% y 3% respectivamente y deja ver que aún no se hace notar el uso de la nueva tecnología LED dentro del sector residencial con apenas el 2% del total de encuestados.

➤ Pregunta 2:

¿Qué tiempo aproximadamente le dura un foco?

Tabla 4.2 Tiempo promedio de cuánto tiempo dura el foco – Elaboración propia

N	Válidos	374
	Perdidos	9
	Total	383
Media		8,74
Mediana		6,00
Moda		6

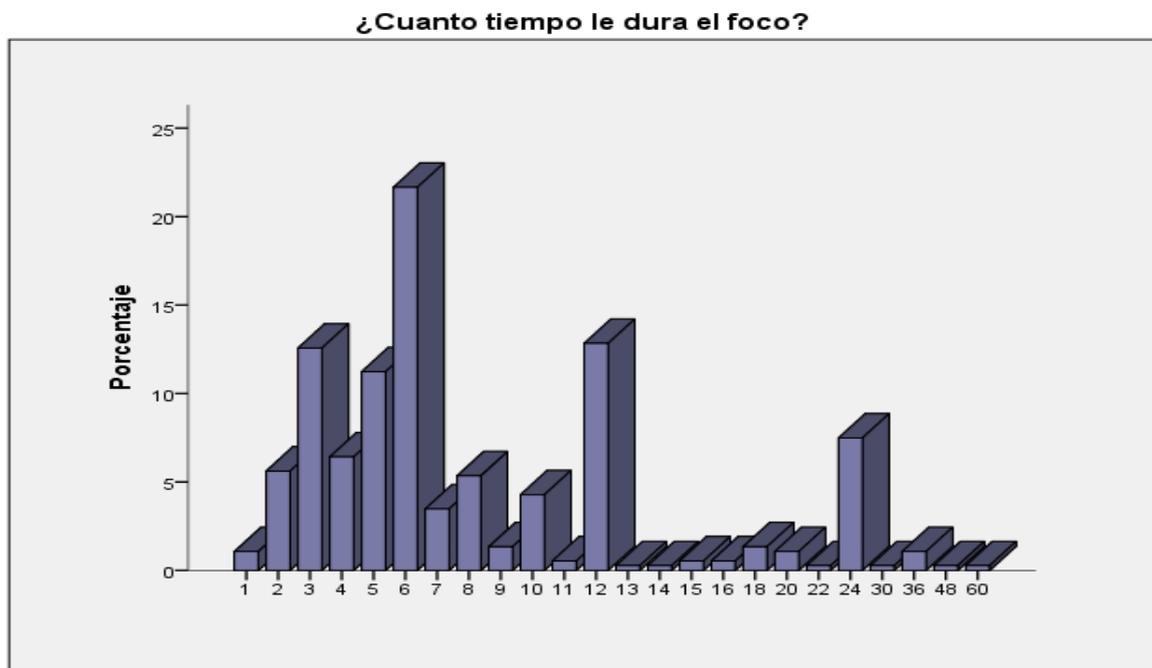


Figura 4.2 Tiempo de duración de un foco – Elaboración propia

Tabla 4.3 Tiempo de duración de un foco – Elaboración propia

Tiempo (meses)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	4	1	1,1	1,1
2	21	5,5	5,6	6,7
3	47	12,3	12,6	19,3
4	24	6,3	6,4	25,7
5	42	11	11,2	36,9
6	81	21,1	21,7	58,6
7	13	3,4	3,5	62
8	20	5,2	5,3	67,4
9	5	1,3	1,3	68,7
10	16	4,2	4,3	73
11	2	0,5	0,5	73,5
12	48	12,5	12,8	86,4
13	1	0,3	0,3	86,6
14	1	0,3	0,3	86,9
15	2	0,5	0,5	87,4
16	2	0,5	0,5	88
18	5	1,3	1,3	89,3
20	4	1	1,1	90,4
22	1	0,3	0,3	90,6
24	28	7,3	7,5	98,1
30	1	0,3	0,3	98,4
36	4	1	1,1	99,5
48	1	0,3	0,3	99,7
60	1	0,3	0,3	100
Válidos	Total	374	97,7	100
Perdidos	Sistema	9	2,3	
Total		383	100	

Interpretación: El sentir de los usuarios de acuerdo a la frecuencia con la que adquieren o reemplazan una lámpara se muestra en la figura, siendo notorio el elevado número de respuestas que se refieren a la duración de una lámpara de aproximadamente 6 meses que dijeron 81 personas equivalente a cerca del 22%, luego se encontró respuestas claras de duraciones de 3, 5, 12 y 24 meses con porcentajes del 13%, 11%, 13% y 8% respectivamente.

Esta pregunta está ligada a la calidad de lámpara que se está utilizando en iluminación residencial, se obtuvo un promedio de 9 meses, aproximado de acuerdo a las tecnologías existentes en nuestro medio, pero el verdadero tiempo de duración de las lámparas dependerá de características como hábitos de consumo y la calidad de artículo adquirido.

➤ Pregunta 3:

De acuerdo al tipo de foco seleccionado: ¿Cómo calificaría la iluminación que le brinda al momento de realizar sus actividades?

La tabla 4.3 muestra una tabla de contingencia sobre la calificación que los usuarios dan sobre el tipo de lámpara que poseen.

Tabla 4.4 Tabla de Contingencia sobre la calificación que tiene la iluminación de cada tipo de foco Elaboración propia

Calificación	Foco			
	Ahorradores	Fluorescente	Incandescente	LED
regular	5,8%			
bueno	78,3%	3,8%	3,8%	0,9%
muy bueno	81,9%	3,4%	14,1%	0,6%
excelente	78,0%	3,7%	12,2%	6,1%

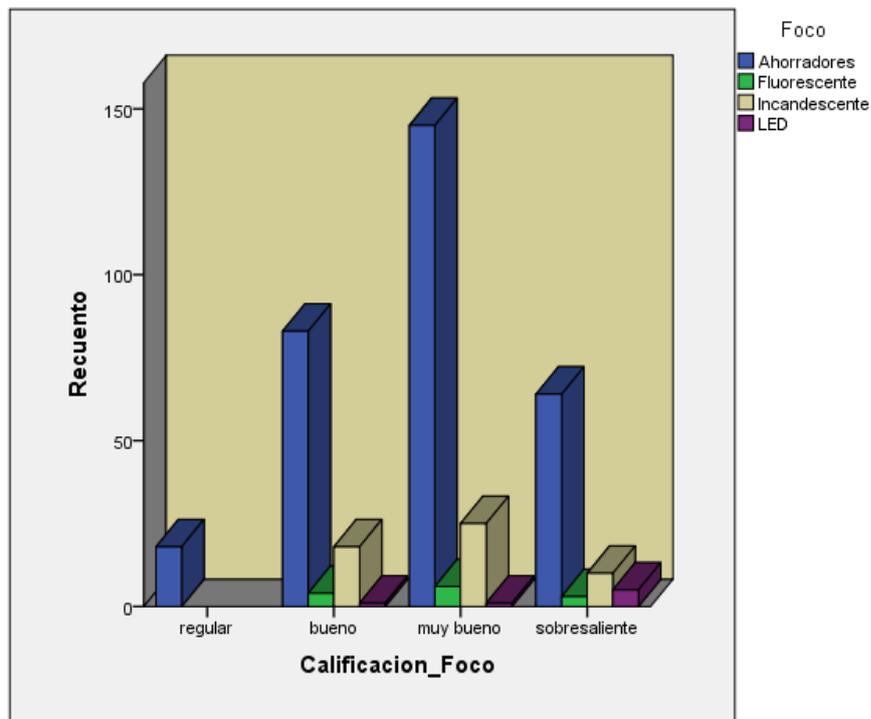


Figura 4.3 Calificación que tiene la iluminación del foco – Elaboración propia

La tabla 4.5 muestra los resultados totales de la pregunta según la categoría que los usuarios califican el tipo de lámpara utilizada en sus viviendas, donde por lo general la calificación que predomina con un 78,6% es “muy bueno” independiente del tipo de la lámpara que utilizan.

Tabla 4.5 Calificación sobre la iluminación del foco – Elaboración propia

Calificación	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
regular	18	4,7	4,7	4,7
bueno	106	27,7	27,7	32,4
muy bueno	177	46,2	46,2	78,6
sobresaliente	82	21,4	21,4	100,0
Total	383	100,0	100,0	

Interpretación: La tabla de contingencia muestra cuatro criterios a cerca de la iluminación que brindan las tecnologías analizadas: regular, bueno, muy bueno y excelente, dentro de los cuales se ubica cada tipo de luminaria utilizada en el

sector residencial, en las cuatro categorías se encontró LFC, con el comentario de mayor acogida como iluminación muy buena, así la describen los usuarios de este tipo de luminaria que cuenta con la aceptación de un 81,9%. Así mismo, las lámparas fluorescentes a pesar de la pequeña cantidad de abonados que la utilizan, su iluminación está siendo equitativamente calificada como buena, muy buena y regular. La tecnología de iluminación incandescente al igual que los LFC se estabilizó con una valoración de muy buena. Y por último en cuanto a la tecnología LED la ínfima cantidad de clientes que utilizan este tipo de iluminación la han catalogado como excelente.

➤ Pregunta 4:

¿Al momento de adquirir un foco que es lo primero que toma en cuenta?

En esta pregunta el encuestado pudo seleccionar más de una opción, por ello se analizan los resultados mediante porcentajes.

Tabla 4.6 Preferencias para la adquisición de un foco – Elaboración propia

Características	Respuestas		Porcentaje de casos
	Nº	Porcentaje	
Precio	179	25,0%	46,7%
Eficiencia	138	19,2%	36,0%
Tradición	37	5,2%	9,7%
Rendimiento	102	14,2%	26,6%
Vida útil (Duración)	92	12,8%	24,0%
Color	80	11,2%	20,9%
Potencia	89	12,4%	23,2%

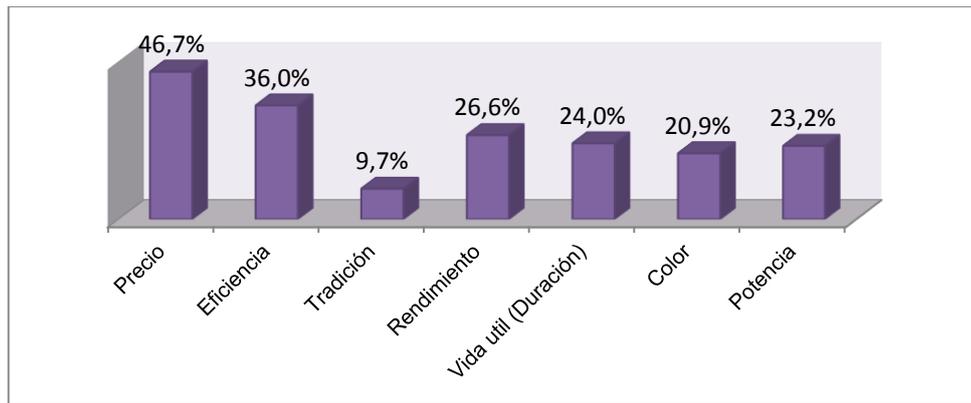


Figura 4.4 Preferencias para la adquisición de una lámpara – Elaboración propia

Interpretación: Con la cuarta pregunta de opción múltiple se aprecia la opinión de la gente al momento de elegir su tecnología de iluminación, de manera general, los usuarios según los resultados con un 46,7 % optarán por la lámpara que tenga el menor precio, así mismo otro criterio importante para su elección sería la eficiencia que posea esta tecnología, luego tenemos razones como rendimiento, vida útil y potencia que serán tomados en cuenta para adquirir una lámpara pero de manera secundaria.

➤ Pregunta 5:

Para usted. ¿Cuál es la característica principal que debe poseer un foco?

Dentro de esta pregunta el usuario tiene que seleccionar una sola opción, por ello se toma la respuesta como prioridad del abonado al momento de elegir una lámpara.

Tabla 4.7 Características que posee un foco – Elaboración propia

Características	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Calidad de servicio	115	30,0	30,0	30,0
Consumo energético bajo	231	60,3	60,3	90,3
Costo bajo del foco	37	9,7	9,7	100,0
Total	383	100,0	100,0	

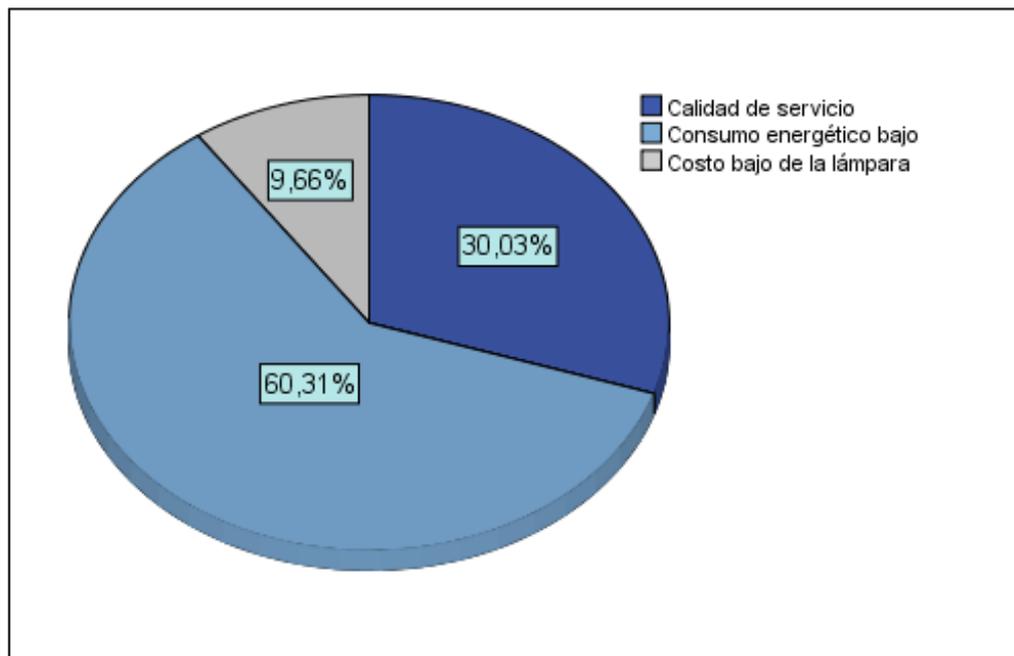


Figura 4.5 Características que posee un foco – Elaboración propia

Interpretación: Dentro de evaluación económica del usuario residencial, se muestra que la prioridad del usuario para adquirir un lámpara es el consumo energético que tenga la misma con un porcentaje del 60% de los encuestados, dejando en el segundo lugar la calidad del servicio que es la prioridad de 115 de abonados encuestados que representan al 30%, y por último a cerca del 10% le interesa generar ahorro mediante un costo bajo de las lámparas, este último dato contrastaría la tabla generada en la pregunta anterior, pero se justifica debido a que en dicha pregunta el encuestado pudo señalar más de un ítem lo que le permitió acompañar a sus opciones, la de un precio bajo de lámparas, a diferencia de esta pregunta en la cual se pudo elegir solo una alternativa, dando como conclusión que el cliente sabe que un costo bajo en la lámpara no necesariamente genera ahorro dentro de la iluminación de su hogar.

➤ Pregunta 6:

¿Cuánto suele gastar aproximadamente al momento de comprar un foco?

Tabla 4.8 Precio promedio que el usuario gasta en un foco – Elaboración propia

N	Válidos	377
	Perdidos	6
	Total	383
Media		3,26
Mediana		3,00
Moda		3,00

Esta pregunta es abierta, es decir, el precio fue colocado por el cliente.

Interpretación: Al igual que la pregunta anterior, tocando el tema de economía dentro de la iluminación residencial, se obtuvo un promedio de 3 dólares con 26 centavos que sería el precio que el consumidor paga por una lámpara. Este es un valor que no permitiría al usuario adquirir un artículo de calidad para su iluminación, definiendo calidad mediante criterios como buena iluminación, consumo energético, eficiencia y vida útil. También se puede interpretar el poco interés del usuario en gastar por un servicio que brinde las características antes mencionadas, lo que deja un resultado no satisfactorio al momento de hablar de implementación de nuevas tecnologías como la LED, donde se sabe que requiere de una inversión inicial mayor al costo promedio que se obtuvo.

Los valores que los encuestados indicaron al momento de adquirir una lámpara se muestra en la siguiente tabla 4.9:

Tabla 4.9 Precio aproximado que el usuario gasta en un foco – Elaboración propia

Precio(dólares)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	24	6,3	6,4	6,4
1,25	1	0,3	0,3	6,6
1,5	18	4,7	4,8	11,4
1,75	2	0,5	0,5	11,9
1,8	4	1	1,1	13
2	69	18	18,3	31,3
2,1	1	0,3	0,3	31,6
2,15	1	0,3	0,3	31,8
2,25	1	0,3	0,3	32,1
2,3	2	0,5	0,5	32,6
2,5	25	6,5	6,6	39,3
2,7	1	0,3	0,3	39,5
2,8	1	0,3	0,3	39,8
3	111	29	29,4	69,2
3,25	1	0,3	0,3	69,5
3,5	11	2,9	2,9	72,4
3,8	2	0,5	0,5	72,9
4	42	11	11,1	84,1
4,5	2	0,5	0,5	84,6
5	33	8,6	8,8	93,4
6	8	2,1	2,1	95,5
7	3	0,8	0,8	96,3
8	3	0,8	0,8	97,1
10	8	2,1	2,1	99,2
15	2	0,5	0,5	99,7
20	1	0,3	0,3	100
Válidos	Total	377	98,4	100
Perdidos	Sistema	6	1,6	
Total		383	100	

➤ Pregunta 7:

Desde su punto de vista el cambio realizado de focos incandescentes por focos ahorradores fue:

Tabla 4.10 Opinión sobre el cambio de focos impulsado por el estado – Elaboración propia

Punto de vista	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Malo	37	9,7	9,7	9,7
Regular	107	27,9	27,9	37,6
Bueno	162	42,3	42,3	79,9
Muy Bueno	45	11,7	11,7	91,6
NO ACCEDIO AL CAMBIO	32	8,4	8,4	100,0
Total	383	100,0	100,0	

Punto de vista por el cambio de focos impulsado por el gobierno

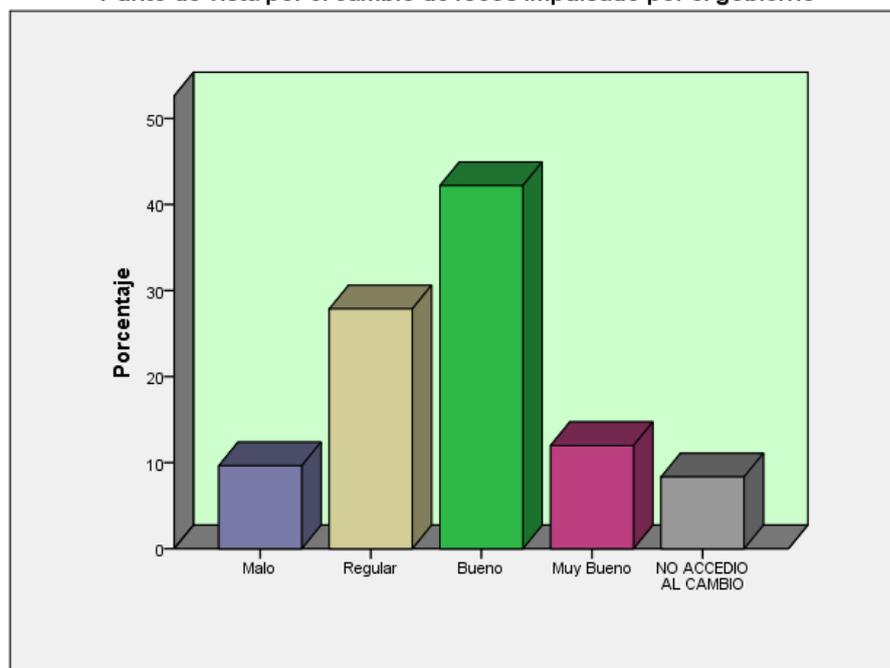


Figura 4.6 Punto de vista por el cambio de focos impulsado por el gobierno – Elaboración propia

Interpretación: Al 42 % de los clientes le parece bueno el cambio realizado por el estado en su programa de reemplazo de lámparas de tecnología incandescente por lámparas fluorescentes compactas (ahorradores), también a un buen porcentaje de usuarios 27.9% les pareció regular, no se encontró mayor porcentaje, dentro de la opción Muy Bueno 12% aunque la iniciativa fue atractiva para beneficio del usuario.

➤ Pregunta 8:

Desde su punto de vista el cambio realizado por el estado de focos incandescentes por focos ahorradores, genero beneficio económico al reducir su planilla de consumo energético.

Tabla 4.11 Criterio sobre si genero algún beneficio económico el cambio de focos impulsado por el estado – Elaboración propia

Beneficio	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Desconoce porque no accedió al cambio	31	8,1	8,1	8,1
No	89	23,2	23,2	31,3
Si	263	68,7	68,7	100,0
Total	383	100,0	100,0	

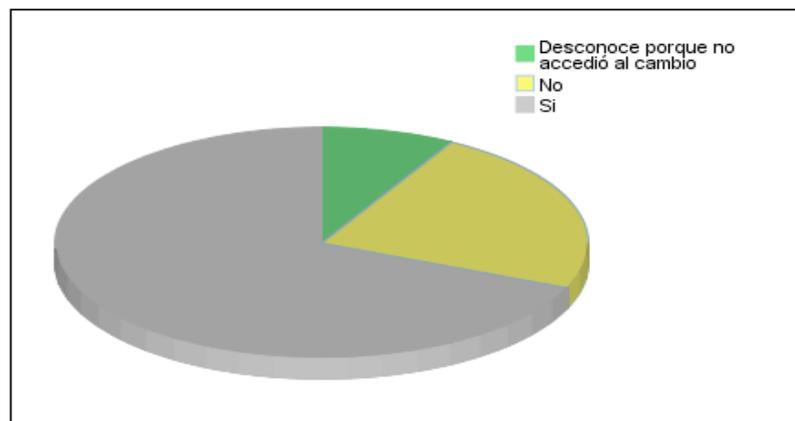


Figura 4.7 Criterio sobre si genero algún beneficio económico el cambio de focos impulsado por el estado – Elaboración propia

Interpretación: Esta pregunta muestra el sentir de los abonados que en el 68,7% se inclina por la aceptación al cambio de tecnología de iluminación que implemento el estado, ya que ha generado un aporte efectivo para la disminución de la planilla de consumo de energía, pero no se puede decir lo mismo de la calidad del lámpara implementada en aquel entonces, puesto que los comentarios anexos al momento de la encuesta dieron a entender que muchos de estos se habían dañado en tiempos muy cortos.

➤ Pregunta 9:

¿Usted ha escuchado sobre la tecnología LED utilizada para la iluminación residencial?

Tabla 4.12 Conocimiento sobre la tecnología LED – Elaboración propia

Conocimiento	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No	200	52,2	52,2	52,2
Si	183	47,8	47,8	100,0
Total	383	100,0	100,0	

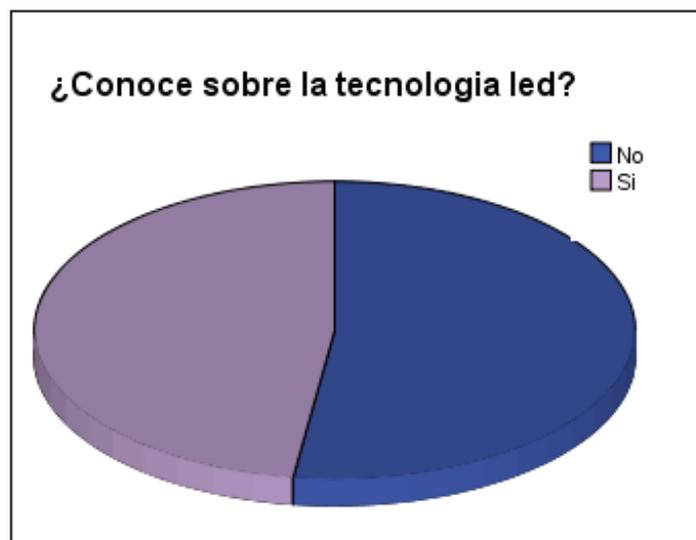


Figura 4.8 Conocimiento sobre la tecnología LED – Elaboración propia

Interpretación: Dentro de esta pregunta se aprecia que más de la mitad de usuarios 52% desconoce de la tecnología LED utilizada para iluminación residencial, con este resultado es muy difícil empezar a trabajar en su implementación puesto que aun siendo grande el porcentaje de abonados que conocen el tema 48% no se observó mayor interés en realizar un cambio de tecnología como se mostrará en la siguiente pregunta.

➤ Pregunta 10:

¿Estaría dispuesto a implementar la tecnología antes mencionada, reemplazando los focos convencionales, aunque su costo actualmente es mayor al convencional pero brinda muchos beneficios?

Tabla 4.13 Aceptación de tecnología LED – Elaboración propia

Cambio	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No	209	54,6	54,6	54,6
Si	174	45,4	45,4	100,0
Total	383	100,0	100,0	

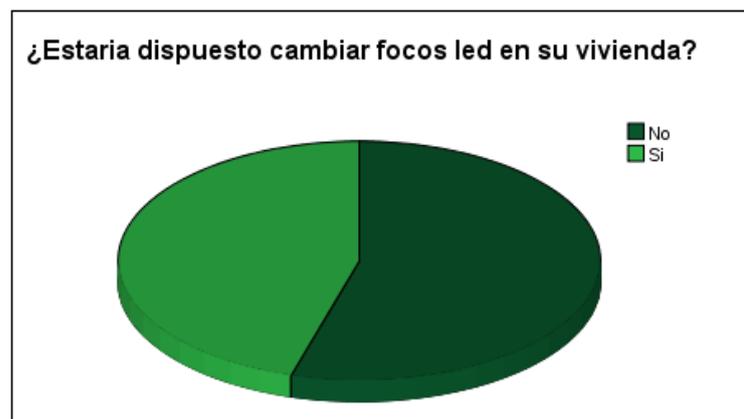


Figura 4.9 Aceptación de tecnología LED – Elaboración propia

Interpretación: Según los resultados el 55% de los clientes no estarían dispuestos a dar paso a un cambio tecnológico dentro de la iluminación de su hogar, y el 45% restante opina que si quisiera optar por la tecnología LED, sin

embargo se puede apreciar que la gente al conocer que su costo de inversión es alto, fácilmente rechazan el cambio, para ello es necesario difundir los beneficios que posee esta tecnología, así se puede conseguir una respuesta favorable.

En el **(ANEXO 6)** se encuentra el modelo la tabla que contiene las respuestas de los usuarios que se han tabulado en estas diez primeras preguntas.

4.2.1.2 Respuestas generales del levantamiento en viviendas

Dentro de esta sección se muestra todos los resultados de las consultas y los criterios aportados por los usuarios, así como las mediciones en cada ambiente de los hogares indagados, cada uno de ellos con sus respectivas interpretaciones.

Preguntas del Levantamiento:

Las preguntas 1 y 2 son consultas referenciales de información del cliente.

➤ Pregunta 3:

¿Qué tipo de vivienda tiene?

Tabla 4.14 Porcentajes dl tipo de viviendas inspeccionadas – Elaboración propia

Tipo de Vivienda	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Casa	73	55,7	55,7	55,7
Departamento	56	42,7	42,7	98,5
Villa	2	1,5	1,5	100,0
Total	131	100,0	100,0	

El término villa se utiliza para representar viviendas con características amplias y confortables y que pertenecen a usuarios económicamente acomodados y de un estrato social alto.



Figura 4.10 Porcentajes de los tipos de viviendas levantadas – Elaboración propia

Interpretación: Los resultados muestran que el levantamiento de información con sus respectivas mediciones se realizó con mayor proporción en casas, de igual manera con un porcentaje relativamente alto se ejecutó en departamentos de modo que sumando los porcentajes de encuestas en estos dos tipos de viviendas obtendríamos el 98.5% del trabajo realizado en campo, dejando el 1.5% restante a viviendas construidas en forma de villa.

➤ Desde la pregunta 4 hasta la pregunta 10:

¿Qué tipo de foco y cuantos utiliza en cada ambiente?

Tabla 4.15 Porcentajes de uso de cada tecnología de iluminación en los diferentes ambientes de un hogar – Elaboración propia

	Válidos	Perdidos	%	Media
Sala				2,5
Incandescente	68	63	38	2,4
Ahorrador	96	35	54	1,9
Fluorescente	6	125	3	1,3
Led	8	123	4	4,13

Cocina				1,76
Incandescente	41	90	25	2,44
Ahorrador	109	22	67	1,5
Fluorescente	6	125	4	1,45
Led	6	125	4	1,67
Comedor				2,00
Incandescente	41	97	28	2,51
Ahorrador	90	34	63	1,63
Fluorescente	8	123	6	1,25
Led	5	126	3	2,6
Dormitorio				1,92
Incandescente	25	106	17	1,68
Ahorrador	108	23	74	1,5
Fluorescente	7	124	5	1,71
Led	5	126	3	2,8
Estudio				1,70
Incandescente	32	99	28	1,47
Ahorrador	77	54	67	1,35
Fluorescente	4	127	3	1,5
Led	2	129	2	2,5
Gradas o Pasillo				1,41
Incandescente	37	94	28	1,43
Ahorrador	85	46	63	1,36
Fluorescente	8	123	6	1,13
Led	4	127	3	1,75
Baño				1,27
Incandescente	25	106	19	1,08
Ahorrador	103	28	77	1,13
Fluorescente	5	126	4	1,6
Led	0	131	0	0

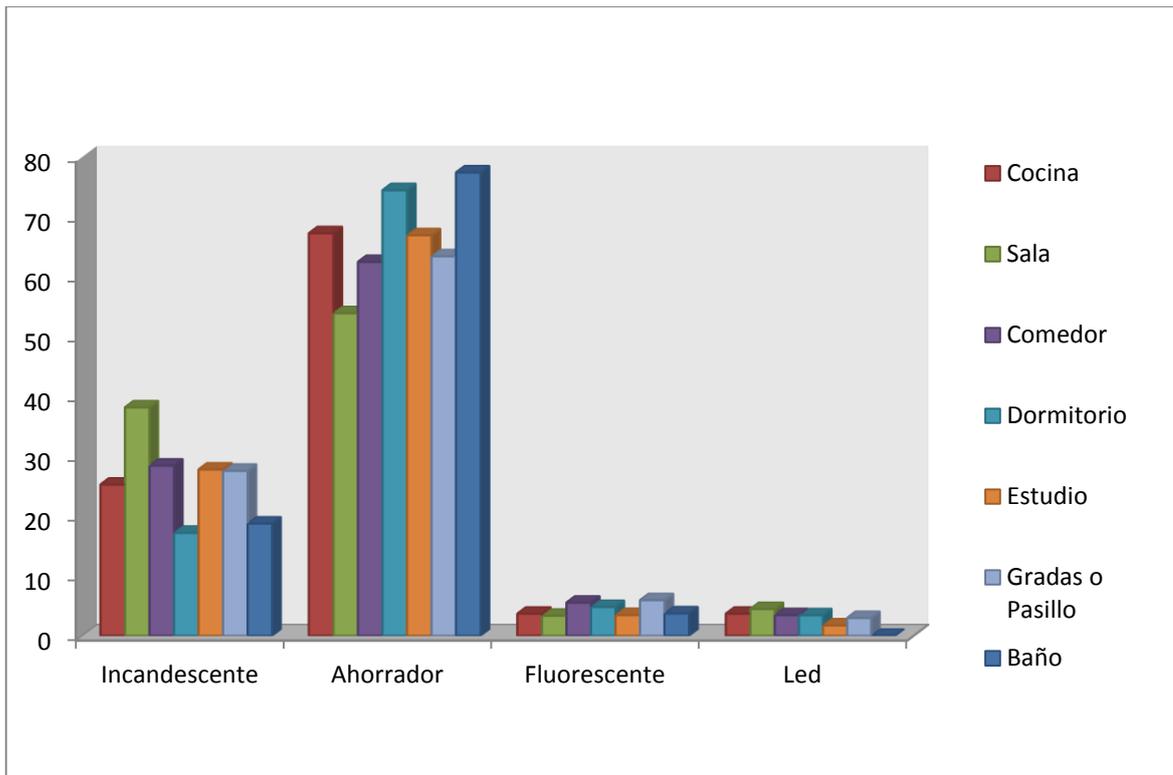


Figura 4.11 Porcentajes de los tipos de viviendas levantadas – Elaboración propia

Interpretación: Según la información levantada, en todos los ambientes de un hogar predomina el uso de LFC, como segunda tecnología más utilizada encontramos a las lámparas incandescentes dentro del sector residencial, si bien el uso de lámparas de tubo fluorescentes es muy reducido, la tecnología LED dentro de la iluminación aún no ha logrado tomar interés por parte de los usuarios, eso muestra el mínimo número de viviendas que cuentan con esta tecnología.

Así mismo se observa, aunque los LFC (focos ahorradores) se encuentran predominando en todos los ambientes del hogar, su media indica que no llega a 2 lámparas por ambiente dentro de los espacios principales de la casa como son: sala, cocina, comedor y dormitorio, y dentro del estudio, baño y pasillos se observa un LFC por cada ambiente.

Dentro del uso de lámparas con tecnología incandescente, la situación es diferente, a pesar de ser menor respecto al uso de ahorradores, se observa que dentro de los ambientes principales hallamos una media de hasta 2,51



lámparas por espacio, y en los tres ambientes restantes casi alcanza el 1.5 lámparas por espacio.

Las lámparas fluorescentes tienen su media más alta en el dormitorio con 1,71 lámparas, seguido del 1,6 que muestra como media del baño, por ello deducimos que se pueden encontrar hasta dos lámparas en los dormitorios o baños, en los demás espacios de manera general podemos indicar que cuentan con una lámpara fluorescente.

Ahora al analizar el uso de tecnología LED para iluminación residencial, se indica que dentro de los baños es nula, pues no se encontró este tipo de lámparas en ninguna de las casas levantadas, a diferencia de espacios como la cocina o los pasillos en los que se puede tener hasta dos lámparas de este tipo. Ambientes como el estudio, comedor o dormitorio podrían llegar a tener una media de hasta 3 lámparas LED y la sala de las casas que utilizan esta tecnología pueden estar siendo iluminadas con al menos 4 de este tipo. En los cuatro últimos ambientes analizados se observa un elevado número de lámparas LED, esto puede estar relacionado en la mayoría de casos con iluminación decorativa de bajas potencias (2, 3, 5 vatios) debido a todas las características que poseen este tipo de lámparas.

Finalmente de manera general relacionando cada uno de los ambientes estudiados en este capítulo se puede indicar que el espacio que cuenta con mayor número de lámparas independientemente de la tecnología que utilicen es la sala con una media de 2,5 lámparas, seguido por el comedor con 2 lámparas, esto se debería relacionar directamente con su condición de espacio social por lo que se busca tener una iluminación adecuada. Dentro de los demás espacios encontramos que la mayoría de usuarios busca iluminar lo “suficiente” como es su comentario, y coloca no más de una lámparas por ambiente.

➤ Pregunta 11:

¿Está satisfecho/a con la iluminación (visión) que poseen los siguientes espacios?

Tabla 4.16 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto de la iluminación en su hogar – Elaboración propia

	Frecuencia	Porcentaje
Sala		
Muy Bueno	30	22,9
Bueno	96	73,3
Regular	5	3,8
Malo	0	0
Cocina		
Muy Bueno	30	22,9
Bueno	95	72,5
Regular	6	4,6
Malo	0	0
Comedor		
Muy Bueno	28	21,4
Bueno	100	76,3
Regular	3	2,3
Malo	0	0
Estudio		
Muy Bueno	32	24,4
Bueno	94	71,8
Regular	5	3,8
Malo	0	0
Dormitorio		
Muy Bueno	25	19,1
Bueno	100	76,3

Regular	6	4,6
Malo	0	0
Gradas o Pasillo		
Muy Bueno	24	18,3
Bueno	103	78,6
Regular	4	3,1
Malo	0	0
Baño		
Muy Bueno	26	19,8
Bueno	104	79,4
Regular	1	,8
Malo	0	0

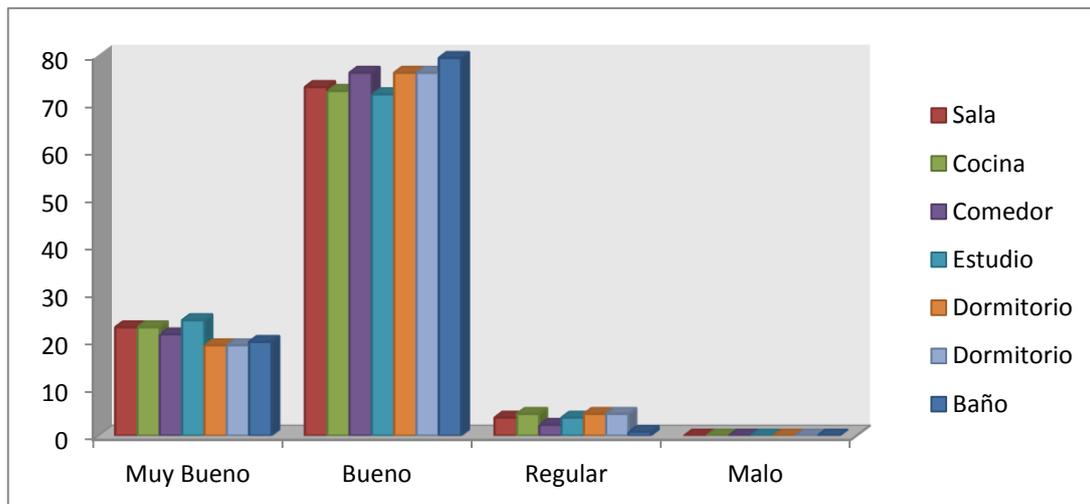


Figura 4.12 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto de la iluminación en su hogar – Elaboración propia

Nota: En esta pregunta se le explica al usuario que la visión es la capacidad de observar e interpretar los objetos de manera adecuada y poderlos definir perfectamente.

Interpretación: Antes de interpretar los resultados, cabe mencionar que para calificar el nivel de buena o mala iluminación, se debería tomar en cuenta algunos factores importantes como la actividad que se va a realizar en ese espacio o los coeficientes que afectan la visión los cuales ya se mencionaron pero cabe recalcar algunos como: [7]

1. El Tamaño de los detalles de los objetos a percibir o manipular.
2. El contraste entre los detalles de los objetos y el fondo sobre los cuales se destacan, que pueden ser producidos por la diferencia entre sus factores de reflexión o también por su color.
3. El tiempo que puede dedicarse a la observación.
4. La luminancia: es uno de los factores más fácilmente controlables en el puesto de trabajo.
5. La edad: Pues independientemente de los niveles de iluminación que se tenga este factor puede modificar el criterio que el usuario tenga de la luz.

Mencionado todos estos componentes importantes al momento de calificar la iluminación de los ambientes de una residencia, de manera unificada se puede interpretar los criterios emitidos respecto a la iluminación de los usuarios evaluados que en su gran mayoría la califican como “Buena” llegando a un porcentaje al rededor del 76%, seguido de manera leve con un 20% que respondieron que poseen una “Muy Buena” iluminación y descartando opciones como “Regular” o “Mala” que consiguieron el 4% y 0% respectivamente.

Dentro de estos resultados cabe recalcar, a pesar de que casi la totalidad de usuarios dieron una calificación como “Buena” o superior a los sistemas de iluminación de su hogar, esta respuesta no necesariamente obedece a un buen o muy buen nivel de iluminación instalado, sino más según se pudo captar los comentarios de los abonados, corresponde a criterios de “iluminación suficiente” o que permita realizar las actividades destinadas en cierto espacio, dejando a un lado normas o conceptos que remiten a una adecuada iluminación.

➤ Pregunta 12:

¿Se siente satisfecho/a con la distribución y número de focos con los que cuenta este lugar?

Tabla 4.17 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto del número de lámparas instaladas en cada ambiente de su hogar – Elaboración propia

	Frecuencia	Porcentaje
Sala		
No	13	9,9
Si	118	90,1
Cocina		
No	11	8,4
Si	120	91,6
Comedor		
No	10	7,6
Si	121	92,4
Dormitorio		
No	12	9,2
Si	119	90,8
Estudio		
No	10	7,6
Si	121	92,4
Gradas o Pasillo		
No	10	7,6
Si	121	92,4
Baño		
No	12	9,2
Si	119	90,8

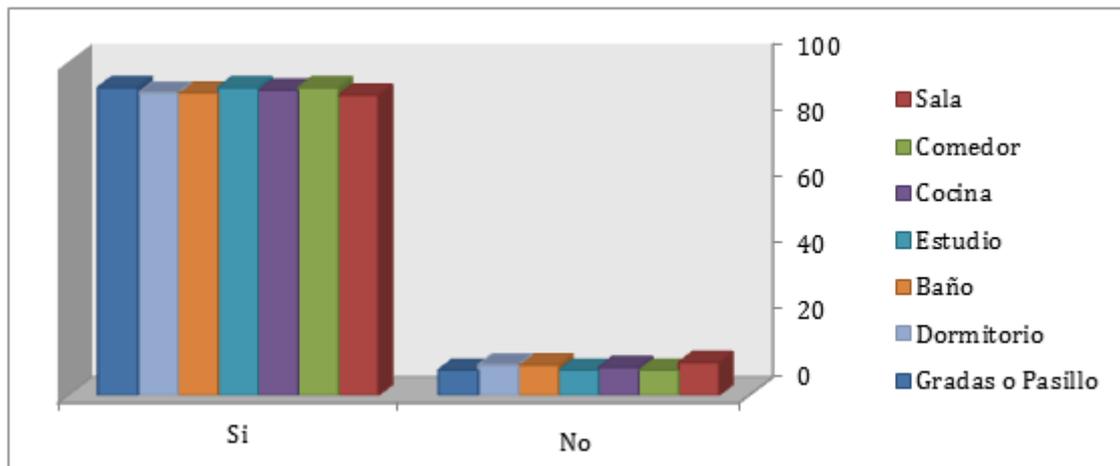


Figura 4.13 Criterios de satisfacción por parte de los usuarios respecto al número de lámparas instaladas en cada ambiente de su hogar – Elaboración propia

Interpretación: Los usuarios manifiestan en un gran porcentaje que se sienten satisfechos con la distribución y número de lámparas en los diferentes ambientes de la vivienda. Donde el SI predomina en más de un 90% en la sala, cocina, comedor, dormitorio, estudio, baños y gradass o pasillo.

Se pudo observar que en las casas especialmente las más antiguas su distribución de lámparas es mala ya que por lo general solo cuentan con una lámpara en el centro de cada área, a diferencia de las casas nuevas y departamentos en que su distribución y número de lámparas es mejor, en la mayoría de ellas poseen iluminación decorativa.

➤ Pregunta 13:

¿Cómo califica la lámpara utilizada en los siguientes espacios en cuanto a la sensación térmica?

Tabla 4.18 Valoración de la temperatura del color que poseen los focos instalados en los domicilios intervenidos – Elaboración Propia

	Frecuencia	Porcentaje
Sala		
Caliente	10	7,6
Fría	10	7,6
Normal	111	84,7
Cocina		
Caliente	6	4,6
Fría	10	7,6
Normal	115	87,8
Comedor		
Caliente	6	4,6
Fría	13	9,9
Normal	112	85,5
Dormitorio		
Caliente	3	2,3
Fría	15	11,5
Normal	113	86,3
Estudio		
Caliente	4	3,1
Fría	15	11,5
Normal	112	85,5
Gradas o Pasillo		
Caliente	2	1,5
Fría	17	13,0
Normal	112	85,5
Baño		
Caliente	3	2,3
Fría	15	11,5
Normal	113	86,3

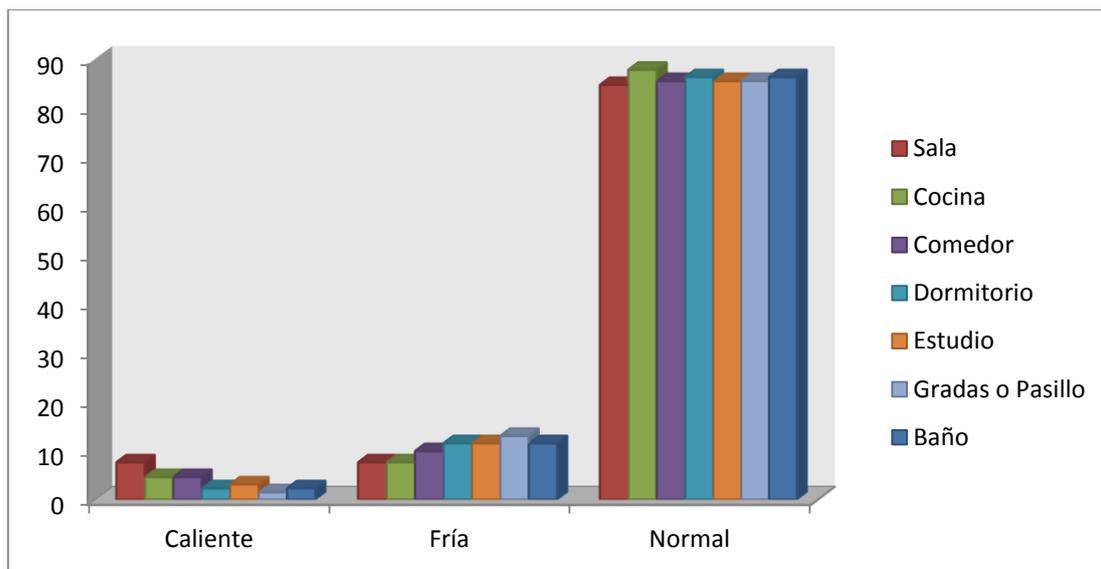


Figura 4.14 Valoración de la temperatura del color que poseen los focos instalados en los domicilios intervenidos – Elaboración Propia

Interpretación: Para que los clientes respondan esta pregunta se les explico que la temperatura de color es una medida que se especifica en las lámparas y se refiere a la apariencia o la tonalidad de la luz que emite la fuente luminosa. También se acoto que “luz fría” corresponde a fuentes de luz que se perciben blancas y brillantes, las lámparas que se perciben rojizas o amarillentas se denomina “luz cálida”, finalmente la “luz neutra” una combinación de las dos anteriormente explicadas.

Entonces se observa que los clientes en general califican los ambientes de su vivienda como “normal” en cuanto a la temperatura de color de la lámpara con un porcentaje promedio de 85%, dejando así con porcentajes mínimos a la “luz cálida” con un 4% y “luz fría” en un 11% promedio en todos los ambientes.

➤ Pregunta 14:

¿Cómo califica la lámpara utilizada en los siguientes ambientes respecto a la reproducción del color?

Tabla 4.19 Valoración de la capacidad para reproducir los colores que poseen las lámparas instaladas en los domicilios intervenidos – Elaboración Propia

	Frecuencia	Porcentaje
Sala		
Muy Bueno	18	13,7
Bueno	113	86,3
Regular	0	0
Malo	0	0
Cocina		
Muy Bueno	15	11,5
Bueno	116	88,5
Regular	0	0
Malo	0	0
Comedor		
Muy Bueno	15	11,5
Bueno	116	88,5
Regular	0	0
Malo	0	0
Dormitorio		
Muy Bueno	12	9,2
Bueno	119	90,8
Regular	0	0
Malo	0	0
Estudio		
Muy Bueno	17	13,0
Bueno	114	87,0
Regular	0	0
Malo	0	0
Gradas o Pasillo		
Muy Bueno	14	10,7
Bueno	117	89,3

Regular	0	0,0
Malo	0	0
Baño		
Muy Bueno	12	9,2
Bueno	119	90,8
Regular	0	0
Malo	0	0

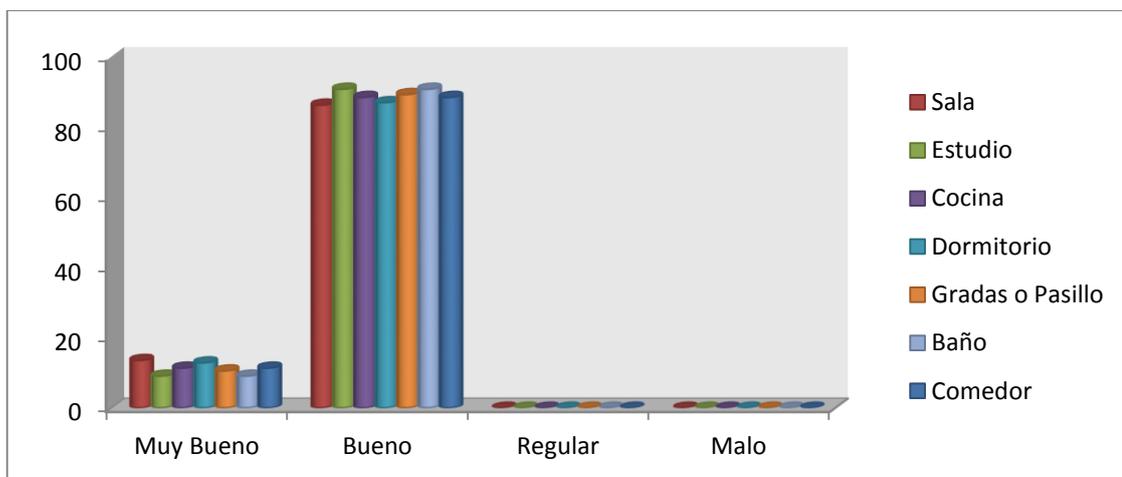


Figura 4.15 Valoración de la capacidad para reproducir los colores que poseen las lámparas instaladas en los domicilios intervenidos – Elaboración Propia

Interpretación: Al encuestado se le pregunto qué tan buena es la capacidad que tiene las lámparas para reproducir fielmente los colores de los objetos, prevaleciendo la respuesta “Buena” con aproximadamente un 90% en todos los ambientes de la casa. Con un porcentaje relativamente bajo la respuesta “Muy Buena” era otra opción indicada por los usuarios.

Los datos muestran que ninguno de los encuestados calificó como “Regular” o “Mala” la reproducción de color en las áreas de la vivienda.

Entonces se puede decir que en cuanto a la reproducción de color de las diferentes tecnologías de iluminación, los usuarios no tienen mayor problema puesto que se sienten satisfechos con los colores que reproducen las lámparas.

➤ Pregunta 15:

¿Tiene problemas para diferenciar objetos pequeños (letras) en la noche en los siguientes espacios?

Tabla 4.20 Resultados que reflejan la capacidad de contraste visual de objetos – Elaboración Propia

	Frecuencia	Porcentaje
Sala		
No	125	95,4
Si	1	,8
Un poco	5	3,8
Cocina		
No	124	94,7
Si	1	,8
Un poco	6	4,6
Comedor		
No	124	94,7
Si	2	1,5
Un poco	5	3,8
Estudio		
No	123	93,9
Si	2	1,5
Un poco	6	4,6
Dormitorio		
No	115	87,8
Si	1	,8
Un poco	15	11,4
Gradas o Pasillo		
No	127	96,9
Si	1	,8
Un poco	3	2,3

Baño		
No	123	93,9
Si	3	2,3
Un poco	5	3,8

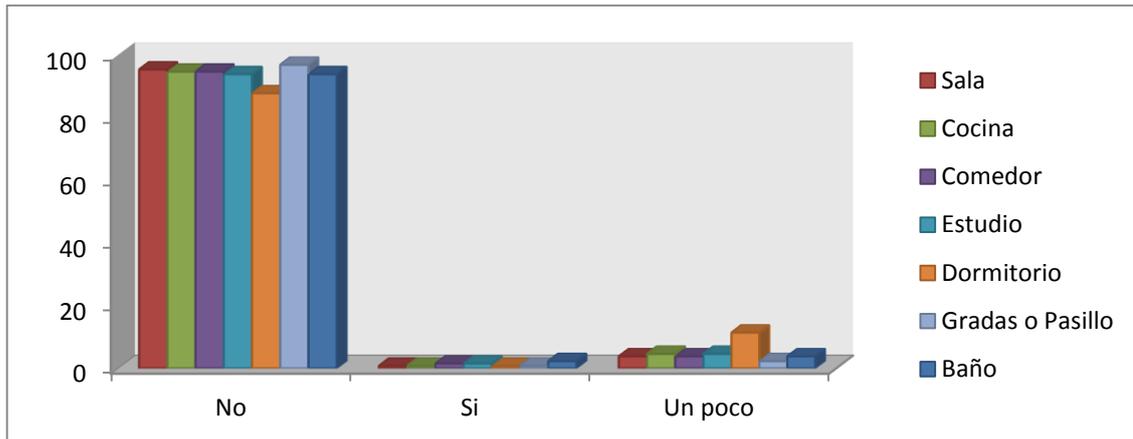


Figura 4.16 Resultados que reflejan la capacidad de contraste visual de objetos – Elaboración propia

Interpretación: En esta pregunta los encuestados afirman no tener ningún tipo de problema en diferenciar cualquier clase de objeto pequeño durante la noche, esto explica el 93% de respuestas negativas.

Respuestas que afirman tener inconvenientes de este tipo son prácticamente nulas pues en el mejor de los casos llegan al 2,3%, porcentaje que corresponde al ambiente del baño.

Usuarios que indiquen tener pocos problemas para diferenciar en un determinado ambiente objetos pequeños, son también un porcentaje mínimo que oscila entre el 2,3% mostrado en gradas y el 11% que indica el dormitorio. Cabe mencionar que por lo general las personas que emitieron esta respuesta pertenecían al grupo de adultos mayores.

En general no se consiguen respuestas prácticas pues las personas evaluadas en su opinión consideraran la iluminación que poseen como una fuente de luz artificial que les permite realizar sus actividades en la noche y se olvidan o evaden los niveles de calidad de iluminación con la que cuentan.

➤ Pregunta 16:

¿Tiene alguna sensación de disgusto, fatiga o molestia visual según con la iluminación con la que cuentan estos espacios?

Tabla 4.21 Resultados que muestran la existencia o no del deslumbramiento por la iluminación del hogar – Elaboración propia

	Frecuencia	Porcentaje
Sala		
Si	0	0,0
No	127	96,9
Un poco	4	3,1
Cocina		
Si	0	0,0
No	129	98,5
Un poco	2	1,5
Comedor		
Si	0	0,0
No	126	96,2
Un poco	5	3,8
Estudio		
Si	0	0,0
No	126	96,2
Un poco	5	3,8
Dormitorio		
Si	0	0,0
No	119	90,8
Un poco	12	9,2
Gradas o Pasillo		
Si	0	0,0
No	130	99,2
Un poco	1	,8

Baño		
Si	0	0,0
No	128	97,7
Un poco	3	2,3

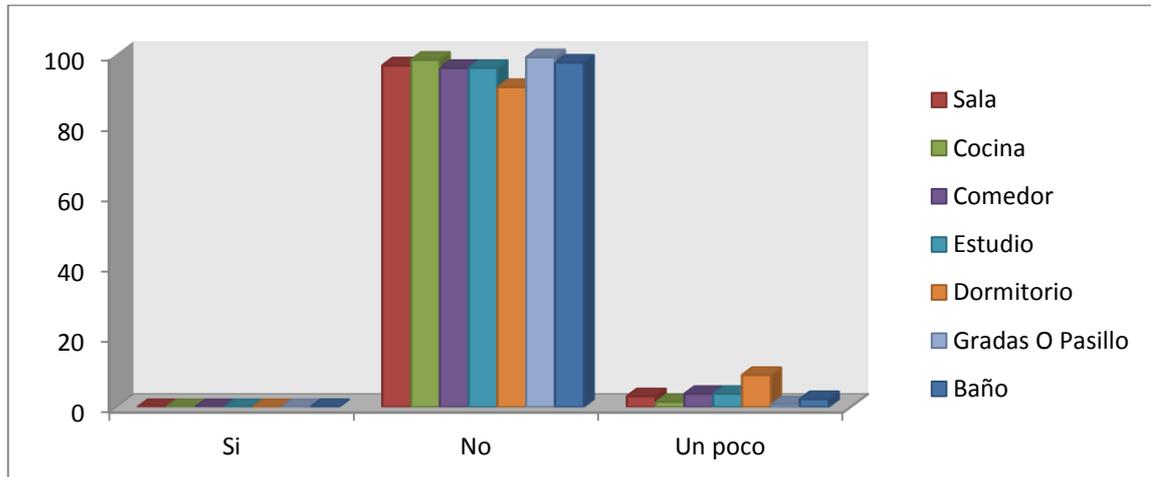


Figura 4.17 Resultados que muestran la existencia o no del deslumbramiento por la iluminación del hogar – Elaboración propia

Interpretación: Para interpretar esta pregunta se puede señalar que las respuestas por parte de las personas encuestadas en sus viviendas expresan en un 96% que en general los ambientes de una vivienda no poseen o presentan ninguna sensación de disgusto o molestia visual según la iluminación que cuentan en sus hogares. Usuarios que manifiestan tener “un poco” de disgusto o molestia visual llegan al 9,2% en el dormitorio y su porcentaje más bajo es de 0,8% en las gradas, comentarios paralelos a esta pregunta indican que en el dormitorio es el ambiente donde se puede tener deslumbramiento o fatiga en la tarea visual por ser el espacio en el que mayor tiempo utilizan la iluminación durante la noche.

➤ Pregunta 17:

Indique las áreas en los que es necesario encender las luminarias en la mañana y/o tarde (7H00 – 18H00).

Tabla 4.22 Uso de la iluminación durante el día dentro de cada ambiente del hogar –
Elaboración propia

Área	Respuestas		Porcentaje de casos
	Nº	Porcentaje	
Sala	6	5,7%	8,6%
Cocina	26	24,8%	37,1%
Comedor	14	13,3%	20,0%
estudio	13	12,4%	18,6%
dormitorio	26	24,8%	37,1%
baño	12	11,4%	17,1%
gradas/pasillo	8	7,6%	11,4%

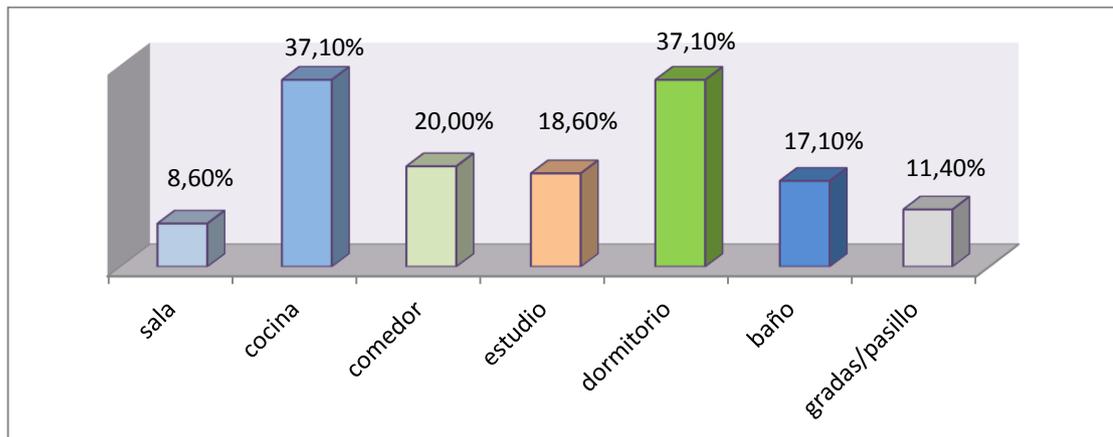


Figura 4.18 Uso de la iluminación durante el día dentro de cada ambiente del hogar –
Elaboración propia

Interpretación: En horas de la mañana o tarde en las que se cuenta con luz natural, las personas encuestadas manifiestan que es necesario encender las luminarias en ambientes como la cocina y el dormitorio, estos dos espacios muestran los porcentajes más altos con el 37,1%. Por debajo de este porcentaje encontramos 20%, 18,6% y 17,1% que pertenecen al comedor, estudio y baño respectivamente. Finalmente las gradas o pasillos 11,4% y la sala 8,6%, serían espacios de pocos hogares que necesitan utilizar luminarias en horas del día. El alto porcentaje encontrado en la cocina 37,1% y el más bajo de los ambientes 8,6% registrado en la sala, se justifican por la

construcción o diseño arquitectónico de manera general en las casas de la ciudad, puesto que se observó que generalmente la sala se encuentra en la parte frontal de la vivienda en la que se tiene mayor incidencia de luz natural y las cocinas en la mayoría de casos se construye en la parte posterior de la misma.

➤ Pregunta 18:

¿En cuál de estos espacios Ud. y sus familiares utilizan mayor tiempo la iluminación durante la noche?

Tabla 4.23 Uso de la iluminación durante la noche dentro de cada ambiente del hogar –
Elaboración propia

Área	Respuestas		Porcentaje de casos
	Nº	Porcentaje	
Sala	30	13,1%	22,9%
cocina	47	20,5%	35,9%
comedor	31	13,5%	23,7%
estudio	9	3,9%	6,9%
dormitorio	108	47,2%	82,4%
baño	1	,4%	,8%
gradas/pasillo	3	1,3%	2,3%

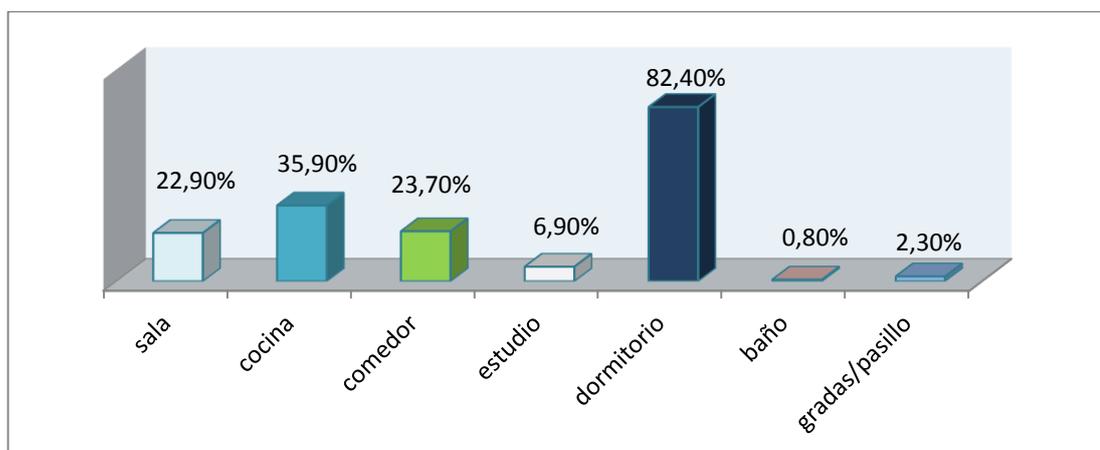


Figura 4.19 Uso de la iluminación durante la noche dentro de cada ambiente del hogar –
Elaboración propia

Interpretación: Nótese que en esta pregunta, la mayor cantidad de tiempo las personas encuestadas dicen pasar en sus habitaciones por ello representa el 82,4%, por lo que en parte es beneficioso dentro del consumo de energía ya que se ha observado que el número promedio de lámparas utilizadas en ese ambiente es de aproximadamente 2, generalmente ahorradores, con porcentajes menores entre el 23-35% se encuentran ambientes como la sala, cocina, comedor y finalmente casi sin importancia por su bajo grado de uso de iluminación durante la noche encontramos pasillo/gradas, baños, estudios.

4.3 Valores de las mediciones

La tabla 4.19 muestra los valores promedios del levantamiento de campo realizado, los cuales permiten emitir un criterio final de que tan bien se encuentra iluminado el sector residencial de la ciudad de Cuenca.

Tabla 4.24 Promedio de las medidas del nivel de iluminación en cada ambiente del hogar –
Elaboración propia

N	Válidos	sala	cocina	comedor	dormitorio	estudio	baño	gradas
		Perdidos	0	0	0	0	0	0
	Media	126,66	112,45	111,48	111,69	97,47	112,51	94,43
	Mediana	122,00	100,00	100,00	100,00	90,00	100,00	90,00
	Moda	130	100	100	120	70	80	100
	Mínimo	60	48	50	60	43	40	30
	Máximo	270	210	220	205	203	260	222
Percentiles	25	90,00	80,00	80,00	80,00	70,00	80,00	70,00
	50	122,00	100,00	100,00	100,00	90,00	100,00	90,00
	75	150,00	140,00	133,00	140,00	120,00	140,00	110,00

Con la finalidad de realizar un estudio de las mediciones realizadas, se procede a analizar cada uno de los ambientes del hogar planteados inicialmente

En el **(ANEXO 7)** se encuentran el modelo de las tablas que contienen las respuestas y mediciones recopiladas en los levantamientos de campo y que se tabularon en esta segunda parte del análisis.

Sala:

El trabajo de campo se realizó en 131 hogares, los espacios utilizados como sala obtuvieron una media de 126,66 luxes. Al realizar las mediciones se encontró que este ambiente posee la mayor cantidad de luminarias de distintos tipos.

La sala posee una “moda” de 130 luxes es decir el valor que aparece con mayor frecuencia dentro de una muestra, así mismo el mínimo y máximo valor que se midió fue de 60 y 270 lux respectivamente.

Por lo general donde existe un alto valor de iluminancia es en casas en las que en sus salas predominan las lámparas incandescentes o con iluminación decorativa, para la cual se utiliza lámparas LED.

Para analizar estos datos se dividió en 3 percentiles que no son más que una comparación de resultados, es decir, el 25% de las 131 salas levantadas se encuentran en una medida de 90 luxes o menos, el 50% en 122 luxes y el último percentil en 150 luxes o más que corresponde al 75%.

Cocina:

Al igual que la sala este ambiente se observó una variedad de tecnologías de iluminación, teniendo así un promedio de 112 luxes, dicha media equivale a las 131 casas.

El valor que mayormente se repetía en este ambiente equivale a los 100 luxes. Así mismo el mínimo valor medido fue de 48 luxes que por lo general eran viviendas que su superficie era grande (aproximadamente 5x3 m) pero la cantidad de “focos” era insuficiente. El máximo valor que se pudo medir en las cocinas fue de 210 luxes.

Sus percentiles posicionan que un 25% del 100% que equivale a las 131 cocinas están en una medida de 80 luxes o menos, la mitad en 100 luxes y el 75% está en un rango de 140 lux o más.

Comedor:

Para el comedor los datos obtenidos no varían mucho con respecto a los medidos en la cocina. Con una media de 111 luxes, valor promedio que se puede considerar para esta área.

Lámparas fluorescentes compactas e incandescentes se utiliza en esta área, obteniendo máximos y mínimos de 220 y 50 luxes respectivamente.

Sus percentiles de 25%, 50% y 75% representan el número de casas que están en esta posición. Teniendo así un total de 33 casas con una medida de 80 luxes o menos, 66 casas con 100 luxes y finalmente el 75% con un valor de 133 luxes de los valores medidos en los comedores.

Baño:

Para esta área de la casa factores como el espacio, colores claros en las paredes y pisos interferían en las medidas, teniendo así un promedio de 113 luxes, un valor que se considera relativamente alto según lo observado.

Se llegaron a obtener valores máximos de 260 luxes por los factores antes mencionados, pero por lo general el valor que más se repetía era el de 80 luxes y un mínimo de 40.

Gradas o Pasillos:

Estas mediciones se consideraron en un solo grupo ya que existen viviendas que no cuentan con estos 2 ambientes conjuntamente, por ello se tomaba los datos en gradas o en su defecto en pasillos.

Para las gradas se encontró en una gran mayoría de viviendas con iluminación indirecta (cuando el flujo luminoso se dirige hacia el techo, quedando las luminarias totalmente ocultas. El observador no ve ningún objeto luminoso, únicamente aprecia las áreas iluminadas) por ello las medidas eran relativamente bajas como 30 luxes.

Generalmente los pasillos si contaban con buena iluminación por ello aquí se encontraron los valores máximos como 222 luxes.

Realizando un promedio entre estas 2 áreas podemos decir que su valor esta en 94 luxes aproximadamente.

Estudio:

Cabe mencionar que este espacio no se encontró en todas las casas evaluadas. En cuanto a las mediciones, se registraron valores bajos de iluminancia con un promedio de 97 luxes.

Dormitorio:

En el dormitorio, se observando un número mínimo de lámparas que por lo usual es de 1 o 2 en algunos casos. Las estadísticas muestran una media de 112 luxes, moda de 120 luxes, El máximo valor medido de 205 luxes y un mínimo de 60 luxes.

4.4 Evaluación de los niveles de iluminación residencial medidos

4.4.1 Análisis de mediciones [LUX]

Los datos medidos y mostrados, son comparados con los niveles de iluminación recomendados por:

- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público del Ministerio de Energía y Minas de la República de Colombia (RETILAP) [15]
- OSRAM [16]
- Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) para el diseño de iluminación de acuerdo a la actividad a realizarse en cierto espacio. [17]

Tabla 4.25 Niveles de iluminación recomendado para cada ambiente del hogar

Tareas y clases de local	Iluminancia (Lux) Recomendado según las referencias
Sala	200
Cocina	250
Baño	120
Cuartos de Lectura, Estudio, o Trabajo	500
Comedor	150
Dormitorios	200
Gradas	100
Pasillos	100

La tabla 4.26 muestra los niveles de iluminación medidos y recomendados según el Reglamento Técnico de Iluminación RETILAP, OSRAM, etc.

Tabla 4.26 Comparación entre los niveles de iluminación recomendados y el promedio de los medidos en cada ambiente de los hogares visitados – Elaboración propia.

Tareas y clases de local	Iluminancia (Lux) Recomendado según referencias	Iluminancia (Lux) Promedio Medido	% Medidos referenciales
Sala	200	127	64
Cocina	250	112	45
Baño	120	111	93
Dormitorio	200	112	56
Estudio	500	97	19
Comedor	150	113	75
Gradas/Pasillo	130	94	72

Por lo antes expuesto se puede observar que ningún ambiente de la vivienda cuenta con niveles de iluminancia apropiados, incluso existen casos críticos en



espacios como el “cuarto de estudio” donde sus valores son bajos comparados con los valores recomendados.

La cocina y el dormitorio son lugares o espacios de importantes actividades, además se pudo observar que son los espacios en el que mayor tiempo se necesita la iluminación artificial, por lo que ocuparía el segundo lugar dentro de las prioridades hacia un cambio para obtener buena iluminación.

Dentro de la sala y comedor encontramos iluminancias aproximadas a la mitad de lo apropiado, al ser espacios sociales que no requieren trabajos precisos o muy esforzados no se les considera tan preocupante como el caso anterior.

Los pasillos o gradas y baños tampoco cumplen con los niveles de iluminación recomendados pero su valor promedio no está muy alejado con los valores indicados según las normas referenciales.

CAPÍTULO V

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS A LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL

5.1 Introducción

La necesidad de elevar el nivel de eficiencia energética, motiva a incorporar nuevas fuentes de iluminación que se estén implementando hoy en día dentro de países desarrollados o que sean tecnologías nuevas o emergentes que tengan trascendencia sobre fuentes de iluminación convencionales, tanto en sus parámetros eléctricos como lumínicos, abordando temas de eficacia lumínica, distribución de luz o contaminación del medio ambiente entre otros. Para elegir la tecnología idónea, se debe respaldar en un estudio adecuado que verifique la alta eficiencia de esta nueva tecnología y si además provee mayores o iguales beneficios económicos. Por tal razón, en el presente capítulo se expone los resultados de un análisis comparativo de sistemas de iluminación nuevos (LEDs) frente a convencionales, y en base a estos resultados se procederá a la elección de la tecnología.

5.2 Consideraciones para el análisis de fuentes luminosas

Para realizar el análisis comparativo entre tecnologías de iluminación de uso residencial se consideró varias características técnicas, ambientales y económicas ya que estos son factores primordiales a la hora de elegir las fuentes luminosas.

Si bien no es posible acatar reglas estrictas cuando se va a elegir una lámpara, si es trascendental tener criterios claros de elección a fin de priorizar aquellas características más notables.

Entre los criterios que se optado para hacer el análisis comparativo son:

- Criterios de eficacia
- Criterios cromáticos

- Criterios de duración
- Criterios de potencia

5.3 Análisis Comparativo de las diferentes Tecnologías de Alumbrado Residencial

Para realizar este análisis comparativo entre tecnologías se toma como punto de partida los flujos luminosos similares de cada tipo de lámparas. Para realizar el respectivo análisis nos basamos en diferentes catálogos como: OSRAM, PHILIPS, GE, para según estos datos del fabricante obtener un flujo lumínico similar aceptable.

Entonces:

Tabla 5.1 Flujos Lumínicos similares de algunos tipos de Lámparas según datos de fabricante
Elaboración propia

Tipo de Lámpara	Flujo Luminoso (lm)	Potencia (W)
LED	1055	11
Tubo Fluorescente	1025	18
Ahorrador (LFC)	1100	20
Incandescente	1070	75

5.4 Análisis Comparativo entre un sistema de iluminación convencional y uno utilizado tecnología LED aplicado al sector residencial.

5.4.1 LED – INCANDESCENTE

En este punto se compara lámparas incandescentes de 75W respecto de una lámpara LED de 11W.

Para el respectivo análisis procedemos a considerar: (Datos del Fabricante)

Tabla 5.2 Tabla de Comparativa de Luminarias LED – Incandescente -- Elaboración propia

	LED	Incandescente
Eficiencia (lm/W)	96	14
Potencia (W)	11	75
Vida Útil (kh)	20	1
Índice de Reproducción de Color (IRC)	75	100

Por consiguiente se muestra la gráfica comparativa entre Luminarias LED – Incandescente:

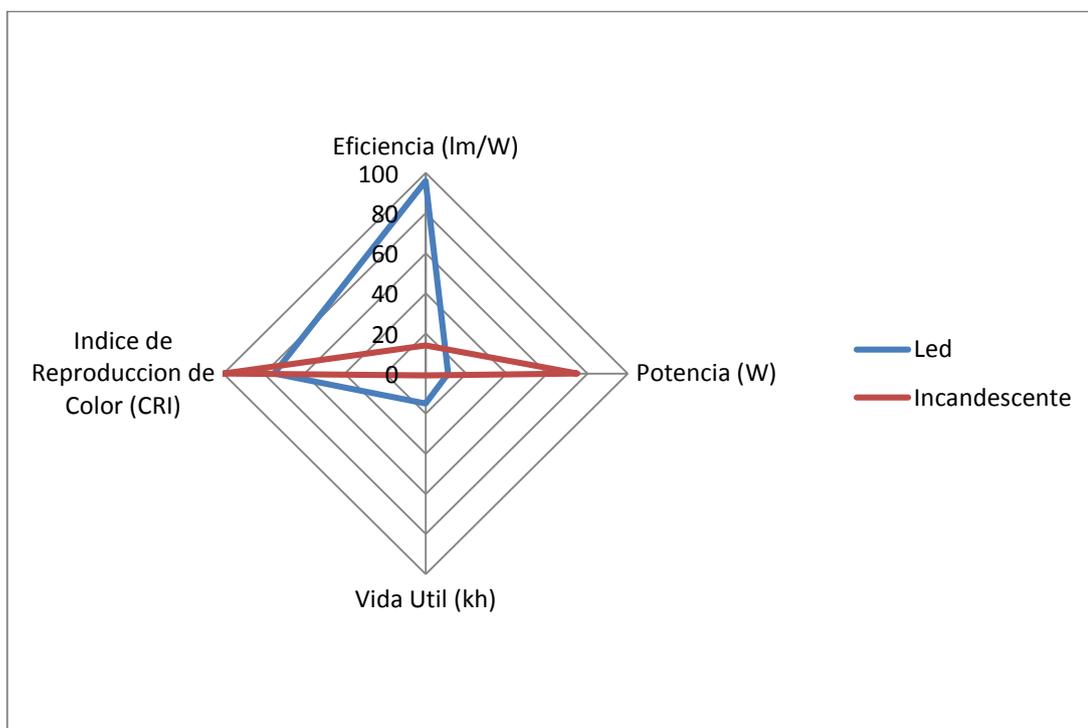


Figura 5.1 Comparación entre Luminarias LED – Incandescente – Elaboración propia

Tasa de Ahorro:

La tasa de ahorro de energía eléctrica en el caso de reemplazar una lámpara incandescente por una de tecnología LED es:

$$\text{Tasa de Ahorro de Energía: } \frac{75W - 11W}{75W} \times 100\% = 85\%$$

5.4.2 LED – LFC

En este punto se compara LFC (ahorradores) de 20W respecto de una lámpara LED de 11W.

Con Datos del Fabricante tenemos:

Tabla 5.3 Tabla de Comparativa de Luminarias LED – LFCs – Elaboración propia

	LED	LFC
Eficiencia (lm/W)	96	55
Potencia (W)	11	20
Vida Útil (kh)	20	8
Índice de Reproducción de Color (IRC)	75	80

A continuación se muestra la gráfica comparativa entre Luminarias LED – LFCs:

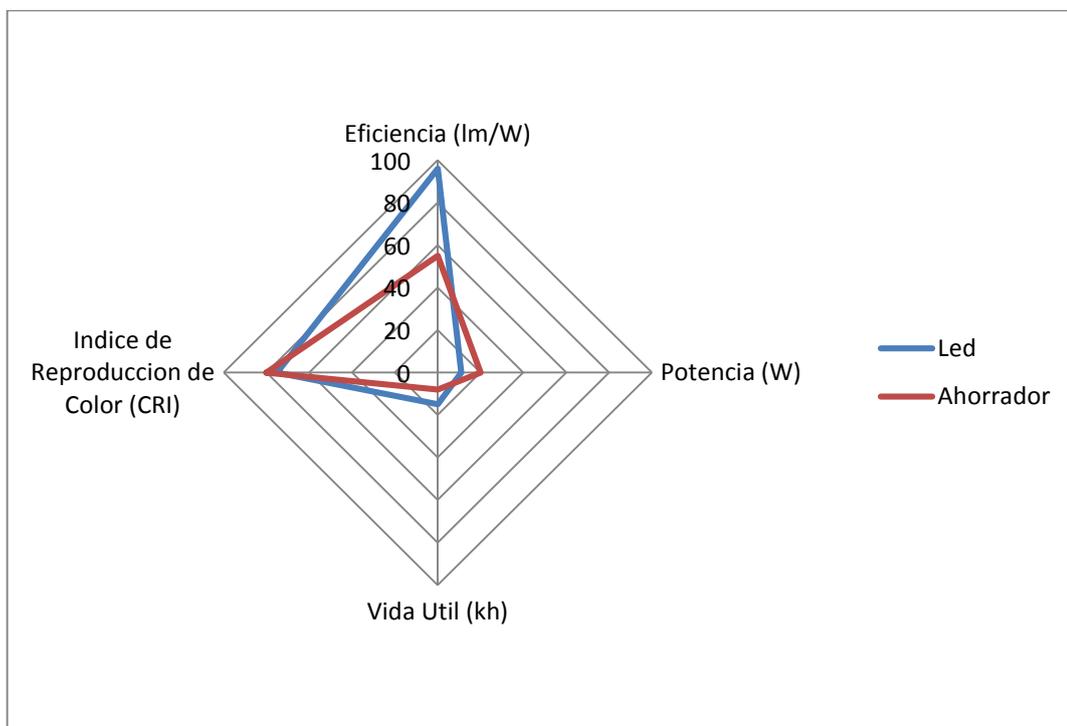


Figura 5.2 Comparación entre Luminarias LED – LFCs – Elaboración propia

Tasa de Ahorro:

La tasa de ahorro de energía eléctrica en el caso de reemplazar una LFC por una de tecnología LED es:

$$Tasa\ de\ Ahorro\ de\ Energía: \frac{20W - 11W}{20W} \times 100\% = 45\%$$

5.4.3 LED – TUBO FLUORESCENTE

En este punto se compara una lámpara de tubo fluorescente de 18W respecto de una lámpara LED de 11W.

Tabla 5.4 Tabla de Comparativa de Luminarias LED – Tubo Fluorescente – Elaboración propia

	LED	Tubo Fluorescente
Eficiencia (lm/W)	96	58
Potencia (W)	11	18
Vida Útil (kh)	20	13
Índice de Reproducción de Color (IRC)	75	72

A continuación se muestra la gráfica comparativa entre Luminarias LED – Tubo Fluorescente:

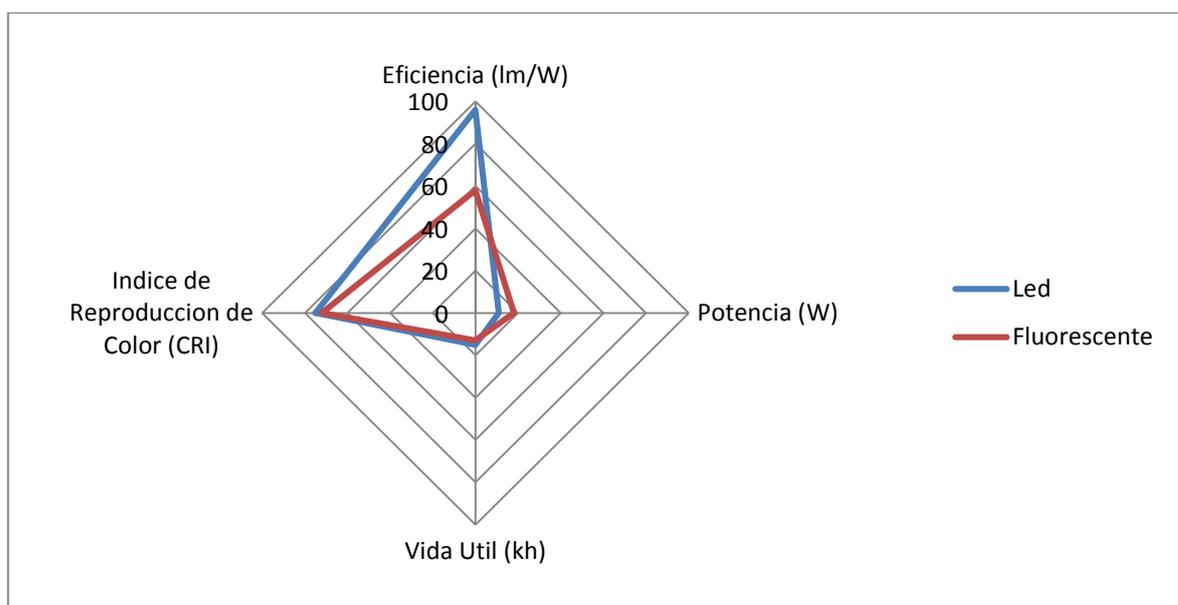


Figura 5.3 Comparación entre Luminarias LED – Tubo Fluorescente – Elaboración propia

Tasa de Ahorro:

La tasa de ahorro de energía eléctrica en el caso de colocar una lámpara de tecnología LED en lugar de un tubo fluorescente es:

$$Tasa\ de\ Ahorro\ de\ Energia: \frac{18W - 11W}{18W} \times 100\% = 39\%$$

En la tabla 5.5 se presentan en forma ordenada cada tecnología con sus datos de fabricante y resultados obtenidos, a fin de realizar el análisis e interpretación de los mismos.

Tabla 5.5 Tabla las características de las fuentes de Iluminación – Elaboración propia

	Eficiencia (lm/W)	Potencia (W)	Vida Útil (kh)	(IRC)
LED	96	11	20	75
Incandescente	14	75	1	100
LFCs	55	20	8	80
Tubo Fluorescente	58	18	13	72

Grafica Comparativa de características técnicas entre luminarias se muestra a continuación:

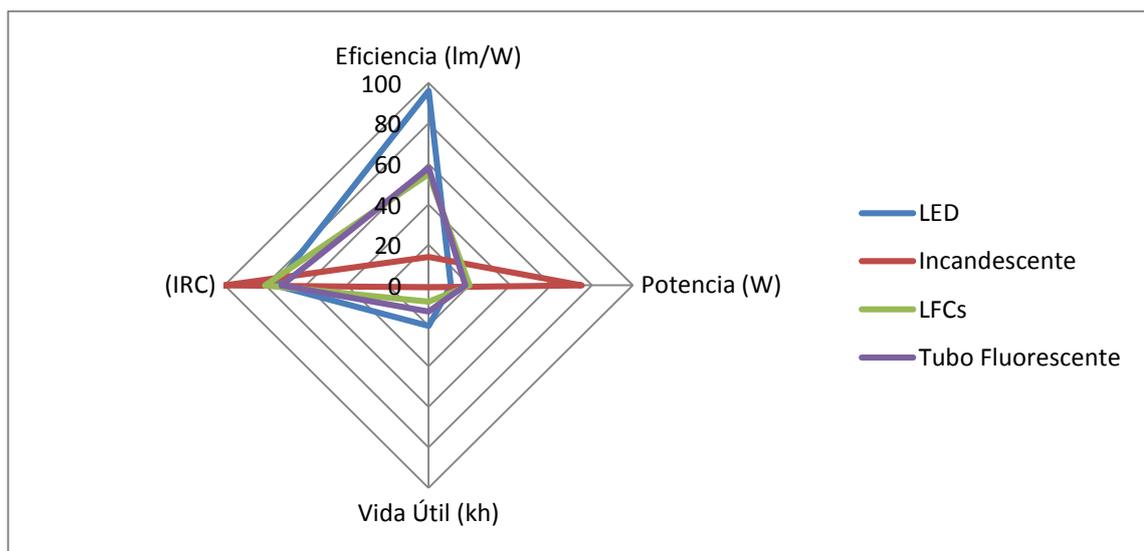


Figura 5.4 Características de las fuentes de Iluminación – Elaboración propia

En los siguientes gráficos se muestra el comparativo de eficiencia, índice de reproducción cromática, vida útil, entre las tecnologías en mención.

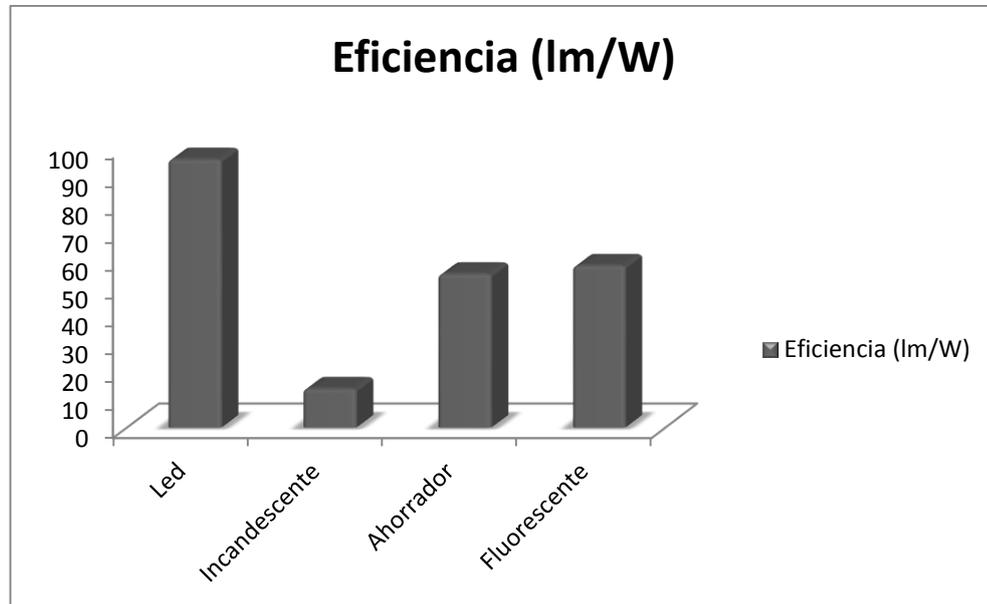


Figura 5.5 Comparativo de los rangos de eficiencia de las fuentes de Iluminación – Elaboración propia

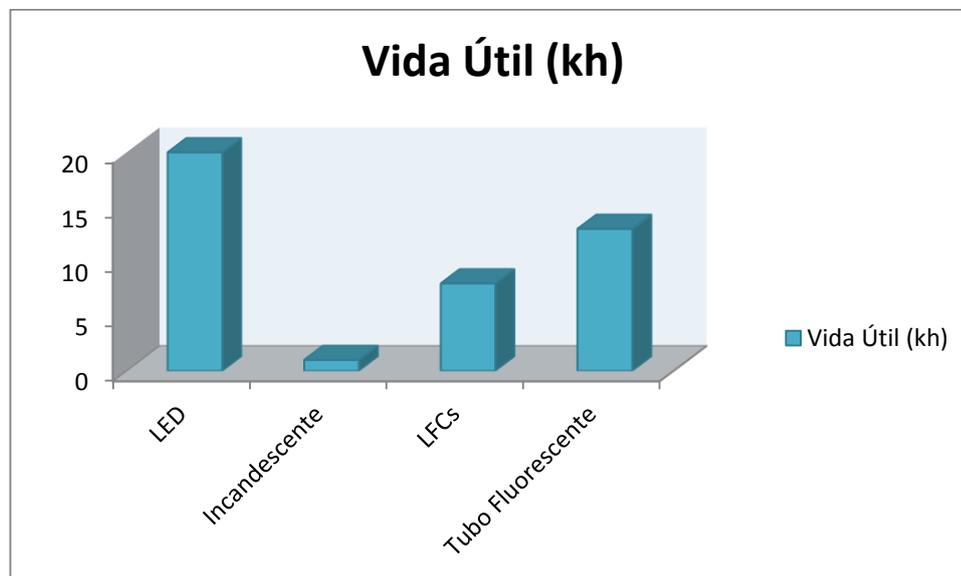


Figura 5.6 Comparativo de los rangos de vida útil de las fuentes de Iluminación – Elaboración propia

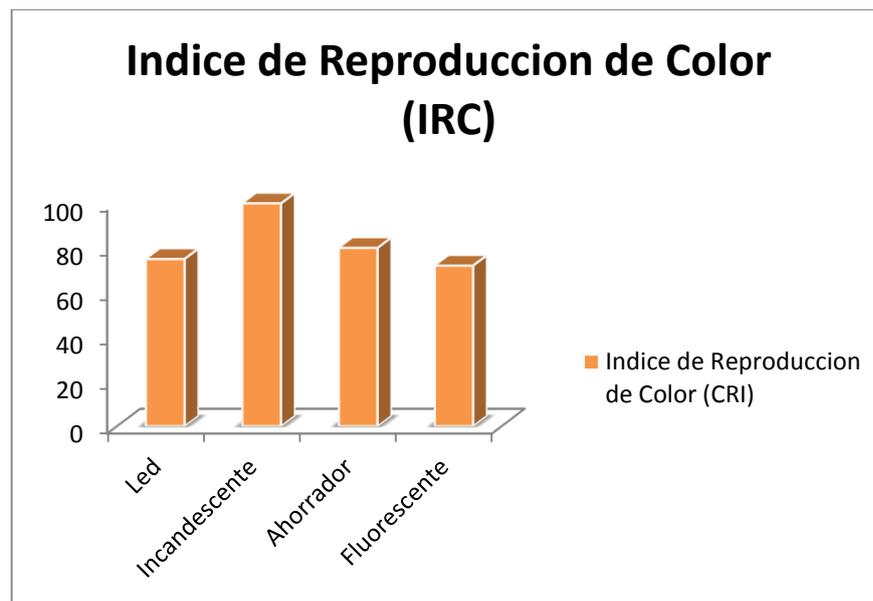


Figura 5.7 Comparativo de los rangos de los índices cromáticos de las fuentes de Iluminación
– Elaboración propia

Una vez realizado el análisis comparativo sobre las tecnologías de iluminación se observa que la tecnología LED predomina en la mayoría de características técnicas de iluminación, por ejemplo lámparas de tecnología LED ha logrado eficiencias mayores a los 90 lm/W , esta tecnología ha demostrado ser una fuente de iluminación en crecimiento rápido y continuo. Así mismo posee un IRC alto, alrededor de 75, que permite que se aprecie de mejor manera los matices de los colores, a diferencia de las LFC (ahorradores) que, además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz poco natural, con un IRC menor (alrededor de 70).

Finalmente el LED tiene el mayor tiempo de vida útil comparada con el resto de tecnologías.

Cabe mencionar que en este análisis se compara solamente una potencia por cada tipo de lámpara, dejando ver que se pueden tener diferentes resultados utilizando otras potencias. Se procedió de esta forma puesto que en las viviendas no se encontraron diversas tecnologías pues predominó LFC, tampoco se observó variedad en potencias, por ello el criterio fue analizar respecto al tipo de lámpara más utilizado.

5.5 Análisis Ambiental

De manera general el principal problema de ingeniería en la actualidad es el consumo energético de los componentes utilizados en diferentes ámbitos.

Dentro de este análisis se busca reducir la contaminación generada por el consumo energético de los sistemas de iluminación residencial. Por ello se impulsa el uso de tecnologías más eficientes, puesto que para su funcionamiento requieren menos energía que las convencionales lo que se convierte en la ventaja principal si se considera que gran parte de la energía eléctrica se genera mediante centrales hidroeléctricas que dañan la naturaleza que las rodea y las térmicas que emiten grandes cantidades de CO₂.

Por todas las características expuestas se considera la tecnología LED amigable con el medio ambiente puesto que consume aproximadamente la mitad de energía que necesitan las LFC para funcionar y la séptima parte de una incandescente, emitiendo la misma cantidad de iluminación como se muestra en el análisis comparativo entre tecnologías.

En los resultados de las encuestas se obtuvo que la tecnología de iluminación más utilizada son las lámparas fluorescentes compactas LFC y dentro de los análisis emitidos, se observa que la tecnología de iluminación LED es la más conveniente, por ello se realiza un análisis de impacto ambiental en 4 ámbitos tratando de mostrar las ventajas y desventajas de estas dos tecnologías de iluminación:

- Pérdidas de energía por emisiones de calor

Para el estudio de estas pérdidas de energía emitidas por las fuentes de luz en análisis utilizaremos la unidad térmica británica, BTU por sus siglas en inglés y que describe energía en forma de calor, es equivalente a 0.294 vatios.

“Las lámparas fluorescentes compactas emiten aproximadamente 30 btu’s/hora y las de tecnología LED prácticamente no generan acumulación de calor,

puesto que los fabricantes consideran que producen solo 3.4 btu's/hora." [15]

Tomando estos datos referenciales se deduce que utilizando LFC se genera pérdidas por emisiones de calor hasta siete veces más respecto a la tecnología de iluminación LED. Es uno de los puntos que benefician a esta última tecnología.

- Efectos del uso del mercurio

Las lámparas de tecnología LED no contienen mercurio, a diferencia de las fluorescentes ya sean de tubo o compactas, que si requieren de este elemento químico para su funcionamiento.

Según los datos de fabricantes las LFC (ahorradores) pueden contener hasta 5 miligramos de mercurio.

Al hablar de lámparas fluorescentes, todas son consideradas peligrosas debido a que contienen ciertas cantidades de mercurio, además de cadmio y plomo. "Se estima que un tubo fluorescente que vierta su contenido (25-30 mg de mercurio) a un acuífero puede dar lugar a la contaminación de unos 30000 litros de agua". [15]

Este punto muestra otra de las ventajas que posee la tecnología LED frente a las lámparas fluorescentes compactas.

- Calidad de luz

Las lámparas fluorescentes compactas emiten luz ultravioleta donde el principal problema, es la radiación que hace daño a las células, puede reducir los niveles de folato en el cuerpo y provocar cáncer a la piel.

A diferencia de esto, las lámparas con tecnología LED a pesar de ser muy versátiles, ya que pueden emitir luz en color y longitud de onda requerida, su iluminación emite en menor grado radiación ultravioleta o infrarroja, lo cual ayuda a evitar riesgos en la salud humana como en la flora y fauna.

- Residuos generados en su elaboración

Este es el primer y único punto dentro de esta parte del estudio en el que se puede concluir que las lámparas fluorescentes compactas poseen una ventaja sobre la tecnología LED, pues esta nueva tecnología de iluminación posee un disipador de calor construido en aluminio y situado en la parte posterior de la lámpara con el fin de prevenir un sobrecalentamiento de la misma.

“El principal problema de contaminación que se encuentra es el proceso de extracción, purificación y procesado de este material, pues requiere un elevado gasto de energía y además da lugar a residuos peligrosos.” [15]

Sin embargo, las lámparas de tecnología LED están todavía en proceso de evolución, por ello constantemente encontramos más eficiencia en este tipo de iluminación, lo que reduce más aún la cantidad de calor que se genera durante su funcionamiento, y consecuencia de esto, el tamaño de los disipadores de calor que requieren.

5.6 Análisis comparativo de costos de implementación y beneficios económicos

Para este análisis utilizaremos los valores de potencia tomados del análisis comparativo entre tecnologías buscando obtener un similar nivel de iluminación, así mismo esta parte del estudio se remite a la tabla 5.4 para tomar valores de vida útil de cada tipo de lámpara.

De acuerdo a la información proporcionada por las personas evaluadas, se estima un promedio de seis horas como tiempo de funcionamiento de una lámpara en el día, este se convierte en el primer dato necesario para el cálculo del costo diario de energía, el segundo dato es el valor del KWh que es de \$0,08 aproximadamente.

Entonces el procedimiento para el cálculo del costo de funcionamiento de una lámpara en un día fue multiplicar 6 horas de funcionamiento, la tarifa de 0,08

\$/KWh y la potencia de la lámpara, este producto lo dividimos para 1000 puesto que estamos trabajando en kilovatios, con ello encontramos el valor del costo diario, el cual será multiplicado por 30 para hallar el costo en un mes, luego este resultado multiplicado por 12 nos entregará el costo anual.

Para el cálculo del costo de energía se utiliza la siguiente fórmula:

$$C. E. (\$) = \frac{(Horas\ de\ Funcionamiento)(Tarifa)}{1000} \quad ec. 11$$

Se realiza el cálculo dentro de un año de funcionamiento.

En la siguiente tabla se muestra el resumen del análisis de las características económicas que se presentan al momento de planificar un cambio de tecnología dentro de la iluminación de un hogar.

Tabla 5.6 Tabla Comparativa de Costos de las tecnologías de Iluminación – Elaboración propia

ANÁLISIS EN UN AÑO DE FUNCIONAMIENTO				
Parámetros	Incandescente	Fluorescente	LFC	LED
Potencia (W)	75	18	20	11
Precio del equipo (\$)	1,25	30	3,5	12
Vida Util (hrs)	1000	13000	8000	20000
Lámparas al año	2	1	1	1
Costo total de lámparas (\$)	2,5	30	3,5	12
Costo de energía diaria (\$)	0,04	0,01	0,01	0,005
Costo de energía mensual (\$)	1,08	0,26	0,29	0,16
Costo de energía anual (\$)	12,96	3,11	3,46	1,90
Costo Total en un año	15,46	33,11	6,96	13,90

Nota: Los precios son valores promedios entre diferentes marcas indagadas en el mercado.

De acuerdo a los datos expuestos en la tabla 5.6, los valores de las lámparas incandescentes y LFC en el mercado son bajos respecto de las de tubo fluorescente y las de tecnología LED. El costo de una luminaria de tubo fluorescente es relativamente alto puesto que se considera el precio de los



equipos auxiliares que requieren para su funcionamiento entre ellos los ignitores, balastos y armazón. El costo de una lámpara LED es alto respecto a una LFC que está siendo mayormente utilizada en el sector residencial.

El costo por consumo de energía de la tecnología LED es inferior respecto de las demás tecnologías en proporciones de hasta siete veces menor referente a las lámparas incandescentes, cerca del 40% de ahorro con relación a las de tubo fluorescente y aproximadamente la mitad del consumo energético por parte de las LFC.

El análisis se ha realizado solo en aspectos técnicos como: Vida útil, eficiencia energética, costo, protección. No se ha considerado otros aspectos técnicos como distribución fotométrica de las luminarias, tiempo de encendido, degradación del flujo lumínico, etc. que influye en la calidad de servicio.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De los análisis y las evaluaciones realizadas se concluye:

1. La tecnología que predomina actualmente en la iluminación residencial en la ciudad de Cuenca es la Lámpara Fluorescente Compacta LFC (foco ahorrador), que en los últimos años reemplazó la mayor parte de lámparas incandescentes.
2. Aproximadamente seis meses es el tiempo de duración de una lámpara LFC dentro del sector residencial, según las encuestas.
3. La iluminación que brindan las LFCs en viviendas es calificada como “Muy Buena” por los encuestados. Los pocos usuarios que ya cuentan con tecnología LED en sus domicilios la han calificado como “Excelente”.
4. El precio bajo de una lámpara inclinaría la selección de tecnología de los consumidores, sin embargo entre los criterios de selección predominan los consumos energéticos bajos, estas dos características por lo general no se encuentra en una misma lámpara.
5. El promedio de valor por una lámpara para un hogar esta alrededor de 3 dólares americanos, este dato es muy importante pues muestra que es difícil por el momento implementar tecnologías más eficientes que actualmente tienen un costo superior.
6. La tecnología LED todavía no genera interés en los usuarios del sector residencial como fuente de iluminación principal, pues en los pocos casos



- que se observó este tipo de lámparas, cumplen funciones decorativas en las viviendas.
7. El cambio de lámparas incandescentes por LFC fue “Muy bueno” el cual generó ahorro puesto que redujo el consumo energético en sus planillas, según los encuestados.
 8. El cliente no está dispuesto a cambiar su tecnología de iluminación, la razón principal es el costo inicial de las lámparas LED, pero también se observa que los usuarios desconocen las ventajas de esta tecnología.
 9. El estudio se realizó en siete ambientes de las viviendas: sala, cocina, comedor, dormitorio, estudio, gradas o pasillo y baño, en los cinco primeros el promedio es de dos lámparas por ambiente, y en los dos restantes por lo general se encontró una lámpara en cada uno.
 10. Aproximadamente el 91% de los usuarios se sienten satisfechos con el servicio de iluminación que le brindan las luminarias implementadas.
 11. Respecto a las características o aspectos técnicos de las lámparas como sensación térmica, índice de reproducción del color, contraste, deslumbramiento, entre otros, se observa que las personas se sienten conformes, pues suponen que la fuente de luz artificial debe simplemente permitir realizar sus actividades y se olvidan o evaden los niveles de calidad o confort que deberían brindar sus lámparas implementadas.
 12. Debido a diseños de arquitectura en la ciudad generalmente se ha encontrado las cocinas en la parte posterior y la sala en la parte frontal de las viviendas, esto muestra la gran necesidad de utilizar las lámparas en la cocina durante las horas del día en las que se tiene luz natural.
 13. Los valores promedios de las medidas de los niveles de iluminación en los ambientes de la casa al ser comparados con valores referentes

recomendados por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, OSRAM y NEC, en el mejor de los casos se registró un porcentaje del 93% en la iluminación del baño, por lo tanto ningún ambiente del hogar cumple los niveles de iluminación recomendados.

14. Los valores de iluminación que fueron medidos en los baños de las residencias eran altos ya que factores como el espacio, colores claros en paredes y pisos interferían en dichas medidas.
15. El número de lámparas era insuficiente en la mayoría de ambientes de las casas por lo general antiguas, puesto que eran áreas extensas y solo contaban con una lámpara en la parte central.
16. Los pocos encuestados que manifestaron tener fatiga o molestia visual en alguna área de la vivienda por lo usual eran personas que poseen problemas en la vista o resultaban ser personas con más de cincuenta años.
17. La apreciación de luminancia que ve un adulto mayor respecto a la de un joven es diferente, puesto que los estados de sus capacidades visuales pueden ser diferentes.
18. Por lo general el tono de luz que prevalecía en las viviendas era el blanca azulada. “luz fría” en cuanto a la temperatura de color.
19. Según lo observado la mayoría de departamentos se encuentran mejor iluminados que las casas puesto que tiene una mejor distribución de lámparas, por ser construcciones nuevas.
20. Para realizar las comparaciones entre tecnologías de iluminación residencial dentro del capítulo cinco, se muestra que se pueden tener flujos



luminosos similares utilizando diversas tecnologías que funcionan con potencias distintas.

21. Según las comparaciones indicadas en el punto 20, resulta muy beneficioso implementar tecnología LED en la iluminación de las viviendas, pues resultan más eficientes, poseen mayor vida útil que las demás y brindan mejor iluminación que las LFCs (ahorradores).
22. No se analizan aspectos fotométricos, tiempo de encendido, degradación del flujo lumínico en la tecnología LED que dicen de la calidad de servicio.
23. En el análisis ambiental se demostró que las lámparas LED tiene muchas ventajas respecto de las otras tecnologías, empezando por el consumo energético bajo que reducirá la generación de energía eléctrica, genera pequeñas perdidas por emisiones de calor, no utiliza mercurio para su funcionamiento y puede entregar luz de calidad. La única desventaja que se le adjudicó en esta parte del estudio es la necesidad de contar con un disipador de calor, lo que provoca residuos en su fabricación.
24. El análisis de costo de implementación y beneficios económicos, se demostró que la tecnología LED en un año de funcionamiento ya obtiene beneficios de inversión, lo que indica que se debe considerar esta tecnología eficiente para iluminar las viviendas
25. El consumo energético promedio en el sector residencial es de 135 kW/h mes. Según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER el consumo de electricidad por iluminación es del 49%⁴, entonces esto quiere decir que el 67kW/h del consumo energético mensual está destinado a la iluminación, entonces al realizar un cambio de tecnología más eficiente como la LED con respecto a los LFC se puede ahorrar en un 45% aproximadamente, según el análisis realizado en el capítulo 5.

⁴ <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-residencial/>

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda campañas informativas que difundan los beneficios para realizar el cambio de lámparas fluorescentes compactas LFC por lámparas LED.
- Gestionar con las autoridades gubernamentales la posibilidad de eliminar aranceles sobre las lámparas LED y así tengan un precio accesible al usuario.
- Los diseños de las viviendas deben contar con un gran número de ventanas para así aprovechar la luz natural ya que representa beneficios económicos y en la salud.
- Para iluminar convenientemente cada espacio de la casa, se debe tener en cuenta el tipo de tareas que se realizan en el ambiente y el uso que tiene cada espacio para encontrar el nivel de iluminación requerido.
- Para iluminar eficazmente cada espacio de la casa, se debe usar colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
- El tubo fluorescente resulta ser incómodo tanto por su tamaño como su mala reproducción de color para los espacios de la vivienda por lo que se recomienda que este tipo de lámpara sea utilizado en otra área.
- La iluminación excesiva en cualquier ambiente de la casa puede ocasionar una sensación de calor poco agradable y además puede generar deslumbramiento, por lo que es recomendable tener niveles de luz indicados en normas.



- Si se desear iluminar objetos especiales (cuadros, adornos, etc), es conveniente utilizar iluminación localizada esto evitara que los usuarios perciban sombras o sean deslumbrados por la luz decorativa.
- Ya que el “cuarto de estudio” de las casas contó con una iluminación mala según las normas de referencia, es recomendable para esta área de la casa colocar lámparas de color neutro o frio ya que estos favorecen la actividad a realizar.
- Si se opta por reemplazar las lámparas fluorescentes compactas LFC por las lámparas LED se debe tomar en cuenta la emisión de luz expuesta por los LFC que queremos reemplazar para así no causar algún tipo de deslumbramiento o contraste perjudicial para la vista.
- Se debe generar campañas informativas a los clientes y profesionales en las ramas de Ingeniería y Arquitectura sobre la importancia de tener calidad en la iluminación.
- Es necesario difundir información entre los ciudadanos sobre temas de manejo de desechos de lámparas fluorescentes compactas, puesto que son una amenaza para el ambiente y la salud.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] J.A. TABOADA OSRAM, S.A., «Aspectos Físicos de la Luz,» de *Manual de Luminitecnía*, Madrid, DOSSAT, S.A., 1979, p. 53.
- [2] J.A. TABOADA/ OSRAM, S.A., «Magnitudes Luminosas fundamentales. Unidades y Medidas,» de *Manual de Luminitecnía*, Madrid, DOSSAT, S.A., 1979, p. 68.
- [3] J.A. TABOADA/ OSRAM, S.A., «Leyes Fundamentales de la Luminitecnía,» de *Manual de Luminitecnía*, Madrid, DOSSAT. S.A., 1979, p. 77.
- [4] J. M. G.-M. Romero, Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, Madrid: Paraninfo, S.A., 2010.
- [5] C. Laszlo, «<http://www.laszlo.com.ar/>,» [En línea]. Available: http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminitecnía.PDF. [Último acceso: 20 Octubre 2014].
- [6] J. T. S.A, «Factores que Influyen en la visión,» de *Manual de Luminoitecnía*, Madrid, DOSSAT,S.A., 2010, pp. 101-103.
- [7] M. P. G. Sanz, «Iluminación en el Puesto de Trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento.,» Madrid, 2011.
- [8] J. C. Carrión, Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría, D.F. Mexico: Limusa, 2004.
- [9] J. A. E. G. Álvarez, Glosario de nuevas Tecnologías, Mare Nostrum Comunicación, 2003.
- [10] OSRAM S.A., «OSRAM-LATAM.com,» [En línea]. Available: http://www.osram-latam.com/osram_latam/noticias-y-conocimiento/lamparas-fluorescentes/conocimiento-profesional/descarga-de-gas-a-baja-presion/index.jsp. [Último acceso: 28 octubre 2014].
- [11] J.A. TABOADA, OSRAM, S.A., «El color,» de *Manual de Luminitecnía*, Madrid, DOSSAT, S.A., 1979, pp. 96-99.
- [12] A. Gago Calderon, «Scribd,» Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/135147980/1-Diodos-Emisores-de-Luz#scribd>. [Último acceso: Octubre 2014].
- [13] W. J. Stevenson, Estadísticas para Administración y Economía, D.F. Mexico: Haper and Row, 1981.



- [14] M. Torres, «Tamaño de una Muestra para una Investigación de Mercado,» Mixco, Guatemala, 2010.
- [15] M. d. E. y. Minas, «Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público,» Bogotá, Colombia, 2010.
- [16] J.A. TABOADA / OSRAM, «Alumbrado de Interiores,» de *Manual de Luminotecnia*, Madrid, DOSSAT S.A., 1979, pp. 260-265.
- [17] M. M. Tello, *Proyecto de reglamento de instalaciones eléctricas interiores, aplicado a la Centro Sur S.A., basado en la interpretación del código NEC*, Cuenca, 2007.
- [18] J. G. E. Simancas, *Análisis Comparativo Técnico Económico entre Sistemas de Iluminación*, Quito, 2014.
- [19] de *Manual de Luminotecnia*, Madrid, DOSSAT, S.A., 1975, p. 53.
- [20] «PROCEDIMIENTO PARA MEDICION DE ILUMINACION EN EL AMBIENTE DE TRABAJO,» *Earthtech Engineering*, pp. 4-5, 2011.

ANEXO 1

MODELO DE LA ENCUESTA Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Encuesta Iluminación Residencial en la Ciudad de Cuenca

Esta encuesta tiene fines de investigación, mas no persigue lucro o temas políticos.
Gracias por su colaboración.

***Obligatorio**

1. Que tipo de foco utiliza o adquiere para su hogar *

Marca solo un óvalo.

- Incandescente
- Ahorradores
- Fluorescente
- LED

2. Por general que tiempo de duración tiene este tipo de foco *

Por favor coloque su respuesta de acuerdo al numero de MESES

.....

3. De acuerdo al tipo de foco seleccionado como calificaria la iluminación que le brinda al momento de realizar sus actividades *

Marca solo un óvalo.

- | | | | | | | |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Mala | <input type="radio"/> | Excelente |

4. Al momento de adquirir un foco, que es lo primero que toma en cuenta

Puede elegir mas de una opción
Selecciona todos los que correspondan.

- Precio
- Eficiencia
- Tradición
- Rendimiento
- Vida útil (Duración)
- Color
- Potencia

ANEXO 1 – HOJA 1/2



5. **Cuál de las siguientes opciones es su prioridad al momento de comprar un foco**

Marca solo un óvalo.

- Calidad de servicio
- Consumo energético bajo
- Costo bajo de la lámpara

6. **Cuanto suele gastar aproximadamente al momento de adquirir un foco**

En el mercado existen focos desde 1 dólar

.....

7. **Desde su punto de vista el cambio realizado de focos incandescente por focos ahorradores fue:**

Marca solo un óvalo.

- Malo
- Regular
- Bueno
- Muy Bueno
- No accedió al cambio

8. **Desde su punto de vista el cambio realizado por el estado en el año 2008 de focos incandescente por focos ahorradores genero beneficio económico al reducir su planilla de consumo energético:**

Marca solo un óvalo.

- Si
- No
- Desconoce porque no accedió al cambio

9. **A escuchado sobre la tecnología LED utilizada para iluminación residencial**

Marca solo un óvalo.

- Si
- No

10. **Estaría dispuesto a implementar la tecnología antes mencionada, reemplazando los focos convencionales, aunque su costo actualmente es mayor?**

Un foco LED cuesta aproximadamente 4 veces más que un foco ahorrador, sin embargo es muy eficiente, su consumo energético es mínimo, su vida útil es 5 veces mayor, además no contamina.

Marca solo un óvalo.

- Si
- No



ANEXO 2

MODELO DE FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN VIVIENDAS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Iluminación Residencial EERCS_UCuenca

Esta encuesta tiene fines de investigación, mas no persigue lucro o temas políticos.
Para llenarla, deberá tener conocimientos mínimos sobre conceptos de iluminación. Además debe vivir en la zona urbana de la ciudad de Cuenca.

*Obligatorio

1. Nombre *

Dueño del medidor

2. Puede indicar su edad

Es un dato necesario al momento de realizar los análisis.

3. Ubicación de la vivienda *

Sector donde reside
Marca solo un óvalo.

- Bellavista
- Cañaribamba
- El Batán
- El Sagrario
- El Vecino
- Gil Ramírez Dávalos
- Hermano Miguel
- Huaynacapac
- Machángara
- Monay
- San Blas
- San Sebastián
- Sucre
- Totoracocha
- Yanuncay

4. Tipo de vivienda *

Marca solo un óvalo.

- Casa
- Departamento
- Villa



5. **Qué tipo de foco y cuantos utiliza en la Sala**

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	Mas
Incandescentes	<input type="radio"/>					
Ahorradores	<input type="radio"/>					
Fluorescentes	<input type="radio"/>					
LED	<input type="radio"/>					
Otro	<input type="radio"/>					

6. **Qué tipo de foco y cuantos utiliza en la Cocina**

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	Mas
Incandescentes	<input type="radio"/>					
Ahorradores	<input type="radio"/>					
Fluorescentes	<input type="radio"/>					
LED	<input type="radio"/>					
Otro	<input type="radio"/>					

7. **Qué tipo de foco y cuantos utiliza en el comedor**

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	Mas
Incandescentes	<input type="radio"/>					
Ahorradores	<input type="radio"/>					
Fluorescentes	<input type="radio"/>					
LED	<input type="radio"/>					
Otro	<input type="radio"/>					

8. **Qué tipo de foco y cuantos utiliza en el dormitorio**

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	Mas
Incandescentes	<input type="radio"/>					
Ahorradores	<input type="radio"/>					
Fluorescentes	<input type="radio"/>					
LED	<input type="radio"/>					
Otro	<input type="radio"/>					

9. **Qué tipo de foco y cuantos utiliza en el estudio**

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	Mas
Incandescentes	<input type="radio"/>					
Ahorradores	<input type="radio"/>					
Fluorescentes	<input type="radio"/>					
LED	<input type="radio"/>					
Otro	<input type="radio"/>					



10. Qué tipo de foco y cuantos utiliza en las gradas o pasillos

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	Mas
Incandescentes	<input type="radio"/>					
Ahorraadores	<input type="radio"/>					
Fluorescentes	<input type="radio"/>					
LED	<input type="radio"/>					
Otro	<input type="radio"/>					

11. Qué tipo de foco y cuantos utiliza en el baño

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	Mas
Incandescentes	<input type="radio"/>					
Ahorraadores	<input type="radio"/>					
Fluorescentes	<input type="radio"/>					
LED	<input type="radio"/>					
Otro	<input type="radio"/>					

12. Esta satisfecho/a con la iluminación (visión) que poseen los siguientes espacios

La iluminación le permite trabajar comodamente, sin problemas visuales y cumple sus necesidades

Marca solo un óvalo por fila.

	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Sala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cocina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comedor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dormitorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gradas/Pasillo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Se siente satisfecho/a con la distribución y número de focos con las que cuenta este lugar

(Si: la iluminación es pareja, No: existen espacios oscuros en ese ambiente)

Marca solo un óvalo por fila.

	Si	No
Sala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cocina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comedor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dormitorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baños	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gradas/Pasillo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



14. Cómo califica la lámpara utilizada en los siguientes espacios en cuanto a la sensación térmica

(Temperatura de funcionamiento de la lámpara)

Marca solo un óvalo por fila.

	Caliente	Normal	Fría
Sala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cocina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comedor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dormitorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gradas/Pasillo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Cómo le califica la lámpara utilizada en los siguientes ambientes respecto a la reproducción del color

Los objetos se ven del color que realmente son o su textura y color varía respecto de la claridad del día

Marca solo un óvalo por fila.

	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Sala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cocina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comedor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dormitorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gradas/Pasillo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Tiene problemas para diferenciar los objetos pequeños (letras) en la noche en los siguientes espacios

Marca solo un óvalo por fila.

	Sí	Un poco	No
Sala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cocina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comedor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dormitorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gradas/Pasillo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



17. Tiene alguna sensación de disgusto, fatiga o molestia visual según la iluminación con la que cuenta estos espacios

Muchas veces la luz, golpea nuestros ojos y molesta
Marca solo un óvalo por fila.

	Si	Un poco	No
Sala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cocina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comedor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dormitorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Baño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gradas/Pasillo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Indique los espacios en los que es necesario encender la luminación durante la mañana y/o tarde. (7H00 - 18H00)

Cuando no es suficiente la luz natural del día, y necesitamos de las lámparas eléctricas
Selecciona todos los que correspondan.

- Sala
- Cocina
- Comedor
- Estudio
- Dormitorio
- Baño
- Gradas/Pasillo

19. En cuál de estos espacios ud. y sus familiares utilizan mayor tiempo la iluminación durante la noche.

Selecciona todos los que correspondan.

- Sala
- Cocina
- Comedor
- Estudio
- Dormitorio
- Baño
- Gradas/Pasillo



20. MEDICIONES SALA (luxes)

(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario q responda)

.....

21. MEDICIONES COCINA (luxes)

(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

22. MEDICIONES COMEDOR (luxes)

(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

.....

23. MEDICIONES DORMITORIO (luxes)

(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

.....

24. MEDICIONES ESTUDIO (luxes)

(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

.....

25. MEDICIONES BAÑO (luxes)

(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

.....

26. MEDICIONES GRADAS/PASILLO (luxes)

(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

.....

27. Consumo energético registrado el último mes

Indique si dispone de esta información

.....

ANEXO 3

MÉTODO PARA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES

En viviendas, el número de mediciones cuando las áreas son extensas tiende a aumentar (en múltiplos de cuatro), dependiendo del tamaño del área a evaluar. El método propuesto consiste en utilizar una red lineal de cuatro puntos espaciados uniformemente sobre una línea recta, separados por 3 metros o menos, empezando bajo una luminaria y terminando en la pared. Al momento de la medición, el luxómetro debe estar en posición horizontal, a 1 m por encima del suelo. La misma técnica se puede utilizar para las escaleras, a lo largo de corredores y espacios de trabajo en áreas de apoyo.

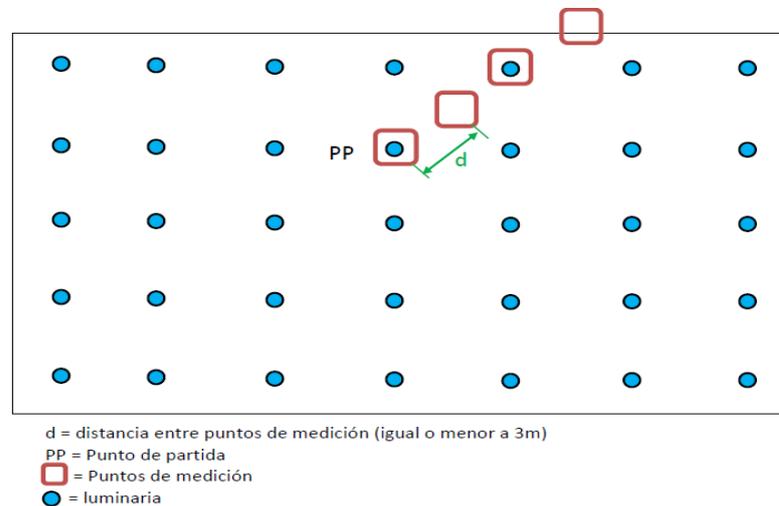
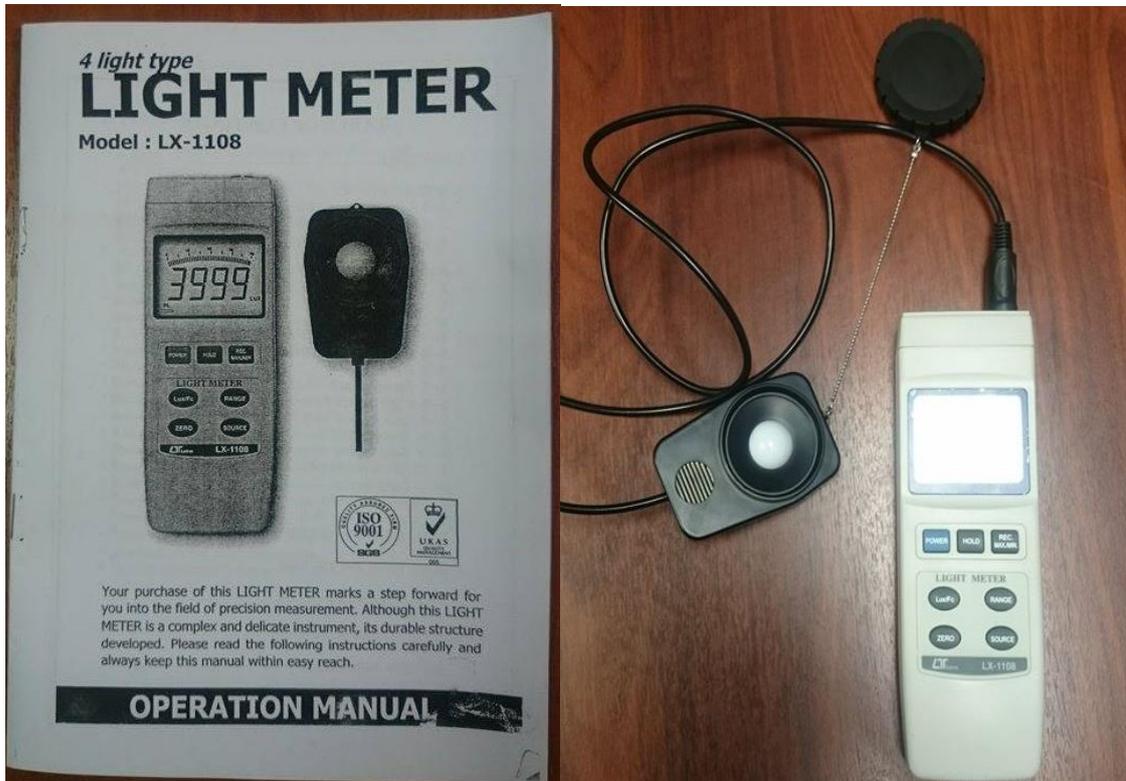


Fig. Ubicación de Puntos de Medición en interiores

Las mediciones se realizan a lo largo de una línea 9 m (máximo) cuyo punto de partida se establece debajo de una luminaria y el punto final en la pared, para entonces dividir la línea en tres segmentos, siendo los puntos de medición ambos extremos y cada uno de los dos puntos intermedios. En el caso de una sala de gran tamaño o de forma irregular, se deben establecer varias líneas de este tipo procurando obtener un promedio razonable del espacio.

Esta metodología se adoptó, debido a que no se aplica para diseño, sino más bien para determinar niveles en lugares construidos sin previos diseños de iluminación, y donde los puestos de trabajo no han sido dimensionados adecuadamente.

ANEXO 4 LUXÓMETRO



ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO UTILIZADO EN LAS MEDICIONES

2. SPECIFICATIONS	
2-1 General Specifications	
Display	Large LCD display, LCD size 52 x 38 mm, 4 digits, with bar graph indicator.
Measurement & ranges	5 ranges : 40.00 Lux, 400.0 Lux, 4,000 Lux, 40,000 Lux, 400,000 Lux.
Unit	Lux, Foot-candle (Ft-cd).
Lighting Type Selection	Tungsten lamp, Fluorescent lamp, Sodium lamp, Mercury lamp.
Sensor	The exclusive photo diode & color correction filter, spectrum meet C.I.E. Cosine correction factor meet standard.
Zero Adjustment	External adjustment by pushing button, (40.00 Lux range only)
Peak Hold	To hold the peak display.
Data Hold	To freeze the display value.
Memory	Save the max. & min. value with Recall.
Power Off	Auto or manual power off.
Over and Under Range Indication	Over range indicator : * - - - - * Under range indicator : * - - - - *
Data Output	RS-232 serial data output.
Operating Temperature	0 °C to 50 °C (32 °F to 122 °F).
Operating Humidity	Less than 80% RH.
Power Supply	DC 9V battery, D06P, MN1604 (PP3) or equivalent.
Power Consumption	Approx. DC 8 mA.
Weight	220 g/D 48 LB.
Dimension	Main instrument : 200 x 68 x 30 mm (7.9 x 2.7 x 1.2 inch). Light Sensor probe : 82 x 55 x 7 mm (3.2 x 2.2 x 0.3 inch).
Accessories	Instruction Manual 1 PC. Light Sensor with protection cover 1 PC.

ANEXO 5 MEDICIONES CON EL LUXÓMETRO Y ENCUESTA DIGITAL



Encuesta Iluminación Residencial en la Ciudad de Cuenca

Esta encuesta tiene fines de investigación, mas no persigue lucro o temas políticos. Gracias por su colaboración.

* Required

Que tipo de foco utiliza o adquiere para su hogar *

Ahorradores

Por general que tiempo de duración tiene este tipo de foco *

Por favor coloque su respuesta de acuerdo al numero de MESES

6

Iluminación durante la noche.

- Sala
- Cocina
- Comedor
- Estudio
- Dormitorio
- Baño
- Gradas/Pasillo

MEDICIONES SALA (luxes)
(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario q responda)

180

MEDICIONES COCINA (luxes)
(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

150

MEDICIONES COMEDOR (luxes)
(Solo para levantamientos en el sitio, no es necesario que responda)

1 2 3 4

Incandescentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ahorradores	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluorescentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LED	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qué tipo de foco y cuantos utiliza en el baño

	1	2	3	4
Incandescentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ahorradores	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluorescentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LED	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ILUMINACIÓN ENCONTRADA EN DIFERENTES AMBIENTES DE VARIOS HOGARES EVALUADOS

SALA



ANEXO 5 – HOJA 2/7

COCINA



ANEXO 5 - HOJA 3/7

COMEDOR



ANEXO 5 – HOJA 4/7

CUARTO DE ESTUDIO

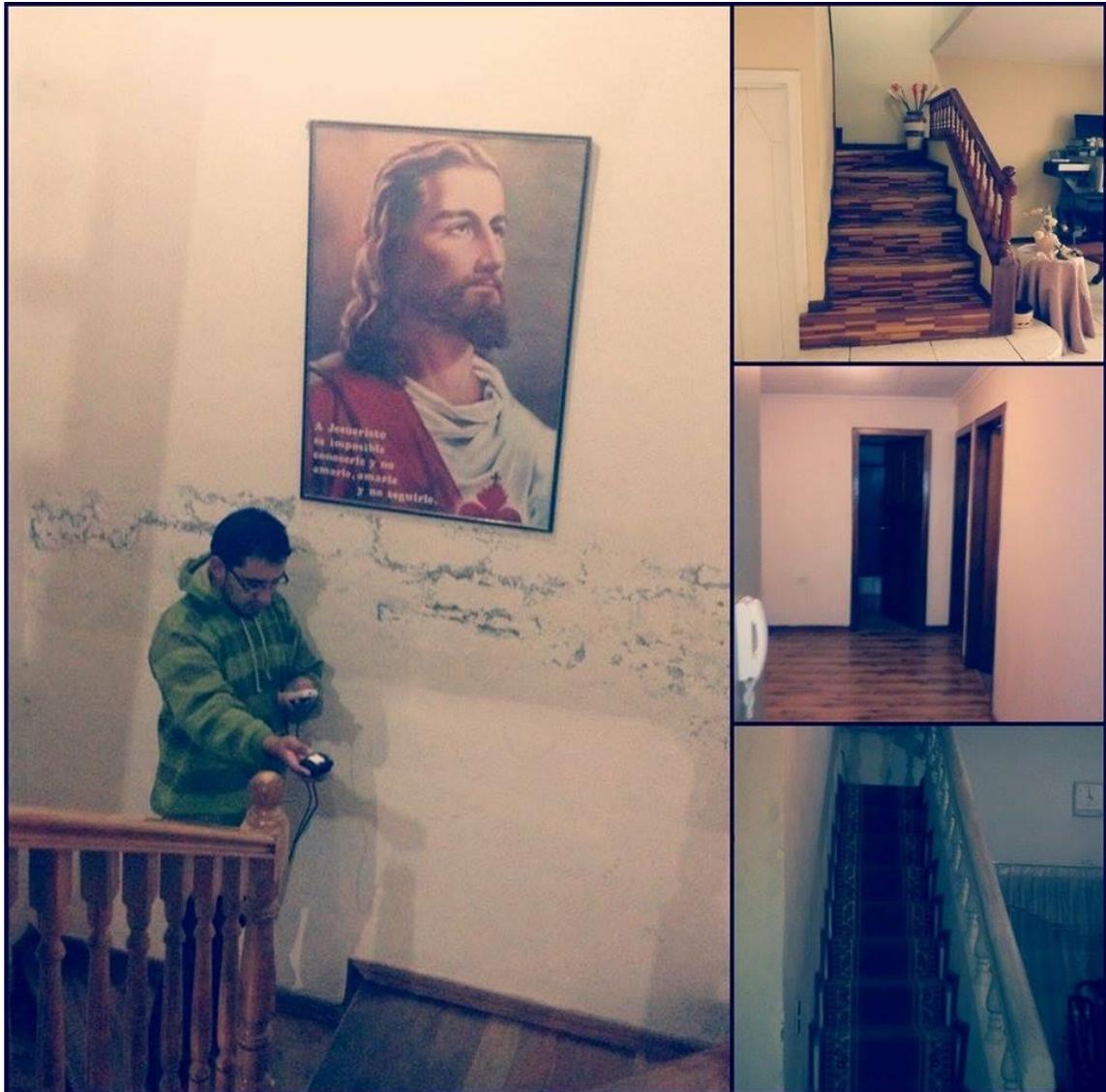


DORMITORIO



ANEXO 5 - HOJA 6/7

PASILLOS O GRADAS



ANEXO 5 – HOJA 7/7

ANEXO 6

MODELO DE TABLA CON RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Numero de Encuestado	NUMERO DE PREGUNTA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ahorradore	6	4	Precio	Consumo energético bajo	3	Malo	No	No	No
2	Ahorradore	6	4	Precio, Eficiencia, Potencia	Consumo energético bajo	3	Malo	No	Si	Si
3	Ahorradore	24	5	Color	Consumo energético bajo	4	Bueno	No	No	No
4	Ahorradore	5	3	Precio, Eficiencia, Rendimiento, Vida útil (Consumo energético bajo)	Consumo energético bajo	3,5	NO ACCEDIÓ AL CAMBI	Desconoce	Si	No
5	Ahorradore	24	4	Precio, Color, Potencia	Costo bajo de la lámpara	3	Muy bueno	Si	No	Si
6	Ahorradore	3	3	Eficiencia, Rendimiento, Color, Potencia	Consumo energético bajo	3	Muy bueno	Si	No	No
7	Ahorradore	12	4	Precio	Consumo energético bajo	2	Bueno	Si	Si	Si
8	Ahorradore	6	3	Precio, Color, Potencia	Consumo energético bajo	4	Regular	No	Si	Si
9	Ahorradore	12	3	Eficiencia	Consumo energético bajo	1,5	Malo	No	No	No
10	Ahorradore	3	5	Eficiencia	Consumo energético bajo	1,5	Muy bueno	Si	No	No
11	Ahorradore	3	2	Potencia	Calidad de servicio	5	Muy bueno	Si	Si	Si
12	Ahorradore	3	2	Potencia	Calidad de servicio	5	Regular	No	No	No
13	Ahorradore	3	4	Precio, Vida útil (Duración), Color, Potencia	Consumo energético bajo	2,5	Malo	Si	No	No
14	Fluorescente	24	5	Vida útil (Duración)	Consumo energético bajo	3	Regular	Si	No	Si
15	Ahorradore	24	4	Vida útil (Duración)	Consumo energético bajo	2	Bueno	Si	No	Si
16	Ahorradore	6	2	Eficiencia	Calidad de servicio	3	Regular	No	Si	No
17	Ahorradore	6	5	Eficiencia	Costo bajo de la lámpara	3	Regular	Si	Si	Si
18	Ahorradore	6	2	Eficiencia	Calidad de servicio	3	Bueno	Si	No	No
19	Ahorradore	5	4	Eficiencia	Consumo energético bajo	2	Bueno	No	No	Si
20	Ahorradore	8	5	Precio, Eficiencia, Vida útil (Duración), Potencia	Consumo energético bajo	3	Muy bueno	Si	Si	No
21	Ahorradore	3	4	Precio, Rendimiento	Costo bajo de la lámpara	2	Bueno	Si	No	Si
22	Incandescente	7	4	Precio	Calidad de servicio	2	Regular	No	Si	No
23	Ahorradore	24	3	Precio	Consumo energético bajo	2	Regular	No	Si	Si
24	Ahorradore	5	4	Tradición	Calidad de servicio	3	Muy bueno	Si	No	Si
25	Ahorradore	8	5	Precio, Potencia	Calidad de servicio	5	Regular	Si	No	Si
26	Ahorradore	6	5	Eficiencia	Consumo energético bajo	3	Bueno	No	No	No
27	Ahorradore	24	4	Eficiencia	Calidad de servicio	4	Muy bueno	Si	No	Si
28	Ahorradore	3	3	Precio, Vida útil (Duración), Color	Consumo energético bajo		Regular	No	Si	Si

ANEXO 7

MODELO DE TABLA CON RESPUESTAS TÉCNICAS Y MEDICIONES

Número de vivienda	Nombre/Medidor	Edad	Ubicación de la vivienda	Tipo de vivienda	Cuantas lámparas utiliza en los siguientes espacios															
					Sala			Cocina			Comedor			Dormitorio						
					INC	LFC	FLU	LED	INC	LFC	FLU	LED	INC	LFC	FLU	LED	INC	LFC	FLU	LED
1	Pinos Mogrovejo Celia Aveli	35	Cañaribamba	Casa		3					2						1	1		
2	Angel patricio guaran	62	El Vecino	Departamento		1					1									1
3	62/2085	45	San Sebastián	Departamento	Mas						Mas									2
4	Yolanda sacoto	54	Sucre	Casa	4			Mas			2						1			4
5	segundo heriberto piedra alva	34	Cañaribamba	Departamento	5						1						2			1
6	Rosa Montenegro	25	Totoracocha	Casa		Mas					2									2
7	mariana zhañay	24	Bellavista	Departamento				Mas									1			2
8	mariana zhañay	37	Bellavista	Departamento				Mas									1			2
9	2412015777	32	San Sebastián	Departamento	2						1						1			1
10	Carlos Julio fajardo romero	45	Monay	Casa	1			Mas			2									Mas
11	2601017798	70	Monay	Departamento	4			1			4									1
12	2601009246	47	Monay	Departamento		Mas					Mas									Mas
13	81160	59	Huaynacapac	Casa		Mas					1									1
14	2512010773	54	Yanuncay	Casa	4						1									2
15	Nancy Alvarez	43	Bellavista	Casa	1			4			2						1			2
16	2.32008E+11	25	Bellavista	Casa	3						1									1
17	AIDA BEATRIZ NIETO DEL	46	El Sagrario	Casa		Mas					4									1
18	Alfonso maria nielo vasquez	42	El Sagrario	Casa	4						1									1
19	Alfonso maria nielo vasquez	26	El Sagrario	Departamento	4						1									1
20	2100001	47	Sucre	Casa	2						1									2
21	2601038415	53	Sucre	Departamento	3						1									1
22	271729	23	El Batán	Casa	1						1									1
23	11702372	27	Bellavista	Casa	1						1									1
24	2011110938	24	San Sebastián	Departamento	1						1									1
25	Darwin Segarra	50	El Vecino	Casa	2						2						2			1
26	Dolores Carpio		Yanuncay	Departamento	2						1						2			3
27	millón fafan	35	Yanuncay	Casa		Mas					2						4			2
28	jorge alvaracin peralta	52	Yanuncay	Casa	3						2						2			2



Número de vivienda	Se siente satisfecho con la dist y núm de focos con las que cuenta este lugar						Como califica a la lámpara utilizada en este espacio respecto a la sensación térmica						Como califica la lámpara en cuanto al IRC				
	Sala	Cocina	Comedor	Dormitorio	Estudio	Baño	Grada	Sala	Cocina	Comedor	Dormitorio	Estudio	Baño	Gradas	Sala	Cocina	Comedor
1	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Regular	Bueno	Regular
2	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
3	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Caliente	Normal	Caliente	Normal	Normal	Normal	Normal	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
4	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Caliente	Caliente	Caliente	Caliente	Caliente	Normal	Caliente	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
5	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Caliente	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
6	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
7	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
8	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
9	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
10	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Fría	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
11	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Caliente	Caliente	Normal	Fría	Fría	Fría	Fría	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
12	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
13	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Caliente	Caliente	Caliente	Caliente	Caliente	Caliente	Caliente	Muy bueno	Bueno	Muy bueno
14	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
15	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
16	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
17	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
18	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
19	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
20	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
21	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Caliente	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
22	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
23	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Caliente	Caliente	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
24	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
25	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno
26	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
27	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Regular	Muy bueno	Muy bueno
28	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Bueno	Bueno	Bueno



Número de vivienda	Como califica la lámpara en cuanto al IRC					Tiene problemas para diferenciar objetos pequeños en la noche					Tiene alguna sensación de fatiga visual según la iluminación de:							
	Dormitorio	Estudio	Baño	Gradas	Sala	Cocina	Comer	Dormir	Estudiar	Baño	Gradas	Sala	Cocina	Comer	Dormir	Estudiar	Baño	Gradas
1	Regular	Regular	Regular	Regular	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
2	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Un poco	Un poco	Un poco	Un poco	Un poco	Un poco	No	No	No	No	No	No	No	No
3	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Un poco	No	No	No
4	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
5	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
6	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
7	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
8	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
9	Bueno		Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	Un poco	No	No	No	No	No	No
10	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
11	Bueno		Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	Un poco	Un poco	No	No	No	No	No	No
12	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	No
13	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
14	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
15	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	Un poco	No	No	No	No	No	No	No	No	No
16	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
17	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	Un poco	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
18	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
19	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
20	Bueno	Bueno	Muy bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
21	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
22	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
23	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
24	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
25	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Un poco	No
26	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Regular	No	No	Un poco	Un poco	No	No	Si	No	No	Un poco	Un poco	No	No	Si
27	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	Un poco	No	No	No	No	No	No
28	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No



Número de vivienda	Indique los espacios en los que es necesario encender la iluminación durante la mañana y/o tarde. (7H00 - 18H00)	En cuál de estos espacios utiliza la iluminación en la noche.	MEDICIONES (luxes)						KWH/MES	
			Sala	Cocina	Comedor	Dormitorio	Estudio	Baño		Gradas
1	Cocina	Cocina	140	100	70	170	140	50	126	164
2	Estudio	Cocina, Comedor, Dormit	90	50	75	86	35	70		168
3	Cocina	Dormitorio	195	120	207	100	100	100	100	114
4		Dormitorio	122	52	142	48	30	26	52	335
5	Cocina, Dormitorio	Sala, Cocina	190	110	60			150	60	132
6	Sala, Dormitorio	Cocina, Dormitorio	270	165	110	120	150	230	100	170
7	Cocina	Sala, Dormitorio	90	70	70	90	70	70	90	250
8	Cocina	Sala, Dormitorio	90	70	70	90	70	70	90	250
9	Dormitorio, Gradas/Pasillo	Sala, Comedor	80	140	70	60	70	40	105	140
10	Dormitorio	Dormitorio	50	50	100	70	70	45	30	80
11	Sala, Cocina, Comedor, Baño	Sala, Cocina, Comedor	35	180	55	120		65	70	80
12	Cocina, Comedor, Gradas/Pasillo	Cocina, Comedor	230	50	60	100	65	400	40	420
13	Cocina, Comedor	Cocina, Dormitorio	190	60	90	100	50	140	35	117
14	Cocina, Dormitorio, Gradas/Pasillo	Dormitorio	40	70	40	70		35	40	50
15	Cocina	Dormitorio	180	105	220	130	75	140	100	200
16	Baño	Dormitorio	70	40	40	70	60	50	40	190
17	Cocina, Dormitorio	Cocina, Dormitorio	55	100	55	40	45	100	52	199
18	Baño	Comedor, Dormitorio	55	55	50	70	70	40	52	93
19	Dormitorio, Baño	Dormitorio	76	160	70	80	80	54	78	150
20		Cocina, Dormitorio	120	100	85	90	90	130	80	190
21	Dormitorio	Sala, Dormitorio	150	130	80	130	85	100	120	81
22	Dormitorio	Cocina, Dormitorio	90	80	75	105	100	60	70	130
23	Comedor	Dormitorio	120	130	70	125	80	80	85	126
24	Dormitorio	Dormitorio	160	130	100	120	100	90	90	110
25		Cocina, Dormitorio	150	120	90	95	50	60	70	200
26	Cocina, Baño, Gradas/Pasillo	Sala, Comedor, Estudio	80	80	80	40	85	150	100	130
27		Dormitorio	80	45	90	70	60	40	50	173
28	Baño	Cocina, Dormitorio	150	100	100	90	100	78	100	204