



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ  
EXTENSIÓN CHONE**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
MODALIDAD INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO:**

**“PLAN DE MEJORAMIENTO DEL ALUMBRADO PÚBLICO MEDIANTE LA  
SUSTITUCIÓN POR LUMINARIAS LED EN LA CALLE 24 DE MAYO DEL  
CANTÓN TOSAGUA”**

**AUTOR:**

**LUIS MIGUEL ENCALADA GARCÉS**

**TUTOR:**

**ING. JOSÉ GARCÍA HOLGUÍN**

**CHONE - MANABÍ - ECUADOR**

**2018**

Ing. José García Holguín, Docente de la Universidad de Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión Chone, en calidad de tutor del trabajo de titulación.

## **CERTIFICO:**

Que el presente trabajo de titulación: “Plan de Mejoramiento Del Alumbrado Público Mediante la Sustitución Por Luminarias Led En La Calle 24 De Mayo Del Cantón Tosagua”, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo y se encuentra listo para presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos plasmados en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de su autor Luis Miguel Encalada Garcés, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, febrero del 2018

Ing. José García Holguín

**TUTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Luis Miguel Encalada Garcés, declaro ser el autor del presente trabajo de titulación: “Plan de Mejoramiento Del Alumbrado Público Mediante la Sustitución Por Luminarias Led En La Calle 24 De Mayo Del Cantón Tosagua”, siendo el Ing. José García Holguín Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente cedemos los derechos de este trabajo a la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo financiero, académico o institucional de la universidad.

Chone, febrero del 2018

---

Luis Miguel Encalada Garcés

**AUTOR**



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN CHONE**

**FACULTAD DE INGENIERA ELECTRICA**

**INGENIEROS ELÉCTRICOS**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: **“Plan de Mejoramiento Del Alumbrado Público Mediante la Sustitución Por Luminarias Led En La Calle 24 De Mayo Del Cantón Tosagua”**, elaborada por el egresado: Luis Miguel Encalada Garcés

Chone, febrero del 2018

---

Ing. Odilón Schnabel Delgado  
**DECANO**

---

Ing. José García Holguín  
**TUTOR**

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

---

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

---

**SECRETARIA**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy

A mi madre por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, a mi esposa, mi hija quienes con su amor han alegrado mis días y por su apoyo incondicional; gracias a ustedes por todo lo que soy como persona, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis amigos que de una u otra manera siempre estuvieron apoyándome en este trabajo de investigación.

A todos por estar siempre presente, para poder ser un profesional.

**Luis Miguel**

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo de titulación en modalidad de proyecto de investigación es el resultado del esfuerzo en conjunto realizado por el autor.

Por esto agradezco a mi tutor de tesis, el Ing. José Holguín García, por todo el apoyo, paciencia y aconsejarme en este largo caminar que no ha sido tan fácil, pero a la vez satisfactorio.

A nuestros compañeros de clases, quienes a lo largo de todo este tiempo han puesto a prueba sus capacidades y conocimientos para llegar hasta aquí con éxito, y cumpliendo nuestras expectativas.

A mi madre, esposas, e hija quienes a lo largo de toda nuestra vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todos los momentos y no dudaron de mis habilidades.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de los conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa institución la cual abrió sus puertas, preparándome para un futuro competitivo y formándome como personas de bien.

Gracias.

**Luis Miguel**

## **SÍNTESIS**

La iluminación a base de LED se puede considerar una nueva tecnología de iluminación que presenta numerosos beneficios con respecto a los diferentes tipos de iluminación que se encuentran en el mercado.

Las luminarias LED consumen aproximadamente el 50% menos de energía que las lámparas tradicionales, tienen una vida útil aproximada de 100.000 horas (6 veces más que las lámparas de sodio tradicionales), la temperatura del color que emite es más blanca y agradable a los ojos, no posee elementos tóxicos y contaminantes que generarían daños en el medio ambiente.

Iluminar las vías de las ciudades del mundo con lámparas LED, así como la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua, resulta un buen negocio tanto para el medio ambiente como para los países, ya que, aunque la inversión inicial de implementar este nuevo sistema de iluminación es sumamente alta, se puede demostrar que la recuperación por el ahorro de la energía se lograra en poco tiempo.

El alumbrado público en el mundo al igual que en la Calle 24 de Mayo está reglamentado por diferentes entes públicos. En Ecuador la normatividad aplicada es dictada por CENEL-EP, quien se encarga año tras año de crear y reformar las normas para garantizar un alumbrado que genere seguridad tanto para los transeúntes como para los conductores de las vías.

De acuerdo con la investigación realizada, en la cual se tomaron los valores requeridos de iluminación para el tipo de vía de la Calle 24 de Mayo, se demuestra que para una vía de poco tránsito que usa lámparas de 150w de sodio de alta presión el reemplazo adecuado es de una lámpara de 90w.

## **PALABRAS CLAVES**

Luminarias LED; Luminarias de sodio; Iluminación; Vías; Tecnología; Análisis; Temperatura; Pública; Comparación; Iluminancia.

## **ABSTRACT**

LED-based lighting can be considered a new lighting technology that has numerous benefits with respect to the different types of lighting found in the market.

LED luminaires consume approximately 50% less energy than traditional lamps, have an approximate lifespan of 100,000 hours (6 times more than traditional sodium lamps), the color temperature it emits is whiter and more pleasing to the eyes, does not have toxic elements and pollutants that would cause damage to the environment.

Lighting the roads of the cities of the world with LED lamps, as well as Calle 24 de Mayo in Canton Tosagua, is a good business both for the environment and for the countries, since, although the initial investment of implementing this new system of lighting is extremely high, it can be shown that recovery by saving energy will be achieved in a short time.

Street lighting in the world as well as Calle 24 de Mayo is regulated by different public entities. In Ecuador, the regulations applied are dictated by CENEL-EP, which is in charge year after year of creating and reforming the regulations to guarantee a lighting system that generates security for both passers-by and drivers of the roads.

According to the research carried out, in which the required lighting values were taken for the type of road on Calle 24 de Mayo, it is shown that for a low traffic road that uses 150w high pressure sodium lamps, the replacement suitable is a 90w lamp

## **KEYWORDS**

LED luminaires; Sodium luminaires; Illumination; Roads; Technology; Analysis; Temperature; Public; Comparison; Illuminance.

## TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTORIA .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	VI
SÍNTESIS .....	VII
PALABRAS CLAVES .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
KEYWORDS .....	VIII
TABLA DE CONTENIDOS .....	IX
INDICE DE TABLAS .....	XVI
INDICE DE GRAFICOS .....	XVIII
INDICE DE FIGURAS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.	
1.1 Luminarias LED .....	15
1.1.1 Características constructivas típicas .....	16
1.1.2 Partes que conforman una luminaria LED.....	16
1.1.2.1 El chip.....	17
1.1.2.2 El driver.....	17

1.1.2.3 La placa base Estudio de carga.....	18
1.1.2.4 El sistema de gestión térmica.....	18
1.1.2.5 Lentes óptico.....	18
1.1.3 La luz.....	19
1.1.3.1 El espectro electromagnético.....	19
1.1.3.2 Propiedades de la Luz Transformador.....	20
1.1.3.3 La reflexión.....	20
1.1.3.4 La refracción.....	20
1.1.3.5 Transmisión.....	21
1.1.4 Conceptos generales .....	21
1.1.4.1 Flujo luminoso.....	21
1.1.4.2 La iluminancia.....	22
1.1.4.3 La luminancia.....	22
1.1.4.4 Deslumbramiento.....	23
1.1.4.5 Eficiencia luminosa.....	23
1.1.4.6 Rendimiento energético .....	24
1.1.4.7 Eficiencia energética.....	24
1.1.4.8 Donde está la eficiencia energética.....	25
1.2 Alumbrado público.....	25
1.2.1 Situación del alumbrado público en el Ecuador.....	26
1.2.1.1 Responsabilidades del alumbrado público en el Ecuador.....	26

1.2.1.2 Alumbrado vial.....	27
1.2.1.3 El buen alumbrado de vías.....	27
1.2.1.4 Requisitos que debe cumplir una instalación de alumbrado de calles o alumbrado público.....	27
1.2.1.5 Calidad de la iluminación .....	28
1.2.1.6 Factores determinantes en una instalación de alumbrado público.....	28
1.2.1.7 Influencia de las exigencias de tráfico vehicular en el estudio de una instalación de alumbrado público.....	29
1.2.1.8 Separación.....	29
1.2.1.9 Eficiencia energética de una instalación .....	29
1.2.3 Fuentes de iluminación para alumbrado público.....	30
1.2.3.1 Lámpara.....	30
1.2.3.2 Luminarias.....	30
1.2.4 Reguladores o atenuadores de iluminación.....	30
1.2.4.1 El regulador lineal o dimmer.....	30
1.2.4.2 Reguladores eléctricos hf.....	31
1.2.4.3 Dimmer auto-regulado por señal horaria.....	31
1.2.4.4 Sensores de presencia.....	31
1.2.4.5 Sistema automático de control.....	31
1.2.5 Fuente de iluminación artificial para alumbrado público.....	31
1.2.5.1 Vapor de mercurio a alta presión .....	31
1.2.5.2 Características de funcionamiento.....	32

1.2.5.3 Característica constructiva típica de una lámpara de mercurio.....	32
1.2.5.2 La luminaria de inducción para alumbrado público .....	32
1.2.5.3 Lámpara vapor de sodio a alta presión.....	32
1.2.5.4 Característica constructiva típica de una lámpara de sodio.....	33
1.2.6 La luminaria de inducción para alumbrado público.....	34
1.2.6.1 Introducción.....	34
1.2.6.2 Clasificación de las lámparas de inducción electromagnética.....	34
1.2.4.3 Funcionamiento.....	34

## CAPÍTULO II.

### 2.1 REFERENTE AL DIAGNÓSTICO DE MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.1 Diseño Metodológico.....	36
2.1.1.1. Población y muestra.....	36
2.1.2. Descripción del proceso de recolección de información .....	38
2.1.3. Procesamiento de la información .....	38
2.1.4 Resultados de la investigación de campo con su respectivo análisis .....	39

## CAPITULO III

3.1 Estudio técnico de las ventajas y desventajas de las luminarias LED frente a otros tipos de luminarias.....	49
3.1.1 Consideraciones generales.....	49
3.1.2 Parámetros de comparación .....	49
3.1.2.1 Filamento .....	49
3.1.2.2 Factor de potencia .....	49

3.1.2.3 Temperatura de funcionamiento.....	50
3.1.2.4 Vida útil .....	51
3.1.2.5 Tiempo de encendido y recuperación.....	52
3.1.2.6 Temperatura de color.....	52
3.1.2.7 índice de rendimiento de color (CRI).....	54
3.1.3 Parámetro de luz de la lámpara LED.....	54
3.1.3.1 Eficacia en lumen / watt.....	54
3.1.3.2 Temperatura de color, también llamada TC, en grados kelvin.....	55
3.1.3.3 Ángulo de haz de luz.....	55
3.1.3.4 Flujo luminoso en lúmenes.....	55
3.1.4 Análisis comparativo de parámetros generales entre las Lámparas de alumbrado público.....	55
3.1.4.1 Lámparas de arreglos de LED .....	56
3.1.4.2 Alternativa de solución.....	59
3.1.4.3 Selección de la mejor alternativa.....	60
3.1.5 Fundamentos del alumbrado público.....	61
3.1.5.1 Introducción.....	61
3.1.5.2 Tipos de clasificación para alumbrado público.....	62
3.1.6 Medición fotométrica de alumbrado público.....	66
3.1.7 Evaluación del vano seleccionado para las mediciones.....	67
3.1.8 Procedimiento de las mediciones .....	67
3.1.9 Realización de las mediciones .....	69

3.1.10 Índice de reproducción cromática.....	72
3.1.11 Normatividad sobre Reproducción cromática .....	74
3.1.12 Procedimiento para la obtención del consumos de las lámparas .....	75
3.1.12.1 Determinación del consumo de cada lámpara.....	75
3.1.12.2 Número de lámparas.....	75
3.1.12.3 obtención de la carga útil .....	75
3.1.12.4 Determinación del consumo total de energía .....	75
3.1.12.5 Determinación del costo mensual de la energía.....	76
3.1.12.6 Toma de datos de consumo .....	76
3.1.13 Obtención de la carga útil real.....	77
 CAPÍTULO 4	
4 Propuesta .....	78
4.1 Nombre de la propuesta.....	78
4.2 Justificación.....	78
4.3 Objetivo.....	78
4.4 beneficiarios.....	78
4.5 Resultados esperados.....	79
4.6 Descripción de la actividad.....	79
4.7 Beneficios de la implementación del sistema de iluminación LED para el para el Cantón Tosagua.....	78
4.7.1 Económicos.....	79
4.7.2 Ambientales.....	80

4.7 Presupuesto.....	80
4.8 Análisis de costos unitarios.....	81
Conclusiones .....	82
Recomendaciones .....	83
Referencias bibliográficas.....	84
ANEXOS .....	87

## INDICE DE TABLA

Tabla 1.1 Deslumbramiento.....	22
Tabla 2.1 Resultado de la pregunta encuesta #1.....	39
Tabla 2.2 Resultado de la pregunta encuesta #2.....	40
Tabla 2.3 Resultado de la pregunta encuesta #3.....	41
Tabla 2.4 Resultado de la pregunta encuesta #4.....	42
Tabla 2.5 Resultado de la pregunta encuesta #5.....	43
Tabla 2.6 Resultado de la pregunta encuesta #6.....	44
Tabla 2.7 Resultado de la pregunta encuesta #7.....	45
Tabla 2.8 Resultado de la pregunta encuesta #8.....	46
Tabla 2.9 Resultado de la pregunta encuesta #9.....	47
Tabla 2.10 Resultado de la pregunta encuesta #10.....	48
Tabla 3.1 Comparación.....	49
Tabla 3.2 Comparación factor de potencia.....	50
Tabla 3.3 Comparación de la temperatura de funcionamiento.....	50
Tabla 3.4 Comparación de la vida útil.....	51
Tabla 3.5 Comparación del tiempo de encendido.....	52
Tabla 3.6 Temperatura de calor.....	52
Tabla 3.7 Comparación de índice de rendimiento de calor.....	54
Tabla 3.8 Clases de iluminación para vías vehiculares.....	62
Tabla 3.9 Variación en las clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control de tráfico.....	63
Tabla 3.10 Clases según tipos de vías en áreas peatonales y de ciclista .....	64
Tabla 3.11 Designación aproximada de superficies en las clase típicas.....	65

Tabla 3.12 Requisito fotométrico mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la iluminancia en luxes de la calzada.....	65
Tabla 3.13 Mediciones de iluminancia para las lámparas de vapor de sodio y para LED.....	70
Tabla 3.14 Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con los índice de reproducción del color.....	73
Tabla 3.15 Tipos de fuentes luminosas en función de sus características de la temperatura de color e índice de reproducción cromática .....	74
Tabla 4.1 Presupuesto.....	80
Tabla 4.2 Análisis de luminarias con lámparas LDE de 90 W 220 V.....	81

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico 2.1 Tabulación Encuesta .....	39
Grafico 2.2 Tabulación Encuesta .....	40
Grafico 2.3 Tabulación Encuesta .....	41
Grafico 2.4 Tabulación Encuesta .....	42
Grafico 2.5 Tabulación Encuesta .....	43
Grafico 2.6 Tabulación Encuesta .....	44
Grafico 2.7 Tabulación Encuesta .....	45
Grafico 2.8 Tabulación Encuesta .....	46
Grafico 2.9 Tabulación Encuesta .....	47
Grafico 2.10 Tabulación Encuesta .....	48
Grafico 3.1 Comparación del factor de potencia.....	50
Grafico 3.2 Temperatura de funcionamiento .....	51
Grafico 3.3 Comparación de la vida útil .....	51
Grafico 3.4 Comparación tiempo de encendido.....	52
Grafico 3.5 Comparación temperatura de color .....	53
Grafico 3.6 Temperatura de color de diferentes fuentes luminosas .....	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Característica típica de una lampara LED.....	16
Figura 2.1 Espectro electromagnético.....	19
Figura 1.3 Tipos de reflexión.....	20
Figura 1.4 Refracción.....	20
Figura 1.5 Transmisión.....	21
Figura 1.6 Flujo luminoso.....	22
Figura 1.7 Iluminancia.....	22
Figura 1.8 Eficacia luminosa.....	24
Figura 1.9 Calidad de la iluminación.....	28
Figura 1.10 Características típicas de una lámpara de mercurio .....	32
Figura 1.11 Características típicas de una lámpara de sodio.....	33
Figura 3.1 Temperatura de color de diferentes fuentes luminosas.....	53
Figura 3.2 Espectro de diferentes lámparas LED.....	56
Figura 3.3 Construcción de un LED usado para lámpara de alumbrado público	
Figura 3.4 Balance energético de una lámpara LED.....	58
Figura 3.5 Lámpara de tecnología LED con sus principales componentes .....	58
Figura 3.6 Lámparas de vapor de sodio de 150w utilizada en el estudio con sus componentes principales y descripción de carcasa.....	70
Figura 3.7 Lámpara de LED de 50w utilizada en el estudio con su respectiva carcasa y componentes.....	71
Figura 3.8 Luxómetro utilizado en el planteamiento.....	72

## INTRODUCCIÓN

En términos generales, se puede definir la energía como la capacidad de llevar a cabo cierto trabajo, todos los seres vivos, necesitan energía para el mantenimiento, crecimiento y reproducción de su cuerpo, pero, además, prácticamente, todas las actividades del hombre dependen de la energía. Por ejemplo, en la vida diaria de una casa se necesita la energía en las siguientes actividades: refrigeración, cocimiento de los alimentos, calentamiento del agua, uso de diversos implementos electrodomésticos (aspiradoras, licuadora, tostador, secadora de cabello, horno de microondas, lavadora de ropa, secadora de ropa, lavadora de platos, proceso, radios, televisores, ordenadores, iluminación, aire acondicionado y calefacción, etc.).

“Por otra parte, cuando el hombre camina o hace uso de algún medio de transporte, también gasta energía. Y, en igual forma, las actividades industriales, agrícolas, comerciales, de investigación, recreación y muchos otros tipos de servicios dependen también de la energía para su normal desarrollo. Por tal motivo, se considera a la energía en sus diferentes formas como un recurso natural de fundamental importancia en la vida del hombre”. (Fournier, 1983)

A pesar de que el estudio de las instalaciones exteriores de alumbrado público es extenso, el desarrollo del presente estudio, muestra la necesidad e importancia de buscar la renovación permanente del alumbrado público y servirá para establecer soluciones para el ahorro de recursos económicos, en la actualidad tan necesaria para el sector público y aún mejor disminuir el consumo de energía, lo cual en épocas de crisis resulta importante, de la misma manera de brindar máxima seguridad e integridad ciudadana. Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica es de mucha importancia y la razón más poderosa que promueve este estudio es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas y de la eficacia en las actividades diarias realizadas. Gracias a la energía eléctrica es posible la automatización de los procesos de producción de las empresas, la facilidad con la que se realizan las actividades diarias en los hogares, mejorando así las condiciones de vida de la humanidad.

El alumbrado público en las empresas Eléctricas del Ecuador constituye el 7% del consumo total de energía. Una de las medidas a corto plazo, para disminuir este consumo es aumentar la eficiencia de la iluminación pública, mediante el uso de lámparas de mayor eficacia, como las luminarias LED.

“El alumbrado público funciona durante horas de la noche, por lo general horas pico, pero podría reducirse si se utiliza nuevas tecnologías garantizando la calidad del servicio establecido por las normas. Un sistema eléctrico está estructurado de componentes, máquinas y sistemas necesarios para garantizar un suministro de energía eléctrica, en un área concreta, con seguridad y calidad, dependiendo de la energía que se quiera transformar en electricidad, será necesario aplicar una determinada acción”. (Mujal, 2003)

“Fuentes de luz Eléctrica Son principalmente, las lámparas de incandescencia y las lámparas o tubos de descarga. Las lámparas de incandescencia, emiten luz por termo radiación como consecuencia del paso de la corriente eléctrica, por un filamento conductor. Lámparas de descarga, La emisión de la luz es el resultado de la descarga eléctrica a través de gases o vapores metálicos”. (García, 2006)

Las vías públicas y los vehículos deben hacer posible el viajar con seguridad, rapidez y comodidad, para lo cual se necesita buenas condiciones de visibilidad, de aquí la importancia del alumbrado público ya que es el encargado de brindar tales condiciones.

El alumbrado público debe cumplir con necesidades básicas de los seres humanos, pero en la práctica debe atender primordialmente las necesidades del conductor, para el peatón es fundamental la visibilidad de las aceras, los vehículos y los obstáculos, así como también es importante evitar la ausencia de lugares oscuros.

Un sistema eléctrico es el conjunto de medios y elementos que hacen posible la generación, el transporte y la distribución de la Energía Eléctrica, siendo esta última la encargada de llevar la energía a los consumidores finales, de forma continua donde se utilizan estándares de calidad satisfactoria. El uso de la

electricidad en la vida moderna es imprescindible. Difícilmente una sociedad puede sobrevivir sin el uso de la electricidad.

“La electricidad tiene, como se sabe, un grave inconveniente con respecto a otros tipos de energía y es que no permite su almacenamiento en cantidades significativas, lo cual implica que hay que generarla y transportarla en el preciso momento de su utilización. Esto obliga a dimensionar las instalaciones para prever la demanda máxima y por consiguiente implica la infrautilización de tales instalaciones en los momentos de menor demanda”. (Balcells,1990).

En previa investigación realizada por (Coto, 2002), se encontró “Las redes eléctricas, extendidas como los sistemas completos que permiten la generación y reparto de energía eléctrica, constituyen un conjunto de complejos dispositivos y mecanismos de control, cuya misión es proporcionar, de forma ininterrumpida y con unos parámetros de calidad, seguridad y fiabilidad, un servicio, el suministro de electricidad, a los consumidores. Los sistemas de potencia forman por tanto una compleja red interconectada.”

“La continuidad del suministro eléctrico hace referencia a la existencia o no de tensión en el punto de conexión. Hasta hace muy poco, era el único aspecto de la calidad del servicio considerado importante. Cuando falla la continuidad del servicio, es decir cuando la tensión de suministro desaparece en el punto de conexión, se dice que hay una interrupción en el suministro”. (River, 2000).

(Enríquez, 2004), menciona “Representa la capacidad de un circuito para realizar un trabajo en un tiempo dado. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía, tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etcétera. Cuando se habla de la demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda”.

El desarrollo de la presente investigación, trata la necesidad e importancia de buscar la renovación permanente del alumbrado público, con el objetivo de conseguir que se mejore las condiciones energéticas, brindando seguridad e integridad ciudadana.

Cuando aparece una nueva tecnología para alumbrado público, se hace indispensable analizar el estudio para su implementación, conociendo sus ventajas y desventajas de su uso; un estudio que sin duda alguna representaría el mejoramiento del sistema de alumbrado público.

Tanto nos hemos acostumbrado a su uso, que ya pasa desapercibida su absoluta necesidad en nuestras actividades diarias. Solo la falta de ella, nos devuelve a la realidad y a la importancia. Es cuando toma relevancia el conocimiento sobre su generación, distribución y sobre todo los problemas que a menudo suelen presentarse dentro su utilización, tales como cortes por tiempo prolongado, muy baja tensión suministrada en forma permanente, muy alta tensión suministrada en forma permanente etc.

“El análisis de la calidad de la red eléctrica, se realiza en punto de suministro o punto común de conexión, que es el punto de la red de distribución al que se conectan las cargas o el consumidor. Usualmente, para consumidores residenciales y pequeños consumidores industriales, el punto de la red corresponde al secundario del transformador de distribución”. (Ibarra, Míguez, Torres, Del Valle, 2008)

Así como también “Evidencias sugieren que las instalaciones eléctricas de los consumidores deben ser primero chequeadas cuidadosamente antes de comprar equipos acondicionadores de potencia. Estudios recientes indican que del 80% al 90% de las fallas de equipo electrónico sensible atribuidas a una mala calidad de potencia resultan de un alambrado y puesta a tierra inadecuados en las instalaciones de los usuarios, o de interferencias con otras cargas dentro de las instalaciones. En muchos casos el alambrado y puesta a tierra adecuados pueden corregir el problema”. (Ramírez, J. 2004).

Se elaborará un documento que incluye la información teórica de la iluminación en general, siendo tema de especial atención la iluminación pública, su normatividad y legislación en el país. Este documento presentará de forma clara toda la información necesaria para el desarrollo de proyectos de iluminación pública vial.

El trabajo de titulación se enfoca en la propuesta de iluminación vial a base de luminarias LED ahorradoras de energía. Se presentará una propuesta económica y se explican los beneficios ambientales, sociales y económicos que traerá consigo la implementación del cambio de las luminarias tradicionales por LED o el uso de las lámparas LED en La Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua. Este trabajo de titulación servirá para posteriores estudios y propuestas de iluminación vial.

También será una herramienta valiosa para estudiantes que quieran profundizar sobre el tema de iluminación vial. La información aquí presentada será también un aporte a futuras investigaciones del manejo eficiente de la energía en instalaciones públicas.

De acuerdo a los planeamientos anteriores, nuestro objetivo general con esta investigación están enfocados en realizar un Plan de Mejoramiento del Alumbrado Público mediante la sustitución por luminarias de LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua, es necesario resaltar que el beneficio de este estudio está enfocado en la formulación de criterios, aplicación de normas necesarias para determinar el deficiente servicio del alumbrado público, lo cual nos permitir conocer nuevas tecnologías y procedimientos, métodos del alumbrado público, tomando como referencias estándares y nuevas tecnologías aceptados a nivel nacional.

Los usuarios consumidores directos de la energía pueden disminuir el consumo energético para reducir costos y promover la sostenibilidad económica, política y ambiental. El consumo de la energía está directamente relacionado con la situación económica y los ciclos económicos.

“Una buena calidad de potencia no es fácil de obtener ni de definir, puesto que su medida depende de las necesidades del equipo que se está alimentando; una calidad de potencia que es buena para el motor de un refrigerador, puede no ser suficientemente buena para un computador personal. Por ejemplo, una salida o corte momentáneo no causa un importante efecto en motores y cargas de alumbrado, pero sí puede causar mayores molestias a los relojes digitales o computadoras”. (Ramírez, J. 2004).

Los apagones se generan por lo general por daños en la infraestructura, caída de cadenas de aisladores, choque de carros contra poste etc. Cuando ocurren estos apagones muchos tenemos los televisores, computadores o aparatos electrodomésticos encendidos por lo que tienden a quemarse, así también se ve afectado el suministro de agua potable, ya que la energía eléctrica es necesaria para la operación del sistema de acueducto, situación que provoca malestar en los usuarios, por lo que la energía eléctrica no es un lujo, sino una necesidad básica que el Estado tiene que garantizar.

“El servicio eléctrico es de una importancia vital para la comunidad, y suele ser a su vez infraestructura de otros servicios. El costo de las interrupciones eléctricas se traduce no solo en cuantiosas pérdidas económicas, como en el caso de plantas industriales y edificaciones comerciales, sino que pueden ser también un costo social difícil de cuantificar, pero no menos importante”. (Equinoccio, 2008)

“En otros casos, puede haber peligro a la vida y a la propiedad de las personas” (Enríquez, G. 2006) refiere “En principio, en una instalación eléctrica intervienen como elementos principales para conducir, proteger y controlar la energía eléctrica y los dispositivos receptores, los siguientes: a) Conductores eléctricos, b) canalizaciones eléctricas, c) conectores para las canalizaciones eléctricas, d) accesorios adicionales y e) dispositivos de protección. Considerando que las instalaciones eléctricas pueden ser visibles, ocultas, parcialmente ocultas y a prueba de explosión, según sea las necesidades que se requieren en el servicio que se preste.

“El concepto calidad en lo que se refiere al servicio eléctrico, comprende tres niveles esenciales: Calidad del producto técnico suministrado: Se vincula con el nivel de tensión en el punto del suministro y sus perturbaciones, Calidad del servicio técnico prestado: involucra la frecuencia y duración media de las interrupciones en el suministro; calidad del servicio comercial: se refiere a la correcta atención al cliente (tiempos utilizados para responder a los pedidos de conexión, errores en la facturación, demoras en la atención de reclamos etc.)” (Kruger, A, 2012)

“Una buena calidad de potencia no es fácil de obtener ni de definir, pues que su medida depende de las necesidades del equipo que se está alimentando; una calidad de potencia que es buena para el motor de un refrigerador, puede no ser suficientemente buena para un computador personal. Por ejemplo, una salida o corte momentáneo no causa un importante efecto en motores y cargas de alumbrado, pero sí puede causar mayores molestias a los relojes digitales o computadoras”. (Ramírez, Cano, 2004).

Por lo general pueden existir dos tipos de factores que determinen las características básicas de una instalación de alumbrado público, según predominen las exigencias de tráfico o las motivaciones estéticas. En la mayor parte de los casos ambos factores influyen conjuntamente, aunque es más frecuente que las exigencias de tráfico revistan mayor importancia que las estéticas, teniéndose estas últimas más en cuenta a medida que las posibilidades económicas lo van permitiendo.

En la actualidad, más del 90% de la iluminación de calles y veredas del país utiliza ampollitas de haluro, metal o sodio, cuando se podría utilizar otro tipo de iluminación que ahorre energía como las lámparas LED, las cuales ahorran entre 50% y 60% de la energía consumida y brinda la misma luminosidad.

Debido a la evolución en tecnología LED que viene produciéndose desde que en el año 1997 se desarrollase en Japón la iluminación de luz blanca basada en LED, el mercado mundial está demandando con mayor intensidad la transformación de las fuentes de iluminación convencional a soluciones más eficientes y duraderas basadas en sistemas de iluminación LED.

Este hecho provoca que el esfuerzo en I+D+i de las empresas del sector de iluminación se haya centrado principalmente en conseguir sistemas de iluminación con buenas prestaciones, altamente eficientes y que resulten asequibles. La posibilidad de ofrecer soluciones con un alto rendimiento desde el punto de vista del ahorro energético eliminando costes de mantenimiento y ofreciendo un sistema duradero en el tiempo, ha convertido la tecnología LED en uno de los motores tecnológicos más competitivos y con mayor proyección de futuro en el sector de la iluminación.

De esta manera, la eficiencia energética se concibe como una metodología para el análisis y tratamiento de los problemas del creciente consumo. Se prevé que para el año 2020 el 75% de la iluminación esté basada en LED. Hay que apuntar también que esta tecnología contribuye directamente a combatir el cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este sentido, la concienciación ciudadana ante el peligro del calentamiento global, sumado a una conducta más responsable en el consumo y la reducción de residuos tóxicos y peligrosos, han favorecido que desde los estratos políticos se impulsen medidas que ayuden a preservar el medioambiente y favorezcan la implantación de tecnología más ecológica que resulte eficiente gracias al ahorro en el uso de los recursos naturales y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La eficiencia energética constituye una pieza clave en el desarrollo de las economías en los mercados globales. El sector de la iluminación podría ahorrar un 45% de la energía eléctrica consumida gracias a la utilización profesional de la tecnología LED.

Se considera que la iluminación LED en aplicaciones industriales supondría un gran ahorro energético, por la potencia, superficie a iluminar y horas de uso. Por este motivo, el número de empresas que en la actualidad están sustituyendo los sistemas de iluminación tradicional por este tipo de tecnología es cada vez mayor.

Hasta la aparición del LED la iluminación industrial había utilizado principalmente lámparas de halogenuros metálicos y fluorescencia. La importancia de introducir la iluminación LED en el sector industrial viene determinada por la necesidad de optimizar los costes de operación con el objeto de aumentar su competitividad.

Hasta el momento, la mayor parte de las investigaciones desarrolladas en iluminación LED para la sustitución de tecnologías tradicionales, se han centrado en la iluminación urbana. Aunque existen estudios genéricos de sustitución de fuentes de iluminación tradicionales por LED, sin embargo, son muy escasas las investigaciones científicas que traten el sector industrial.

Puesto que la reducción de costes en el sector industrial es uno de los principales campos de acción para aumentar la competitividad de las empresas, la presente investigación tiene por objeto evaluar el ahorro económico y las ventajas medioambientales que supone la iluminación industrial basada en tecnología LED mediante un estudio de caso en el que se ha sustituido luminarias de halogenuros metálicos por luminarias LED.

Los usuarios de la energía eléctrica son los que generalmente detectan los posibles problemas de calidad de ésta; dichos problemas están relacionados principalmente con variaciones de voltaje, efectos transitorios de voltaje, presencia de armónicas, conexiones a tierra, etc. Que afectan a los equipos sensibles, como son los que emplean dispositivos de estado sólido, componentes para electrónica de potencia, equipos de procesamiento, equipos de comunicaciones y equipos de control general. (Enríquez, 1999).

En el país la calidad y eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía, haciendo el uso eficiente de la energía, la aparición de nuevas tecnologías para alumbrado público determina las alternativas para cubrir un mejor servicio, buscando siempre de mejorar lo que ya existe.

Los usuarios consumidores directos de la energía pueden disminuir el consumo energético para reducir costos y promover la sostenibilidad económica, política y ambiental. El consumo de la energía está directamente relacionado con la situación económica y los ciclos económicos.

Este plan de mejoramiento permitirá garantizar calidad y eficiencia en cuanto se refiera al alumbrado público para el consumidor final. Para esto se inicia con la síntesis de ciertos fundamentos teóricos relacionados con el área de interés que es el la calidad, eficiencia e importancia del alumbrado público.

(Balcells, Autonell, Barra, Brossa, Fornieles, García, Ros, Sierra 2011), refieren que la “Agencia Internacional de Energía (AIE), advierte de que si no se cambian las políticas energéticas de los países consumidores las necesidades eléctricas crecerán a un ritmo de un 1,5% anual entre 2007 y 2030.”, de ahí se deduce que

cualquier acción por mejorar la Eficiencia de la Energía Eléctrica, tendrá repercusiones importantes dentro de cada uno de los sectores involucrados.

Dentro de las necesidades fundamentales de la calle “24 de Mayo” del Cantón Tosagua, está el alumbrado público, el buen funcionamiento es determinante para evitar problemas como accidentes de tránsito, regeneración de la ciudad, seguridad de los ciudadanos al caminar por las calles.

Luego, se analizan los aspectos metodológicos que guían al proceso de estudio para finalmente presentar nuestras conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado la eficiencia eléctrica se rigen a diferentes normas y es una virtud del compromiso que existe con los profesionales encargados de manejar el tema.

Los habitantes de la calle “24 de mayo” han necesitado siempre que se realice un plan de mejoramiento para lo cual se siguen guías con criterios profesionales sobre las nuevas tecnologías de iluminación y así poder contar con un alumbrado público de calidad. Mediante el análisis se ha podido constatar que no existe la suficiente capacidad lumínica en las calles de la calle “24 de Mayo”, ya que se producen muchas interrupciones en el servicio por lo que los habitantes de la avenida no cuenta con la seguridad de debe proporcionar el alumbrado público.

Frente a esta problemática se cree conveniente realizar un plan de mejoramiento mediante la sustitución por luminarias LED, para aportar con conocimiento de nuevas tecnologías que permitan optimizar el alumbrado público de la calle. De esta manera se ayuda a los usuarios a reducir notablemente sus problemas ocasionados generalmente por la falta de una buena iluminación,

(Basantes 2008). “Para el desarrollo de proyectos eléctricos se debe tener un conocimiento por parte del Ingeniero proyectista, como son normas, precios referenciales y lista de materiales con el objetivo de tener un diseño favorable para su construcción”.

Todos los usuarios por derecho y necesidad deben ser abastecidos por energía eléctrica por lejana o cercana que la carga se encuentre ubicada. Este abastecimiento debe ser de buena calidad y continúa. En la actualidad algunos de los sectores carecen de servicio eléctrico, o cuentan con un servicio eléctrico

de pésima calidad, lo que incide en que se maximicen los riesgos y lo cual afecta la integridad de los habitantes de la calle.

La importancia que tiene el plan de mejoramiento mediante la sustitución por luminarias de LED realizado en la calle “24 de Mayo”, es para contribuir al crecimiento y desarrollo de los usuarios como sociedad, dando solución a los problemas que se presentan a diario, a través de recomendaciones profesionales que permitan mejorar la calidad del servicio de alumbrado público.

El propósito de este trabajo de investigación, es realizar un plan de mejoramiento mediante la sustitución de luminarias LED, para poder proponer nuevas tecnologías que mejoren la calidad de este servicio a través del desarrollo eficiente de las actividades que realizan a diario con los transeúntes de la Calle “24 de Mayo” del Cantón Tosagua. Con lo expuesto anteriormente en la investigación realizada se encontró:

### **Problema de investigación**

Deficiente iluminación en el alumbrado público en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

### **Objeto**

Sistema de iluminación

### **Campo**

Luminarias.

### **Objetivo**

Realizar un Plan de mejoramiento del alumbrado público mediante la sustitución de luminarias LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

### **Hipótesis de Investigación**

Con el plan de mejoramiento del Alumbrado Público mediante la sustitución de luminarias LED se soluciona la deficiente iluminación en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

## **Variables**

### **Variable dependiente.**

Alumbrado público.

### **Variable independiente.**

Luminarias LED.

## **Tareas de Investigación**

- Analizar el sistema de iluminación relacionado con el alumbrado público en la Calle 24 de Mayo Cantón Tosagua.
- Valorar los fundamentos teóricos para el plan de mejoramiento del alumbrado público mediante la sustitución por luminarias LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.
- Diagnosticar el uso de luminarias LED en el alumbrado público de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.
- Elaborar una propuesta para el uso de luminarias LED en el alumbrado público de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua

## **Diseño metodológico.**

### **Población y Muestra**

#### **Población**

La población está formada por 167 usuarios de la Calle 24 de Mayo.

#### **Muestra**

La muestra se aplica a la totalidad de la población, por tratarse de un número mínimo de participantes.

#### **Población**

Descripción	Cantidad
Usuarios	167
<b>TOTAL</b>	167

**Fuente:** Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

**Elaborado:** Encalada Garcés Luis Miguel

#### **Métodos y Técnicas.**

Este trabajo de investigación utiliza metodologías, técnicas e instrumentos que permiten conseguir el objetivo planteado.

**Métodos teóricos:** Los métodos teóricos que se emplean en el desarrollo de la investigación son los siguientes:

**Análisis – Síntesis:** Este tipo de método permite obtener información relacionada con el problema que se investiga de esta manera se obtiene un conocimiento sobre la deficiente iluminación en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

**Abstracción – Concreción:** Mediante este método se obtiene material que permite obtener material que permitirá obtener información relacionada a las variables del tema, que comprende el plan de mejoramiento del alumbrado

público mediante la sustitución por luminarias LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

La obtención de la información se la hace a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado realizadas por estudiantes profesionales en la actualidad, revistas y artículos científicos.

**Inducción – Deducción:** Permite realizar un análisis del estado actual del servicio de alumbrado público en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua, información que permite concluir y recomendar acciones para el desenlace de la investigación.

**Métodos Empíricos:** Los métodos empíricos que se emplean en el desarrollo de la investigación son los siguientes:

**Encuesta:** Se aplica a los usuarios de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

**Capítulo I:** Se ejecuta el marco teórico: Luminaria LED, con los conceptos conceptuales de la investigación

**Capítulo II:** Referente al diagnóstico de materiales y métodos Se realiza el diseño metodológico, aplicación de técnicas referente al servicio de alumbrado público de la calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua, lugar donde desarrolla las actividades diarias de las familias que viven a lo largo de la Calle quienes pueden detectar los problemas referentes al deficiente alumbrado público.

**Capítulo III:** Se realiza un diagnóstico técnico de las Ventajas y Desventajas de las Luminarias Led con otras lámparas.

**Capítulo IV:** Propuesta para el uso de luminarias LED en el alumbrado público de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

## **CAPÍTULO I:**

### **1. Marco teórico**

#### **1.1 Luminarias led**

Conocida también como lámpara de tecnología LED o más simplemente Lámpara LED (con LED como la sigla de la tecnología de diodo emisor de luz, light emitting diode, en este caso idealmente en mayúsculas) es una lámpara de estado sólido que usa ledes (Light-Emitting Diode, diodos emisores de luz) como fuente lumínica. Debido a que la luz es capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas de led se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, resistencias a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial.

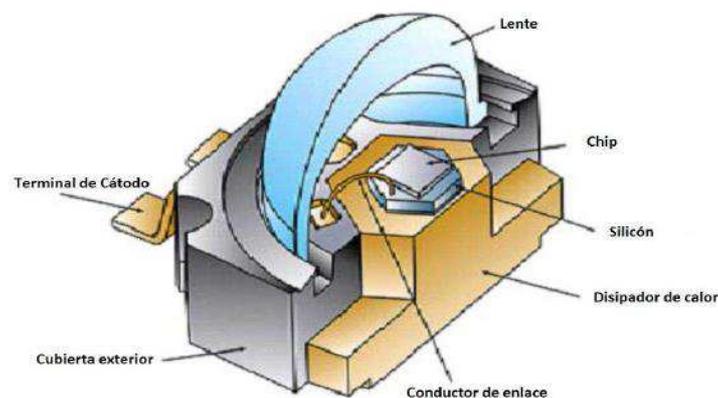
Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de led deben incluir circuitos internos para operar desde la corriente alterna normal. Los ledes se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de led tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas de led tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

El campo en que las lámparas LED ofrecen mejores prestaciones es en el de la iluminación de color, como es el caso de los semáforos o de los pilotos de los vehículos automóviles. Hasta ahora el color se conseguía mediante un filtro que solamente dejaba pasar la luz del color deseado (rojo, verde, ámbar,...) reteniendo el resto del espectro de emisión de la lámpara, por lo que era obligado poner una lámpara más potente para conseguir el flujo luminoso necesario, lo

que reducía mucho el rendimiento y aumentaba el consumo de energía. Pero como el color es característico de la banda prohibida de energía del material semiconductor usado para fabricar cada led, utilizando directamente una lámpara led del color adecuado, no es necesario el filtro, de modo que se aprovecha íntegramente el flujo luminoso de la lámpara. Si se suma el mayor rendimiento de las lámparas led, tratado más arriba, respecto a las antiguas lámparas de incandescencia, son razones suficientes para que se use cada vez más en estos dispositivos que requieren luz coloreada.

### 1.1.1 Característica constructiva típica

Un diodo LED es un dispositivo semiconductor con recubrimiento de plástico que emite luz monocromática que puede variar desde el ultravioleta, pasando todo el espectro de luz visible hasta el infrarrojo. Su funcionamiento se basa en que cuando se polariza directamente y es atravesado por la corriente eléctrica este emite luz donde el color depende del material semiconductor empleado en su construcción. La principal causa de la depreciación del flujo luminoso de un LED es el calor generado en el interfaz de unión del LED.



**Figura 1.1:** Característica Típica de una Lámpara LED

### 1.1.2 Partes que conforman una luminaria LED

Básicamente los 5 elementos fundamentales de una luminaria LED son: El Chip, el driver o fuente de alimentación, la placa base, el sistema de gestión de calor de la luminaria y por último la óptica del aparato.

La base de estos elementos es fundamental para que las luminarias tengan:

- Gran eficacia energética
- Larga vida útil
- Gran calidad de la luz
- Encendidos instantáneos
- Ausencia de parpadeos

#### **1.1.2.1 El chip**

El chip es el corazón de una lámpara LED. Es una pieza de un material semiconductor (normalmente de cristales de silicio o galio) de unos 5 milímetros de grosor, capaz de generar luz cuando se le aplica corriente eléctrica. Sobre esta base de silicio se depositan en forma de capas diferentes materiales como el fósforo, cuya mezcla es la que da el color y la calidad de la luz. Usualmente el chip se protege del exterior mediante una carcasa de resina o policarbonato semirrígida. Existen en el mercado dos tipos, SMD (Surface Mounted Device) y COB (Chip on Board).

Es conveniente que antes de comprar una luminaria LED se investigue y pregunte por el fabricante del chip que se ha instalado, ya que de esa pequeña pieza dependerá en gran medida la calidad y duración de la lámpara.

#### **1.1.2.2 El driver**

Los LED no se conectan directamente a la corriente como una bombilla incandescente, sino que requieren de una fuente de alimentación previa (o convertidor de tensión), por lo que el aprovechamiento real de la energía eléctrica de un LED depende también en gran medida de este convertidor.

El aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida se mide por el valor del factor de potencia (PF o Power Factor o Factor de Poder). Si el valor es igual a 1 significa que toda la electricidad que llega a la fuente de alimentación se ha aprovechado. Si es de 0,5 quiere decir que la mitad de energía eléctrica se ha desaprovechado en la conversión. Usualmente de un driver de calidad se espera a que el valor sea superior a 0,9.

### **1.1.2.3 La placa base**

Es la placa de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board), que soporta las conexiones de los componentes electrónicos, como las conexiones del chip (normalmente mediante hilos de oro) y las vías de disipación del calor.

Según el sistema de evacuación del calor utilizado puede componerse de distintas capas y materiales (principalmente aluminio y cobre además de otros materiales conductores).

### **1.1.2.4 El sistema de gestión térmica**

La disipación del calor es una de las claves de la duración de un LED. Es importante explicar que los LED no emiten calor y de hecho pueden tocarse cuando están encendidos sin peligro de quemarse los dedos. Pero eso no significa que no lo generen. Es decir, el calor, al contrario que un foco incandescente, sale en la dirección contraria a la luz, lo que influye en la duración y funcionamiento de la lámpara LED. Por este motivo es necesario disipar ese calor, ya que hasta el 70% de la energía puede llegar a perderse.

Una buena disipación del calor alargará la vida del chip. Para lograrlo, son claves los materiales empleados y un diseño que favorezca esta disipación. Los disipadores de calor son fabricados de materiales como el aluminio, el cobre y la cerámica y poseen superficies amplias y alas que promueven la rápida disipación de calor. Además de influir en la durabilidad, el calor también puede afectar al color y a la calidad de la luz, de ahí la importancia de una correcta disipación.

Recientes avances tecnológicos en la producción de plásticos termo conductivos han permitido que este material sea utilizado como disipador de calor, reduciendo los costos de producción.

### **1.1.2.5 Lente óptico**

La óptica secundaria es el conjunto de lentes exteriores que determinan la distribución de la luz emitida por el LED. La norma y composición de las lentes que forman la óptica secundaria puede variar en función de las necesidades de iluminación y distribución de la luz que se requieran. De esta forma, según la

forma de la lente, el haz de luz puede hacerse converger o divergir. Es decir, el ángulo de luz puede ser grande o pequeño dependiendo del lente óptico que utilice la luminaria LED. Por esta razón, es conveniente contar con el asesoramiento de un profesional que nos aconseje sobre qué tipo de óptica secundaria es más conveniente para el uso que vamos a dar a nuestra instalación LED.

### 1.1.3 La luz

La luz que llega a nuestros ojos nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm y los 770 nm.



**Figura 1.2:** Espectro electromagnético

“La luz es la energía radiante, en forma de ondas electromagnéticas que estimula el sentido de la vida. La velocidad de desplazamiento de la luz,  $c$  es constante en cada medio (300 000km/s en el vacío) y como todo movimiento ondulatorio se caracteriza por una longitud de onda y por la frecuencia de vibración”. (García, 2006)

#### 1.1.3.1 El espectro electromagnético

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende diferentes tipos de ondas. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda o la frecuencia.

### 1.1.3.2 Propiedades de la luz

Cuando la luz encuentra un obstáculo choca contra la superficie del obstáculo y una parte es reflejada. Si el obstáculo es de cuerpo opaco, el resto de la luz será absorbida. Si es transparente una parte será absorbida y la otra parte atraviesa el cuerpo del obstáculo.

Entonces existen tres posibilidades que son:

- Reflexión
- Transmisión-refracción
- Absorción

### 1.1.3.3 La Reflexión

Es un fenómeno que se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes, la cual está regida por la regla de reflexión.

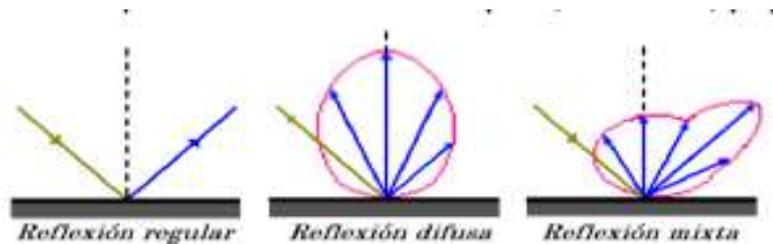


Figura 1.3: Tipos de reflexión

### 1.1.3.4 La refracción

La refracción se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar la superficie de separación, aplica la ley de la refracción.

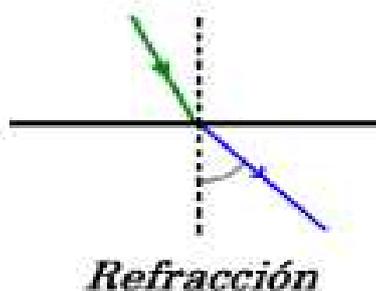
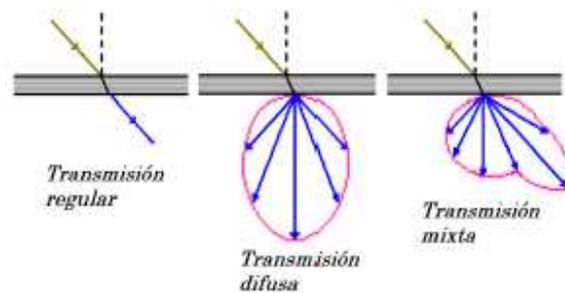


Figura 1.4: Refracción

### 1.1.3.5 Transmisión

La transmisión se considera una doble refracción. Como ejemplo citaremos un cristal; la luz sufre una primera refracción al pasar del aire al vidrio, luego sufre una segunda refracción al pasar de nuevo al aire. Si el rayo de luz no se desvía de su trayectoria se dice que la transmisión es regular, si se difunde en varias direcciones es una transmisión difusa.



**Figura 1.5:** Transmisión

### 1.1.4 Conceptos generales

Es necesario y recomendable tener nociones de algunos de los cálculos del alumbrado público para comprender mejor. De este modo se estudian algunos conceptos previos de iluminación, se analizará soluciones prácticas de alumbrado.

#### 1.1 4.1 Flujo luminoso

“Para hacer una idea consideraremos dos bombillas, una de 25w y otra de 60w, está claro que la de 60 w dará una luz más intensa, pues bien, 25w y 60w es la potencia que consumen las bombillas, pero solo a la parte que se convierte en luz visible se le llama luminoso al cual definiremos como: la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente y valorada por el ojo humano. Su unidad es el lumen (lm)” (Tubón, Rommel 2003)

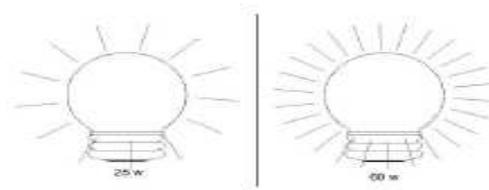


Fig. 2.6. Flujo luminoso

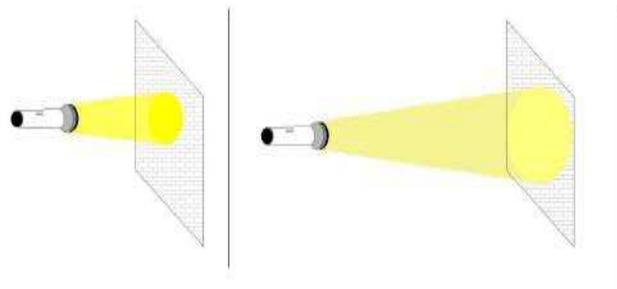
$$\Phi = \frac{Q}{t} [\text{lm}]$$

**Figura 1.6:** Flujo luminoso

#### 1.1.4.2. La iluminancia

“La iluminancia es cuando se iluminan objetos situados a diferentes distancias, se puede apreciar que los objetos cercanos están fuertemente iluminados en comparación a los que se encuentran lejos donde la iluminación es más débil.

La densidad de flujo luminoso en una superficie, es decir, el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. La cantidad se conocía antiguamente por valor de la iluminación o nivel de iluminación”. (Reverte, 1987)



**Figura 1.7:** Iluminancia

#### 1.1.4.3. La luminancia

Como ejemplo citaremos: la luz que llega a los ojos, es la que vemos, ya sea en el caso en que se vea una fuente de luz o el reflejo procedente de un cuerpo. Entonces definiremos como luminancia a la intensidad luminosa que emite una superficie reflectora ajena a la fuente luminosa por unidad de superficie perpendicular a la dirección de la luz, su unidad es el Lambert.

(Este término expresa la intensidad de la luz emitida en una dirección dada por unidad de área de una superficie luminosa o reflectora. Es el flujo luminoso emitido en un área de dirección dada por un elemento de superficie, dividido por

el producto del área proyectada de este elemento de superficie, dividido por el producto del área proyectada de este elemento perpendicularmente a la dirección prescrita y el ángulo sólido que contiene a la dirección. Se expresa en lumen por metro cuadrado. En proyecto, lo cual equivale a candelas por metro cuadrado. En proyecto de iluminación anterior la luminancia en una dirección dada se expresa en unidades de flujo como el producto de la iluminancia y el factor de luminancia (q.v.) para las condiciones particulares de iluminación y visión.

#### 1.1.4.4 Deslumbramiento

“El deslumbramiento directo o por reflejos reduce en gran medida la capacidad de visión. Por ejemplo, la imagen brillante de las luminarias reflejadas en una pantalla de visualización dificulta su lectura. El deslumbramiento en el trabajo es causa de discomfort, molestia y fatiga visual. El deslumbramiento también reduce el rendimiento de los trabajadores, provocando un trabajo e baja calidad y una baja productividad”. (Labour, 2004) Se llama deslumbramiento molesto cuando la luz llega que llega hasta nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.

G	Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

**Tabla 1.1:** Deslumbramiento

#### 1.1.4.5 Eficacia luminosa

Es la relación entre el flujo luminoso de una fuente de luz y la potencia suministrada a ella, expresada en lm/W, la cual depende de dos factores: El porcentaje de la potencia eléctrica que se transforma en radiación visible y la distribución espectral de la radiación.



**Figura 1.8:** Eficacia Luminosa

#### 1.1.4.6 Rendimiento energético

“El rendimiento energético global de una instalación de alumbrado puede definirse como el cociente entre la energía luminosa necesaria para la realización de una actividad determinada y el consumo de energía eléctrica correspondiente”. (Hernández, 2008)

$$R = \frac{S * N_i}{P} \left[ \frac{lm}{w} \right]$$

**R**= Rendimiento energético global de la instalación, lumen/W

**N<sub>i</sub>**= Nivel de iluminación requerido en el plano de trabajo, lux (lumen/m<sup>2</sup>)

**S**= Superficie a alumbrar, m<sup>2</sup>

**P**= Potencia total de las lámparas instaladas, W.

#### 1.1.4.7 Eficiencia energética

Es el uso racional de energía, sacarle el provecho al máximo, sin sacrificio de la calidad de vida que brindan los servicios que recibimos de ella. Se debe usar todos los aparatos eléctricos que facilitan las actividades como los computadores, el automóvil o cualquier otro, pero evitar el derroche de energía.

Mejorar la eficiencia energética suele ser la forma más barata, más rápida y más respetuosa del medio ambiente para satisfacer las necesidades energéticas del mundo. La política energética y medioambiental se materializa en la estrategia

“Hacia un plan estratégico europeo en enero de 2007 para abordar los retos energéticos del siglo XXI. Los objetivos más importantes de UE-25 para el año 2020 son reducir en un 20% las emisiones de gas de efecto invernadero, incrementar un 20% las fuentes renovables en el mix energético, y mejorar la eficiencia energética ahorrando el 20% del consumo de energía primaria.” (Zabalza, 2010).

#### **1.1.4.8 ¿Dónde está la eficiencia energética?**

La mayor parte de las actividades que se realizan necesitan de energía, razón por la que debemos ser cuidadosos en su uso. La iluminación, tanto de espacios públicos como en los hogares, juega un rol importante dentro de la eficiencia energética ya que representa un importante consumo de energía. Hay que considerar que es posible reducir el consumo de energía en iluminación sin reducir el confort, de producción o la seguridad.

“Mientras la eficiencia visual se cuantifica a través de la velocidad y la precisión con que se realiza una tarea. Los espectros que afectan la eficiencia están relacionados con la tarea y su entorno inmediato, mientras que aquellos que influyen sobre el confort involucran aspectos más generales del medio ambiente iluminado. Por ejemplo, puede ocurrir que en una oficina el nivel de iluminación corresponda al valor recomendado pero la fuente luminosa presente un parpadeo o molesto, o la presencia de una ventana dentro del campo visual del usuario constituya un foco de distracción debido al deslumbramiento. En resumen, una buena solución en el diseño de un sistema de iluminación debe asegurar eficiencia visual, confort visual y un medio ambiente apropiado a las personas que utilizan el espacio, así como consideraciones: energéticas, condiciones térmicas, acústicas y visuales, ya que todas las conducirán a una mayor productividad en los usuarios de ese espacio”. (Zaldumbide, 2012).

### **1.2 Alumbrado público**

Se debe considerar el alumbrado público como un derecho de la ciudadanía, para poder gozar de la iluminación requerida en las horas nocturnas, que se traduzca en mejor seguridad y movilidad

### **1.2.1 Situación del alumbrado público en el Ecuador**

“Según los datos obtenidos a diciembre de 2010 se encuentran instaladas en el país aproximadamente 1.225.012 luminarias, de las cuales un 76,6% corresponden a las lámparas de vapor de sodio; son lámparas de vapor de mercurio; 2,8% son reflectores; 0.3% lámparas fluorescentes y 0,5% otro tipo de lámpara, lo que representa un enorme volumen de sustitución. La potencia total del alumbrado público es de 213 MW”. (Zabala, 2010).

Los principales problemas de ineficiencia energética en el alumbrado público son:

- Incorrecto funcionamiento de los dispositivos de maniobra,
- Perdidas por depreciación lumínica,
- Uso de consumo de energía reactiva no deseable,
- Uso ineficiente del consumo debido a sobretensión de las líneas eléctricas,
- No se tienen instalado sistemas de control a nivel nacional.

#### **1.2.1.1 Responsabilidades del alumbrado público en Ecuador**

Según la regulación No. CONELEC 008/11 emitida por el CONELEC referente al alumbrado público, se especifica que:

Las empresas distribuidoras son las responsables de la prestación del servicio de alumbrado público y están obligadas a:

- Expandir el sistema de alumbrado público general a fin de cubrir la demanda del servicio de conformidad con los planes de expansión
- Cumplir con los parámetros establecidos de calidad de servicio y continuidad en la prestación del servicio de alumbrado público general, de conformidad a lo señalado en la normativa respectiva.
- Mantener actualizados sus inventarios de activos del alumbrado público general, en un sistema informático que permita su seguimiento y verificación por las autoridades de control.

- Ejecutar las acciones de expansión y mejoras del alumbrado público y reportar los indicadores de ejecución de las actividades.
- Instalar equipos que cumplan con criterios de eficiencia energética y las normas de preservación del medio ambiente.
- Reportar los índices de acuerdo a la normativa existente en aspectos relativos a especificaciones de Calidad y Continuidad del alumbrado público general.

#### **1.2.1.2 Alumbrado vial**

“El nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad y sistema de control del tráfico y la separación dentro carriles destinados a distintos tipos de usuarios”. (Moreno, Romero, 2009)

“La función de estos criterios, las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios, así como aspectos medioambientales de las vías”. (Moreno, Romero, 2009).

#### **1.2.1.3 El buen alumbrado de vías**

Considerando que para un conductor en carretera su campo visual se ve constituido de acuerdo a la norma CIE 115:1995 por:

- La calzada
- La acera con bordillos y señales de tránsito
- El entorno formado por el cielo y los puntos luminosos formados por la superficie visible de las luminarias.

#### **1.2.1.4 Requisitos que debe cumplir una instalación de alumbrado de calles o alumbrado público**

El punto de partida para un proyecto de iluminación en calles son los elementos a considerar y, además, ciertos requisitos que debe satisfacer la instalación, como son:

- Evitar el fenómeno de deslumbramiento
- Ofrecer un grado aceptable de uniformidad en la iluminación
- Facilitar el mantenimiento
- Satisfacer las condiciones de estética
- Dar un grado satisfactorio de confiabilidad.

### 1.2.1.5 Calidad de la iluminación

A modo de síntesis se puede decir que la consideración de la calidad de la iluminación engloba al de eficiencia y define un concepto más amplio de iluminación eficiente.



**Figura 1.9:** Calidad de la iluminación

### 1.2.1.6 Factores determinantes en una instalación de alumbrado público.

“Por lo general pueden existir dos tipos de factores que determinen las características básicas de una instalación de alumbrado público, según predominen las exigencias de tráfico o las motivaciones estéticas. En la mayor parte de los casos ambos factores influyen conjuntamente, aunque es más

frecuente que las exigencias de tráfico revistan mayor importancia que las estéticas, teniéndose estas últimas más en cuenta a medida que las posibilidades económicas lo van permitiendo”. (Zaldumbide, 2012).

#### **1.2.1.7 Influencia de las exigencias de tráfico vehicular en el estudio de una instalación de alumbrado público.**

“Como es obvio, cuanto mayor sea la intensidad de tráfico vehicular y/o la velocidad de circulación, mayor deberá ser la iluminación de dicha vía ya que es ampliamente conocido que la capacidad de percepción de un conductor para reaccionar ante una situación inesperada aumenta mientras mejor sea la iluminación”. (Zaldumbide, 2012).

#### **1.2.1.8 Separación**

“La separación entre puntos de luz debe ser tal que, en la zona correspondiente a la proyección vertical del centro óptico de cada luminaria sobre la calzada, se recibe una parte del flujo emitido por el punto de luz contiguo; ello es necesario para obtener una satisfactoria uniformidad de la iluminación. La separación incide sobre los costes de la instalación debido a la cantidad de soportes y de luminarias”. (Zaldumbide, 2012).

#### **1.2.1.9 Eficiencia energética en una instalación**

En una instalación de alumbrado exterior, la eficiencia energética se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia total instalada.

“El índice de eficiencia energética en el sector residencial es un barómetro de la Eficiencia Energética en los hogares españoles. Este índice introduce cuestiones claves de unos hábitos eficientes en los puntos de mayor consumo energético y en especial se centra en aquellos hábitos en los que sin tener que realizar un gran esfuerzo pueden suponer un gran ahorro en los hogares”. (Alcalde, 2011)

### **1.2.3 Fuentes de iluminación para alumbrado público**

#### **1.2.3.1 Lámpara**

Las lámparas son los aparatos encargados de generar luz.

En la actualidad, en alumbrado público se utilizan lámparas de descarga frente a las lámparas incandescentes por sus mejores prestaciones y mayor ahorro energético y económico.

#### **1.2.3.2 Luminaria**

Las luminarias son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y los elementos de ella, las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables en la calzada.

La luminaria es un aparato de alumbrado que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz emitida por las lámparas. La luminaria intensiva concentra la luz en un haz estrecho.

La luminaria extensiva reparte la luz en un haz ancho. El proyector de una luminaria intensiva con la que se obtiene una intensidad luminosa elevada. En este aparato la luz se concentra según un ángulo sólido que determina un sistema óptico constituido por espejos o lentillas. (Reverte, 1987)

### **1.2.4. Reguladores o atenuadores de iluminación**

#### **1.2.4.1 El regulador lineal o dimmer**

Permite regular el flujo luminoso de las fuentes de acuerdo a las condiciones de servicio. La atenuación se especifica en un porcentaje del flujo luminoso sin atenuación y algunos productos que se ofrecen declaran capacidades de 0 al 100%, o sea regulación total.

“En los reguladores lineales hay una relación lineal entre la entrada control y salida (de potencia) del regular, que actúa en definitiva como una resistencia ajustable por la señal de control”. (Pallas, 1993)

#### **1.2.4.2 Reguladores electrónicos hf**

“Son balastos electrónicos controlables que proporcionan a las lámparas fluorescentes compactas una alimentación de alta frecuencia, permitiendo variar el flujo luminoso en un rango de 3% al 100% del valor máximo”. (Zaldumbide, 2012).

#### **1.2.4.3 Dimmer auto-regulado por señal horaria**

Está diseñado para instalaciones cuyo nivel de iluminación se desea variar según un programa horario preestablecido.

#### **1.2.4.4 Sensores de presencia**

Son detectores infrarrojos pasivos que permitan conmutación de lámparas en zonas en donde no se detecta la presencia de personas durante un lapso de tiempo.

#### **1.2.4.5 Sistema automático de control**

“La integración de sensores ocupacionales, sensores de luz diurna, atenuadores lineales y otros dispositivos de supervisión y control en una sola unidad, utilizados para la realización de un mejor manejo energético de las instalaciones de iluminación parecería ser el tema del futuro”. (Zaldumbide, 2012).

### **1.2.5 Fuentes de iluminación artificial para alumbrado público.**

A continuación, se describirán los principales tipos de fuentes de iluminación artificial para alumbrado público.

#### **1.2.5.1 Vapor de mercurio a alta presión**

“La descarga de mercurio es principalmente radiación azul y verde, para mejorar el color tienen un revestimiento fosfórico aplicado a la bombilla, estas lámparas radian a una temperatura del color alrededor de los 4000°K, de larga vida útil, pero con una considerable depreciación lumínica. Las lámparas de mercurio modernas tienen un bulbo exterior de vidrio de borosilicato, que resiste elevadas temperaturas y también los choques térmicos como los derivados del impacto de gotas de lluvia frías con el bulbo caliente”. (Croft, Carr, Watt, 1974).

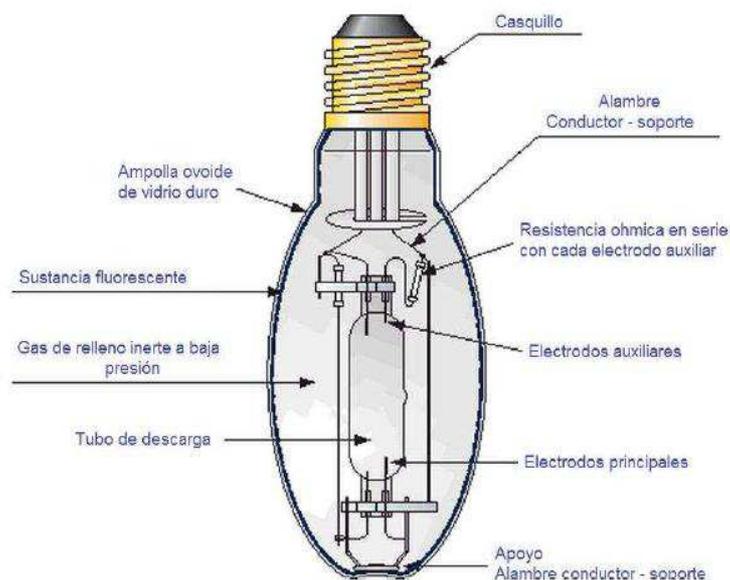
### 1.2.5.2 Características de funcionamiento

La eficacia luminosa de aquellas que contienen recubrimientos fluorescentes es mayor que las que no tienen. La eficiencia de una lámpara de vapor de mercurio es muy inferior a las fluorescentes y de sodio de alta presión. La vida útil de una lámpara de mercurio de alta presión se encuentra entre valores de 12000 a 16000 horas, dependiendo de la potencia.

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque.

Estas lámparas han sido usadas principalmente para iluminar avenidas principales, carreteras, autopistas, parques, naves industriales y lugares poco accesibles ya que el periodo de mantenimiento es muy largo.

### 1.2.5.3 Característica constructiva típica de una lámpara de mercurio



**Figura 1.10:** Característica Típica de una Lámpara de Mercurio

### 1.2.5.4 Lámpara vapor de sodio a alta presión

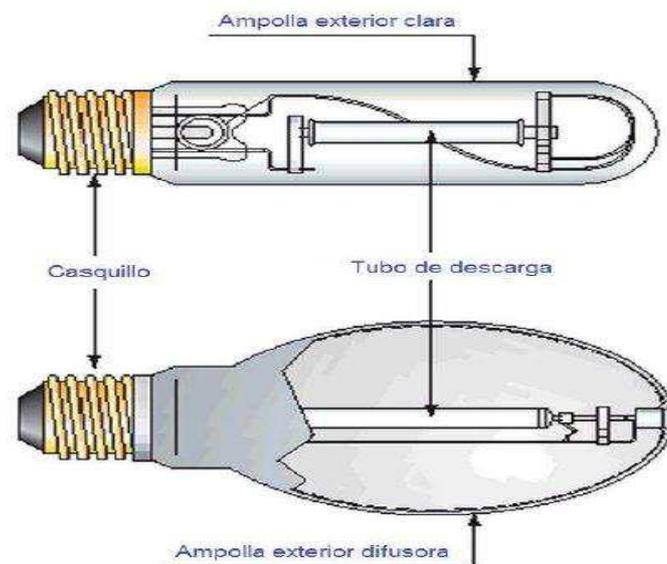
Estas lámparas de sodio de alta presión radian en todo el espectro visible, con una presión del sodio aumenta por arriba de 27 kPa. Se constituye de envoltorios

o capsulas, la interior, donde se produce el arco, se constituye con alúmina policristalina, sintetizada en forma de tubo, la cual no reacciona con el sodio, con alta resistencia a la temperatura y un alto punto de difusión. El tubo de arco contiene xenón, como gas de encendido con una presión en frío de 3kPa, el bulbo externo de boro silicato puede estar al vacío o lleno de un gas inerte. Sirve para prevenir ataques químicos de las partes metálicas del tubo interior, así como el mantenimiento de la temperatura del tubo del arco.

La eficacia que ofrece esta lámpara decrece a medida que la presión de vapor de sodio aumenta debido al ensanchamiento y posterior desaparición del doblete de sodio, la vida útil de estas lámparas es de aproximadamente 16000 horas dependiendo de su diseño.

“Forma de iluminación eléctrica que suministra una luz amarilla como resultado de la descarga luminosa obtenida por el paso de un chorro de electrones entre electrodos de tungsteno dentro de un tubo que contiene vapor de sodio”. (Ibarra, 2008)

#### 1.2.5.5 Característica constructiva típica de una lámpara de sodio



**Figura 1.11:** Característica Típica de una Lámpara de Sodio

## **1.2.6 La luminaria de inducción para alumbrado público**

### **1.2.6.1 Introducción**

La lámpara de Inducción Electromagnética es un concepto nuevo de alta tecnología para el ahorro energético en la iluminación, basado en el principio de gas de descarga de las lámparas fluorescentes y en el principio de la inducción electromagnética de alta frecuencia.

“El filamento de incandescencia o el electrodo es el elemento fundamental para fuentes comunes de luz y la vida útil de estas depende de la vida útil del filamento de incandescencia o de los electrodos utilizados.

Variante de la tecnología fluorescente que utiliza un electroimán para hacer brillar el gas de la lámpara”. (Kruger, 2012)

### **1.2.6.2 Clasificación de las lámparas de inducción electromagnética.**

- Lámpara de Inducción Electromagnética Interna de alta frecuencia.
- Lámpara de Inducción Electromagnética Externa de baja frecuencia.

### **1.2.6.3 Funcionamiento**

Las lámparas de Inducción Electromagnética no usan electrodo, como las lámparas fluorescentes, pero con la diferencia de que no usan un electrodo para inducir una corriente en el interior. La rotura del electrodo o desgaste del electrodo son las principales causas de fallo de las lámparas de descarga. La lámpara de inducción electromagnética interna de alta frecuencia está compuesta por un bulbo, una antena y una fuente de poder, cuando llega la energía a la fuente de poder, el generador de alta frecuencia que posee, envía un voltaje constante con 2.65Mhz hacia la antena que está instalada dentro del bulbo y conectada en un balastro electrónico de la lámpara a través de unacable de alta frecuencia.

La lámpara de inducción electromagnética externa de baja frecuencia, está compuesta por un bulbo, una antena de doble poder y una fuente de poder. Después de que llega la energía a la fuente de poder, el generador de alta

frecuencia envía un voltaje constante hacia los dos anillos metálicos a través de un cable de alta frecuencia.

## CAPÍTULO II

### 2.1 Diagnóstico de materiales y método de plan de mejoramiento del alumbrado público mediante la sustitución de luminarias LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua

#### 2.1.1 Diseño metodológico.

##### 2.1.1.1 Población y Muestra

###### Población

La población está formada por 167 usuarios de la Calle 24 de Mayo.

###### Muestra

La muestra se aplica a la totalidad de la población, por tratarse de un número mínimo de participantes.

###### Población

Descripción	Cantidad
Usuarios	167
<b>TOTAL</b>	167

**Fuente:** Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

**Elaborado:** Encalada Garcés Luis Miguel

###### Métodos y Técnicas.

Este trabajo de investigación utiliza metodologías, técnicas e instrumentos que permiten conseguir el objetivo planteado.

**Métodos teóricos:** Los métodos teóricos que se emplean en el desarrollo de la investigación son los siguientes:

**Análisis – Síntesis:** Este tipo de método permite obtener información relacionada con el problema que se investiga de esta manera se obtiene un

conocimiento sobre la deficiente iluminación en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

**Abstracción – Concreción:** Mediante este método se obtiene material que permite obtener material que permitirá obtener información relacionada a las variables del tema, que comprende el plan de mejoramiento del alumbrado público mediante la sustitución por luminarias LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

La obtención de la información se la hace a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado realizadas por estudiantes profesionales en la actualidad, revistas y artículos científicos.

**Inducción – Deducción:** Permite realizar un análisis del estado actual del servicio de alumbrado público en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua, información que permite concluir y recomendar acciones para el desenlace de la investigación.

**Métodos Empíricos:** Los métodos empíricos que se emplean en el desarrollo de la investigación son los siguientes:

**Encuesta:** Se aplica a los usuarios de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

**Capítulo I:** Se ejecuta el marco teórico: Luminaria LED, con los conceptos conceptuales de la investigación

**Capítulo II:** Referente al diagnóstico de materiales y métodos Se realiza el diseño metodológico, aplicación de técnicas referente al servicio de alumbrado público de la calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua, lugar donde desarrolla las actividades diarias de las familias que viven a lo largo de la Calle quienes pueden detectar los problemas referentes al deficiente alumbrado público.

**Capítulo III:** Se realiza un diagnostico técnico de las Ventajas y Desventajas de las Luminarias Led con otras lámparas.

**Capítulo IV:** Propuesta para el uso de luminarias LED en el alumbrado público de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

### **2.1.2 Descripción del proceso de recopilación de la información**

Se encuestó a los habitantes de la Calle 24 Mayo del Cantón Tosagua, para la autorización en la recopilación de información.

Obtenida la aprobación, se procede a recopilar la información, la misma que consiste en encuestar, a los involucrados en la investigación.

Posteriormente se procedió a la tabulación de los datos.

### **2.1.3 Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información se utiliza parte del paquete office y se procede de la siguiente manera:

Tabulación y elaboración de cuadros y gráficos estadísticos a través del software Excel, para el proceso de texto se utilizó Word.

## 2.1.4 Resultados de la investigación de campo con sus respectivas interpretaciones.

Encuestas dirigidas a los usuarios de la Calle 24 Mayo del Cantón Tosagua

### 1. ¿Considera usted importante contar con un servicio de alumbrado público de óptima calidad?

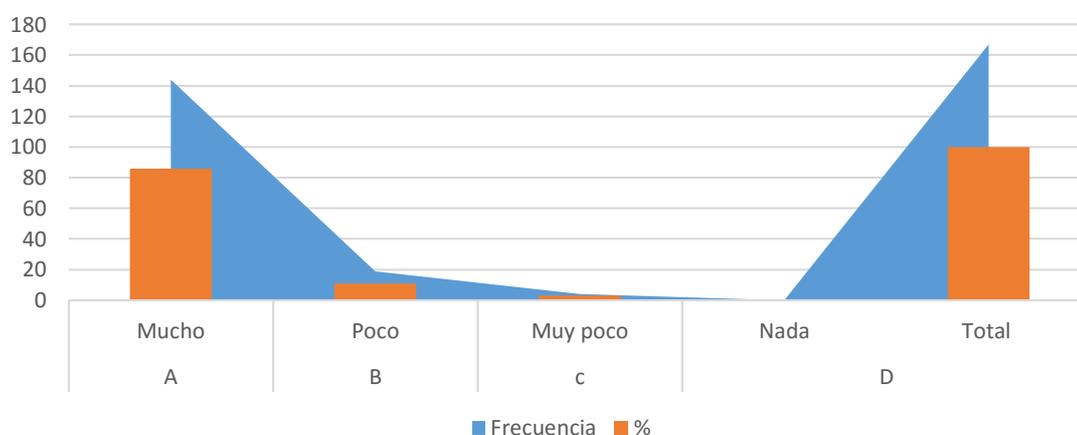
Tabla N° 2.1

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Mucho	144	86
B	Poco	19	11
c	Muy poco	4	3
D	Nada	0	0
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

Gráfico N° 2.1



### Análisis e interpretación

De acuerdo a la pregunta, considera usted importante contar con un servicio de alumbrado público de óptima calidad, se obtienen los siguientes resultados 144 usuarios encuestados que representan el 86% manifestaron que mucho, 19 usuarios que representan el 11% manifestaron que poco, cuatro usuarios que representan el 3% manifestaron que muy poco y cero usuarios que es el cero por ciento manifestaron que nada.

## 2. ¿El servicio de alumbrado público en la calle funciona con normalidad?

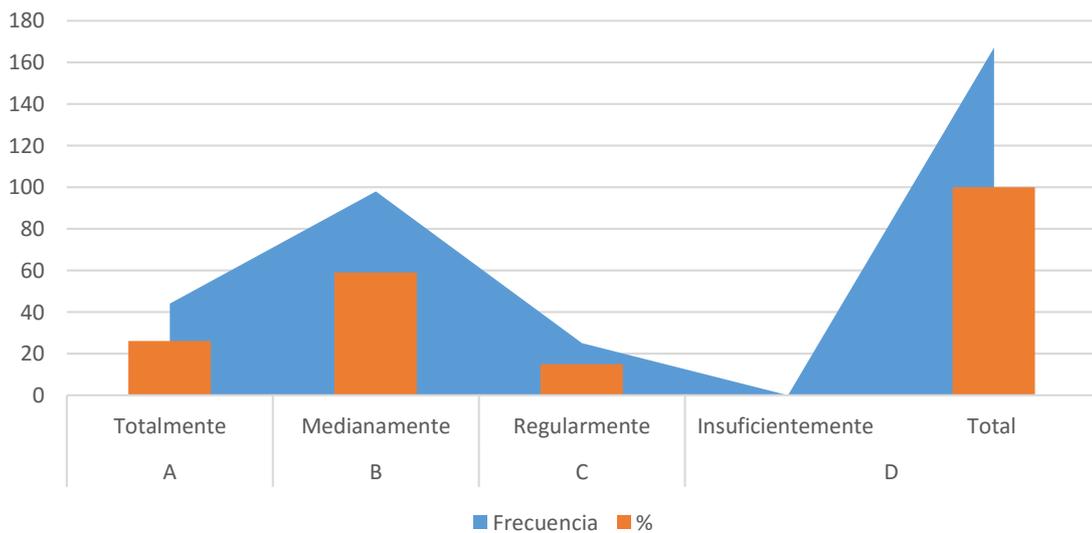
Tabla N° 2.2

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Totalmente	44	26
B	Medianamente	98	59
C	Regularmente	25	15
D	Insuficientemente	0	0
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

Gráfico N° 2.2



### Análisis e interpretación

De acuerdo a la pregunta, el servicio de alumbrado público en la calle funciona con normalidad, se obtuvieron los siguientes resultados 98 usuarios que representan al 59% manifestaron que medianamente, 44 usuarios que representan el 26% que totalmente, 25 usuarios que representan el 15% que regularmente y cero usuarios que representan el cero por ciento que insuficientemente. Se puede notar que el servicio de alumbrado público no brinda el 100% de funcionalidad.

**3. ¿Se siente usted seguro mientras utilizada el servicio de alumbrado público, especialmente en horas pico?**

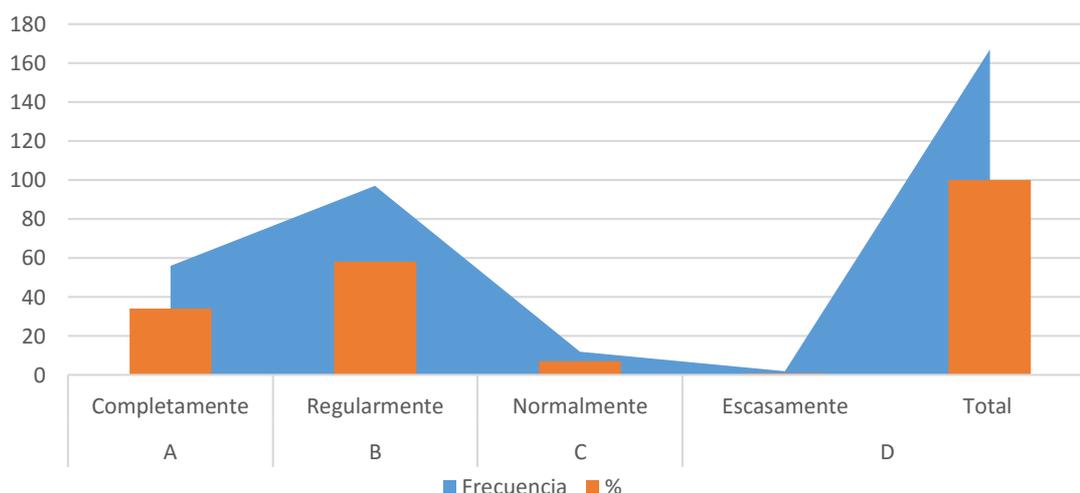
**Tabla N° 2.3**

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Completamente	56	34
B	Regularmente	97	58
C	Normalmente	12	7
D	Escasamente	2	1
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

**Gráfico N° 2.3**



**Análisis e interpretación**

De acuerdo a la pregunta, se siente usted seguro mientras utilizada el servicio de alumbrado público, especialmente en horas pico, se encuestaron a los usuarios y los resultados obtenidos fueron 97 usuarios contestaron que regularmente que equivale al 58%, 56 usuarios contestaron que completamente poco y corresponde al 34%, 12 usuarios que corresponden al siete por ciento manifestaron que normalmente, y dos usuarios que corresponden al uno por manifestaron que escasamente.

#### 4. ¿Existe zonas oscuras en su calle, donde no llega la luz de las lámparas?

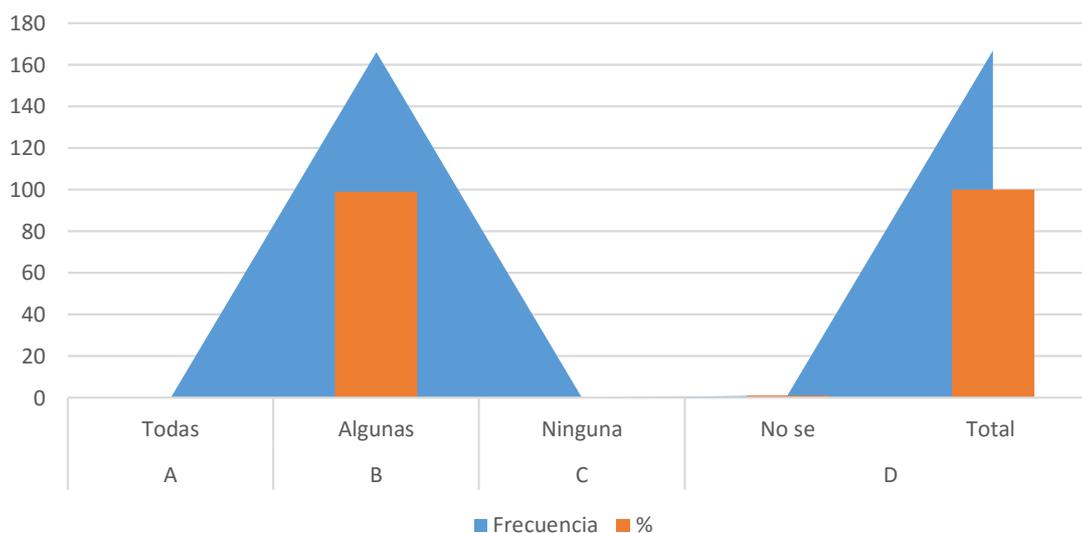
Tabla N° 2.4

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Todas	0	0
B	Algunas	166	99
C	Ninguna	0	0
D	No se	1	1
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

Gráfico N° 2.4



#### Análisis e interpretación

Con respecto a la pregunta, existe zonas oscuras en su calle, donde no llega la luz de las lámparas, los siguientes resultados, 166 usuarios que representan el 99% dijeron que algunas, un usuario que representan el uno por ciento manifestó que no se, y cero usuarios que representa al cero por ciento manifiestan que ninguna y que no saben.

**5. ¿Ha sido víctima de algún asalto a causa de la existencia de zonas oscuras en la calle donde vive?**

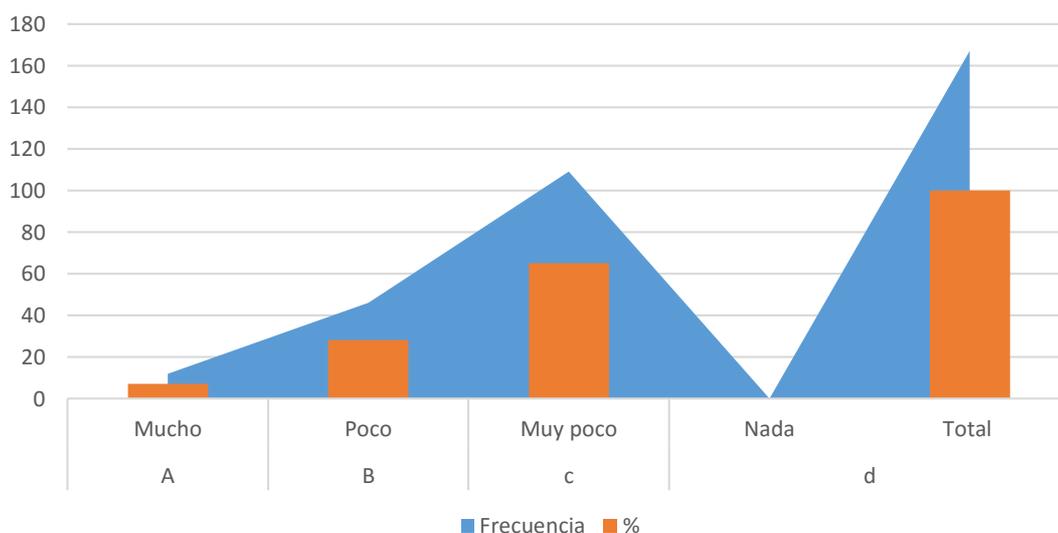
**Tabla N° 2.5**

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Mucho	12	7
B	Poco	46	28
c	Muy poco	109	65
d	Nada	0	0
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

**Gráfico N° 2.5**



**Análisis e interpretación**

De acuerdo a la pregunta, ha sido víctima de algún asalto a causa de la existencia de zonas oscuras en la calle donde vive, se obtuvieron los siguientes resultados 109 usuarios que representan al 65% refirieron que muy poco, 46 usuarios que representa el 28% refieren que poco, 12 usuarios que representan el siete por ciento que mucho, y cero usuarios que representa el cero por ciento que nada.

**6. ¿Se han producidos accidentes automovilísticos (atropellos, choques, muertes entre otros), a causa de la falta de iluminación?**

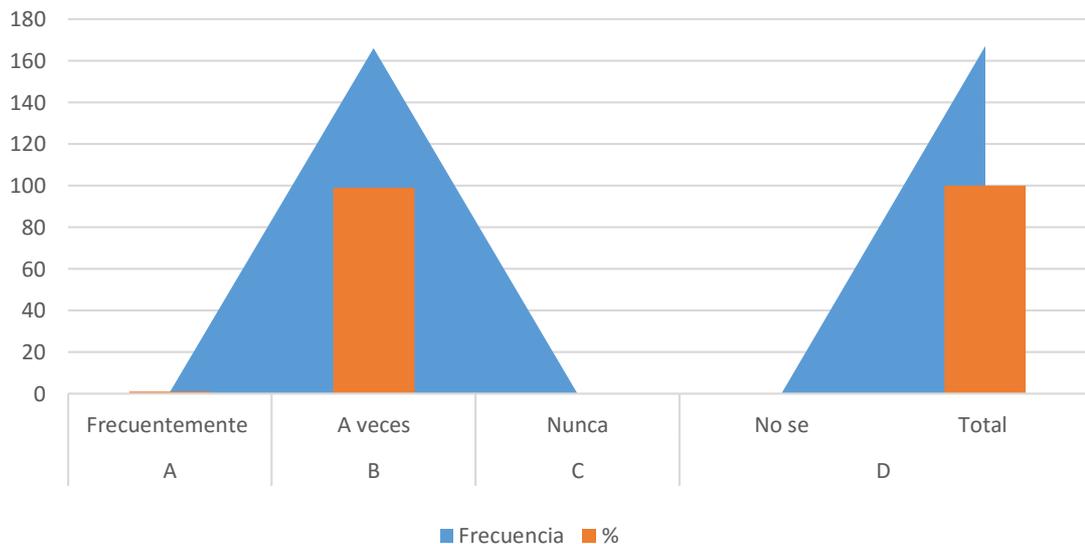
**Tabla N° 2.6**

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Frecuentemente	1	1
B	A veces	166	99
C	Nunca	0	0
D	No se	0	0
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

**Gráfico N° 2.6**



**Análisis e interpretación**

De acuerdo a la pregunta, se han producidos accidentes automovilísticos (atropellos, choques, muertes entre otros), a causa de la falta de iluminación, se obtuvieron los siguientes resultados 166 usuarios que representan al 99% manifestaron que A vece, y cero usuarios que representa el cero por ciento un usuario que representa el uno por ciento manifestó que frecuentemente.

**7. ¿Cree usted que es necesario implementar más lámparas para el alumbrado público?**

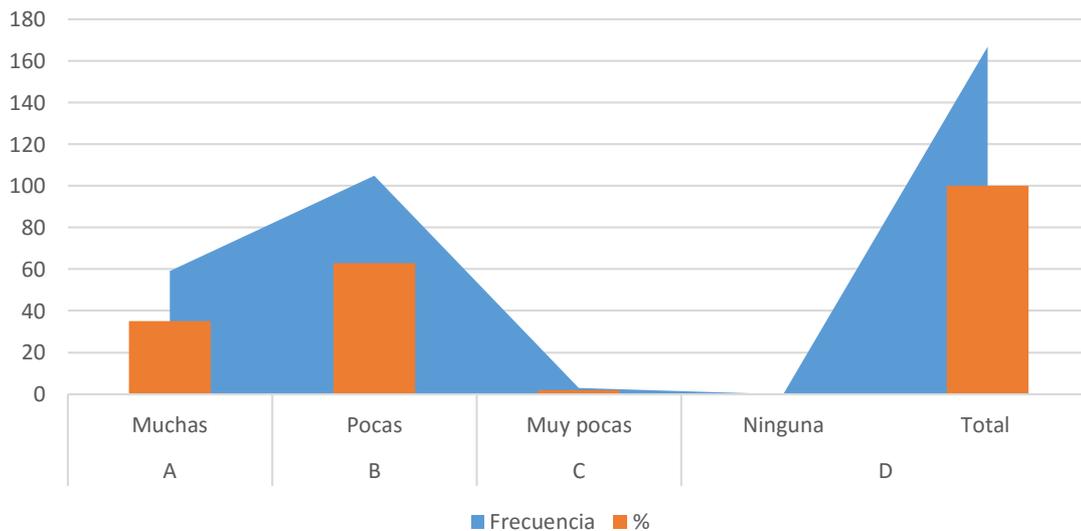
**Tabla N° 2.7**

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Muchas	59	35
B	Pocas	105	63
C	Muy pocas	3	2
D	Ninguna	0	0
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

**Gráfico N° 2.7**



**Análisis e interpretación**

Con respecto a la pregunta, cre usted que es necesario implementar más lámparas para el alumbrado público, las repuesta fueron 105 usuarios que representan el 63% manifestaron que pocas, 59 usuarios que representan el 35% manifestaron que muchas, tres usuarios que representa el dos por ciento manifestó que muy pocas y cero usuarios que representa el cero por ciento dijo que ninguna.

## 8. ¿Conoce usted el funcionamiento de las luminarias Led?

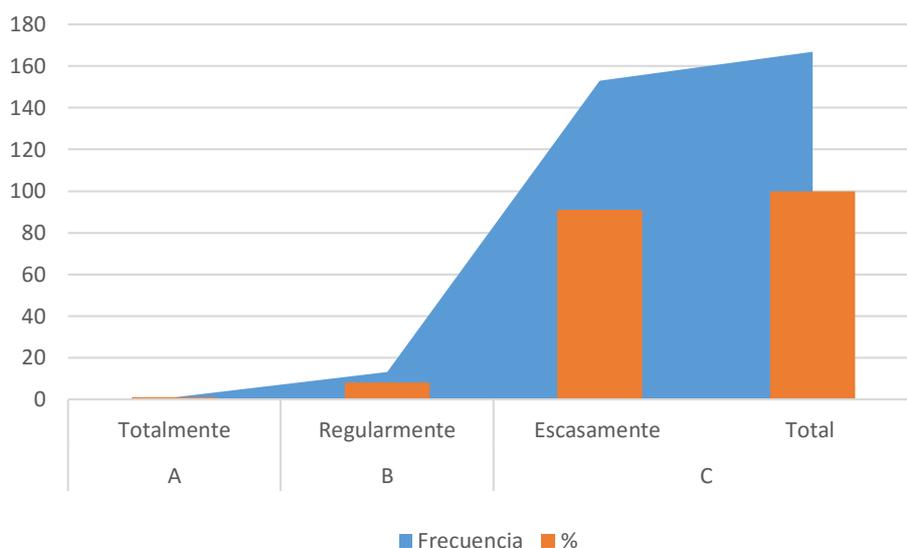
Tabla N° 2.8

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Totalmente	1	1
B	Regularmente	13	8
C	Escasamente	153	91
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

Gráfico N° 2.8



### Análisis e interpretación

Con respecto a la pregunta, conoce usted el funcionamiento de las luminarias Led, se obtuvieron las siguientes repuestas 153 usuarios que representan el 91% manifestaron que escasamente, y trece usuarios que representan el 8% manifestaron que regularmente y un usuario que representan el uno por ciento manifestaron que totalmente.

9. ¿Le gustaría que se mejore la deficiente iluminación del alumbrado público, mediante la implementación de nuevas luminarias que permitan el ahorro de energía?

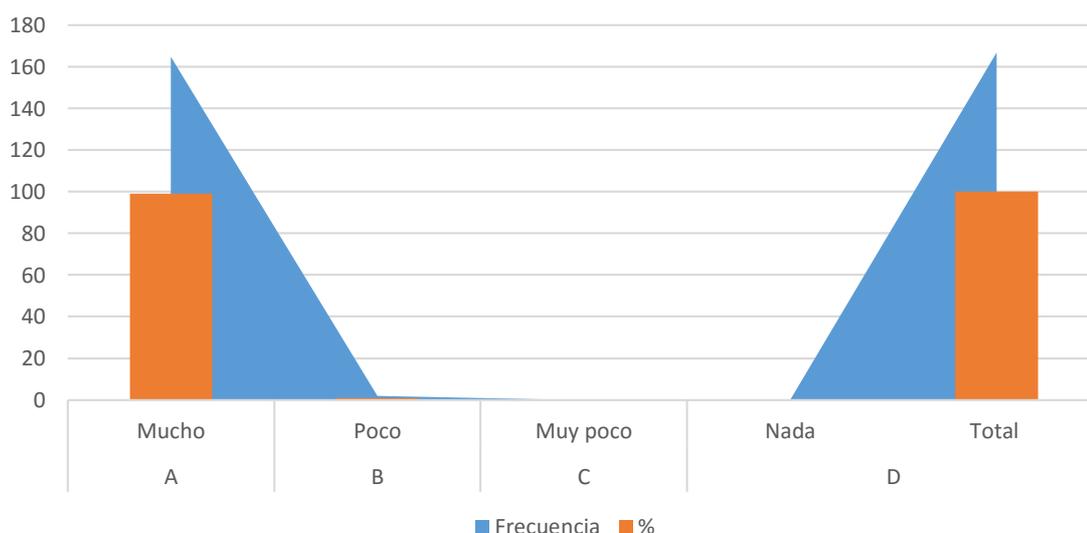
Tabla N° 2.9

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Mucho	165	99
B	Poco	2	1
C	Muy poco	0	0
D	Nada	0	0
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

Gráfico N° 2.9



### Análisis e interpretación

De acuerdo a la pregunta, le gustaría que se mejore la deficiente iluminación del alumbrado público, mediante la implementación de nuevas luminarias que permitan el ahorro de energía, se obtuvieron los siguientes resultados 165 usuarios que representan al 99% manifestaron que mucho, dos usuarios que representa el uno por ciento manifestaron que poco y cero usuarios que representan el cero por ciento manifestaron que muy poco y nada.

**10. ¿Considera usted que un Plan de mejoramiento del Alumbrado público con luminarias LED, se solucionará la deficiente iluminación de la Calle 24 de mayo del Cantón Tosagua?**

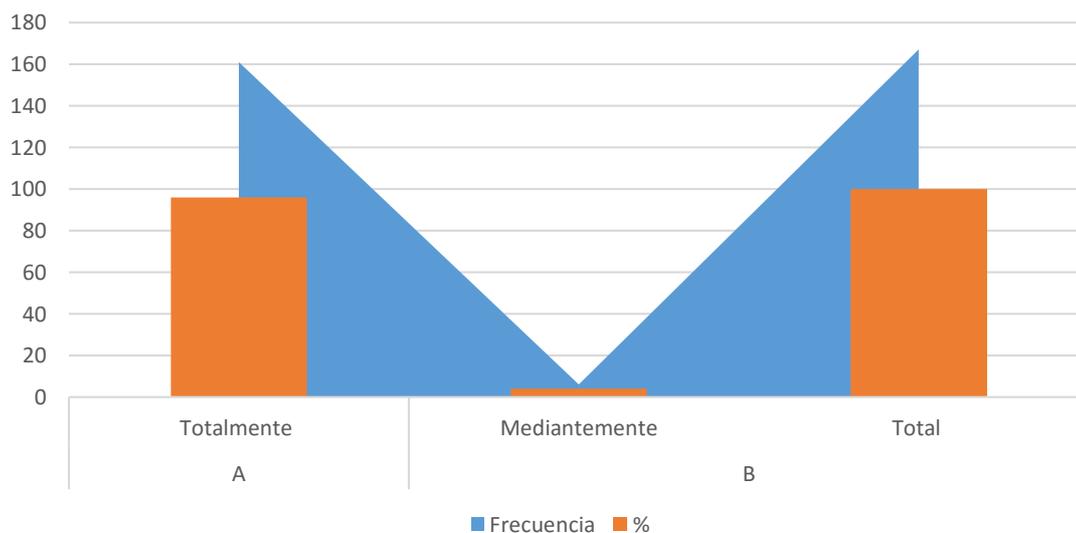
**Tabla N° 2.10**

Orden	Alternativas	Frecuencia	%
A	Totalmente	161	96
B	Mediantemente	6	4
	<b>Total</b>	<b>167</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Usuario de la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

**Elaboración:** Encalada Garcés Luis Miguel

**Gráfico N° 2.10**



### **Análisis e interpretación**

Con respecto a la pregunta, considera usted que un Plan de mejoramiento del Alumbrado público con luminarias LED, se soluciona la deficiente iluminación de la Calle 24 de mayo del Cantón Tosagua, las repuesta fueron 161 usuarios que representan el 96% manifestaron que totalmente y seis usuarios que representan el cuatro por ciento manifestaron que medianamente. La mayoría de los usuarios de la calle manifestaron que totalmente, lo que indica que si hay la necesidad del cambio de luminaria.

## CAPÍTULO III

### 3.1 Estudio tecnico de las ventajas y desventajas de las luminarias LED frente a otros tipos de luminarias

#### 3.1.1 Consideraciones generales

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en su misión de servir a la comunidad, propone como reto en los estudiantes de los últimos cursos a establecer formas y métodos para mejorar la calidad de vida de los menos afortunados. Por esta razón se plantea un proyecto de implementación de iluminación LED, debido a que la calle 24 de mayo del Canton Tosagua no cuentan con las condiciones lumínicas apropiada.

#### 3.1.2 Parametros de comparacion

##### 3.1.2.1 Filamento

Los filamentos son el mas sencible de los componentes de una lámpara, ya que durante el funcionamiento, cualquier forma de vibración o perturbacion electrica puede causar daño. Este componente tambien determina la vida de la lampara.

Mercurio a alta presion	Sodio de alta presion	Luminarias LED
Posee un electrodo principal y uno de arranque	Posee un electrodo principal	No poseen electrodo

**Tabla 3.1:** Comparación

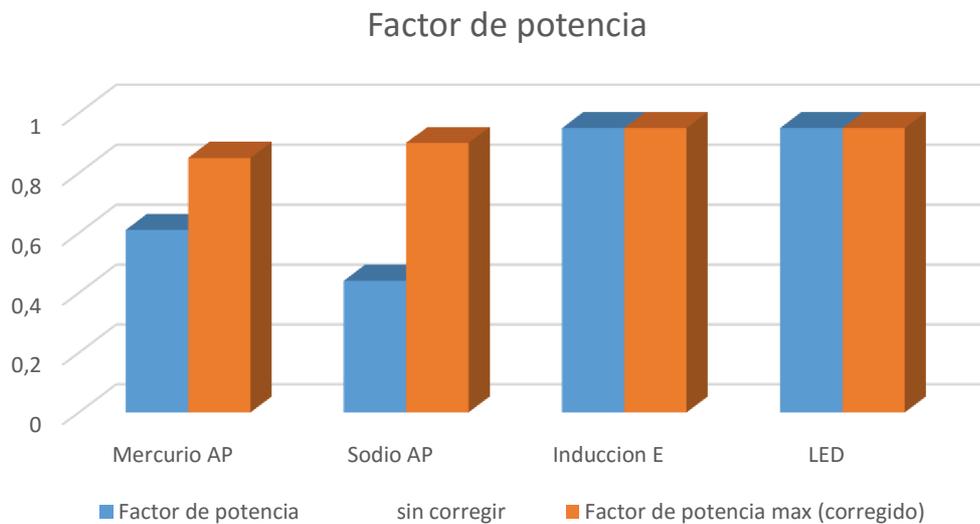
##### 3.1.2.2 Factor de potencia

Esta es la medida de la capacidad de un aparato electrico para realizar un trabajo respecto a la potencia demandada.

En la tabla N° 3.1 se pueden notar las diferncias de las diferentes tipos deluminarias en cuanto al factor de potencia.

Tipos de Luminarias	Factor de potencia sin corregir	Factor de potencia max (corregido)
Mercurio AP	0,61	0,85
Sodio AP	0,44	0,9
Induccion E	0,95	0,95
LED	0,95	0,95

**Tabla 3.2:** Comparación Factor Potencia



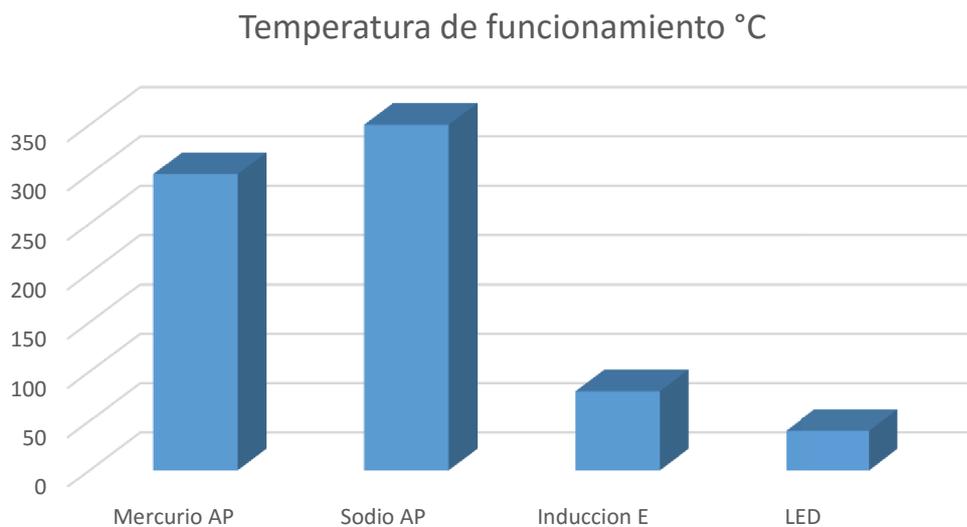
**Gráfico 3.1:** Comparación del factor de potencia

### 3.1.2.3 Temperatura de funcionamiento

La temperatura del funcionamiento de una lámpara viene determinada por las pérdidas por efecto joule que estas presentan. Las observaciones en la tabla 3.3

Tipo de Luminarias	Temperatura de funcionamiento °C
Mercurio AP	300
Sodio AP	350
Induccion E	80
LED	40

**Tabla 3.3:** Comparación de la temperatura de funcionamiento



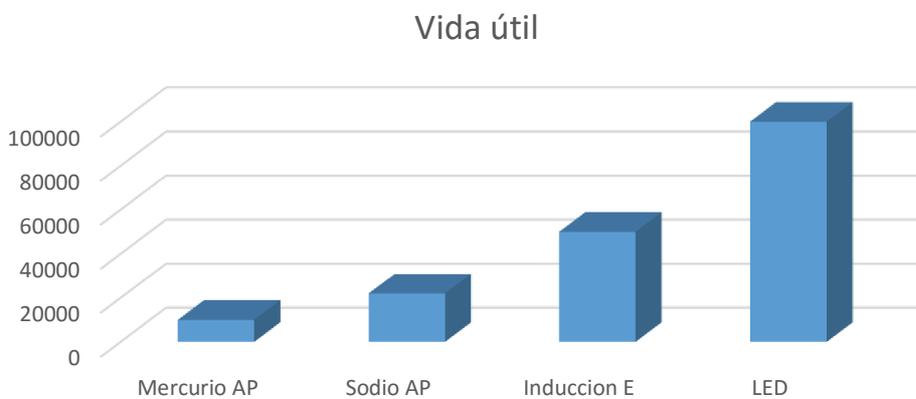
**Gráfico 3.2:** Temperatura de Funcionamiento

### 3.1.2.4 Vida útil

La vida útil de las diferentes luminarias se detalla en la tabla N° 3.4

Tipos de Luminarias	Vida útil
Mercurio AP	10000
Sodio AP	22000
Induccion E	50000
LED	100000

**Tabla 3.4:** Comparación de la vida útil

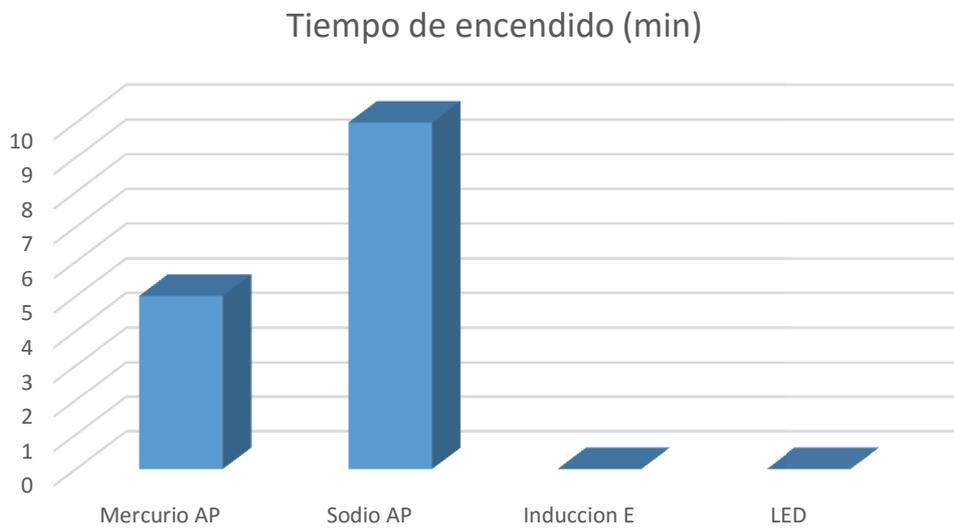


**Gráfico 3.3:** Comparación de la vida útil.

### 3.1.2.5 Tiempo de encendido y recuperación

Tipos de Luminarias	Tiempo de encendido (min)
Mercurio AP	4-5
Sodio AP	5-10
Induccion E	instantáneo
LED	instantáneo

**Tabla 3.5:** Comparación del Tiempo de encendido

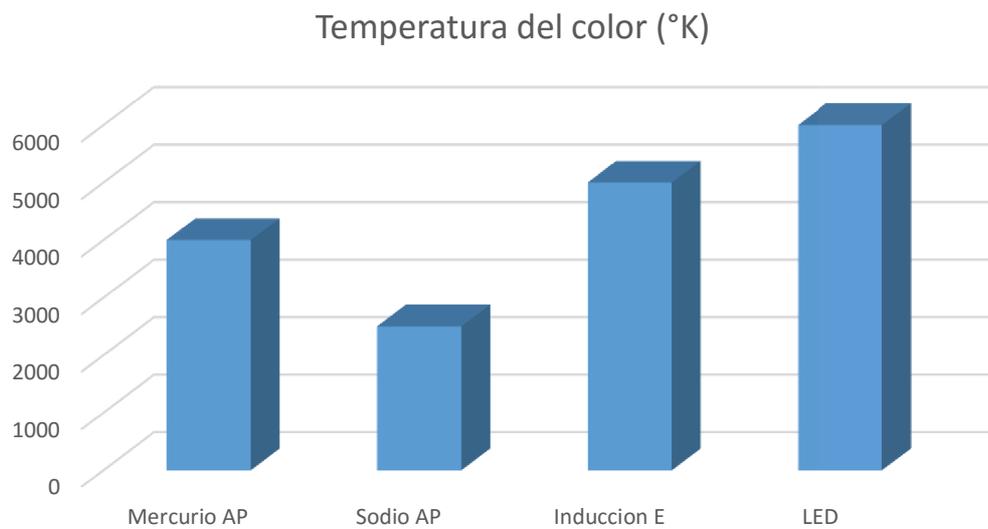


**Grafico 3.4:** Comparación Tiempo de Encendido

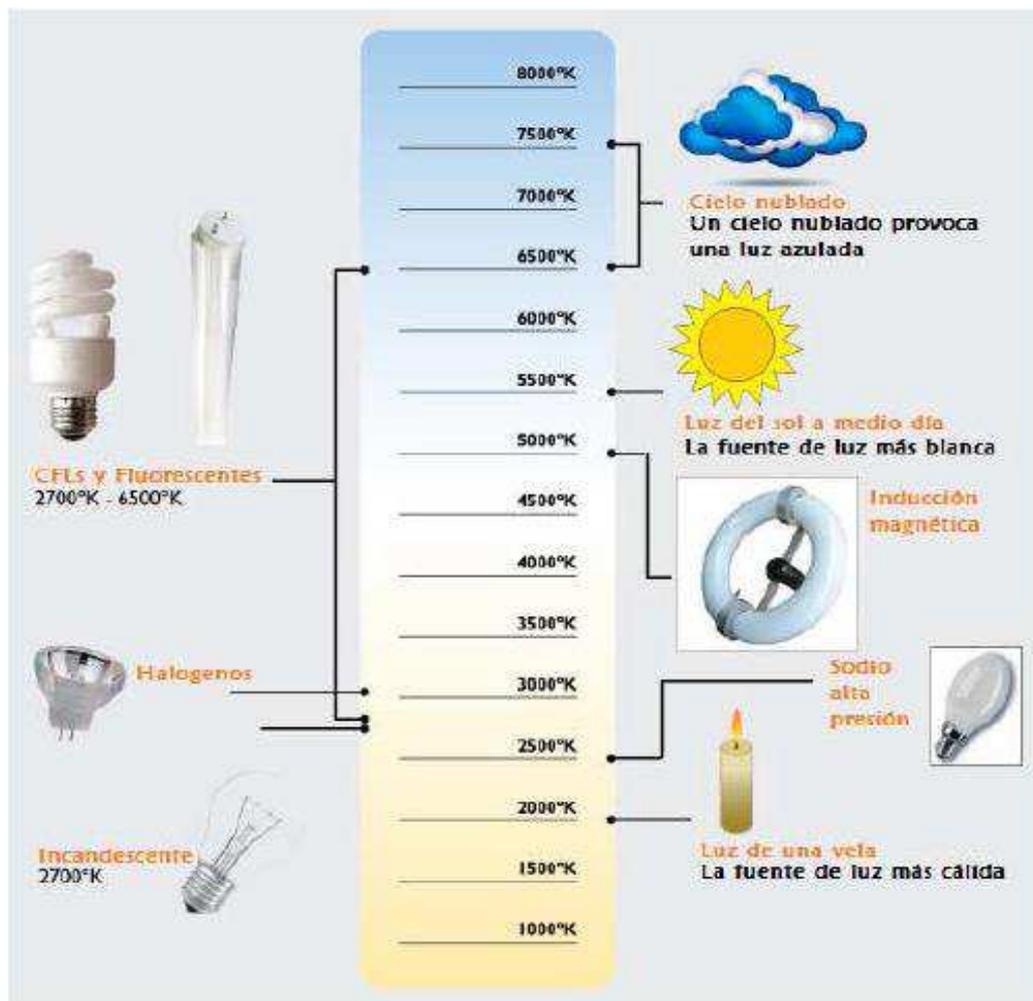
### 3.1.2.6 Temperatura del color

Tipos de Luminarias	Temperatura del color (°K)
Mercurio AP	4000
Sodio AP	2500
Induccion E	5000
LED	6000

**Tabla 3.6:** Temperatura del Color



**Gráfico 3.5:** Comparación Temperatura del color

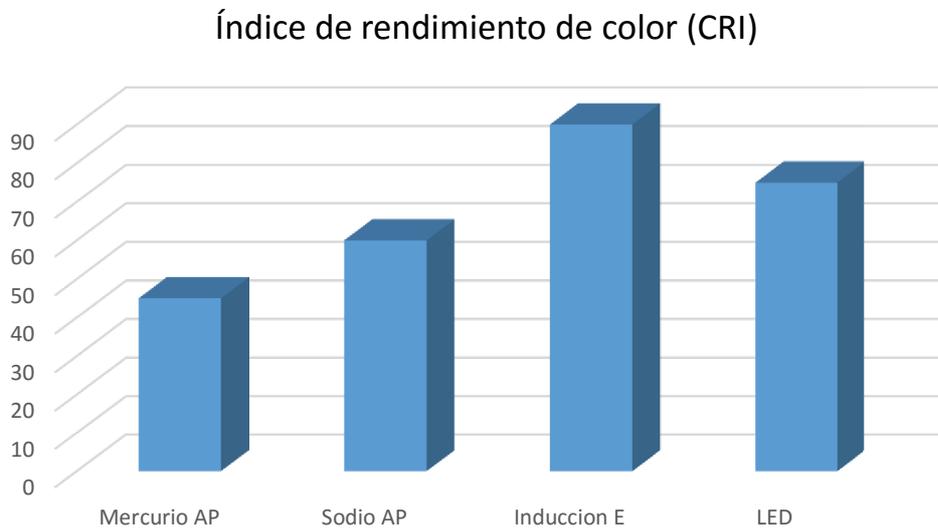


**Figura 3.1:** Temperatura del color de diferentes fuentes luminosas.

### 3.1.2.7 Índice de rendimiento del color (CRI)

Tipos de Luminarias	Índice de rendimiento de color (CRI)
Mercurio AP	45
Sodio AP	60
Induccion E	90
LED	75

**Tabla 3.8:** Comparación del índice de rendimiento del color



**Gráfico 3.6:** Temperatura del color de diferentes fuentes luminosas.

### 3.1.3 Parámetros de luz de la lámpara LED

#### 3.1.3.1 Eficacia, en lumen / Watt

Este es, según nuestra opinión, el parámetro más importante. Cuanto mayor sea este parámetro, más eficientemente la lámpara estará generando luz. Se quiere que la lámpara produzca la mayor cantidad de luz posible y que genere la menor cantidad de calor necesario. El calor es una pérdida de energía. Una generación de calor excesivo puede reducir la vida del producto, especialmente la vida de las lámparas LED.

### **3.1.3.2 Temperatura de color, también llamada TC, en grados Kelvin**

El valor de la temperatura de color es una indicación de cómo se percibe la luz. ¿se trata de una luz blanca cálida o de una luz blanca fría? Una lámpara con una TC de 4000 K o superior es blanca fría (como la luz del día), cuanto menor sea la temperatura, más cálida se percibirá. Lámparas con temperaturas de color por debajo de los 3100 K son consideradas como blancas cálidas.

### **3.1.3.3 Ángulo de haz de luz**

Las lámparas con un ángulo de haz de luz pequeño (menor de 30 grados) se llaman 'spot lights' y emiten una luz muy focalizada. Una lámpara con un ángulo de haz de luz pequeño normalmente genera un ambiente muy agradable. Las lámparas con un ángulo de haz de luz ancho (más de 60 grados) puede iluminar toda una habitación entera.

### **3.1.3.4 Flujo luminoso en lúmenes**

Muestra la cantidad de luz que es generada por la lámpara. Este número puede usarse para la comparación con otras lámparas. IRC Ra o índice de representación de color, el IRC es un índice, una medida, que muestra la relación entre cómo los colores son representados por la luz proveniente de una bombilla determinada, en comparación con cómo los colores se representan con la luz proveniente de una fuente luminosa de referencia. El número máximo es 100. Un valor de 80 es necesario para el uso normal (la lectura de libros, trabajo en la oficina). Cuando la luz se utiliza para generar un ambiente agradable el valor del IRC puede ser menor.

### **3.1.4 Análisis comparativo de parámetro generales entre las lámparas de alumbrado público.**

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

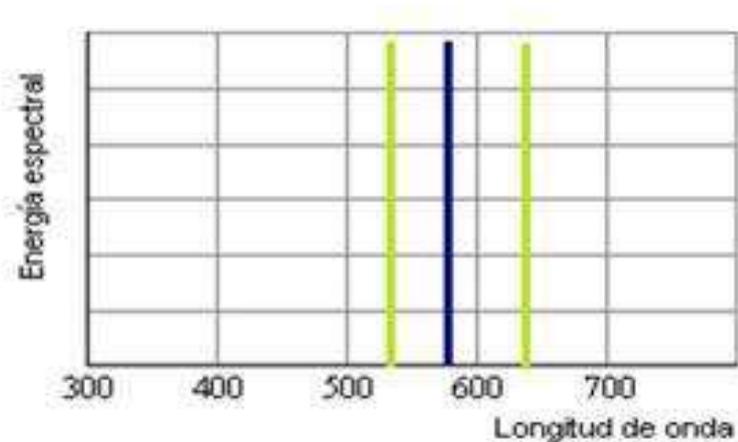
### 3.1.4.1 Lámparas de arreglo de LED

Los LED son básicamente pequeñas ampollitas que se ajustan en un circuito electrónico, y que desprenden luz debido al movimiento de electrones en un material semiconductor. Un diodo es el dispositivo semiconductor más simple que existe. Se construye uniendo una sección de un material cargado positivamente, con otra de material cargado en forma negativa, y con electrodos en cada extremo, para que de esta forma conduzcan electricidad (en la forma de electrones moviéndose libremente) en una dirección cuando se aplique voltaje al diodo.

Los electrones se mueven en una serie de órbitas fijas alrededor del núcleo de los átomos. Cuando un electrón absorbe energía extra del voltaje introducido, salta a una órbita superior, y cuando regresa a la órbita inferior, emite la energía extra en forma de fotón.

A diferencia de los diodos comunes, en los que el material semiconductor absorbe la mayor parte de la energía lumínica antes de que ésta sea liberada, los LED están hechos para emitir una gran cantidad de fotones.

El color de la luz de un LED obedece a la cantidad de energía en ese fotón. A su vez, la cantidad de energía dependerá del material utilizado para las capas. En la figura 3.3 se pueden observar los espectros de diferentes lámparas de LED dependiendo del material de su construcción.

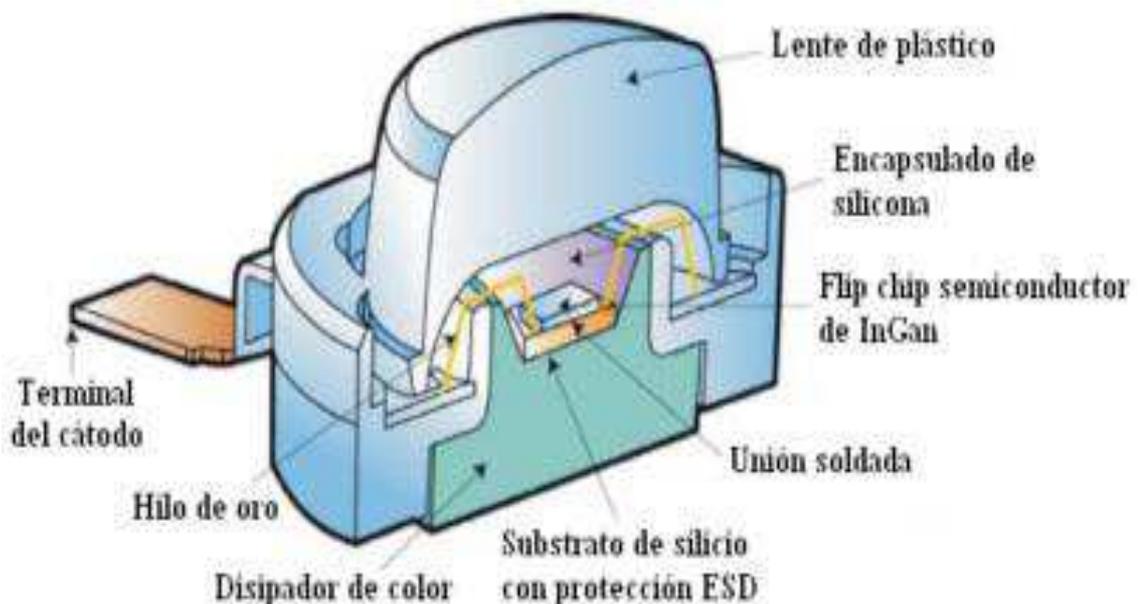


**Figura 3.2:** Espectro de diferentes lámparas LED

La luz de un LED es direccional, por lo que se puede ajustar en la dirección que se requiera. No contienen ningún material peligroso, como mercurio, al contrario de las ampollas eficientes. Gracias a la alta calidad de los materiales que lo componen y a su larga vida útil requieren ser reciclados a menudo.

Los LED de color cubren todo el espectro de colores de luz visible, lo que ofrece al mercado innumerables posibilidades como se ve en la figura anterior. Además, poseen un alto índice cromático, gracias a lo cual los colores se ven más naturales. En la figura 3.4 se puede observar la construcción de un LED usado para lámparas de alumbrado público.

El tiempo medio de vida de una lámpara de LED para alumbrado público oscila entre 80.000 y 100.000 horas. La última tecnología de LED de montaje superficial y gran flujo luminoso están por encima de 100.000 horas.



**Figura 3.3:** Construcción de un LED usado para lámparas de alumbrado público

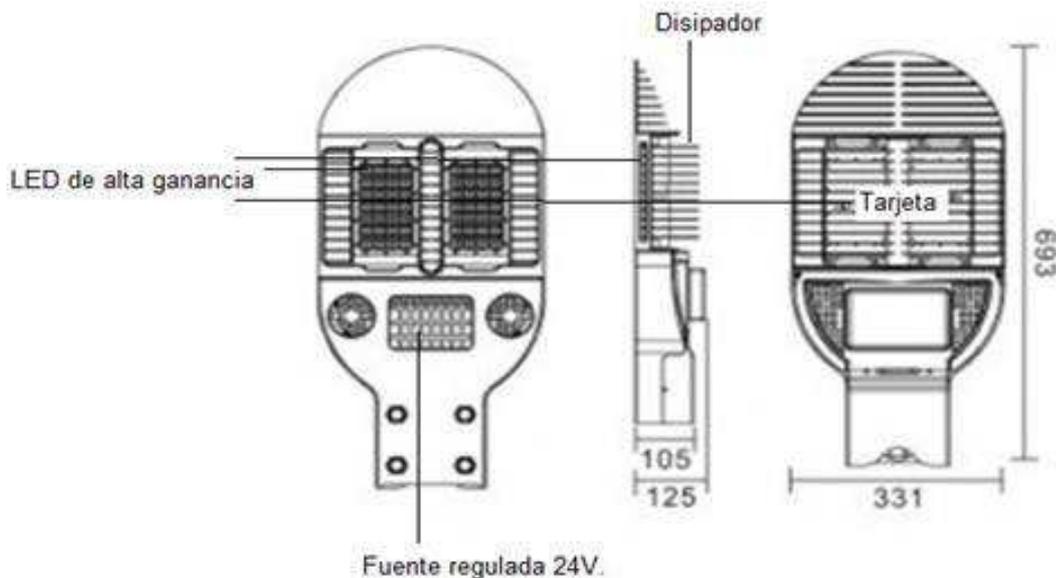
Una lámpara de LED está compuesta de varias hileras de LED dependiendo del nivel de iluminación que se requiera. Las variaciones que se deben hacer son: número de LED y potencia de la fuente regulada de voltaje, de resto el esquema funcional es idéntico para reemplazar cualquier lámpara de otra tecnología de la potencia requerida.

En la figura 15 se puede ver un diagrama de la eficiencia energética de una lámpara de LED.



**Figura 3.4:** Balance energético de una lámpara de LED

Dentro de las ventajas conocidas de la tecnología LED están el ahorro de entre un 75% y un 90% en consumo energético, sin sacrificar intensidad lumínica, no generan rayos UV ni IR, libres de mantenimiento y menor costo a largo plazo. La tecnología de construcción de LED ha venido mejorando con el tiempo y ya se pueden conseguir LED de menor tamaño, mejor rendimiento y menores costos. En la figura 3.6 se puede observar una lámpara común de LED con sus principales componentes funcionales y las medidas típicas para una lámpara de un poste de 150W.



**Figura 3.5:** Lámpara de tecnología LED con sus principales componentes

El color preferido para la iluminación es el blanco debido a que da una mejor perfilación y una definición de colores mucho mayor a las de los demás colores del espectro, además, dentro de la mayoría de normas a nivel mundial los colores usados son blanco y amarillo.

En las ciudades por lo general se encuentran principalmente las lámparas de vapor de sodio de alta presión y es necesario que vayan introduciendo las de tecnología LED. En la actualidad no se ha llevado a cabo ningún estudio que compare las dos principales tecnologías utilizadas teniendo en cuenta los parámetros principales como: potencia, consumo, niveles de iluminación, calidad de iluminación, costos, entre otros. Un estudio serio en este sentido es importante para poder tener herramientas que le ofrezcan asidero para la elección de una u otra tecnología a los entes que manejan el alumbrado público en la ciudad, ya que es de obligatorio cumplimiento, según la normatividad vigente, el elegir la opción más eficiente en todos los sentidos.

#### **3.1.4.2 Alternativas de solución**

Para hacer la comparación de las tecnologías entre las lámparas de vapor de sodio y las de tecnología LED se pueden aplicar diferentes métodos como alternativa de solución, como son:

- Estudiar los datos de placa de los fabricantes de cada una y hacer comparación punto a punto.
- Pedir los datos a las entidades gubernamentales encargadas del alumbrado público.
- Recopilar información ínsito de datos que permitan hacer una comparación objetiva entre cada una de ellas.
- Usar ecuaciones de costos, niveles de iluminación y demás, ya dados, y realizar los cálculos necesarios y concluir de acuerdo a sus resultados.
- Tomar imágenes en video y fotografía para hacer comparaciones de niveles de iluminación y calidad de la misma.
- Aplicar encuestas sobre calidad de iluminación a los usuarios finales.

### 3.1.4.3 Selección de la mejor alternativa

La alternativa escogida para el presente estudio fue la de hacer una comparación directa de parámetros entre las dos principales tecnologías de iluminación utilizadas actualmente en la calle 24 de mayo en el cantón Tosagua teniendo en cuenta todas las alternativas posibles de solución mencionadas anteriormente y usando para ello mediciones directas, análisis de curvas ISOLUX, toma de imágenes, construcción de cuadros comparativos, uso de datos de placas de las lámparas, comparación histórica, mediciones indirectas y uso de ecuaciones. Las principales razones de hacer la comparación entre las lámparas de vapor de sodio y las de tecnología LED usando todas las alternativas de solución, son las siguientes:

- Aún no se han llevado a cabo estudios de ningún tipo en la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua que permitan determinar si se cumple o no con los principales parámetros en alumbrado público contenidos en las normas vigentes.
- La necesidad de establecer cuál de las dos tecnologías es más eficiente en el cumplimiento de los parámetros principales de iluminación puesto que es una política de Estado (CNEL – EP) el uso racional y eficiente de la energía y la implementación de las tecnologías o sistemas que lleven a la consecución de esta meta.
- En la industria de la iluminación los datos que se tienen son dados por los fabricantes y se debe tener presunción de buena fe de que los datos que ofrecen son reales y hasta el momento no se han constatado si son realmente confiables.
- Mediante el uso de todos los procedimientos mencionados se pueden obtener resultados reales y muy precisos que pueden ser utilizados en cualquier momento bien sea por las entidades prestadoras del servicio de alumbrado público, como calles, avenidas, parques, universidades y otras instituciones educativas del país, y por empresas interesadas en entrar en el mercado de la iluminación en la calle 24 de mayo del Cantón Tosagua.

- El hecho de realizar mediciones directas permite confrontar de primera mano los resultados experimentales con los dados por el fabricante y así constatar la veracidad de sus afirmaciones que se podrían extrapolar hacia otros productos suyos en casos específicos.

### **3.1.5 Fundamentos del alumbrado público**

#### **3.1.5.1 Introducción**

Se puede definir el servicio de alumbrado público como "el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un Municipio o Distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público". También hace una diferenciación específica sobre los lugares que se excluyen cuando dice en su párrafo que "la iluminación de las zonas comunes en las unidades inmobiliarias cerradas o en los edificios o conjuntos residenciales, comerciales o mixtos, sometidos al régimen de propiedad respectivo, no hace parte del servicio de alumbrado público y estará a cargo de la copropiedad o propiedad horizontal. También se excluyen del servicio de alumbrado público la iluminación de carreteras que no estén a cargo del Municipio o Distrito".

Principalmente, el estudio del alumbrado público se ocupa de:

- La cantidad, entendiendo como tal el valor del nivel de iluminación, en condiciones normales.
- La calidad, es decir, el confort visual ambiental, a menudo difícil de establecer y en el que la experiencia del diseñador es clave para su establecimiento.
- La eficiencia energética, que depende del consumo de energía y del tiempo de uso.
- La economía y ahorro, que están dados por el costo de uso, mantenimiento e instalación y que, además, va ligado con la vida útil.

### 3.1.5.2 Tipos de clasificación para alumbrado público

La identificación y clasificación de las vías es el primer paso para la realización del análisis del alumbrado ya que será la que indique las necesidades del mismo dependiendo de la funcionalidad de la misma.

De acuerdo al tipo de lámparas que se tienen en cuenta en el presente planteamiento, que son las de 150W de vapor de sodio por su equivalente en LED, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones que vienen dadas y que involucran tanto el tipo de circulación de vehículos, la anchura de la calle, la altura de los postes, nivel de luminosidad, separación, tipo de superficie de la vía y demás. En el caso de interés, se tiene en cuenta el nivel de iluminación y la altura del poste que influyen en la calidad de la iluminación dada por cada tecnología.

En las siguientes tablas se muestran los requisitos exigidos por la ley para el segmento de las lámparas de 150 W o equivalentes dependiendo del tipo de vía. Los criterios que se deben tener en cuenta para asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada con estas dos variables se les asignará un tipo de iluminación conforme se indica en la Tabla 19.

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (VEH/H)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	60 <V<80	Importante	500 <T<1000
M3	Vías principales y ejes viales	Media	30 <V<60	Media	250 <T<500
M4	Vías primarias y o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100 <T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

**Tabla N°3.8:** Clases de iluminación para vías vehiculares.

Otros factores a tener en cuenta son la complejidad de la circulación, controles del tráfico tipos de usuarios de las vías y existencia de separadores. En tal sentido y por criterios de uso racional y eficiente de energía, una vía podrá

disponer, en ciertas horas, de un alumbrado con clasificación inferior a la resultante de la aplicación de la tabla 19.

En el mismo sentido, de acuerdo con las condiciones de control de tráfico y de existencia de separación de diferentes usuarios en la vía, también podrá usarse una clase de iluminación diferente. Las condiciones para disponer de dos clases de iluminación en una vía o su cambio como criterio inicial de diseño se establecen en la Tabla 20. En estas dos tablas se muestran los diferentes tipos contemplados y estas clasificaciones sirven para tener en cuenta todos los diferentes parámetros que más adelante se tendrán en consideración a la hora de definir los niveles de iluminancia, flujo, consumo y demás.

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra velocidad, con calzadas separadas exentes de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación	
Alta $T < 1000$ (Veh/h)	M1
Media $500 < T < 1000$ (Veh/h)	M2
Baja $T < 500$ (Veh/h)	M3
Vías de extra velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con centro de Tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de accesos a zona residenciales. Vías de accesos a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes, Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía.	
Escaso	M4
Bueno	M5

**Tabla N° 3.9:** Variación en las clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico.

Teniendo en cuenta las dos tablas anteriores, la ubicación de las lámparas del presente análisis se podría tener en el nivel M2 por ser una vía importante, de tráfico urbano, mucha importancia, generalmente en regular estado.

Otro ítem de iluminación para tener en cuenta es el que tiene que ver con la circulación de peatones y ciclistas. La iluminación de estas áreas debe garantizar

que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías. En la Tabla 3.11 se presentan las siete clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales.

Descripción de la calzada	Clase de iluminación
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

**Tabla N° 3.10:** Clases según tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.

Las clases de iluminación establecidas en la Tabla 3.11, consideran las necesidades asociadas a toda la superficie utilizada, es decir, la superficie de la acera y de la calzada, en caso que exista.

Cuando se haya establecido que en determinadas zonas se ha incrementado o se pueda incrementar la criminalidad o resulte necesaria la identificación de las personas, objetos u obstáculos, la clase de iluminación podrá ser uno o dos grados superior a la resultante de aplicar la tabla.

Según las necesidades y el alcance del presente estudio, el tipo de calzada que se tuvo en cuenta es la P4, que es de baja utilización nocturna por parte de peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Esto tiene que ver con el bienestar de los ocupantes de las residencias que se encuentran adyacentes a la ubicación de las lámparas y que no deben soportar contaminación ni incomodidades de parte de estas. Otro tipo de clasificación que se encuentra dentro y que se utiliza para clasificar el tipo de vía y los valores de sus parámetros principales es el del tipo de material en que está

construida la vía. Teniendo en cuenta este ítem, podemos ver los valores exigidos en la tabla 3.12.

Clase	Características superficie
R1	Superficie de asfalto con un mínimo del 15 % de materiales abrillantadores o materiales artificiales claros o al menos un 30 % de anortosistas muy brillante. Superficies que contienen gravas que cubre más del 80 % de la superficie de la calzada, y las gravas constan de gran cantidad de material claro, o de abrilladores o están compuesta al 100 % de anortosistas muy brillantes. Superficie de calzada de hormigón de concreto
R2	Superficie con textura rugosa que contienen agregados normales Superficie asfálticas (pavimentos bituminoso que contienen el 10 % al 15 % de abrilladores artificiales Hormigón bituminoso grueso y rugoso, rico en gravas (más del 60 %) de tamaño mayores a 10 mm Asfalto mastico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mastico con estado nuevo
R3	Revestimiento en hormigón bituminoso (asfalto frio, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10 mm, con textura rugosa Superficie tratadas con textura rugosa pulimentada
R4	Asfalto mastico después de varios meses de uso Superficie con textura bastante suave o pulimentada

**Tabla 3.11:** Designación aproximada de superficies en las clases típicas.

Conocidas las características de las vías y sus requerimientos visuales, se deberá asignar la clase de iluminación necesaria. A cada clase de iluminación se le establecen los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, los cuales se condensan en la Tabla 3.13 para iluminancia, cuando este es el criterio aplicado. Los valores son para piso seco.

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía (Luxes)			Uniformidad de la iluminación
	R1	R2 Y R3	R4	
M3	12	17	15	Emin/Eprom (%)
M4	8	12	10	34%
M5	6	9	8	25%
				18%

**Tabla 3.12:** Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la iluminancia en luxes de la calzada.

Teniendo en cuenta las clasificaciones de las vías según su nivel de circulación, su importancia, tipo de material de construcción, estado actual de las vías y clase de iluminación, se tiene que para el caso presente las lámparas se ubican de la siguiente manera descrita a continuación:

- M2, según la descripción de las vías y el tipo de tránsito que por ellas circula.
- P4, teniendo en cuenta una baja circulación de ciclistas y peatones en horario nocturno y una baja afectación a construcciones adyacentes.
- Entre R2 y R3, considerando la construcción de las vías, que en general, son de asfalto, rugoso.

De acuerdo a la clasificación realizada de las vías tenidas en cuenta en el presente estudio, se procedió a la realización de la medición de iluminancia sobre cada una de las lámparas en estudio.

### **3.1.6 Mediciones fotométricas de alumbrado público.**

Una vez que se tiene determinado el sitio donde se van a llevar a cabo las mediciones de alumbrado público y después de al menos 100 horas de funcionamiento de las bombillas nuevas, se debe verificar el diseño de proyecto de alumbrado público mediante la medición de iluminancia y su comparación con los valores ofrecidos en el diseño fotométrico del proyecto.

La medición de luminancia se debe hacer para confrontar los datos teóricos obtenidos con la clase de superficie de calzada normalizada adoptada en el diseño fotométrico. Los valores reales medidos para las vías permitirán crear una base de datos, donde con el tiempo se puedan hacer ajustes a las matrices normalizadas del factor R que se aproximen de mejor forma a la superficie de las calzadas de las vías existentes en el Cantón Tosagua. Para lo cual se debe seleccionar un vano adecuado de medición.

Cuando el vano seleccionado es factible de ser medido, los requisitos que debe reunir el vano a medir, la forma del marcado de la malla o grilla, la ejecución de las mediciones y el cálculo de los parámetros se definen a partir de los datos obtenidos en las mediciones. El procedimiento incluye la evaluación de los casos especiales y de las vías peatonales, en ellas determina la forma de marcación del vano y los parámetros de calidad a ser evaluados.

Cuando la medición no sea técnicamente apropiada o involucra mucho riesgo, la evaluación se define a partir de cálculos de cada uno de los parámetros de

calidad por medios informáticos y de la verificación en campo de la operatividad de las unidades de alumbrado en el vano y de la configuración de la instalación.

### **3.1.7 Evaluación del vano seleccionado para las mediciones.**

Los vanos a ser medidos deberán cumplir los siguientes requisitos:

- No debe presentar obstáculos que obstruyan la distribución luminosa de las luminarias (árboles, automóviles estacionados, etc.).
- El recubrimiento de las calzadas no debe presentar ondulaciones (presencia de baches pronunciados) que impidan la visualización de los puntos de medición o la horizontalidad del medidor de iluminancia.
- No estar ubicados en las zonas calificadas como altamente peligrosas desde el punto de vista delincriminal.
- Estado de la calzada. Deberá estar seca para la medición.
- Estar libres de influencia de iluminación diferente al sistema a evaluar (vehicular o comercial).

### **3.1.8 Procedimiento de las mediciones.**

De nuevo, para llevar a cabo las mediciones con todas las condiciones técnicas, se deben tener en cuenta los parámetros dados por los fabricantes, así, todas las fuentes de luz que pertenezcan a la instalación de alumbrado que se va a medir deben ser visibles y estar encendidas, mientras que aquellas fuentes que no lo sean deben estar apagadas.

Para estar seguros de la confiabilidad de las mediciones se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Todos los instrumentos de medición deben estar calibrados.
- Se debe tener en cuenta los parámetros de diseño de la instalación y la correcta geometría de la misma: altura de montaje, avance, ángulo de inclinación de la luminaria, inter distancia, ancho de la vía, posición de la bombilla.
- Por medio de inspección visual se debe verificar que los accesorios eléctricos y la bombilla sean los adecuados para la luminaria.
- Verificar la tensión de alimentación en los bornes de la luminaria.
- Las luminarias deben estar en régimen normal de funcionamiento.

- Las bombillas deben estar nuevas con un envejecimiento mínimo de 100 horas.
- El conjunto óptico de la luminaria debe estar limpio.
- En lo posible, se debe eliminar el efecto de las fuentes luminosas ajenas al sistema analizado que puedan causar errores en la medición, tales como avisos luminosos, faros de automóviles, etc.
- Evitar las mediciones cuando el piso está mojado, porque pueden presentarse reflexiones que introducen errores. El personal que interviene en las mediciones no debe producir sombras en el campo de medición, ni bloquear la luz hacia el aparato de medición.

Habiendo tenido en cuenta los anteriores puntos y listos para la medición de la iluminancia, se deberán tener en cuenta otros aspectos relacionados a continuación:

- **Área de análisis:** El área de análisis de las mediciones será el tramo o vano seleccionado de la vía, teniendo en cuenta lo especificado en esta guía.
- **Ubicación del sensor:** El sensor o fotocelda del fotómetro o luxómetro será colocado a una altura máxima de quince centímetros (0,15 m), en posición horizontal.
- **Ubicación del punto a medir:** El dispositivo con el sensor es colocado por el operario sobre el punto inicial marcado sobre el vano o tramo a medir. La persona encargada de realizar la medición: registrará la lectura obtenida en el luxómetro. Cada punto marcado en el vano será medido de igual forma.
- **Cuidados en la Medición:** Antes de iniciarse la medición la persona encargada, debe calibrar el luxómetro de acuerdo con su manual de funcionamiento y verificar que esté funcionando correctamente. Igualmente debe verificar el estado de la luminaria, la tensión de red, inclinación de la luminaria y el brazo, fijación de la luminaria al brazo, posición de la bombilla y avance de la luminaria sobre el área considerada.

La persona encargada de colocar el dispositivo con el sensor sobre el punto a medir, debe asegurarse de no interferir sobre el sensor para no crear sombras

sobre el mismo y obstruir la distribución luminosa. La persona encargada de la medición antes de realizar la lectura, debe esperar que ésta se estabilice en la pantalla del luxómetro.

### **3.1.9 Realización de las mediciones.**

Conociendo los diferentes elementos que se deben tener en cuenta al momento de obtener las mediciones de los datos de iluminancia se procedió a realizar las mediciones y para la presentación de los resultados se tuvieron en cuenta las recomendaciones dadas en el fabricante. Estas recomendaciones son:

- Localización del sitio de la medición
- Fecha y hora de la medición
- Descripción detallada del sistema de iluminación en el que se incluye: tipo de luminaria, altura del montaje, inter distancia entre postes, avance, inclinación de la luminaria, disposición y condiciones de los alrededores.
- Gráfico de la vía en planta y corte con las características de la instalación
- Condiciones eléctricas de operación.
- Condiciones de operación de las luminarias
- Condiciones atmosféricas.
- Tabla de datos medidos en el sitio
- Descripción de los instrumentos utilizados
- Nombre de los participantes en la medición.

De acuerdo a los datos obtenidos luego de la medición de nivel de iluminación o iluminancia utilizando el luxómetro se puede observar que los dos tipos de lámparas en estudio entran dentro del nivel de iluminancia requerido por las normas técnicas consignadas, presentándose un mejor desempeño por parte de la tecnología LED, pero esta variación cae dentro del porcentaje de rendimiento y es insignificante por lo que se toman como de igual rendimiento las dos tecnologías.

Tipo	Potencia (w)	Clase de iluminación	Iluminación recomendada (luxes)	Iluminación medidas (luxes)	Iluminación mínima medida (luxes)	Uniformidad de iluminancia recordada	Uniformidad de la iluminancia medida
Vapor de sodio	150W	M5	9	30	20	34%	66%
LED	90W	M5	9	28	18	34%	64%

**Tabla N° 3.13:** Mediciones de iluminancia para las lámparas de vapor de sodio y para LED.

Los tipos de lámparas a los que se les realizaron las mediciones son de tipo de vapor de sodio y de tecnología LED. La lámpara de vapor de sodio es de tipo de alta presión, de 150 W de potencia y de tipo común, con balasto, transformador e iniciador, todo montado en una carcasa de aluminio de medidas reglamentarias para esta potencia. La lámpara de tipo LED es de 90W equivalente 150W de potencia, fuente regulada y 12 LEDs en su montaje y que también va montada en una carcasa de aluminio de especificaciones técnicas de norma. Se pueden ver los dos tipos de lámparas que se utilizaron en las figuras 17 y 18



**Figura N° 3.6:** Lámpara de vapor de sodio de 150W utilizada en el estudio con sus componentes principales y descripción de carcasa.



**Figura N° 3.7:** Lámpara de LED de 90W utilizada en el estudio con su respectiva carcasa y componentes.

Ambos tipos de lámparas inician su encendido mediante el uso de fotoceldas. Están montadas sobre postes reglamentarios de 10 metros de altura con una separación o inter distancia de 40 metros, una inclinación de lámpara sobre la horizontal de  $5^\circ$ , con un avance sobre la calle de 1.5 metros, con condiciones de pavimento rugosas en asfalto, como están descritas.

Las condiciones de operación de las lámparas están dadas por el tipo de calle y el número de horas de utilización, siendo así, que están ubicadas en sector residencial, con regular tránsito, principalmente peatonal, con tránsito o tipo de vía secundaria y con una utilización del 0.5, esto es, de 12 horas diarias, de 6 de la tarde a 6 de la mañana.

Las condiciones atmosféricas para la operación de las lámparas son principalmente constantes con temperaturas que oscilan entre  $15^\circ$  y  $35^\circ$  a lo largo de todo el día. Durante el transcurso del año se presentan generalmente dos estaciones perfectamente diferenciadas: lluvia y verano. Las lluvias se presentan durante 90 días al año en promedio (año con condiciones normales) y, mayormente, con condiciones de clima seco el resto del año.

En la tabla 3.8, mostrada previamente, se muestran los datos que se tomaron y que están contrastados con los datos que se presentan en el fabricante como valores mínimos necesarios para su funcionamiento. También se muestra en la tabla el consumo de cada una de las lámparas según sus datos de placa, el índice de uniformidad dado por la relación entre la iluminancia promedio y la

iluminancia mínima medida en el sitio y la referida en el fabricante, tipo de superficie sobre la que se realizó la medida y la clase de vía.

Para la toma de datos y según lo exigido por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, se utilizó un luxómetro de la marca MLM-1010, debidamente calibrado y con un rango de medición de hasta 50.000 luxes que es lo de norma para el territorio ecuatoriano.



**Figura N° 3.8:** Luxómetro utilizado en el planteamiento.

### **3.1.10 Índice de reproducción cromática**

El Índice de reproducción cromática o CRI (por sus siglas en inglés), expresado en valores del 0 al 100%, es una medida de la fidelidad con la que una determinada fuente de luz reproduce los colores a la vista de los ojos humanos, y cómo de bien se revelan sutiles variaciones de color en los objetos iluminados. Las luces con un CRI elevado son las que mejor reproducen el color de los objetos, y así fuentes con un CRI del 100% serían las que reproducirían fielmente los colores de los objetos sometidos a su luz.

Esta es una característica importante de las fuentes de luz en aplicaciones como la fotografía o el cine, pero también en aquellos casos donde sea necesario mostrar un producto adecuadamente, como en tiendas de moda, joyerías, etc. y en general en este tipo de aplicaciones no son aceptables fuentes de luz con CRI's inferiores al 80%.

Un error común es la creencia de que ambos, la temperatura de color y el índice de reproducción de color, describen las mismas propiedades de una lámpara. La temperatura de color describe la apariencia del color de la luz emitida. El índice

de reproducción del color, por el contrario, describe cómo de bien esa misma luz representa el color en los objetos iluminados.

De cualquier modo, las dos métricas están interconectadas, y para comparar el CRI de la luz de dos lámparas dadas, y necesariamente para que la comparación sea significativa, ambas lámparas habrán de tener la misma temperatura de color. Las lámparas incandescentes disfrutan de un CRI del 100%. Las lámparas fluorescentes están en el rango del 52 al 95% y las de halogenuros metálicos en el mismo rango.

En las lámparas LED este es un índice que ha de considerarse ya que hay una dispersión importante entre las soluciones digamos que baratas y las profesionales. En productos profesionales fácilmente se encuentran CRI's del 80 o 85% por lo que no hay problemas para su utilización en aplicaciones donde la fidelidad de los colores es fundamental, de hecho, y de experiencias reales se parece haber concluido que los test de CRI convencionales no son idóneos para la iluminación LED, que a modo de percepción de los colores por el ojo humano parece ser que mejora respecto a las soluciones convencionales con un mismo CRI, por lo que organismos internacionales ya están desarrollando un nuevo método de test que considere estas diferencias.

### 3.1.11 Normatividad sobre reproducción cromática.

De acuerdo a lo contenido en el fabricante, para la clasificación de las bombillas en función de su Índice de Reproducción Cromática (Ra o CRI), se deben aplicar los valores la Tabla 25.

Clase	Índice de reproducción de color (CRI O Ra) %
1A	> 90
1B	80 a 89
2A	70 a 79
2B	60 a 69
3	40 a 59
4	< 20

**Figura N° 3.14:** Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su Índice de reproducción del Color.

Para las lámparas de tecnología tipo LED, la CNEL - EP aún no considera valores críticos de CRI, pero para las nuevas tecnologías, propone CRIs mayores a 85% y hasta 95%. Los LED de alta potencia, que son los utilizados en alumbrado público, emiten una luz con una temperatura de color del orden de 5500° K, "más fría" que la luz emitida por las lámparas incandescentes, brindando un índice CRI entre 85% y 95%, como se mencionó anteriormente. Este valor es muy próximo al exhibido en la luz solar y superior a las fuentes fluorescentes, lo que ofrece una representación de color excelente de los objetos iluminados. Para que la luz de un LED se asemeje a la que estamos acostumbrados de las fuentes tradicionales es preciso utilizar filtros que rebajan su temperatura de color y también su rendimiento.

Los desarrollos tecnológicos actuales y los estándares en fuentes de iluminación permiten determinar fácilmente las características de reproducción cromática y temperatura de color, la tabla 26 da una orientación al respecto.

Índice de reproducción cromática (Ra) o (CRI) %	Clase	Cálido < 3300 k	Neutro 3300 - 5000 k	Frio >5000 k	Criterio de aplicación
2 ≥ 90	1A	Halógenas	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Principalmente donde la apreciación del color sea un parámetro crítico
		Fluorescente lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos correcta del color		
		Halogenuros metálicos y cerámicos			
80 - 89	1B	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	En las áreas donde la apreciación correcta del color no es una consideración primaria pero donde es esencial una buena reproducción de colores
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Sodio blanco			
70 - 79	2A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	En áreas donde la ciudad de apreciación correcta del color es de poca importancia
< 70	2B, 3 y 4	Mercurio Sodio	Mercurio		

**Tabla N° 3.16:** Tipos de fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática.

### **3.1.12 Procedimiento para la obtención del consumo de las lámparas.**

Para determinar el consumo de las lámparas de este análisis se siguieron los siguientes pasos:

#### **3.1.12.1 Determinación del consumo de cada lámpara.**

Para las lámparas de vapor de sodio se tuvieron en cuenta los valores de consumo dados por el fabricante, que es el ente que ofrece el servicio de alumbrado público en Ecuador y que cuenta con medidores en sus instalaciones. Además, también se brindó los datos de consumo teórico y real para un mejor análisis. La CNEL-EP permitió realizar este análisis en las lámparas de sodio en estudio, pero los datos ofrecidos son oficiales y de toda confianza. Para las lámparas LED se ubicó un medidor de energía a una de las lámparas a ser estudiadas y luego de un mes de haberlo ubicado se tomaron los datos y se tabularon para obtener el consumo. Se tomaron los datos luego de este tiempo para permitir que las lámparas tomaran un consumo definitivo que se da en promedio luego de 1000 horas de vida.

#### **3.1.12.2 Número de lámparas.**

Este dato se lo obtuvo contando las luminarias de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua en la cual hay un total de lámparas de 150 W de vapor de sodio y remplazarlas con lámparas de LED.

#### **3.1.12.3 Obtención de la carga útil.**

Para determinar la carga útil se necesita aplicar la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{N_L * P}{1000}$$

*Donde:*

*Q = Carga instalada*

*N<sub>L</sub> = Número de lámparas*

*P = Potencia de las Lámparas*

#### **3.1.12.4 Determinación del consumo total de energía**

Para la obtención del consumo de energía se aplica la ecuación:

$$C = \frac{Q * N_d * F_m * F_u * 24}{1 - P_R}$$

Donde:

*C = Consumo mensual*

*Q = Carga instalada*

*N<sub>d</sub> = Número de días del mes*

*F<sub>m</sub> = Factor de mantenimiento*

*F<sub>u</sub> = Factor de utilización*

*1 - P<sub>R</sub> = Eficiencia*

### **3.1.12.5 Determinación del costo mensual de la energía.**

Mediante los datos obtenidos anteriormente se puede obtener el consumo mensual (en dólares) de alumbrado público en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

### **3.1.12.6 Toma de datos de consumo.**

Se tuvieron los siguientes resultados:

#### **Lámparas de vapor de sodio de 150W**

Para estas lámparas el valor real de consumo fue de 6,61 W, esto principalmente debido al consumo de los balastos, iniciadores y transformadores que componen la luminaria..

#### **Lámparas de LED de 90W**

Estas lámparas presentaron un consumo de 3,21W, este aumento del consumo se debió al mismo medidor utilizado para obtener los datos. Al inicio del análisis y luego al final después de más de 1000 horas de vida. El tiempo fue de 5 días correspondientes a 70 horas.

#### **Número de lámparas.**

El número de lámparas de 150W en la Calle 24 de Mayo son 20

### 3.13 Obtención de la carga útil real

Aplicamos la ecuación con los siguientes datos:

$Q$  = Carga instalada

$N_L$  = Número de lámparas 20

$P$  = Potencia de la lámpara

Para la lámpara de vapor de sodio tenemos

$$Q = \frac{N_L * b}{1000} = \frac{20 * 150}{1000} = 3 \text{ KW}$$

Para la lámpara de Led tenemos

$$= \frac{N_L * b}{1000} = \frac{20 * 90}{1000} = 1,8 \text{ KW}$$

## **CAPÍTULO IV**

### **4. Propuesta**

#### **4.1 Nombre de la propuesta**

Plan de mejoramiento del alumbrado público mediante la sustitución de luminarias LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua

#### **4.2 Justificación**

Todos los usuarios por derecho y necesidad deben ser abastecidos por energía eléctrica por lejana o cercana que la carga se encuentre ubicada. Este abastecimiento debe ser de buena calidad y continúa. En la actualidad algunos de los sectores carecen de servicio eléctrico, o cuentan con un servicio eléctrico de pésima calidad, lo que incide en que se maximicen los peligros lo cual provoca que los peligros afecten la integridad de los habitantes de la calle.

La importancia que tiene el plan de mejoramiento mediante la sustitución por luminarias LED realizado en la calle “24 de Mayo”, es para contribuir al crecimiento y desarrollo de los usuarios como sociedad, dando solución a los problemas que se presentan a diario, a través de recomendaciones profesionales que permitan mejorar la calidad del servicio de alumbrado público.

El propósito de este trabajo de investigación, es realizar un plan de mejoramiento mediante la sustitución de luminarias LED, para poder proponer nuevas tecnologías que mejoren la calidad de este servicio a través del desarrollo eficiente de las actividades que realizan a diario los usuarios de la Avenida “24 de Mayo” del Cantón Tosagua.

#### **4.3 Objetivo**

Proponer el uso de luminarias LED en el alumbrado público de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua

#### **4.4 beneficiarios**

Los beneficiarios de este proyecto son los usuarios de la Calle 24 de Mayo.

#### **4.5 Resultados esperados**

Lograr que a través de este proyecto se pueda obtener el cambio de las luminarias de vapor de sodio por luminarias LED ya que con esta nueva tecnología se logra mejor la luminancia y ahorro económico para el estado ecuatoriano y por ende a los ciudadanos de este país y en especial a los usuarios de la Calle 24 de Mayo porque se reduce el consumo de alumbrado público.

#### **4.6 Descripción de la actividad**

Las autoridades de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí deben realizar la siguiente actividad de hacer conocer a la CNEL-EP el análisis realizado por actores de este trabajo de investigación para que revisen las ventajas y desventajas que tiene la luminaria de vapor de sodio verso la luminaria LED y realicen el cambio que es conveniente.

#### **4.7 Beneficios de la implementación del sistema de iluminación LED para el para el Cantón Tosagua**

##### **4.7.1 Económicos**

Los resultados obtenidos en la página demuestran que, aunque la inversión inicial debido a la compra de las luminarias LED es muy alta, la recuperación se da en muy poco tiempo y el ahorro año a año es aproximadamente la mitad.

La proyección del precio de la energía demuestra que este aumentará a lo largo del tiempo ya que su demanda es muy alta y los recursos naturales se estarán agotando. Esto hace que el gasto en dinero debido al precio de la energía sea muy alto.

Para las dos aplicaciones viales calculadas, el retorno sobre la inversión se da alrededor del año 8, de ahí en adelante se genera un ahorro energético que libra la inversión.

Otro factor de alta importancia, es que, al cambiar las luminarias actuales por LED, se está dejando de pagar una gran cantidad de dinero por los reemplazos que se tendrían que hacer por la sustitución de las lámparas de sodio de alta

presión, las cuales tienen una vida útil de aproximadamente 2 años y medio, cosa que ocurre para las lámparas LED cada 15 años aproximadamente.

#### 4.7.2 Ambientales

La electricidad, representa en los países desarrollados aproximadamente una tercera parte del consumo energético. De esta tercera parte el 25% está destinado a la iluminación. Los costos de la iluminación pueden llegar a ser hasta un 80% y 90% del costo energético en aplicaciones comerciales.

La eficiencia de las tecnologías de iluminación tradicionales es muy baja ya que solo convierten del 15% al 2% en los peores casos de la energía utilizada en iluminación, el resto es disipada en calor. Esto significa que utilizando la nueva tecnología de luminaria LED no habrá mayor afectación al medio ambiente.

#### 4.7 Presupuesto

El presupuesto se lo realiza con una luminaria LED y se detalla en la siguiente tabla

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE PARALELO TOSAGUA					
PROPUESTA POR: LUIS MIGUEL ENCALADA GARCÉS					
PROYECTO: PLAN DE MEJORAMIENTO DE ALUMBRADO PÚBLICO MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN POR LUMINARIAS LED					
UBICACIÓN: CALLE 24 DE MAYO					
CANTÓN: TOSAGUA					
ITEMS	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	Luminaria LED 90 W 220 V completa	U	20,00	\$413,76	\$8275,20
				SUBTOTAL	\$8275,20
				12% IVA	\$993,02
				<b>TOTAL</b>	<b>\$9268,22</b>

**Tabla N° 4.1: Presupuesto**

#### 4.8 Análisis de costos unitarios

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE PARALELO TOSAGUA					
PROPUESTA POR: LUIS MIGUEL ENCALADA GARCÉS					
PROYECTO: PLAN DE MEJORAMIENTO DE ALUMBRADO PÚBLICO MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN POR LUMINARIAS LED					
UBICACIÓN: CALLE 24 DE MAYO					
CANTÓN: TOSAGUA					
<b>Análisis de Precios Unitarios</b>					
RENDIMIENTO R=					2,00
RUBRO : LUMINARIA CON LÁMPARAS LED 90 W 220 V					U/h
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	COSTO/UNIT.	%
	A	B	C=A*B	D=C/R	
HERRAMIENTAS MENORES	1	\$1,69	\$1,69	\$0,84	0,25
Escalera	1	\$1,50	\$1,50	\$0,75	0,23
			<b>PARCIAL M</b>	<b>\$1,59</b>	<b>0,48</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HOR	COSTO/HORA	COSTO/UNIT.	%
	A	B	C=A*B	D=C/R	
Inspector de Obra	1	\$3,66	\$3,66	\$1,83	0,55
Técnico Liniero Electricista	1	\$3,30	\$3,30	\$1,65	0,50
Ayudante	1	\$3,26	\$3,26	\$1,63	0,49
Peón	1	\$3,26	\$3,26	\$1,63	0,49
			<b>PARCIAL N</b>	<b>\$6,74</b>	<b>2,04</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL	%
Luminaria con lamparas LED de 90W potencia	U	1,00	\$310,00	\$310,00	93,65
Conductor Concentrico Cu 2x12 AWG	m	7,00	\$1,20	\$8,40	2,54
Conector Dentado Estancado 10 a 95 mm2 (7-4/0AWG)	U	2,00	\$1,90	\$3,80	1,15
			<b>PARCIAL O</b>	<b>\$322,20</b>	<b>97,34</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA TM/KM	COSTO TOTAL	%
	TM(A)	KM(B)	DMT(C)	D=A*B*C	
Luminaria con lamparas LED de 90W potencia	0,0075	91,80	\$0,65	\$0,45	0,14
Conductor Concentrico Cu 2x12 AWG	0,0001827	91,80	\$0,65	\$0,01	0,00
Conector Dentado Estancado 10 a 95 mm2 (7-4/0AWG)	0,0003	91,80	\$0,65	\$0,02	0,01
			<b>PARCIAL P</b>	<b>\$0,48</b>	<b>0,14</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS(M+N+O+P)</b>				<b>\$331,01</b>	<b>100,00</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
COSTOS DIRECCIÓN TÉCNICA 25%				\$82,75	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>				<b>\$413,76</b>	
<b>UNITARIO PROPUESTO \$</b>				<b>\$413,76</b>	

Tabla N° 4.2: Análisis de luminarias con lámparas LDE de 90 W 220 V

## CONCLUSIONES

- La mayoría de países del mundo están apostándole a la tecnología LED para el alumbrado público debido a los grandes beneficios que esta presenta en cuanto al consumo energético, larga vida útil, calidad de la iluminación y escasa o nula presencia de componentes contaminantes en su cuerpo
- El precio de la energía de acuerdo con su comportamiento histórico, pronostica un aumento significativo lo cual genera un mayor ahorro total a futuro, por lo que, los beneficios económicos debido a la implementación de la iluminación LED podrán servir para la inversión en nuevas tecnologías que mejoren las condiciones ambientales y sociales del mundo la iluminación a base de LED proporcionará para los transeúntes y conductores una mayor seguridad debido a una mejor iluminación.
- Debido a la cantidad de factores que intervienen dentro del análisis de iluminación para el alumbrado público determina el costo del mismo, si bien los costos de adquirir las lámparas de LED son más elevados, se disminuyen los costos de operación, mantenimiento, y sobre todo tener en cuenta que alcanzan un ahorro del 50% de energía eléctrica.
- El Cantón Tosagua presentará una menor contaminación ya que se reducirán los desechos con componentes tóxicos como el mercurio contenidos por las lámparas de sodio que se desechan aproximadamente cada 2 años y medio.
- Debido a la baja emisión de calor por la utilización de lámparas LED en Tosagua, se reducirá el impacto térmico que tanto contribuye al calentamiento global.
- El análisis de la viabilidad técnica del presente estudio determinó que es totalmente apropiado el uso de luminarias de LED externa para el alumbrado público, gracias a las características de las mismas.

## RECOMENDACIONES

A las autoridades de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, para que a través de sus administrativos realicen las gestiones pertinentes a CENEL-EP para la implementación de luminarias LED. A los estudiantes futuros de ingeniería eléctrica que mantengan esta investigación presente y sigan proponiendo a las entidades pertinente las instalaciones de luminarias LED.

- Para futuras contrataciones de las entidades competentes se recomienda que en los términos de referencia de las convocatorias o licitaciones se incluya como requisito necesario que las lámparas a utilizar sean con tecnología LED.
- Se recomienda a la CENEL-EP iniciar un proceso de cambio de las luminarias actuales por luminarias LED. Este proceso de cambio se realizará progresivamente de tal manera que cada año se incluya en el presupuesto una partida para tal fin.
- Por parte de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, se debe sugerir a los gobernantes de turnos municipales que gestionen el cambio de las luminarias actuales por luminarias LED ahorradoras de energía.
- Implementar un sistema de alumbrado público mediante el uso de la tecnología de LED, gracias a los beneficios que ofrece, como ya se ha hecho en otros países del mundo
- A los estudiantes de ingeniería eléctrica elaborar proyectos a nivel nacional como política de estado de ahorro energético, con una normativa de la implementación progresiva en todo el país como son las luminarias LED.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Alcalde, P. (2011), Electrotecnia 2 BACH, Editorial Paraninfo, ISBN 8497328612, 978844732861.6
- Balcells, J., (1990), Eficiencia en el uso de la Energía Eléctrica
- Balcells, J., Autonell, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., García, B., Ros, J., Sierra, J., (2011). Eficiencia en el uso de la Energía Eléctrica.
- Basantes, M (2008), Diseño de la Red de distribución eléctrica del Barrio “La Garzota”, Parroquia Chillogallo, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,
- Cortes, M., (1994), La máquina eléctrica en general, Reverte ISBN 8471460211, 97884714602219.
- Coto, (2002)., Redes eléctricas
- Croft, T., Carr, Clifford, Watt, J. (1974) Manual del montador electricista, Reverte, ISBN 8429130152, 9788429130157
- Enríquez, G. (2006), El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, Editorial Limusa, ISBN 9681860500, 9789681860509
- Ibarra. A, Míguez, Torres, Del Valle, (2008), Diccionario de física, Editorial Complutense, ISBN 8474918103, 9788474918106.
- Fournier, L., (1983) Recursos Naturales, EUNED, ISBN 9977640181, 9789977640181
- Herranz, G., (1980), Convertidores electromecánicos de energía, Marcombo, ISBN 842670400X, 9788426704009.
- Hernández, A. (2008) Control automático del sistema de iluminación de aulas, Universidad Tecnológica del Valle de Mezquital, Ixmiquilpan, Tesis.

- Harper E., (2002), Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, Editorial Limusa, ISBN 9681861523, 9789681861520.
- International Commission on Illumination Cie, (1995), Recommendations for the lighting of roads for motor and Pedestrian Traffic, Publication No. 115.
- Mujal, R., (2003) Tecnología eléctrica, Universidad Politécnica de Catalunya, ISBN 8483017164, 9788483017166
- Equinoccio, (2008), Proyecto del sistema de distribución eléctrico. Procesamiento e interpretación, ISBN 9802372242, 9789802372249.
- Enríquez, G (1999), El ABC de la Calidad de la Energía eléctrica, México, Editorial. Limusa.
- Enríquez, G., (2006), El ABC del alumbrado y las Instalaciones electricas en baja tensión, Editorial Limusa, ISBN 9681860500, 9789681860509
- Garcia, J. (2006), Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tension, Editorial Paraninfo, ISBN 848331901, 9788428331906
- Kruger, A. (2012) Green Building: Principales and Practices in Residencial Construcción, Cengage Learning, ISBN 1285225929 9781285225920
- Labour (2004), Lista de comprobación ergonómica: soluciones prácticas y de sencilla aplicación para mejorar la seguridad, la salud y las condiciones de trabajo, ISBN 8474255732, 9788474255737
- Montecelos, J., (2015), Subestaciones Eléctricas, Ediciones Paraninfo S.A., ISBN 8428337179,9788428337175
- Moreno. J., Romero, M. (2009), Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior: y sus instrucciones técnicas complementarias.

- Pallas, P. (1993), Adquisición y distribución de señales, Marcombo, ISBN 8426709184, 9788426709189
- Ramírez. J., (2004), Redes de Distribución de energía, Universidad Nacional de Colombia (Manizales), ISBN 9589322876, 9789589322864
- Rivier, J., (2000), Calidad del servicio: regulación y optimización de inversiones, Universidad Pontifica Comillas, ISBN 8489708886, 9788489708884.
- Reverte (1987) Instalaciones deportivas: Proyecto, construcción y mantenimiento, ISBN 8471462559, 9788471462558
- Tubón, S. Rommel, F. (2003) Estrategias para el manejo de la Demanda del Sistema de Alumbrado Público, Quito, EPN, Tesis.
- Zabalza, I. (2010), Metodologías de análisis para la Calificación Energética de Edificios (Serie Eficiencia Energética), Universidad de Zaragoza, ISBN 8415031793, 9788415031796

# **ANEXOS**



**FORMULARIO DE ENCUESTA DIRIGIDA A LOS HABITANTES DE LA CALLE  
24 DE MAYO DEL CANTÓN TOSAGUA**

**ANEXO N° 1**

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ  
EXTENSIÓN CHONE  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Formulario de encuesta**

**Dirigida a:** Habitantes de la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua

**Objetivo:** Realizar un Plan de mejoramiento del alumbrado público mediante la sustitución de luminarias LED en la Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua.

**Instrucciones:** Mucho agradeceré se sirva responder con sinceridad marcando con una X dentro del paréntesis de la alternativa de su elección.

**Cuestionario de preguntas**

**1. ¿Considera usted importante contar con un servicio de alumbrado público de óptima calidad?**

- a. Mucho ( )
- b. Poco ( )
- c. Muy poco ( )
- d. Nada ( )

**2. ¿El servicio de alumbrado público en la calle funciona con normalidad?**

- a. Totalmente ( )
- b. Medianamente ( )
- c. Regularmente ( )
- d. insuficientemente ( )

**3. ¿Se siente usted seguro mientras utilizada el servicio de alumbrado público, especialmente en horas pico?**

- a. Completamente ( )
- b. Regularmente ( )
- c. Normalmente ( )
- d. Escasamente ( )

**4. ¿Existe zonas oscuras en su calle, donde no llega la luz de las lámparas?**

- a. Todas ( )
- b. Algunas ( )
- c. Ninguna ( )
- d. No se ( )

**5. ¿Ha sido víctima de algún asalto a causa de la existencia de zonas oscuras en la calle donde vive?**

- a. Mucho ( )
- b. Poco ( )
- c. Muy poco ( )
- d. Nada ( )

**6. ¿Se han producidos accidentes automovilísticos (atropellos, choques, muertes entre otros), a causa de la falta de iluminación?**

- a. Frecuentemente ( )
- b. A veces ( )
- c. Nunca ( )
- d. No se ( )

**7. ¿Cree usted que es necesario implementar más lámparas para el alumbrado público?**

- a. Muchas ( )
- b. Pocas ( )
- c. Muy pocas ( )
- d. Ninguna ( )

**8. ¿Conoce usted el funcionamiento de las luminarias Led**

- a. Totalmente ( )
- b. Regularmente ( )
- c. Escasamente ( )

**9. ¿Le gustaría que se mejore la deficiente iluminación del alumbrado público, mediante la implementación de nuevas luminarias que permitan el ahorro d energía?**

- a. Mucho ( )
- b. Poco ( )
- c. Muy poco ( )
- d. Nada ( )

**10. ¿Considera usted que un Plan de mejoramiento del Alumbrado público con luminarias LED, se soluciona la deficiente iluminación de la Calle 24 de mayo del Cantón Tosagua?**

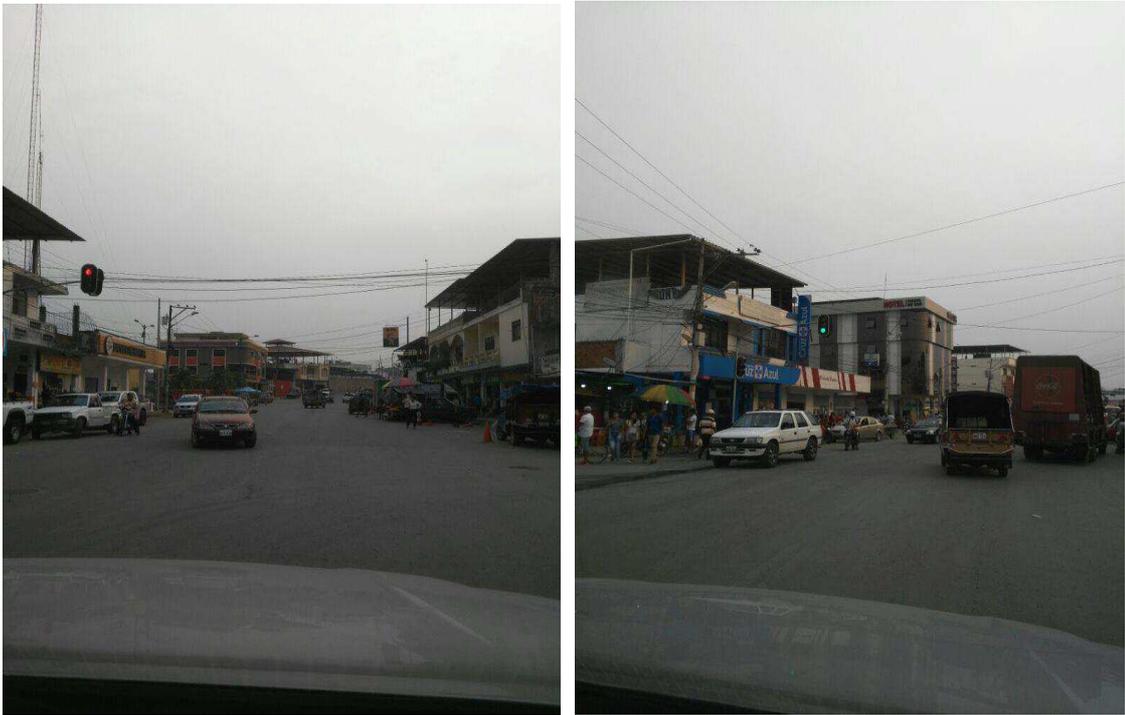
- a. Totalmente ( )
- b. medianamente ( )

**Gracias por su aporte y colaboración.**

**CALLE 24 DE MAYO DEL CANTÓN TOSAGUA EN DIFERENTES LUGARES  
ANEXO N° 2**



Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua



Calle 24 de Mayo del Cantón Tosagua desde otro punto de vista

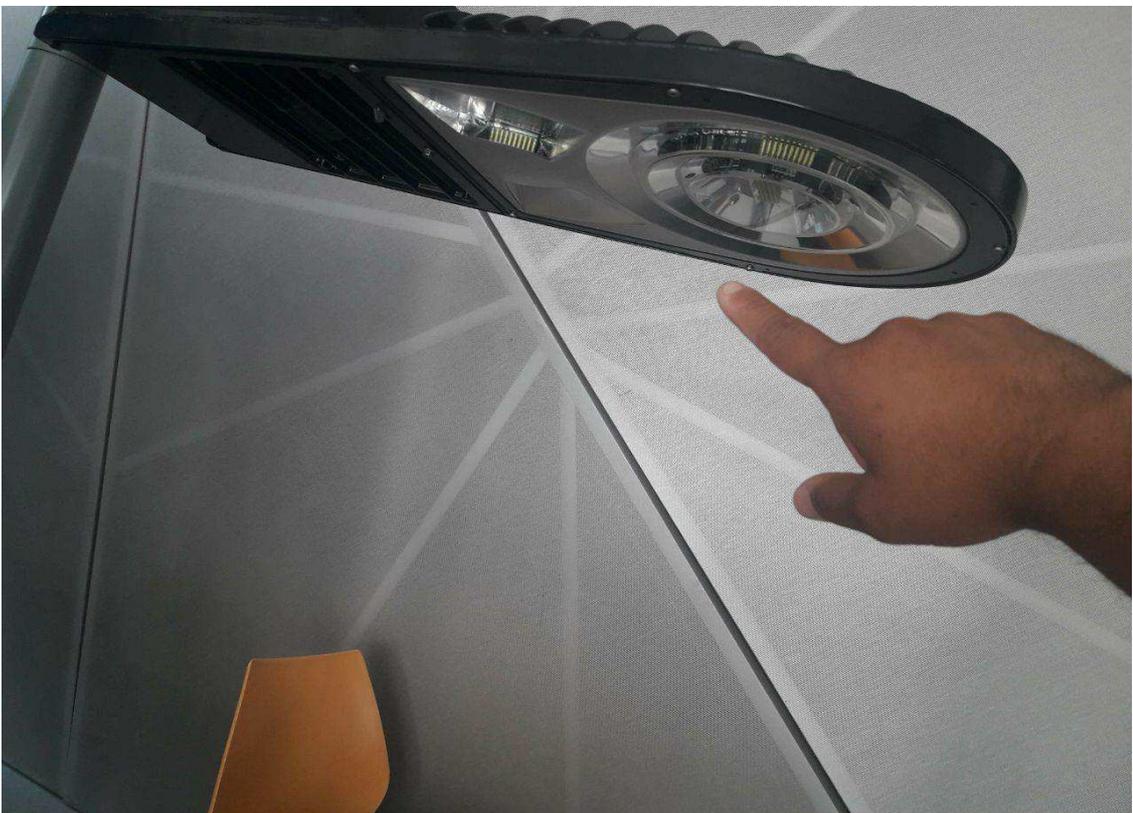
Investigador Luis Miguel Encalada Garcés realizando encuestas en la calle 24 de Mayo del cantón Tosagua



## LUMINARIAS LEED



Investigador Luis Encalada señalando Luminarias LED



Investigador Jorge Cedeño señalando una Luminarias LED

## MAPA SATELITAL DE LA CALLE 24 DE MAYO DEL CANTÓN TOSAGUA

### ANEXO N° 3

