



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**Proyecto de Investigación y Desarrollo en Opción al  
Grado Académico de Magister En Gestión de Energías**

**Título:**

---

**“EVALUACIÓN AL USO DE LUMINARIAS DE BAJA EFICIENCIA,  
QUE INCIDEN EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA RED DE  
ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA TSAFIQUI DE LA CIUDAD  
DE SANTO DOMINGO, EN EL AÑO 2017, DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
ILUMINACIÓN LED”**

---

**Autor: Ing. Rennys Fabián Granja Navarrete**

**Tutor: PhD. Iliana González Palau**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**MARZO – 2017**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

---

## AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Granja Navarrete Rennys Fabián, con el título del proyecto de investigación y desarrollo: **“EVALUACIÓN AL USO DE LUMINARIAS DE BAJA EFICIENCIA, QUE INCIDEN EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA TSAFIQUI DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO, EN EL AÑO, DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de defensa del proyecto de investigación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga marzo 2017.

Para constancia firman:

.....  
PhD. Secundino Marrero Ramírez  
PRESIDENTE

.....  
Msc. Manuel León Segovia  
MIEMBRO

.....  
PhD. Enrique Torres Tamayo  
MIEMBRO

.....  
PhD. Ángel Hernández Salvador  
OPONENTE



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

## AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Latacunga, Marzo del 2017

En mi calidad de Director de proyecto de investigación y desarrollo presentada por el Ing. Rennys Fabián Granja Navarrete, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“EVALUACIÓN AL USO DE LUMINARIAS DE BAJA EFICIENCIA, QUE INCIDEN EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA TSAFIQUI DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO, EN EL AÑO, DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

-----  
PhD Iliana González Palau

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## **AUTORÍA**

Yo, Granja Navarrete Rennys Fabián, portador del número de cédula 170956286-0, declaro que el presente Proyecto de Investigación de Grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente

-----  
Rennys Fabián Granja Navarrete  
C.I. 170956286-0

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento eterno al cuerpo docente y administrativo de la Maestría en Gestión de Energías, cohorte 2014 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, especialmente Miembros del Tribunal de Grado, que con sus observaciones contribuyeron al mejoramiento de este proyecto de Investigación: PhD. Secundino Marrero Ramírez, PhD. Enrique Torres Tamayo, Msc. Manuel León Segovia, PhD. Ángel Hernández Salvador y especialmente a mi tutora, PhD Iliana González Palau, por apoyo y guía incondicional en el desarrollo de esta investigación.

Fabián

## **DEDICATORIA**

A Viviana y Gabriela, con mucho amor y esfuerzo de parte de su padre.

Fabián

## RESUMEN

En la presente investigación se evalúa el consumo energético de luminarias, consideradas de baja eficiencia luminosa existentes en la red de alumbrado público de la Avenida Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo, provincia de Santo Domingo Tsachilas. El proceso de evaluación, inicio con el levantamiento de su infraestructura vial y equipamiento eléctrico, a continuación se procede con la medición de sus parámetros eléctricos y fotométricos, utilizando los siguientes equipos de medición: Medidor eléctrico KV2c, Analizador de calidad de energía AEMC 3945-B, Luxómetro Tenmers TM-204 y Luminancímetro LS-150. Con los datos obtenidos y la revisión bibliográfica respectiva, se establece una metodología adecuada se procede al diseño de un sistema de iluminación LED, enmarcado en la regulación CONELEC 005/14, y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069. “Alumbrado Público”, normativas vigentes al respecto en nuestro país, finalmente se procede con el análisis de la factibilidad técnica y económica.

**Descriptores:** Potencial de energía solar, generación de energía fotovoltaica, consumo energético.

## **ABSTRACT**

In the present researching the energy consumption of luminaires, considered of low luminous efficiency there is in the network of public lighting of the Tsafiqui Avenue of the city of Santo Domingo, Santo Domingo Tsachilas Province where was done. The evaluation process, starting with the lifting of its road infrastructure and electrical equipment, it is then followed by the measurement of its electrical and photometric parameters, using the following measuring equipment: KV2c electric meter, AEMC 3945- B, TM-204 Tenmers Luxometer and LS-150 Luminance Meter. With the data obtained and the respective bibliographic review, a suitable methodology is established. The design of an LED lighting system, framed in the CONELEC 005/14 regulation, and the RTE INEN 069 "Public Lighting" Technical Regulation, in force, in this regard in our country, finally proceed with the analysis of technical and economic feasibility.

**Key words:** Energy consumption assessment, lighting design for public street lighting.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA .....	i
AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
AUTORÍA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
Situación Problemática.....	1
Justificación de la Investigación.....	2
Objeto y problema de la investigación .....	3
Campo de acción y objetivo general de la investigación.....	4
Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación .....	4
Sistema de tareas señalando los métodos, procedimientos y técnicas que concretan las acciones en cada tarea .....	5
Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación.....	6
Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación.....	7
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>9</b>
MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO .....	9
1.1. Caracterización detallada del objeto.....	9
1.2. Fundamentación Teórica .....	10
1.3. Fundamentación Legal .....	34
1.4. Definición de términos básicos.....	36
1.5. Bases Teóricas Prácticas de la Investigación desarrolladas en Ecuador .....	38

<b>CAPÍTULO 2</b> .....	41
METODOLOGÍA.....	41
Modalidad de la investigación.....	41
2.1. Diseño de la investigación.....	41
2.2. Modalidad de Campo.....	41
2.3. Modalidad Bibliográfica Documental .....	41
2.4. Modalidad Proyecto Factible.....	42
2.5. Forma de Investigación .....	42
2.6. Tipo de investigación.....	42
2.7. Metodología de la Investigación.....	42
2.8. Población y muestra.....	43
2.9. Operacionalización de variables.....	44
2.10. Instrumentos de la investigación. ....	46
2.10.1. Luxómetro Tenmars TM-204. ....	47
2.10.2. Luminancímetro LS 150. ....	47
2.10.3 Medidor eléctrico kV2c. ....	48
2.10.4 Analizador de calidad de energía eléctrica AEMC Modelo 3945-B .....	49
2.10.5 GPS GARMIN etrex.....	50
2.11. Métodos y técnicas. ....	50
2.12. Procedimiento.....	51
2.12.1.- Delimitación del campo de estudio. ....	51
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	54
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	54
3.1.- Implantación vial Avenida Tsafiqui.....	54
3.2. Medición y evaluación al consumo de transformadores eléctricos. ....	55
3.2.1.- Medición al consumo de transformadores eléctricos. ....	55
3.2.2.- Evaluación al consumo de energía de los transformadores eléctricos. ....	63
3.3. Medición y evaluación al consumo eléctrico de las luminarias. ....	67
3.3.1- Medición eléctrica de las luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui. ....	67

3.3.2.- Evaluación al consumo de energía de luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui. ....	73
3.3.3- Medición eléctrica de las luminarias Led. ....	76
3.3.4.- Evaluación al consumo de energía de luminaria led. ....	79
3.4.1.- Mediciones fotométricas. ....	82
3.4.1.1.- Iluminancia. ....	82
3.4.1.1.2.- Iluminancia semicilíndrica 1,5m por encima de la superficie de interés. ....	84
3.4.1.1.3.- Campo de cálculo de la iluminancia ....	85
3.4.1.1.4.- Posición de puntos de cálculo. ....	85
3.4.1.1.5.- Mediciones de la Iluminancia de las luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui. ....	86
3.4.1.2.- Mediciones de la luminancia de las luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui. ....	89
3.4.1.2.1.- Campo de cálculo de la luminancia. ....	89
3.4.1.2.2.- Posición de puntos de cálculo. ....	89
3.4.1.2.3.- Posición de puntos de cálculo en un carril. ....	90
3.4.2- Evaluaciones fotométricas. ....	93
3.5. Impacto ambiental ....	98
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>99</b>
LA PROPUESTA .....	99
4.1.- Título .....	99
4.2- Justificación .....	99
4.3.- Objetivo General .....	99
4.4. Estructura de la propuesta. ....	99
4.5. Desarrollo de la propuesta .....	100
4.5.1.- Interpretación corte transversal de la Av. Tsafiqui .....	101
4.5.2.- Determinación tipo de vía (M) .....	102
4.5.3.- Niveles de Iluminación según tipo de vía .....	104
4.5.5.- Características de la luminaria Led .....	105
4.5.6.- Resultados Simulación en el software Ulysse 3 .....	107
4.5.6.1.- Luminancia: .....	107

4.5.6.2.- Iluminancia:.....	107
4.5.7.- Cuadro de resultados fotométricos.....	107
4.5.8.- Análisis económico. ....	108
4.5.8.1.- Ahorro en potencia. ....	108
4.5.8.2.- Ahorro en el consumo de energía.....	109
4.5.8.3.- Ahorro por mantenimiento. ....	111
4.5.8.4.- Ahorro por emisiones de CO2.....	111
4.5.8.5.- Valor residual de las luminarias que se retiran. ....	112
4.5.8.6.- Reducción de pérdidas técnicas.....	113
4.6.- Eficiencia luminosa. ....	113
4.7.- Defición y análisis de los resultados económicos VAN y TIR. ....	117
4.7.1.- Definición del VAN y TIR.....	117
4.7.1.1.- Valor actual neto (VAN).....	117
4.7.1.2.- Tasa Interna de Retorno (TIR). ....	118
4.7.2.- Análisis de resultados VAN y TIR.....	119
4.7.2.- Análisis de costo/beneficio.....	120
CONCLUSIONES GENERALES .....	121
RECOMENDACIONES .....	124
BIBLIOGRAFÍA .....	125
ANEXOS .....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Espectro electromagnético visible.....	12
Figura 1.2. Curva de eficacia luminosa relativa espectral $V(\lambda)$ .....	13
Figura 1. 3. Diagrama de cromaticidad .....	15
Figura 1. 4. Representación de la intensidad luminosa .....	17
Figura 1. 5. Representación de la Iluminancia .....	18
Figura 1. 6. Representación de la Luminancia .....	19
Figura 1. 7.- Curva Isolux AMBAR 3-Na-250W .....	21
Figura 1. 8.- Diagrama polar/ cartesiano de Led Voltana 5 .....	21
Figura 1.9. Circuito eléctrico de polarización de un LED.....	24
Figura 1.10. Efecto electroluminiscencia de un LED.....	25
Figura 2.1.- Vista frontal luxómetro .....	47
Figura 2.2.- Vista lateral luminancímetro LS 150 .....	48
Figura 2.3.- Medidor eléctrico KV2c .....	49
Figura 2.4.- Analizador de calidad de energía eléctrica Modelo 3945-B.....	49
Figura 2.5.-Vista GPS Garmin extrex .....	50
Figura 2.6.-Ubicación satelital de la ciudad de Santo Domingo .....	52
Figura 2.7.- Ubicación geográfica de la Avenida Tsafiqui.....	52
Figura 2.8.- Fotografía de la Avenida Tsafiqui .....	53
Figura 3.1. Implantación Avenida Tsafiqui.....	55
Figura 3.2. Diagrama Unifilar .....	56
Figura 3.3. Ubicación CT111825 .....	57
Figura 3.4. Ubicación CT111835 .....	57
Figura 3.5.- Ubicación CT111825 .....	58
Figura 3.6. Curva consumo de energía diaria y mensual.....	59
Figura 3.7. Curva demanda máxima diaria y mensual .....	60

Figura 3.8. Curva de consumo diario de los transformadores CT11825-CT11835-CT109610.....	61
Figura 3.9. Fotografía instalación del medidor eléctrico KV2c en el transformador eléctrico CT11825 .....	62
Figura 3.10. Fotografía bajando datos medidor eléctrico KV2c .....	62
Figura 3.11. Circuito de alumbrado público CT11825.....	63
Figura 3.12. Circuito de alumbrado público CT11835.....	63
Figura 3.13. Circuito de alumbrado público CT109610.....	64
Figura 3.14. Variación del voltaje con la potencia activa luminarias 250 W-Na.....	69
Figura 3.15. Curva característica voltaje Vrms- Data View.....	73
Figura 3.16. Curva característica potencia luminaria 250W-Na-Data View.....	75
Figura 3.17. Curva característica energía luminaria 250W-Na-Data View .....	75
Figura 3.18. Tendencia lineal de voltaje / potencia activa led .....	77
Figura 3.19. Curva característica potencia luminaria LED 182.9 W-Na-Data View.....	80
Figura 3.20. Curva característica energía luminaria LED 182,9 W-Na-Data View.....	81
Figura 3.21. Parámetros para calcular la iluminancia en el punto P .....	83
Figura 3.22. Ángulos utilizados en el cálculo de la iluminancia semicilíndrica. ....	84
Figura 3.23.- Campo de cálculo típico de la carretera iluminancia.....	85
Figura 3.24.- Campo de cálculo típico iluminancia de la Av. Tsafiqui.....	86
Figura 3.25. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P1312-P1313 .....	87
Figura 3.26. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P1410-P1411 .....	88
Figura 3.27. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P2132-P2131.....	88
Figura 3.28. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P2132-P2131.....	88
Figura 3. 29. Campo de cálculo de luminancia de una calzada.....	89
Figura 3.30.- Posición de puntos de cálculo en un carril luminancia.....	90
Figura 3.31. Puntos de cálculo y medición de Luminancia Av. Tsafiqui.....	91
Figura 3.32. Detalle mediciones de luminancia tramo P1312-P1313. ....	92
Figura 3.33. Detalle mediciones de luminancia tramo P1410-P1411 .....	92
Figura 3.34. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P2132-P2131.....	93

Figura 3.35. Factor de conservación, manual de iluminación .....	95
Figura 4.1. Vista Asistente Ulysse 3- Diseño Led Av. Tsafiqui .....	101
Figura 4.2. Vista Asistente Ulysse 3- Diseño Led Av. Tsafiqui .....	102
Figura 4.3. Detalle montaje luminaria Av. Tsafiqui .....	105
Figura 4.4. Vista lateral de la luminaria led Voltana 5 .....	106
Figura 4.5. Curva Isolux de la luminaria led Voltana 5 .....	106
Figura 4.6. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED, AREA .....	115
Figura 4.7. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED, ILUMINANCIA. ....	115
Figura 4.8. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED, POTENCIA. ....	116
Figura 4.9. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED .....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valores espectral $V(\lambda)$ .....	14
Tabla 1.2. Tipos de lámpara y su índice de reproducción cromática. ....	17
Tabla 1.3.- Principales magnitudes fotométricas.....	19
Tabla 1.4.- Parámetros para selección de la clase de iluminación (M) .....	27
Tabla 1.5.- Niveles de luminancia para tráfico motorizado .....	28
Tabla 1.6.- Niveles de iluminancia para tráfico peatonal .....	29
Tabla 1.7.- Parámetros fotométricos para zonas de conflicto.....	30
Tabla 2.1.- Equipamiento red alumbrado público Av. Tsafiqui.....	43
Tabla 2.2.- Muestra para el proceso de mediciones eléctricas de transformadores.....	44
Tabla 2.3.- Muestra para el proceso de mediciones eléctricas de luminarias.....	44
Tabla 2.4.-Muestra para el proceso de mediciones fotométricas. ....	44
Tabla 2.5- Operacionalización variable independiente .....	45
Tabla 2.6.- Operacionalización variable dependiente .....	46
Tabla 2.7.- Instrumentos de medida utilizados en la tesis. ....	46

Tabla 3.1. Waypoints principales Av. Tsafiqui .....	55
Tabla 3.2. Transformadores alumbrado público Av. Tsafiqui .....	56
Tabla 3.3. Medición en transformadores alumbrado público Av. Tsafiqui.....	59
Tabla 3.4. Consumo de los transformadores alumbrado público Av. Tsafiqui .....	61
Tabla 3.5. Carga y Demanda del alumbrado público Av. Tsafiqui .....	65
Tabla 3.6. Evaluación consumo energía mensual alumbrado público Av. Tsafiqui. ....	66
Tabla 3.7.- Detalle de las luminarias para la medición y evaluación eléctrica.....	67
Tabla 3.8. Detalle de las mediciones parámetros eléctricos de las luminarias de Sodio alta presión.....	68
Tabla 3.9 Coeficiente de correlación recta $y = -0.2x + 237.78$ .....	69
Tabla 3.10. Límites establecidos de THD voltaje .....	70
Tabla 3.11. Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas de Distribución General desde 120V hasta 69kV. ....	71
Tabla 3.12. Evaluación consumo energía periodo de pruebas luminarias de sodio alta presión. ....	74
Tabla 3.13. Detalle de las mediciones parámetros eléctricos de las luminarias led.....	77
Tabla 3.14 Coeficiente de correlación recta $y = 0.2833x + 237.78$ .....	78
Tabla 3.15. Evaluación consumo energía periodo de pruebas luminarias led.....	80
Tabla 3.16. Resumen de resultados de la evaluación luminarias de sodio 250 W y LED 182.9 W .....	81
Tabla 3.17. Detalle de las luminarias para la medición y evaluación fotométrica.....	82
Tabla 3.18.- Detalle de las mediciones de iluminancia de las luminarias de Sodio alta presión. ....	87
Tabla 3.19. Detalle de las mediciones de luminancia de las luminarias de Sodio alta presión .....	92
Tabla 3.20. Datos de las mediciones y cálculos de iluminancia de las luminarias de Sodio alta presión. ....	93
Tabla 3.21. Datos de las mediciones y cálculos de luminancia de las luminarias de Sodio alta presión. ....	94

Tabla 3.22. Datos de la evaluación de la iluminancia y luminancia de las luminarias de Sodio alta presión .....	94
Tabla 3.23. Factor de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL). .....	97
Tabla 3.24. Factor de supervivencia de las lámparas (FSL).....	97
Tabla 3.25. Factor de depreciación de la luminaria considerando protección sistema óptico (FDLU). .....	97
Tabla 3.26.-Código de protección IP.....	98
Tabla 4.1. Parámetros para selección de la clase de iluminación (M).....	103
Tabla 4.2. Parámetros Fotométricos vía clase M2.....	104
Tabla 4.3.- Resultados norma/ diseño .....	107
Tabla 4.4.- Resultados de diseño luminancia .....	108
Tabla 4.5.- Datos de Potencia Nominal y Pérdidas Luminarias de Sodio y LED. ....	109
Tabla 4.6.- Datos de factibilidad del proyecto.....	123

## **Situación Problemática**

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM, 2005, pág. 14), señala que “la iluminación representa el 19% del consumo mundial de electricidad y el 14% en la Unión Europea, mientras que la totalidad del alumbrado exterior supera en España un 1,35% del consumo total de energía eléctrica, correspondiendo al alumbrado de autovías y carreteras un 0,4%”. Consumo que implica a su elevado costo, tanto económico como ecológico”, y en nuestro país el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER, 2013, pág. 2), “este servicio es fundamental, en cuanto a movilidad, ornamentación y seguridad para la ciudadanía. Sin embargo, constituye uno de los rubros de consumo energético más importante, según datos obtenidos del Balance Energético Nacional 2013, elaborado por el Ministerio Coordinador de los Sectores Estratégicos (MICSE): El consumo eléctrico en alumbrado público constituyó el 5,68% (189 MW) de la demanda máxima del Sistema Nacional Interconectado y el 4,95% (964 GWh), lo significa una facturación de 104.325,834 USD”.

Con el objetivo de normar los aspectos técnicos, económicos y financieros para la prestación del servicio de alumbrado público, el Concejo Nacional de Electricidad (CONELEC), el 18 de septiembre del 2014, emitió la regulación 005/14, a fin de que este importante servicio se lo preste con calidad, precio justo, promoviendo el ahorro energético y estableciendo que los sistemas iluminación son parte de los proyectos eléctricos de alumbrado público, mismos que deben ser aprobados por las empresas distribuidoras de energía eléctrica, dentro de su área de servicio.

Esta regulación está basada en la norma CIE (Comisión Internacional de Iluminación) No. 140/2000 - cálculo de iluminación de carreteras, en la que se determina los niveles de calidad de los parámetros fotométricos, metodología para la medición y diseño del alumbrado que se utiliza en vías peatonales y vehiculares.

Adicionalmente en julio del 2011, el Ministerio de Industrias y Productividad, aprobó, el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 069 Alumbrado Público, estableciendo así los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación pública.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo, en el año 2004, procedió con el diseño y posterior ejecución de los estudio de ingeniería, impacto ambiental y factibilidad para obras de infraestructura sanitaria, agua potable, instalaciones eléctricas, telefónicas, señalización, paisajismo y asfaltado de la Av. Tsafiqui, su proyecto eléctrico de alumbrado público, considero a las redes eléctricas de medio, bajo voltaje y alumbrado público, misma que está compuesta por dos calzadas laterales de 3 carriles de circulación de 3 m y un parterre central de 4 m, que utiliza luminarias viales de potencia fija de 250 W de sodio alta presión, con una disposición de luminarias tipo doble centrada ubicadas en el parterre central, y una interdistancia de 40 m.

Con estos breves antecedentes la presente investigación, busca determinar que el uso de esas luminarias de baja eficiencia luminosa inciden en el consumo de energía eléctrica en la red de alumbrado público de la Av.. Tsafiqui, surgiendo la necesidad del diseño del sistema de iluminación utilizando luminarias con una alta eficiencia luminosa como son las de tecnología LED (diodo emisor de luz), que cumpla con los requerimientos regulación CONELEC 005/14 y el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 069, aplicando criterios del uso eficiente de la energía eléctrica.

### **Justificación de la Investigación**

A nivel mundial ya se viene utilizando luminarias viales con tecnología Led, “que tienen grandes ventajas energéticas y fotométricas, respecto a luminarias existentes con el mismo tipo de aplicación, con el objetivo de disminuir el consumo energético en las redes de alumbrado público vial”, como lo establece (Shreder, Soluciones de iluminación LED, 2015). A esto se debe agregar que

estas luminarias contienen mercurio, es decir son de bajo impacto ambiental, y por larga vida útil considerando que sus componentes son altamente reciclables como el aluminio, o de larga durabilidad en el tiempo como el vidrio.

La presente investigación busca establecer que en los proyectos de alumbrado público vial, se considere la eficiencia energética, basada en el uso de luminarias de alta eficiencia, rendimiento luminoso cumplimiento así con la regulación CONELEC No. 005/14, Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069, y finalmente con la homologación de las unidades de propiedad (UP), emitidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, determinando la factibilidad técnica para que los distintos proyectos de infraestructura vial que vienen desarrollando las distintas entidades gubernamentales, consideren en los proyectos de alumbrado público con luminarias tipo LED, que garanticen los niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente.

## **Objeto y problema de la investigación**

### **Objeto de estudio de la investigación**

Red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo.

### **Formulación del problema de la investigación**

En concordancia con los párrafos mencionados anteriormente, el investigador plantea la formulación del problema en base a la siguiente.

La baja eficacia luminosa de las luminarias, que inciden en el consumo y la eficiencia energética en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui, de la ciudad de Santo Domingo en el año 2017.

## **Campo de acción y objetivo general de la investigación**

### **Campo de acción de la investigación**

El consumo energético de la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo.

### **Objetivo General de la Investigación**

Evaluar el consumo energético por el uso de luminarias de baja eficiencia luminosa, en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo, durante el año 2017, y proceder a diseñar un sistema de iluminación LED, para disminuir el mencionado consumo.

## **Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación**

### **Hipótesis de la investigación**

Al diseñar e implementar el sistema luminotécnico que reemplace el uso de luminarias de baja eficiencia luminosa, disminuirá el consumo energético en las redes de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo.

### **Desarrollo de la investigación**

La evaluación al consumo energético de la actuales luminarias de la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui, que nos llevará al usar luminarias con tecnología LED, garantizando los niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual de sus usuarios, como la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente.

## **Objetivos específicos**

1. Evaluar el consumo de energía eléctrica y rendimiento lumínico sistema actual de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo.
2. Diseñar un sistema fotométrico de alumbrado público vial utilizando luminarias led, considerando su eficiencia energética y los parámetros establecidos en regulación CONELEC 005/14 y norma RTE INEN 069.
3. Validar la simulación del proyecto fotométrico utilizando el software ULISSE U3, y efectuar la evaluación técnica económica.

## **Sistema de tareas señalando los métodos, procedimientos y técnicas que concretan las acciones en cada tarea**

Este trabajo de investigación se desarrollara con las siguientes modalidades; bibliográfica- documental y experimental, que a continuación se detalla:

### **Bibliográfica- documental:**

Como lo establece (Garcés Paz H, 2000, pág. 70), la investigación bibliográfica “es investigar en los libros con el objeto de obtener un nuevo resultado, dar respuesta alguna pregunta”, se previsto, apoyarse principalmente de trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos sobre el tema.

### **Experimental:**

Como lo establece (Ramirez González, 2003, pág. 47), la investigación experimental “permite establecer causación o relación de causa y efecto de un fenómeno a través de procedimientos controlados donde se manipulan y controlan las variables que ejercen incidencia sobre el fenómeno, se tiene control sobre el tratamiento en estudio”. En este proyecto se medirán los parámetros eléctricos y

fotométricos, tales como; potencia eléctrica (kW), factor de potencia, consumo eléctrico (kWh), iluminancia ( $lx = lm/m^2$ ), iluminancia (Lux), que tendrán incidencia en los en la evaluación al consumo energético y eficiencia luminosa de las actuales luminarias de la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui. La medición de estos parámetros se tiene previsto desarrollar con instrumentación de medidas eléctricas y fotométricas.

En las mediciones eléctricas de las luminarias se utilizarán al medidor eléctrico KV2c, registrando de los parámetros tales como: voltaje, corriente, potencia reactiva, potencia activa y factor de potencia y al analizador de calidad de energía Jr. Modelo 8230 AEMC, conectados en los 3 transformadores que suministran de energía a este sistema de alumbrado público.

En lo referente a las mediciones de los parámetros fotométricos se procederá a sus mediciones de la luminancia con el luminancímetro LS-150, y a la iluminancia con el luxómetro Tenmars.

En la simulación se ha previsto utilizar el software de cálculos luminotécnico que utilice la norma CIE 140/2000, como es el caso del ULYSSE V3, que nos permitirá visualizar en su respectivo informe las diferentes características viales y fotométricas del diseño a implementarse.

### **Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación**

Este proyecto de investigación, en diseña un nuevo sistema de iluminación basado en el uso de luminarias LED, aplicado al uso de luminarias con nuevas tecnologías, tiene un enfoque cuantitativo, ya nos permitirá una reducción del consumo de energía eléctrica, un aumento de los niveles de iluminación, una reducción de las tareas de mantenimiento y, por consiguiente una disminución de las emisiones de dióxido de carbono.

## **Nivel de investigación**

Teniendo en cuenta las acciones claves del objetivo general y los objetivos específicos, se puede decir que esta investigación alcanza hasta el nivel comprensivo propositivo al evaluar al consumo energético de la actuales luminarias de la red de alumbrado público de la Avenida Tsafiqui, que nos llevará al usar luminarias con tecnología LED, garantizando los niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual de sus usuarios, como la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente.

## **Alcance de la investigación**

La presente investigación se centra en evaluar al consumo energético de la actuales luminarias de la red de alumbrado público de la Avenida Tsafiqui, y plantear el uso de luminarias con tecnología LED, que garanticen los niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual, tanto para los conductores y peatones de esta avenida, ya que dicho estudio se analizará con la utilización de instrumentación que permitan obtener datos que luego serán tabulados posteriormente la respectiva simulación en el software de cálculos luminotécnico ULYSSE V3, que utiliza la norma CIE 140/2000.

## **Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación**

La presente investigación tiene como finalidad evaluar el consumo energético por el uso de luminarias de baja eficiencia luminosa, en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo, durante el año 2017, y proceder con el diseño de sistema de iluminación LED, para disminuir el mencionado consumo. Está estructurada en cuatro capítulos distribuidos de la siguiente manera.

Se plantea el problema con su contextualización, análisis crítico, prognosis, control de la prognosis, delimitación temporal y espacial, formulación del problema, justificación y significación, interés, utilidad teórica, práctica y

metodológica, novedad científica, factibilidad, relevancia social. Se formulan los objetivos generales y específicos y el enfoque de la investigación.

**CAPÍTULO I: Marco contextual y teórico**

- A. Caracterización detallada del objeto de la investigación:
- B. Fundamentación Teórica de la Investigación.
- C. Fundamentación legal de la Investigación.
- D. Definición de términos básicos

**CAPÍTULO II: Metodología**

**CAPÍTULO III: Resultados de la investigación**

**CAPITULO IV: Propuesta**

## CAPÍTULO 1

### MARCO CONTEXTUAL Y TEORICO

En este capítulo se establece el marco teórico, los antecedentes, la conceptualización, el marco legal y reglamentario vigente, necesarios para la fundamentación legal del proyecto.

#### **1.1. Caracterización detallada del objeto**

En la actualidad, aproximadamente dos tercios de la iluminación instalada en la Unión Europea utiliza una tecnología anticuada e ineficiente, dando como resultado un considerable consumo eléctrico en iluminación pública, la tendencia en Europa es ir sustituyendo el alumbrado con nuevas tecnologías de iluminación como las que utilizan la tecnología LED, que son más ecológicas con el medio ambiente y de menor consumo energético. Especialmente por el aumento del precio de la energía y el problema del cambio climático.

Como lo establece el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER, 2013, pág. 2), “la tecnología usada comúnmente en las redes de alumbrado público en nuestro país es el sodio de alta presión, que alcanza un promedio del 82%, que radica en el uso de un tipo de lámpara de descarga de gas, , pese que las luminarias con tecnología LED, presentan varias ventajas como el bajo consumo de energía, un mayor tiempo de vida, emisión reducida de calor, no contienen mercurio (componente altamente nocivo para el medio ambiente), el promedio de uso en el sistema de alumbrado público es de 1034 luminarias que representa el 1%”, con este breve antecedente la presente investigación contribuirá con justificación técnica que garantice su uso.

Cabe indicar que para la investigación en el campo de la eficiencia energética en alumbrado público, se requiere de las herramientas de verificación que cuantifiquen los parámetros de las luminarias y de los sistemas de alumbrado, que nos permitan evaluar su desempeño. Por esta razón, el INER desarrolla el

proyecto “Evaluación de la eficiencia energética en Alumbrado Público mediante la implementación de laboratorios”, que tiene como objetivo medir indicadores técnicos aplicando pruebas, ensayos y mediciones a las luminarias e instalaciones de alumbrado, para evaluar y mejorar su eficiencia energética.

Sin embargo en nuestro país el tema de eficiencia energética en alumbrado público es nuevo, hay poca investigación en este campo, existiendo estudios muy puntuales se han desarrollado como: Ordoñez Muñoz Russell Andy “Análisis de costo y ahorro energético con la implementación de luminarias tipo led para alumbrado público en el tramo comprendido entre la Urbanización la Puntilla hasta la Urbanización Villa Italia, UCSG, 2015. (Ordoñez R, 2015).

Landacay Jaramillo Cristian Mauricio, Análisis comparativo de los sistemas de iluminación de estado sólido (LED) utilizados para iluminación eficiente, UTPL, 2011. (Landacay C, 2011).

Arroyo Merchán Andrea Paola, Análisis comparativo de las tecnologías de iluminación tipo inducción y tipo LED para la eficiencia energética en la compañía Celco en la ciudad de Quito, UCSG, 2014. (Arroyo, 2014).

Lojano León Luis Miguel, “Mejoramiento del sistema del alumbrado público de una arteria de circulación vehicular de la ciudad de Cuenca mediante la sustitución por tecnología LED (light emitting diode), U Cuenca, 2014. (Lojano M, 2014).

Conservación y administración de la energía del alumbrado público de Guayaquil, los autores Quichimbo María, Ulloa, Pacheco, ESPOL, 2012, entre otras.

## **1.2. Fundamentación Teórica**

El objetivo fundamental que tiene el alumbrado público, es proporcionar una visibilidad adecuada durante el desarrollo de las actividades de tránsito vehicular como peatonal en vías públicas, parques públicos y demás espacios de libre

circulación. Debe permitir a los peatones y vehículos transitar en la noche con la misma seguridad, comodidad y velocidad como lo hace durante el día. Con este breve antecedente en el presente estudio tiene la siguiente fundamentación teórica:

**Luz.** Sirlin Erlin, señala que, “La luz es una forma de radiación electromagnética, llamada energía radiante, capaz de excitar la retina del ojo humano y producir, en consecuencia, una sensación visual. La energía radiante fluye en forma de ondas en cualquier medio con una dirección determinada (propagación rectilínea), y sólo es perceptible cuando interactúa con la materia, que permite su absorción o su reflejo. Hay entonces un cuerpo emisor de la energía radiante y otro que la recibe. Esta interacción o transferencia de energía de un cuerpo a otro se denomina radiación”, (Sirlin E, 2005, pág. 1).

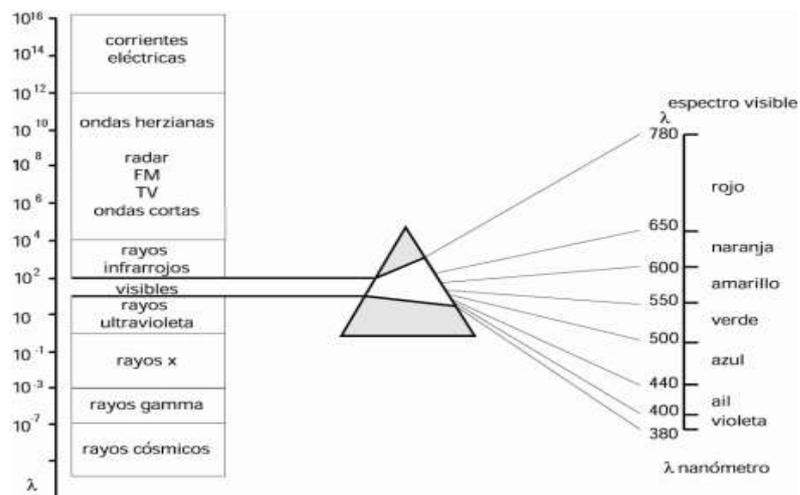
La luz se transmite en el vacío a la velocidad que denominamos velocidad de la luz es de 299.792,458 km/s, comprendiendo diferentes longitudes de onda y frecuencias. Cuando cambia de medio (aire, agua, vidrio, etc.) cambia su velocidad y su longitud de onda, permaneciendo constante su frecuencia.

**Espectro electromagnético.** Como lo establece (Sirlin E, 2005, pág. 1), se denomina “espectro electromagnético al ordenamiento de la energía radiante según la longitud de onda o la frecuencia. Se extiende desde longitudes de onda de  $10^{16}$  hasta 105 metros”. En el extremo de las frecuencias más altas (onda corta) de mayor energía están los rayos cósmicos (emitidos durante reacciones nucleares). En el otro extremo se encuentran las ondas largas, utilizadas para comunicaciones de radio, que van de unos milímetros a kilómetros de longitud de onda. Entre estos extremos están los rayos X, los UV (ultravioleta), los visibles y los IRC (infrarrojos). Los últimos tres son los de mayor importancia en el campo de la iluminación.

**Espectro electromagnético visible.** Como lo señala (Sirlin E, 2005, pág. 1), “es la porción del espectro electromagnético percibida por el ojo humano, y comprende las emisiones radiantes de longitud de onda desde los 380 nm hasta los 780 nm”. La luz blanca percibida es una mezcla de todas las longitudes de onda visibles. El espectro visible se puede descomponer en sus diferentes longitudes de

onda mediante un prisma de cuarzo, que refracta las distintas longitudes de onda selectivamente, como se muestra en la Figura 1.1.

El ojo humano discrimina entre las distintas longitudes y frecuencias de onda presentes en este rango por la sensación de color. Los azules y violetas corresponden a longitudes de onda cortas, el rojo y el naranja corresponden a longitud de ondas largas, y en el medio encontramos el verde y el amarillo. Una radiación luminosa monocromática correspondería en teoría a una sola longitud de onda, lo que no se da empíricamente. Las fuentes de luz que más se asemejan a este tipo de emisión, por cubrir una banda mínima de longitudes de onda, son el láser y la lámpara de sodio baja presión. Los rayos ultravioletas (UV) y los infrarrojos (IRC) no son detectados visualmente, pero pueden serlo fisiológicamente. La radiación solar que llega a la tierra cubre un espectro de ondas electromagnéticas con longitudes de onda que van desde los 290 nm a los 1700 nm. Radiaciones electromagnéticas de menor longitud de onda son absorbidas por la capa de ozono y las mayores son modificadas y absorbidas por el dióxido de carbono y el vapor de agua.



**Figura 1.1. Espectro electromagnético visible, (Sirlin E, 2005, pág. 2).**

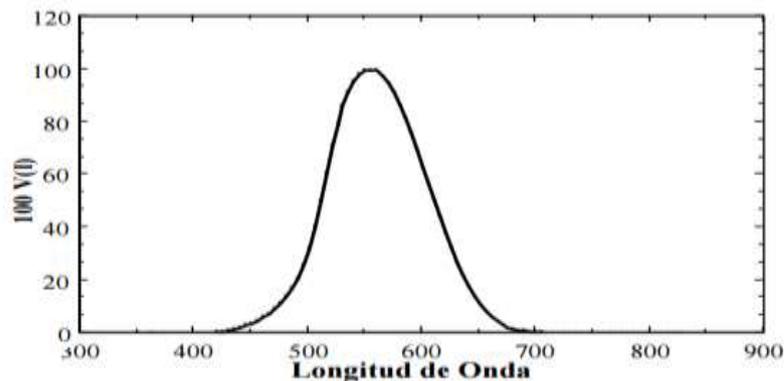
**Fotometría Óptica.** Según la definición extraída de wikipedia [http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico), señala que la “Fotometría es la ciencia que se encarga de la medida de la luz, como el brillo

percibido por el ojo humano. Es decir, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual”.

**Vatio de Luz.** (Echávarri J, 2010, pág. 5), señala que, La sensibilidad del ojo varía con la longitud de onda, “la eficacia luminosa relativa espectral de la radiación, cuyo máximo igual a uno, se observa para la longitud de onda de 555 nm”. Podemos definir entonces el Vatio de luz, como el vatio de potencia radiada a la longitud de onda de 555 nm.

Para longitudes de onda diferentes, se debe considerar el factor de sensibilidad del ojo relativo, el mismo que se define por la curva de sensibilidad del ojo para visión fotópica, como se muestra en la Figura 1.2.

La elección de los valores de la función  $V(\lambda)$  resulta de un acuerdo realizado en 1924 en el seno de la CIE.



**Figura 1.2.** Curva de eficacia luminosa relativa espectral  $V(\lambda)$ , (Echávarri J, 2010, pág. 8).

Así por ejemplo, un Vatio de Potencia radiado a una longitud de onda diferente dentro del espectro visible, se debe multiplicar por el factor de sensibilidad del ojo relativo para esta longitud de onda, para el efecto se utiliza los datos consignados en la Tabla 1.1.

Para  $\lambda = 490 \text{ nm}$ ,  $V(\lambda) = 9,10 \%$

1 vatio de Potencia  $\times 0,0910 = 0,091$  Vatio de luz

Basándose en la Tabla 1.1, la cifra conocida como eficacia luminosa espectral máxima, puede definirse como: “Un vatio de potencia radiante con una longitud de onda de 555 nm, es igual a 683 lúmenes”.

Así, un Vatio de potencia radiada a  $\lambda = 490$  nm, es igual a:  $0,2 \times 683 = 137$  lúmenes.

**Tabla 1.1. Valores espectral V ( $\lambda$ ), (Echávarri J, 2010, pág. 9).**

585	81.63	670	3.20	755	0.0085
590	75.70	675	2.32	760	0.0060
595	69.49	680	1.70	765	0.0042
600	63.10	685	1.19	770	0.0030
605	56.68	690	0.821	775	0.0021
610	50.30	695	0.572	780	0.0015
615	44.12	700	0.410	785	0.0011
620	38.10	705	0.293	790	0.0007
625	32.10	710	0.209	795	0.0005
630	26.50	715	0.1480	800	0.0004
635	21.70	720	0.1050	805	0.0003
640	17.50	725	0.0740	810	0.0002
645	13.82	730	0.0520	815	0.0001
650	10.70	735	0.0361	820	0.0001
655	8.16	740	0.0249	825	0.0001
660	6.10	745	0.0172	830	0.0000
665	4.46	750	0.0120		
360	0.0004	435	1.68	510	50.30
365	0.0007	440	2.30	515	60.82
370	0.0012	445	2.98	520	71.00
375	0.0022	450	3.80	525	79.32
380	0.0036	455	4.80	530	86.20
385	0.0064	460	6.00	535	91.49
390	0.0120	465	7.39	540	95.40
395	0.0217	470	9.10	545	98.03
400	0.0396	475	11.26	550	99.50
405	0.0640	480	13.90	555	100.00
410	0.121	485	16.93	560	99.50
415	0.218	490	20.80	565	97.86
420	0.400	495	25.86	570	95.20
425	0.730	500	32.30	575	91.54
430	1.16	505	40.73	580	87.00

**Color.** (Pérez C, 2010, pág. 21), señala que el “color es un atributo de la percepción visual, asociado a las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético visible, que está presente en la mayoría de las ramas del conocimiento humano y ha adquirido una importancia fundamental en la ciencia y

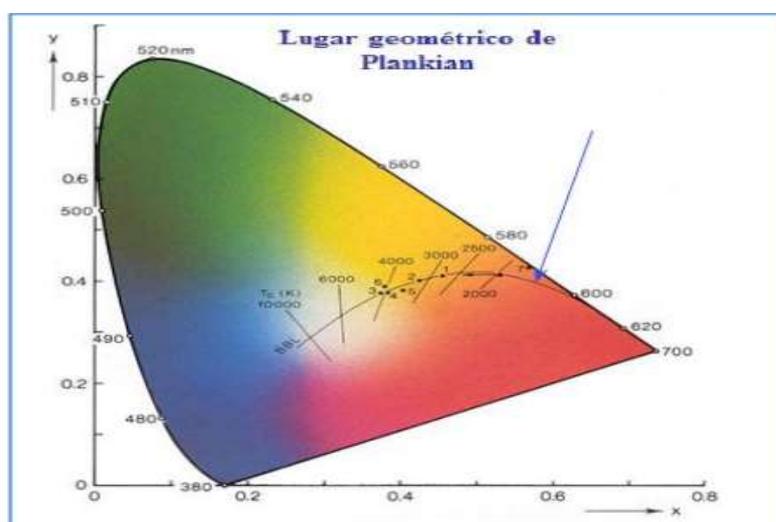
la tecnología”, es decir el color de un objeto depende de la distribución de potencia espectral de la fuente de luz, y de las propiedades de reflexión espectral (o transmisión) de la superficie del objeto.

Las propiedades de color de una fuente de luz, se describen normalmente por:

- a) Su aspecto de color o temperatura de color (correlacionada).
- b) Sus propiedades de reproducción del color (capacidad de reproducir los colores de los objetos).

**Temperatura de Color.** Según la definición de wikipedia, La temperatura de color de una fuente de luz, señala que “Comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura, por ser la misma solo una medida relativa”. En resumen, la temperatura de color de una fuente de luz, es la temperatura absoluta de un cuerpo negro radiante en grados kelvin (K), que tiene un color igual al de la fuente luz. (Wikipedia, 2017)

Considerando el lugar geométrico de Plankian, como se muestra en la Figura 1.3, al trazar las cromaticidades de un cuerpo negro a varias temperaturas.



**Figura 1. 3. Diagrama de cromaticidad, (Pérez C, 2010)**

Algunos ejemplos aproximados de temperatura de color:

- 1700 K: Luz de una cerilla.
- 1850 K: Luz de vela.
- 2800K: Luz incandescente o de tungsteno, cálida (iluminación doméstica convencional).
- 3000 K: tungsteno (con lámpara halógena).
- 4000 - 4500 K: Lámpara de mercurio.
- 2700 K hasta los 10000 K: Luz Fluorescente (aproximado).
- 5500 K: Luz de día, flash electrónico (aproximado),
- 5780 K: Temperatura de color de la luz del sol pura,
- 6420 K: Lámpara de Xenón,
- 9300 K: Pantalla de televisión convencional (CRT),
- 28000–30000 K: Relámpago.

**Índice de reproducción cromática.** Según la definición extraída de la página electrónica (Wikipedia, Índice de reproducción cromática, 2017), señala que “el índice de reproducción cromática (IRC o color rendering index), es un sistema que mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores fielmente”. Cogiendo como referencia la luz del día, siendo esta de 100: por lo que toda la gama de colores se reproducirían correctamente.

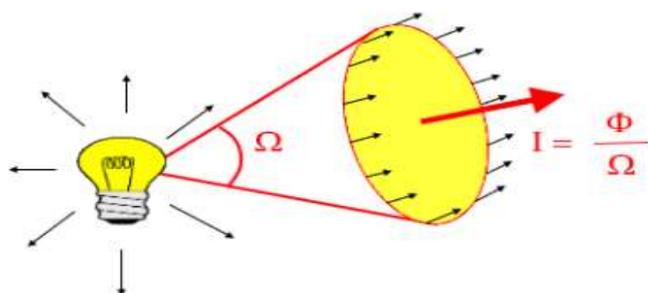
La fuente de luz tendrá mayor índice de reproducción cromática cuando se acerque al color real. Cuando más cercano a 100 mayor fidelidad, cuanto más lejano mayor será la distorsión en la reproducción de colores, como se muestra en la Tabla 1.2.

El color que nosotros percibimos depende de la luz con la que se ilumine, y por tanto, el tipo de lámpara que se utilice.

**Tabla 1.2. Tipos de lámpara y su índice de reproducción cromática (Wikipedia, Índice de reproducción cromática, 2017).**

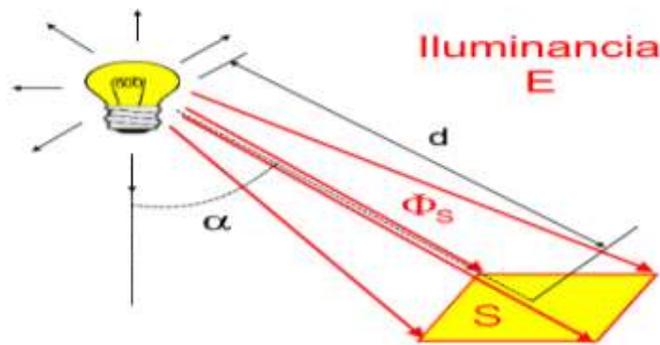
Tipo de lámpara	IRC
LED	80-95
Lámpara incandescente	100
Lámpara halógena	100
Lámpara fluorescente	15-85
Lámpara de haluro metálico	65-93
Lámpara de inducción	79
Sodio Alta Presión	0-70
Sodio Baja Presión	0

**Intensidad Luminosa.** El reglamento técnico ecuatoriano (INEN, 2014), señala que la intensidad luminosa de una fuente puntual de luz en una dirección dada ( $I$ ), como a la cantidad de flujo luminoso en cada unidad de ángulo sólido en la dirección en cuerpo. Por lo tanto, “es el flujo luminoso sobre una pequeña superficie centrada y normal en esa dirección, dividido por el ángulo sólido (en esterradián) el cual es subtendido por la superficie en la fuente  $I$ ”. La intensidad luminosa puede ser expresada en candelas (cd) o en lúmenes por esterradián (lm/sr), en la Figura 1.4 se muestra la representación de la intensidad luminosa.



**Figura 1. 4. Representación de la intensidad luminosa (Magnitudes físicas fundamentales, 2016)**

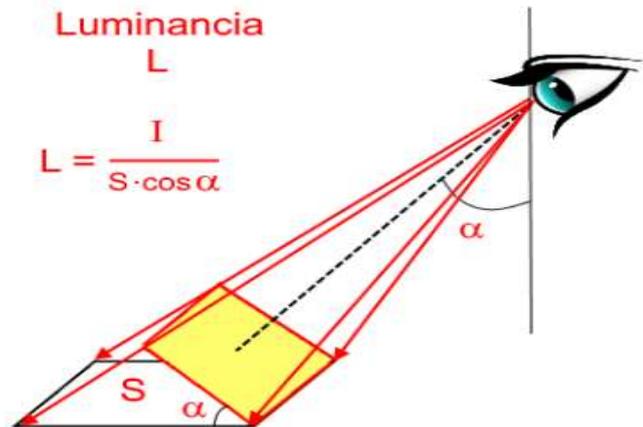
**Iluminancia (E).** El reglamento técnico ecuatoriano (INEN, 2014), señala que, La iluminancia (E), “es la cantidad de luz, o de flujo luminoso, que llega a una unidad de superficie, o por definición: La Iluminancia, es la densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie”. La iluminancia se mide con el instrumento llamado iluminancímetro, aparato que debe disponer de un sensor de corrección de la curva  $V(\lambda)$ , mediante filtros especiales; y, de la corrección del coseno, debido a que la superficie iluminada no es perpendicular a la dirección de incidencia de la luz. La unidad de iluminancia es el lux (lx), en la Figura 1.5 se muestra la representación de la iluminancia.



**Figura 1. 5. Representación de la Iluminancia**

(Magnitudes físicas fundamentales, 2016)

**Luminancia (L).** Según la definición del reglamento técnico ecuatoriano (INEN, 2014), La luminancia (L), en un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada, producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La luminancia se mide con el instrumento llamado luminancímetro, instrumento que debe corregir mediante filtros la curva  $V(\lambda)$ . La unidad de la luminancia es candela por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), en la Figura 1.6 se muestra su representación.



**Figura 1. 6. Representación de la Luminancia**

(Magnitudes físicas fundamentales, 2016)

En el caso de la luminancia, se debe considerar que la propia superficie puede estar emitiendo luz como la superficie de una lámpara o puede reflejar luz de otra fuente, como la superficie de una calzada. Concluyendo podemos decir que: Superficies con propiedades de reflexión diferentes, tendrán con la misma iluminancia, diferente luminancia.

**Magnitudes fotométricas.** En la Tabla 1.3 se presenta las principales magnitudes fotométricas, su unidad de medida, símbolo y abreviatura.

**Tabla 1.3.- Principales magnitudes fotométricas**

(formulas luminotecnica, 2010)

<b>Magnitud</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Unidad</b>
Flujo luminoso	$\Phi$	Lumen
Eficiencia Lumiosa	$\rho = \Phi/W$	Lumen/watio
Iluminancia (nivel de iluminación)	$E = \Phi/S$	Lumen / m <sup>2</sup> = Lux
Intensidad luminosa	$I = \Phi/\omega$	Candela
Luminancia	$L = I/S$	Candela / m <sup>2</sup>

### **Principales documentos fotométricos.**

Todos los test fotométricos de los laboratorios certificados, así como los documentos fotométricos de una luminaria, que principalmente son:

#### **Matriz de Intensidades:**

Es una tabla fotométrica que muestra las intensidades luminosas en cd/1000 lumen, emitidas por una luminaria en todas las direcciones en función de los ángulos  $C - \gamma$ .

#### **Diagrama polar:**

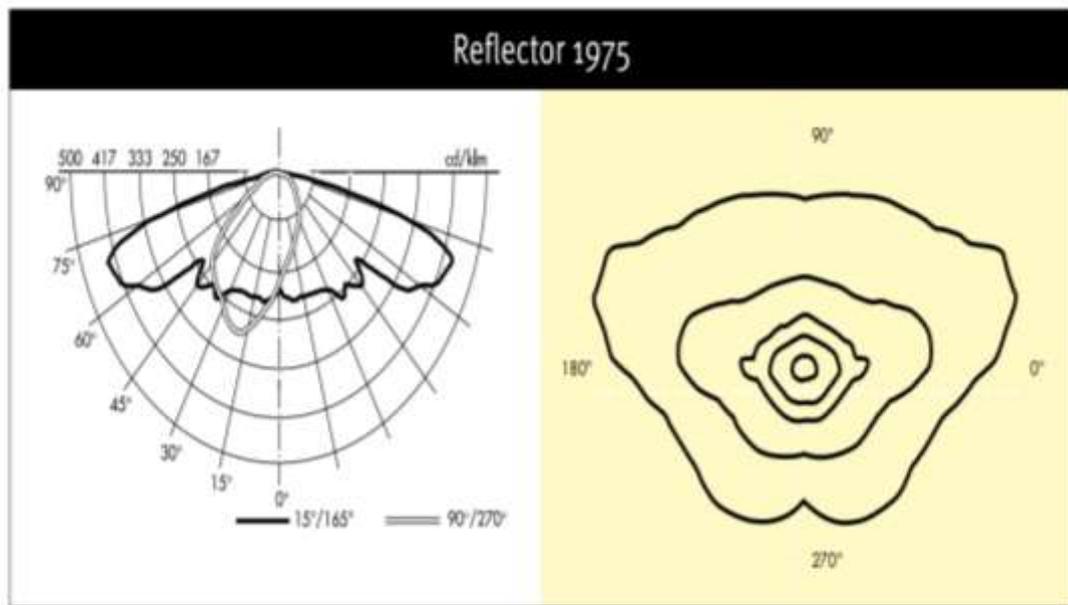
Son curvas dibujadas en papel polar que muestran la intensidad luminosa en cd/1000 lumen, emitidas por una luminaria, generalmente sobre sus ejes longitudinal y transversal, como función del ángulo medido desde el nadir, en la Figura 1.8, se muestra el diagrama polar/ cartesiano de Led Voltana 5.

#### **Curva Isolux:**

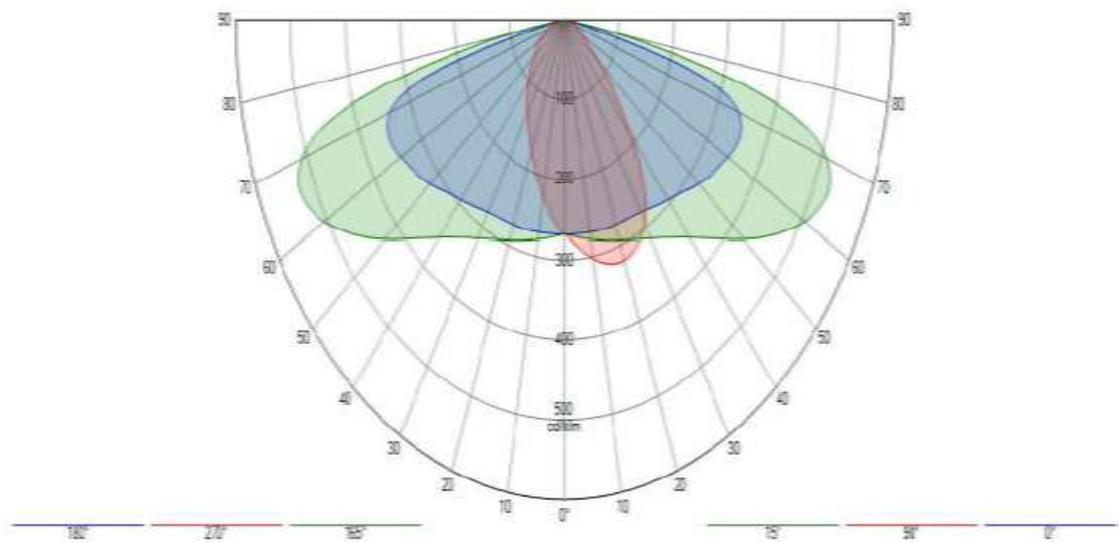
La curva isolux representa la unión de los puntos del plano que tienen el mismo valor de luminancia respecto a los ejes  $d/H$  y  $w/H$ , que relacionan la distancia longitudinal ( $d$ ) a lo largo del eje longitudinal de la vía y la transversal ( $w$ ) a lo largo del eje transversal de la vía con la altura de montaje ( $H$ ) de la luminaria, en la figura 1.7 se muestra la curva isolux de la luminaria ambar 3, 250 W de sodio de alta presión.

#### **Curva de coeficiente de utilización:**

Son curvas que representan el porcentaje de flujo luminoso que efectivamente cae en la calzada, en función de la relación  $w/H$ , donde  $w$  es el ancho de la calzada y  $H$  es la altura de montaje.



**Figura 1. 7.- Curva Isolux AMBAR 3-Na-250W, (Schröder S.A., 2009)**



**Figura 1. 8.- Diagrama polar/ cartesiano de Led Voltana 5, Gráfico generado del programa Ulysse V2.3, Ing. F. Granja**

**Eficiencia energética alumbrado exterior.** La Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA Regional del sur, 2012), en su publicación Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales, señala que “La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación y para la potencia activa total instalada” (p 23).

$$\varepsilon = (S * Em)/P \qquad \text{Ecuación 1.1}$$

$$\varepsilon = (m^2 * \text{lux})/W$$

Donde:

$\varepsilon$  = Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ((m<sup>2</sup> \* lux)/W).

$E_m$  = Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux).

$S$  = Superficie iluminada (m<sup>2</sup>).

$P$  = Potencia activa total instalada de lámparas y equipos auxiliares (W).

La eficiencia energética también se puede determinar con la siguiente fórmula:

$$\varepsilon = \varepsilon_l * f_m * f_u \qquad \text{Ecuación 1.2}$$

$$\varepsilon = m * \text{lux} \quad \text{o} \quad \text{Lúmen/W}$$

Donde:

Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares ( $\varepsilon_L$ ); Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una luminaria y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

Factor de mantenimiento ( $f_m$ ); relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización de la instalación ( $f_u$ ); es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el

flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias. Este factor es determinado mediante la curva del factor de utilización entregada por los fabricantes de las luminarias.

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores sea máximo.

**Tecnología LED (light emitting diode).** En la Guía sobre tecnología LED en alumbrado, (FENERCOM, 2005), señala que “el diodo LED (light emitting diode) es un dispositivo semiconductor que emite luz cuasi monocromática cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica”, Es básicamente un semiconductor unido a dos terminales (ánodo y cátodo) que cuando circula corriente eléctrica produce un efecto llamado electroluminiscencia, fenómeno que transforma la energía eléctrica en radiación visible. Por tanto son fuentes de luz en estado sólido, es decir, sin filamento o gas inerte que lo rodee, ni capsula de vidrio que lo recubra como las tecnologías tradicionales.

La invención del LED data de 1956 y las primeras aplicaciones industriales comienzan en 1970. Debido a su baja eficacia luminosa en un principio eran escasas sus aplicaciones, utilizándose en los electrodomésticos, en la electrónica de entretenimiento y en la industria automovilística; después de largas investigaciones se ha conseguido que su eficacia sea superior.

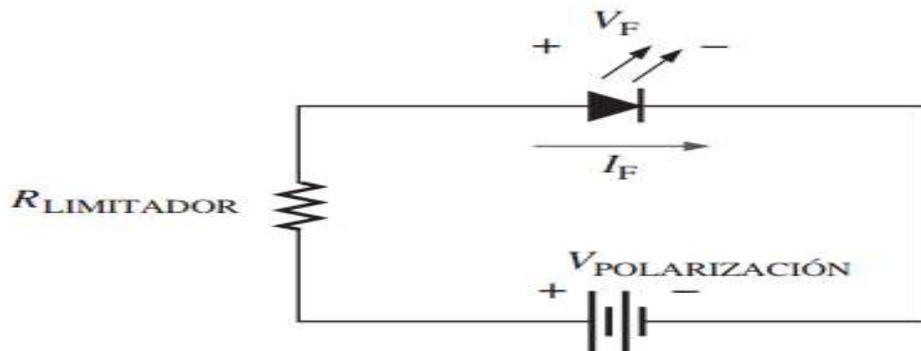
Los nuevos diodos que emiten luz son semiconductores compuestos, que convierten la energía eléctrica en luz. Con un tamaño de pocos milímetros ofrecen decisivas ventajas gracias a su avanzada tecnología, que los convierten en una alternativa real a las lámparas en muchas aplicaciones.

Un diodo emisor está compuesto por varias capas de material semiconductor. Cuando se aplica tensión eléctrica en el sentido del conductor se origina una fuerte corriente, generándose luz en una fina capa, llamada capa activa. El LED emite

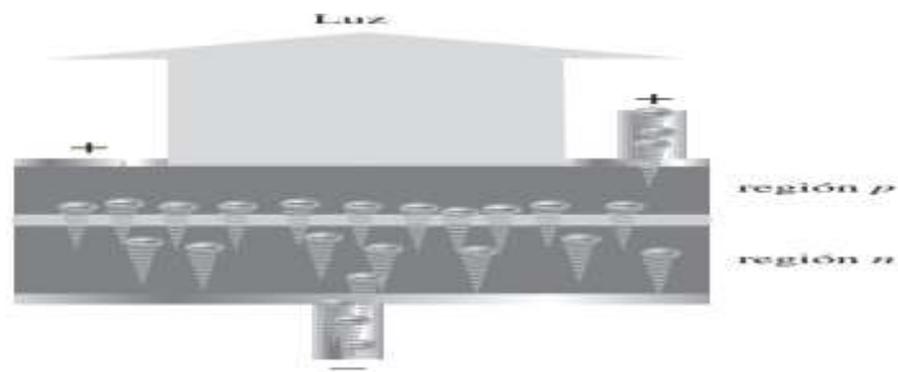
luz casi monocromática, que depende de los materiales utilizados. Dos combinaciones de materiales, InGaAlP e InGaNg son empleados para producir LED de alta luminosidad en todos los colores del azul al rojo.

Los LED son una alternativa muy válida a las fuentes de luz convencionales en muchas áreas de la iluminación general y están abiertos también a oportunidades y perspectivas, en otras áreas de aplicación. Un LED está formado por varias capas de material semiconductor. Si el diodo trabaja en sentido conductor, se genera luz en una de estas finas capas, capa activa. Contrariamente a las lámparas incandescentes, que producen un espectro continuo, un LED emite luz casi monocromática. El color del LED depende de la mezcla de materiales semiconductores empleados.

Cuando se dota de energía el chip, aplicando tensión, emite luz visible cuyo color depende de la composición química del chip. Así la luz puede concentrarse o dispararse usando lentes o difusores. Dado que la mayoría de los LED funcionan con corriente continua, deben contar con una fuente de alimentación como transformador, como se muestra en la Figura 1.9.



**Figura 1.9. Circuito eléctrico de polarización de un LED, (FENERCOM, 2005)**



**Figura 1.10. Efecto electroluminiscencia de un LED, (FENERCOM, 2005).**

Para producir luz blanca, la luz generada por un LED azul se hace pasar a través de un recubrimiento fosforescente que la transforma en luz amarilla. La concentración de esta sustancia fluorescente puede ajustarse, de modo que la luz azul primaria emitida por el diodo se mezcla con la luz amarilla de la sustancia fosforescente, para producir finalmente la luz blanca. El valor Ra resultante está en torno a 80.

La vida de un LED no termina de forma completa, como en el caso de lámparas incandescentes, sino que el flujo va depreciándose. Se suele considerar el final de vida de un LED cuando su flujo luminoso es del 50% de su valor inicial.

La eficacia luminosa de los LED sigue evolucionando de forma imparable, por ejemplo, ahora la eficacia luminosa de LED es el doble que hace dos años. La cantidad de luz generada por un LED, depende de su color, diseño y temperatura. En comparación con fuentes de luz tradicionales, la eficacia luminosa de los LED blancos ya ha superado a la mayoría de las tecnologías tradicionales, y su potencia todavía es inferior. La rápida evolución y desarrollo de la eficacia luminosa de la tecnología LED de alta potencia, permitirá, en ciertas aplicaciones, la sustitución de fuentes de luz convencionales, en la Figura 1.10. Se muestra el efecto electroluminiscencia de un LED.

**Regulación CONELEC 005/14.** Esta regulación se denomina “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”, se encuentra vigente desde el 18 de

septiembre del 2014, derogando a la normativa anterior Regulación No. (CONELEC, 2014), aprobada mediante Resolución No. 083/11, en sesión de 24 de noviembre de 2011; y, que norma entre otros, las condiciones técnicas, económicas y financieras que permiten a las Distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad, eficiencia y precio justo. Regulación que difiere poco en relación con la anterior.

**Clase de iluminación (M), según las vías.** Como señala, la Regulación No. 005/14 (CONELEC, 2014) en relación con la clasificación del tipo de iluminación (M), calcula de la siguiente manera:

$$M = (6 - \Sigma Vps) \qquad \text{Ecuación 1.3.}$$

Donde:

M es la clase de iluminación, va de M1 a M6.

$\Sigma$  es la sumatoria de los valores de ponderación seleccionados en función de la tabla “Parámetros para selección de la clase de iluminación (M)”.

En la Tabla 1.4, se detalla las diferentes variables consideradas.

**Tabla 1.4.- Parámetros para selección de la clase de iluminación (M), (CONELEC, 2014)**

<b>Parámetro</b>	<b>Opciones</b>	<b>Valor de Ponderación de Vp</b>	<b>Vp seleccionado</b>
Velocidad	Elevado	1	
	Alto	0.5	
	Moderado	0	
Volumen del Tráfico	Elevado	1	
	Alto	0.5	
	Moderado	0	
	Bajo	-0.5	
	Muy Bajo	-1	
Composición de Tráfico	Mezcla: con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	
	Mezcla	1	
	Solamente motorizado	0	
Separación de vías	No	1	
	Si	0	
Densidad de la intersección	Alta	1	
	Moderada	0	
Vehículo Parqueados	Se permite	0.5	
	No se permite	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Guías Visuales	Pobre	0.5	
	Moderado o bueno	0	
			$\Sigma Vps$

Nota: Si el resultado no es un número entero, se aproxima al menor valor de la sumatoria.

**Parámetros fotométricos para tráfico motorizado.** Como lo establece, la Regulación No. (CONELEC, 2014), En relación La regulación en relación con los niveles de luminancia que deben cumplir las diferentes tipos de vías en concordancia con las recomendaciones provenientes de la publicación CIE-115, determinan los siguientes niveles desde el M1 al M6, como se muestra en la Tabla 1.5.

**Tabla 1.5.- Niveles de luminancia para tráfico motorizado, (CONELEC, 2014)**

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral	Relación de alrededor
	Seco			Mojado		
	$L_{av}$ ( $\frac{cd}{m^2}$ )	$U_0$	$U_l$	$U_0$		
M1	2.0	0.40	0.70	0.15	10	0.5
M2	1.5	0.40	0.70	0.15	10	0.5
M3	1.0	0.40	0.60	0.15	15	0.5
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.5
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.5
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.5

**Parámetros fotométricos para vías peatonales.** Como lo establece, la Regulación No. (CONELEC, 2014), para las vías peatonales, la regulación establece parámetros fotométricos en función de la utilización de valores de iluminancia horizontal, al nivel del piso. Los parámetros fotométricos para las seis clases de iluminación peatonal (P1 al P6), se presentan la Tabla 1.6.

**Tabla 1.6.- Niveles de iluminancia para tráfico peatonal, (CONELEC, 2014)**

<b>Clases de Iluminación</b>	<b>TIPO DE APLICACIÓN</b>	
	<b>Iluminancia Horizontal (lx) Referida a nivel de la superficie de uso</b>	
	<b>Promedio</b>	<b>Mínimo</b>
P1	15.00	3.00
P2	10.00	2.00
P3	7.50	1.50
P4	5.00	1.00
P5	3.00	0.60
P6	2.00	0.40

Así mismo, la Regulación establece un tipo de iluminación especial para las zonas denominadas como de conflicto, las cuales se producen cuando el flujo de vehículos se interponen entre sí o se dirige hacia lugares frecuentados por peatones, ciclistas o usuarios de otros caminos o cuando hay un cambio en la geometría de la vía, tales como una reducción del número de carriles o la reducción del ancho de un carril o una calzada, en la Tabla 1.7 se muestra los parámetros fotométricos para zonas de conflicto.

**Tabla 1.7.- Parámetros fotométricos para zonas de conflicto, (CONELEC, 2014)**

Clases de Iluminación	Iluminancia Promedio E (lux) <sup>1</sup>	Uniformidad de la Iluminancia U <sub>o</sub> (E)	Incremento de Umbral (%) <sup>2</sup>	
			Moderada y Alta Velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0.40	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7.5		15	25

[1] Sobre toda la superficie utilizada

[2] Aplicado donde las tareas visuales son consideradas de importancia para la iluminación de vías de tráfico motorizado.

Para el caso de los niveles de iluminación a considerar en túneles, la regulación establece la aplicación de la Norma CIE 88.

**Uniformidad general de luminancia de la calzada (U<sub>o</sub>).** Como lo establece, la Regulación No. (CONELEC, 2014) Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía. Su valor depende de los mismos factores de luminancia promedio.

**Uniformidad longitudinal sobre la calzada (U<sub>L</sub>).** Como lo señala, la Regulación No. (CONELEC, 2014), es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima, medidas o calculadas en dirección longitudinal a lo largo del eje central de cada carril de circulación. El número de puntos y la distancia entre ellos deberán ser iguales a los utilizados para el cálculo de la luminancia promedio de la calzada. Se mide o se calcula de acuerdo con la norma CIE 140-2000 y su valor depende de los mismos factores que Lav.

**Deslumbramiento (TI).** Como lo señala, la Regulación No. (CONELEC, 2014), el deslumbramiento se lo cuantifica a través del incremento de umbral. El incremento de umbral TI se calcula para el estado inicial de la instalación, mediante la siguiente fórmula:

$$Ti = \frac{k \cdot E_e}{Lva \times \theta^2} \%$$

Donde:

- $k$  es una constante que varía con la edad del observador se usará el valor de  $650^3$ , que corresponde a la edad de un observador de 23 años. La fórmula genérica es:  $k = 641 \times \left(1 + \frac{A}{66.4}\right)^4$  en donde A es la edad del observador.
- $E_e$  es la iluminancia total inicial producidas por las luminarias, en su estado nuevo, sobre un plano normal a la línea de visión y a la altura del ojo del observador.
- $Lav$  es la iluminancia inicial promedio.
- $\theta$  es el ángulo en grados formado entre la línea de visión y el centro de cada luminaria.

**Relación de alrededores (SR).** Como lo señala, la Regulación No. (CONELEC, 2014), es la relación de la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o menor en espacios que no permite) cada una adyacente a los dos bordes de la calzada (fuera de la calzada) para la iluminancia promedio en bandas de 5m de ancho (o la mitad del ancho si es inferior) dentro de la calzada. Para calzadas dobles, ambas calzadas se deben tratarse conjuntamente como si fueran una única, a menos que estén separadas por más de 10 m.

En los casos donde exista una iluminación propia de los alrededores, la utilización de la relación SR no es necesaria.

**El Reglamento Técnico RTE INEN 069 “Alumbrado Público”.** De conformidad con la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y su Reglamento General, el Ministerio de Industrias y Productividad, es la institución rectora del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, por tal motivo es la entidad competente para aprobar y oficializar con el carácter de obligatorio, el REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 —ALUMBRADO PÚBLICO; mediante su promulgación en el Registro Oficial.

Con este antecedente, en la ciudad de Quito, se publica en la Edición Especial del Registro Oficial N° 059 del 17 de octubre de 2013, por parte de la Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad, mediante resolución N° 13-098 el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069 “Alumbrado Público, el mismo que entra en vigencia desde el 15 de abril de 2014.

El objetivo del Reglamento Técnico Ecuatoriano, a diferencia de la regulación vigente, es “establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación pública, garantizando niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación. Incluyendo criterios de eficiencia energética.

Su ámbito de aplicación, son: a las instalaciones de alumbrado público, a los materiales y equipos utilizados en ellas y a las personas que intervienen.

**Consumo energético.** La Olade señala que “Es el gasto total de energía para un proceso determinado. En el caso de los hogares, el consumo energético está integrado por el consumo de energía eléctrica y de gas, gasoil y biomasa, además del que se realiza con los medios de transporte particulares (automóviles, motocicletas, etc.) (Olade, 2011). Que se concreta en el consumo de productos derivados del petróleo. El concepto de consumo energético está inversamente relacionado con el concepto de eficiencia energética, puesto que en la medida en

que aumenta el consumo de energía por servicio prestado es cada vez menor la eficiencia energética.

**Consumo sostenible.** La WCED señala que: “El término, consumo sostenible, tiene su origen en el término, desarrollo sostenible. La definición más común de desarrollo sostenible es la utilizada por la Comisión Brundtland: Desarrollo sostenible es aquel desarrollo que cubre las necesidades presentes sin poner en riesgo la habilidad de próximas generaciones para cubrir sus propias necesidades” (WCED, 1987). Debemos considerar la necesidad de adoptar nuevos conceptos de riqueza y prosperidad, lo cual no sólo permitirá alcanzar mayores estándares de vida mediante el cambio de los estilos de vida, sino también nos hará menos dependientes de los recursos finitos de la Tierra y nos colocará en armonía con las capacidades de ésta, Cumbre de la Tierra (2000).

**Cadena Energética.** La OLADE define: “Es la serie de etapas, actividades y eventos, por los que una fuente energética debe pasar desde su origen hasta su aprovechamiento, como producción, transporte, transformación, almacenamiento (Olade, 2011) .

**Matriz energética de un país.** La OLADE define: “Es el estudio del sector energético en que se cuantifica la oferta, demanda y transformación de cada una de las fuentes energéticas al interior del país, así como al inventario de recursos energéticos disponibles; considerando para estas variables su evolución histórica y proyección a futuro. El conocimiento y análisis de la matriz energética es un elemento básico para la planificación y aseguramiento del abastecimiento energético” (Olade, 2011).

**Balance energético.** La OLADE define: “Contabilización de los flujos de energía en cada una de las etapas de la cadena energética y las relaciones de equilibrio entre la oferta y la demanda, por las cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; tomando como sistema de análisis el

ámbito de un país o una región; y para un período determinado (generalmente un año) (Olade, 2011).

**Eficiencia energética.** La eficiencia energética o ahorro de energía es una práctica empleada durante el consumo de energía que tiene como objeto procurar disminuir el uso de energía pero con el mismo resultado final. Esta práctica conlleva un aumento del capital financiero, ambiental, seguridad nacional, seguridad personal y confort humano.

### **1.3. Fundamentación Legal**

En los artículos 30 y 31 de la Constitución de la República del Ecuador, preceptúan que las personas tienen derecho a un hábitat seguro y al disfrute pleno de la ciudad y sus espacios públicos.

El señor Procurador General del Estado mediante Oficio No. 026202, de 14 de julio de 2006, absuelve la consulta formulada por el CONELEC señalando que “las Administraciones Municipales carecen de facultad legal para regular y controlar la prestación del servicio de alumbrado público, por corresponder dicha competencia al Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC”, correspondiéndole al CONELEC emitir una Regulación que contenga normas relacionados con aspectos técnicos, en las que se especifiquen las responsabilidades y el alcance de la prestación del servicio de alumbrado, por parte de las diferentes instituciones y empresas involucradas en la misma, en ejercicio de sus facultades, emitió la Regulación CONELEC 005/14, denominada “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”, normando en nuestro país el cálculo de iluminación de carreteras, en la que se determina los niveles de calidad de los parámetros fotométricos, la metodología para la medición y diseño del alumbrado de las redes de alumbrado público en nuestro país.

En los últimos años, en el Ecuador se han dado varios cambios significativos a nivel legislativo y regulatorio, como fue en el 2008, la aprobación de la nueva Constitución, que posee varios artículos que beneficia a la investigación, entre los más destacados tenemos:

**Art. 313.** El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

**Art. 413.** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

El instrumento con el cual el Gobierno Nacional articula las políticas públicas con la gestión y la inversión pública, denominado “Plan Nacional para el Buen Vivir”, cuenta con 12 estrategias y objetivos nacionales, de los cuales se puede destacar:

**Estrategia.** La producción, transferencia y consumo de energía debe orientarse radicalmente a ser ambientalmente sostenible a través del fomento de energías renovables y eficiencia energética.

**Política.** Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles.

**Regulación CONELEC 005/14.** Vigente desde el 18 de septiembre del 2014, denominada “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”, que norma entre otros, las condiciones técnicas, económicas y financieras que permiten a las distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad, eficiencia y precio justo.

**Reglamento Técnico RTE INEN 069 “Alumbrado Público”.** De conformidad con la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y su Reglamento General, el Ministerio de Industrias y Productividad, es la institución rectora del Sistema Ecuatoriano de la Calidad. El objetivo del Reglamento Técnico Ecuatoriano, a diferencia de la regulación vigente, es “establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación pública, garantizando niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados

por la instalación y uso de sistemas de iluminación. Incluyendo criterios de eficiencia energética.

#### **1.4. Definición de términos básicos**

Las siguientes definiciones fueron recopiladas de los diferentes tomos de referencia, para el diseño de esta tesis:

**Alumbrado público.** Constituye la iluminación de vías y espacios públicos destinados a la movilidad y ornamentación. El alumbrado público se clasifica en: alumbrado público general, alumbrado público ornamental y alumbrado público intervenido.

**Alumbrado público general – APG.** Es la iluminación de vías públicas, para tránsito de personas y/o vehículos. Excluye la iluminación de las zonas comunes de unidades inmobiliarias declaradas como propiedad horizontal, la iluminación pública ornamental e intervenida.

**Alumbrado público ornamental.** Es la iluminación de zonas como parques, plazas, iglesias, monumentos y todo tipo de espacios, que obedecen a criterios estéticos determinados por los municipios o por el órgano estatal competente.

**Alumbrado público intervenido.** Es la iluminación de vías que, debido a planes o requerimientos específicos de los municipios, no cumplen los niveles de iluminación establecidos en la regulación y/o requieren de una infraestructura constructiva distinta de los estándares establecidos para el Alumbrado Público General.

**Consumidor del servicio eléctrico.** Cualquier persona natural o jurídica que recibe el servicio eléctrico y que haya firmado un contrato de suministro con la Distribuidora dentro de su área de concesión o servicio.

**Deslumbramiento.** Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes de luz. La excesiva luminancia de lámparas y de superficies iluminadas, puede generar deslumbramiento y reducir el contraste de los objetos.

**Factor de utilización del alumbrado público general.** Es la relación entre el número de horas promedio que las luminarias de alumbrado público permanecen encendidas y el número total de horas en el periodo de análisis (24 horas diarias).

**Flujo luminoso ( $\phi$ ).** Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es  $\phi$  y su unidad es el lumen (lm).

**Intensidad luminosa (I).** Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad la candela (cd).

**Pago de SAPG.** Los consumidores del servicio eléctrico, serán los responsables de pago del SAPG, a través de una tarifa que cubra los costos para la prestación de este servicio determinada y aprobada por el CONELEC.

**Servicio de alumbrado público general – SAPG.** Comprende la inversión, administración, operación y mantenimiento del sistema de alumbrado público general.

**Servicio de alumbrado público ornamental e intervenido.** Comprende la inversión, administración, operación y mantenimiento necesarios para la prestación del alumbrado público ornamental e intervenido. El alumbrado de canchas deportivas que son parte integral de parques públicos será de responsabilidad del municipio respectivo.

**Sistema de alumbrado público general.** Es el conjunto de activos, entre estos, luminarias, redes de bajo voltaje exclusivas para alumbrado público, equipos de

control, y demás elementos necesarios para la prestación del SAPG, que no formen parte del sistema de distribución.

**Tarifa del servicio de alumbrado público general – TAPG.** Es el precio que deben pagar los usuarios del servicio eléctrico para cubrir los costos asociados al SAPG, bajo las condiciones que establece la presente Regulación.

**Usuarios de sistema de alumbrado público general.** Son todas las personas que utilizan el Sistema de Alumbrado Público General, para su movilidad, dentro del territorio nacional.

**Zonas de conflicto.** Lugares en los cuales los criterios de iluminación son de difícil aplicación tales como: cruce de vías, redondeles, o vías diseñadas especialmente para aplicaciones particulares como ciclovías, paseos de parque, entre otros.

**CIE.** La Comisión Internacional de Iluminación, designada abreviadamente como CIE por sus iniciales en francés (Commission Internationale de l'Éclairage), es una organización dedicada a la cooperación internacional y al intercambio de información entre sus países miembros sobre todas las materias relacionadas con la ciencia y el arte de la iluminación. Concretamente, según sus actuales estatutos, la CIE es una organización técnica, científica y cultural sin ánimo de lucro. Organismo que agrupa comités nacionales de iluminación de más de 30 países.

## **1.5. Bases Teóricas Prácticas de la Investigación desarrolladas en Ecuador**

A continuación se detalla tres proyectos de la eficiencia energética mediante la implementación de luminarias tipo led en alumbrado público en nuestro país:

- **Análisis de costo y ahorro energético con la implementación de luminarias tipo LED para alumbrado público en el tramo comprendido entre la urbanización la Puntilla hasta la urbanización Villa Italia.**

En el mencionado estudio se procedió con el análisis técnico y económico de la implementación de luminarias LED para mejorar el sistema de alumbrado público en el tramo comprendido entre la urbanización La Puntilla hasta La urbanización Villa Italia en la provincia del Guayas, para beneficiar el tránsito de los habitantes de mencionado sector.

Considerando que el alumbrado público es una parte fundamental en el desarrollo de una ciudad. Una iluminación adecuada, brinda seguridad en la movilización vehicular y peatonal, Una adecuada optimización de los sistemas de alumbrado público en una ciudad, es un reto en la actualidad, pues permite una reducción en el consumo eléctrico, contaminación lumínica, salvaguardará el medio ambiente, aportando también a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, dando la posibilidad de implementar nuevas tecnologías en el campo de los sistemas de alumbrado público, figuran un componente esencial en el consumo de energía eléctrica y en los impactos ambientales de la ciudad y el mundo en general.

➤ **Mejoramiento del sistema del alumbrado público de una arteria de circulación vehicular de la ciudad de Cuenca mediante la sustitución por tecnología LED (light emitting diode).**

En el mencionado estudio se considera que el alumbrado público es una parte importante del sector eléctrico, contribuyendo en la vida del ser humano, influyendo en su desarrollo y aportando a su seguridad. Se procedió analizar técnica y económicamente una alternativa tecnológica como la que utiliza luminarias LED (light emitting diode), para el mejoramiento del sistema del alumbrado público, que no es nueva, pero debido a sus avances en los últimos años nos impulsan a realizar un análisis respectivo.

Estableciendo la situación actual del sistema del alumbrado público de en una arteria de la ciudad de Cuenca, comparando una instalación totalmente nueva de lámparas de sodio a alta presión con una de lámparas LED`s. Finalmente se

presentan los resultados, conclusiones y recomendaciones para la elección de la tecnología más adecuada a ser utilizada en los sistemas de alumbrado público.

➤ **Conservación y administración de la energía del alumbrado público de Guayaquil.**

El mencionado estudio cubre aspectos generales del alumbrado público, como son los sectores en los que se lo utiliza, los distintos tipos de lámparas existentes con un análisis comparativo entre ellas, se realiza de manera detallada la evolución del consumo de energía eléctrica en cada uno de los demás sectores del Ecuador como residencial, comercial e industrial, y de esta manera, tener una idea de la diferencia que existe en los niveles de consumo de cada sector. Se ha identificado varios problemas con el alumbrado público de la ciudad como la falta de mantenimiento en las lámparas lo que causa una reducción de emisión de lúmenes y, en otros casos la mala distribución o elección de luminarias provocando una iluminación excesiva conocida también como contaminación lumínica. Se procederá a realizar los cálculos y análisis correspondientes para obtener un ahorro tanto en el consumo energético como económico, evitando también de esta forma contaminar el medio ambiente debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen por las centrales térmicas. Para reducir el consumo eléctrico y dichas emisiones, se plantearon varias opciones o alternativas que se podrían implementar en diferentes sectores del alumbrado público en Guayaquil, analizando si es factible invertir en el reemplazo de las luminarias y equipos existentes por otros de nuevas tecnologías

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA**

#### **Modalidad de la investigación**

En este capítulo se establece la metodología, el diseño, la modalidad, tipo y nivel de investigación, la población y muestra, los métodos y técnicas que se utilizaron, la operacionalización de las variables y el procedimiento de la investigación.

#### **2.1. Diseño de la investigación**

En la presente investigación se evaluó el uso de luminarias de baja eficiencia, que inciden en el consumo energético de la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo, durante el período 2016 – 2017, y se estableció un diseño de un sistema de iluminación LED.

Este trabajo se lo realizó bajo la modalidad de campo, de carácter exploratorio, con nivel descriptivo explicativo.

#### **2.2. Modalidad de Campo**

Se utilizó la investigación de campo ya que se realizaron medidas in situ para evaluar el uso de luminarias de baja eficiencia, comparar con los obtenidos de la revisión bibliográfica y establecer causas y efectos, de tal manera que se pueda llegar a plantear una alternativa de solución para utilizar un sistema de iluminación de nueva tecnología como las luminarias led en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo

#### **2.3. Modalidad Bibliográfica Documental**

Se utilizó la investigación bibliográfica para recopilar, organizar, valorar y sistematizar definiciones y teorías referentes al alumbrado público y al uso de luminarias de nuevas tecnologías como la LED.

#### **2.4. Modalidad Proyecto Factible**

Con la finalidad de darle solución al problema planteado, el investigador empleó el método de proyecto factible, considerando que este método comprende el diseño de una propuesta de un modelo tecnológico viable mediante la utilización de equipos para el uso de luminarias de mayor eficiencia luminosa, para ser utilizadas en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui en la ciudad de Santo Domingo.

#### **2.5. Forma de Investigación**

En cuanto a forma de investigación, para el presente proyecto se consideró la investigación Aplicada, ya que se empieza desde una situación problemática que es el uso de luminarias de baja eficiencia luminosa, que inciden en el consumo energético de las redes de alumbrado público de la mencionada avenida, concluyendo con un nuevo diseño utilizando una nueva tecnología como es el caso de la luminarias LED.

#### **2.6. Tipo de investigación**

Esta investigación se relacionó con la modalidad de campo, tipo exploratoria y nivel descriptiva, debido a que para su elaboración fue necesaria la medición de las variables en el mismo lugar, se procedió a la levantamiento de la infraestructura vial y posteriormente del equipamiento eléctrico existente en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui.

A continuación se procede con la obtención de los parámetros eléctricos y luminotécnicos para determinar la baja eficiencia luminosa de las luminarias existentes y posteriormente proponer un el uso de luminarias de nuevas tecnologías como las LED.

#### **2.7. Metodología de la Investigación**

En la presente investigación se ha previsto utilizar los siguientes métodos:

- Combinación métodos inducción – deducción
- Método Experimental

**Combinación métodos inducción – deducción.** Al respecto (Ramirez A, 2003), manifiesta que “La inducción es un medio de razonar que consiste en sacar de los hechos particulares un conclusión general” y la “deducción es un método de razonamiento que lleva conclusiones partiendo de lo general como válido, hacia aplicaciones particulares”, basándose en las mediciones y cálculos para verificar disminuir el consumo de energía eléctrica en la red de alumbrado público en la Av. Tsafiqui.

**Método Experimental.** Como lo establece (Ramirez A, 2003), la investigación experimental “permite establecer causación o relación de causa y efecto de un fenómeno a través de procedimientos controlados donde se manipulan y controlan las variables que ejercen incidencia sobre el fenómeno, se tiene control sobre el tratamiento en estudio”, este se utilizara en la recolección de los parámetros eléctricos y fotométricos, tales como; potencia eléctrica (W), factor de potencia, consumo eléctrico (Wh), iluminancia (Lx), luminancia (cd\*m<sup>2</sup>), que tendrán incidencia en los resultados de esta investigación.

## 2.8. Población y muestra

**Población.** La Avenida Tsafiqui tiene una longitud aproximada de 2 Km, se considera la población al equipamiento eléctrico existente en su red de alumbrado público, que está compuesta por 3 transformadores monofásicos 7620/240-120 V, con 50 postes de hormigón armado 11 m x 350 kg/cm, y 100 luminarias de 250 W, Na, en disposición gemelo central, con una interdistancia de 40 m, que alcanza una potencia instalada de 45 kVA, cuyo detalle se muestra en la Tabla No.2.1.

**Tabla 2.1.- Equipamiento red alumbrado público Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja N.**

Circuito	No. Transformador	Potencia (kVA) 1φ	No. Postes	No. Luminarias
1	CT111825	15	12	24
2	CT111835	15	22	44
3	CT109610	15	16	32

Considerando que el presente estudio es mayormente una investigación experimental por su naturaleza y por la necesidad de tener control sobre las variables, se utilizaran una muestra equivalente al 10% de la población en lo referente al registro de mediciones luminarias y al registro de mediciones fotométricas y 1 muestra por cada transformador, cuyo detalle se muestran en las Tablas 2.2, 2.3 y 2.4.

**Tabla 2.2.- Muestra para el proceso de mediciones eléctricas de transformadores, Ing. Fabián Granja N.**

Circuito	No. transformador	Muestra de transformadores
1	CT111825	1
2	CT111835	1
3	CT109610	1

**Tabla 2.3.- Muestra para el proceso de mediciones eléctricas de luminarias, Ing. Fabián Granja N.**

Circuito	No. luminarias	Muestra de luminarias
1	24	2
2	44	4
3	32	3

**Tabla 2.4.-Muestra para el proceso de mediciones fotométricas, Ing. Fabián Granja N.**

Circuito	No. postes	Muestra
1	12	1
2	22	2
3	16	2

## 2.9. Operacionalización de variables

Las variables de esta investigación son las siguientes:

## Variable Independiente

Uso de luminarias de baja eficiencia luminosa

## Variable Dependiente

Consumo energético de la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo.

## Operacionalización de variables

A continuación se presenta la matriz de operacionalización de las variables independiente y dependiente, ver Tablas 2.5 y 2.6 respectivamente.

**Tabla 2.5- Operacionalización variable independiente, Ing. Fabián Granja N.**

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
La eficiencia energética en iluminación vial; se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación y para la potencia activa total instalada ( $m^2 \cdot lux$ )/W ó lumen/W	Portadores energéticos (energía eléctrica)	Potencia eléctrica del conjunto luminaria	kW	Medición	Medidor eléctrico KV2c
	Superficie iluminada	Área iluminada	m <sup>2</sup>	Cálculos	Ecuaciones
	iluminancia media (Em)	Lux	lx	Cálculos y medición	Luxómetro Tenmers TM-204.

**Tabla 2.6.- Operacionalización variable dependiente, Ing. Fabián Granja N.**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es el consumo energético, que es la cantidad de energía que consume la red de alumbrado público, en un determinado periodo de tiempo	Energía eléctrica	Energía consumida	kWh	Medición	Medidor eléctrico KV2c Analizador de calidad de energía AEMC 3945-B
	luminancia	intensidad luminosa emitida por unidad de área de una superficie	cd * m <sup>2</sup>	Cálculos y medición	Luminancímetro LS-150

### 2.10. Instrumentos de la investigación.

La recolección de la información fue por observación y trabajos de campo, se utilizó los instrumentos de medida; el luxómetro Tenmars TM-204, el luminancímetro LS-150, el medidor eléctrico KV2c y el analizador de calidad de energía AEMC 3945-B, en las mediciones in situ y bases de datos que permitieron evaluar la eficiencia energética luminosa de la red de alumbrado público de la Avenida Tsafiqui, cuyo detalle se muestra en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7.- Instrumentos de medida utilizados en la tesis, Ing. Fabián Granja N.**

Instrumento de Medida	Detalle de la Medición
Gps Garmin etrex	Georeferenciación
Luxómetro Tenmars TM-204	Iluminancia (Lux)
Luminancímetro LS-150	Luminancia (cd*m <sup>2</sup> )
Medidor eléctrico KV2c Analizador de calidad de energía AEMC 3945-B	Voltaje (V)
	Corriente (A)
	Potencia (W)
	Energía (kWh)

### 2.10.1. Luxómetro Tenmars TM-204

El luxómetro utilizado en el presente estudio este es digital modelo TM-204, cuenta con LCD de 3½ dígitos con lectura máxima 2000 unidades, respuesta espectral cercana a la eficiencia luminosa CIE, este instrumento mide las intensidades de iluminación en unidad de Lux o Foot-candle. Cumple las especificaciones JISC 1609:1993, cuya vista frontal se muestra en la Figura 2.1.



Figura 2.1.- Vista frontal luxómetro (TM-204, 2013),

### 2.10.2. Luminancímetro LS 150

Es un medidor de luminancia de alta precisión que utiliza un sensor con una respuesta espectral para igualar en forma más cercana la función de eficiencia luminosa espectral  $V(\lambda)$  del ojo humano y para brindar resultados de medición que se correlacionan adecuadamente con la evaluación visual, el luminancímetro que será utilizado en el presente estudio es el LS-150 en las mediciones de luminancia en la Av. Tsafiqui, en los sectores indicados en la población y muestra.

Cabe indicar que el luminancímetro LS-150 utiliza un sólo sistema óptico de lente reflector (SLR) que brinda a los usuarios varias funciones importantes. El SLR permite la orientación altamente precisa de las fuentes de luz. En áreas de

medición a distancia, lejanas como cercanas, se muestran en forma consistente en el visor.

En este instrumento el valor de la luminancia medida se muestra en la pantalla LCD retro iluminada y también en el visor claro. Con esta función, el instrumento permite al usuario no tener que mover el equipo del ojo mientras se controla perfectamente el objeto medido. El modo automático establece el tiempo de medición según el brillo del objeto seleccionado. Cuando se miden fuentes de luz que son particularmente brillosas, un filtro neutro de densidad ocular hace que el trabajo sea seguro y confortable. En todas las tareas de medición, el soporte para sujetar estilo “pistola” de diseño único proporciona un control seguro al instrumento, en la Figura 2.2 se muestra la vista lateral del luminancímetro LS 150.



**Figura 2.2.- Vista lateral luminancímetro LS 150, (Minolta Konica, 2015)**

### **2.10.3 Medidor eléctrico kV2c**

El medidor eléctrico que se ha previsto utilizar en la presente investigación es el kV2c de GE Digital Energy, que nos visualiza la medición de parámetros en tiempo real es decir recopilando información de calidad crítica del servicio e información de análisis de carga en el circuito, este instrumento será utilizado las pruebas de medición de las luminarias que serán tanto existentes como proyectadas en el alumbrado público de la Avenida Tsafiqui, en el laboratorio de medidores de la CNEL Santo Domingo, en la Figura 2.3 se muestra la vista frontal

del medidor eléctrico KV2c, este instrumento cumple básicamente con las funciones de:

- Instrumentación de CA
- Monitor de calidad de energía
- Comunicaciones



Figura 2.3.- Medidor eléctrico KV2c, (GE Energy Digital Energy, 2009)

#### **2.10.4 Analizador de calidad de energía eléctrica AEMC Modelo 3945-B**

En el presente estudio se ha considerado utilizar el analizador de calidad de energía AEMC modelo 3945-B, que es un analizador de calidad eléctrica monofásico, para medir y llevar a cabo tareas de diagnóstico y la calidad eléctrica que será instalado en los transformadores eléctricos que alimentan a la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui, en el mismo se pueden obtener las características de formas de onda instantáneamente de una red eléctrica, así como vigilar su variación durante un período de tiempo, en la Figura 2.4 se muestra su vista frontal.



Figura 2.4.- Analizador de calidad de energía eléctrica Modelo 3945-B, (AEMC INSTRUMENTS, 2009)

### 2.10.5 GPS GARMIN etrex

Este instrumento nos permitirá determinar la posición de un objeto (una persona, un vehículo) en todo el planeta, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global, con una precisión de  $\pm 3\text{m}$ , que nos permite principalmente usar y crear:

- Waypoints
- Tracks
- Rutas.

En el presente estudio este instrumento se utilizara en la georeferenciación del equipamiento eléctrico del alumbrado público de la Av. Tsafiqui, en la Figura 2.5 se muestra su vista frontal.



**Figura 2.5.-Vista GPS Garmin etrex, (Garmin, 2007)**

### 2.11. Métodos y técnicas

En la presente investigación se procede a la evaluación al consumo energético de las luminarias existentes en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui, considerando que esta iluminación debe generar la sensación de seguridad a los peatones y una adecuada visibilidad a los conductores de vehículos. Para el efecto se procederá con las mediciones de los parámetros fotométricos y eléctricos en su sitio de instalación.

En lo referente a los parámetros fotométricos se ha considerado a la iluminancia y a la luminancia, en los dos casos se utiliza la metodología de la CIE, que

considerando el área típica de cálculo para la localización de los puntos de cálculo en el presente caso medición, procediendo con sus mediciones en situ, utilizando sus respectivos instrumentos de medida que este caso son: el luxómetro TM-204 (iluminancia) y el luminancímetro LS-150 (luminancia).

En lo referente al registro de mediciones de los parámetros eléctricos, primeramente se ha previsto realizarlas en sus 3 transformadores alimentadores e situ, para el efecto se utilizara al medidor eléctrico KV2c, finalmente se procederá con las mediciones de los parámetros eléctricos en 9 luminarias seleccionadas con el principal objetivo de determinar sus pérdidas, para el efecto se tiene previsto utilizar el analizador de calidad de energía AEMC modelo 3945-B. En estos métodos se ha considerado el desarrollo de las siguientes actividades:

- Recolección de información
- Revisión, corrección, clasificación y optimización de la información.
- Correlación de datos; una vez realizado el análisis de la información y la interpretación de la misma, corresponde determinar la validez de su predicción e interpretación de la información recolectada.
- Presentación de datos; la presentación de la información será realizada de una manera clara, concisa, simplificada, entendible, para cualquier persona. Esta información se mostrará en cuadros, tablas, diagramas y gráficos en sus diversas formas.
- Identificación y definición de los parámetros técnicos que intervienen en el consumo de energía eléctrica en la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui.
- Proponer un el uso de luminarias de nuevas tecnologías (LED).

## **2.12. Procedimiento**

### **2.12.1.- Delimitación del campo de estudio**

La presente investigación se refiere a evaluación al uso de luminarias viales de baja eficiencia luminosa, que inciden en el consumo energético de la red de

alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsachilas.

En las Figuras 2.6, 2.7 y 2.8 se muestran la ubicación satelital, geográfica y una fotografía de la intersección de las avenidas Tsafiqui y Rio Toachi, respectivamente.



**Figura 2.6.-Ubicación satelital de la ciudad de Santo Domingo, (Google earth , 2017)**



**Figura 2.7.- Ubicación geográfica de la Avenida Tsafiqui, Ing. Fabián Granja**



**Figura 2.8.- Fotografía de la Avenida Tsafiqui, Ing. Fabián Granja**

## CAPÍTULO 3

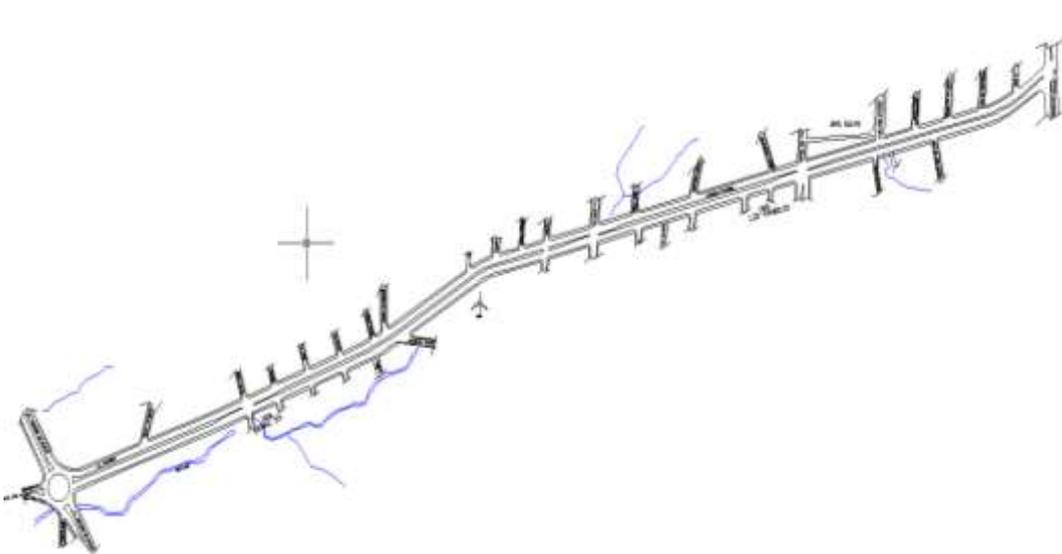
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se procederá a la evaluación de luminarias viales de baja eficiencia luminosa, que inciden en el consumo energético de la red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo en el año 2017. Basados en su implantación vial, y los datos que han sido tomados por los equipos que se han utilizado en la presente investigación, en el siguiente orden:

- Implantación vial
- Medición y evaluación al consumo de transformadores eléctricos
- Medición y evaluación al consumo eléctrico de las luminarias
- Mediciones y evaluaciones fotométricas

#### **3.1.- Implantación vial Avenida Tsafiqui**

En el presente estudio se procede a gestionar en la Dirección de Planificación y Proyectos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo la obtención de la implantación vial de la Av. Tsafiqui digitalizada en el programa AUTOCAD VERSION 2015, se procede a su respectiva georeferenciación en unidades UTM UPS WG84 compatible al programa AUTOCAD 2015, para el efecto se utilizó el GPS GARMIN etrex y se procede a su respectiva verificación en el geoportal de la CNEL EP, la mencionada avenida está ubicada entre las parroquias urbanas Rio Verde y Chiguilpe, al sur ciudad de Santo Domingo, entre la Av. Abraham Calazacón sector arbolito y redondel 20 de octubre, y tiene una longitud aproximada de 2 km, su implantación se muestra en la Figura 3.1 y sus principales waypoints en la Tabla 3.1.



**Figura 3.1. Implantación Avenida Tsafiqui, Ing. Fabián Granja**

Una vez que se comprueba que esta implantación vial cumple con la georeferenciación correspondiente, esta será utilizada en la base de los planos eléctricos de medio, bajo voltaje y alumbrado público anexos a la presente investigación.

**Tabla 3.1. Waypoints principales Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja N.**

DETALLE	E	N
Intersección Avs. Tsafiqui y A. Calazacon, sector arbolito	704646,2	9971459,9
Intersección Avs. Tsafiqui y Rio Toachi	704196,7	9971308,8
Intersección Av. Tsafiqui y Tulcán	703807,6	9971218,6
Intersección Av. Tsafiqui y Santa María	703119,9	9970942,6
Intersección Avs. Tsafiqui y A. Calazacon, sector redondel	702791,5	9970864,6

### 3.2. Medición y evaluación al consumo de transformadores eléctricos

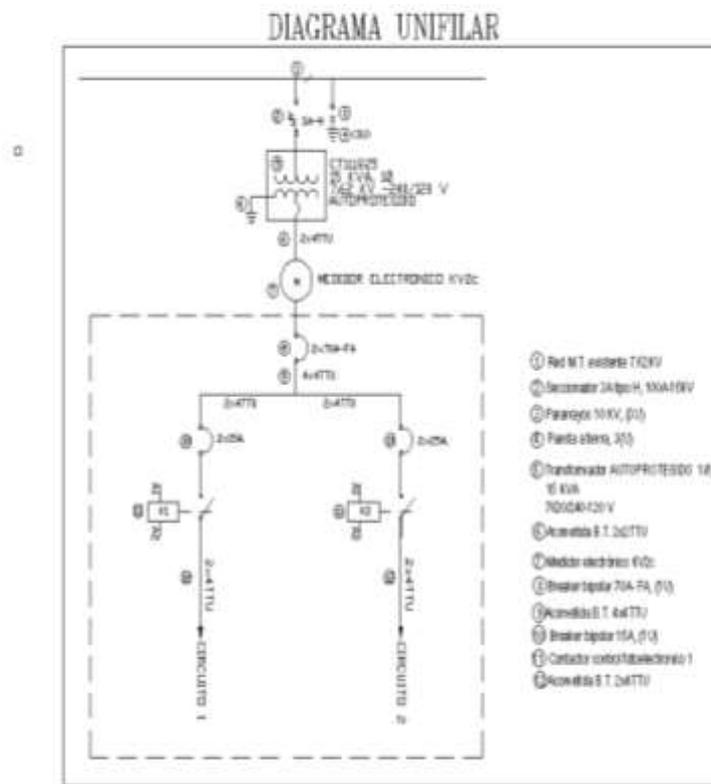
#### 3.2.1.- Medición al consumo de transformadores eléctricos

La red de alumbrado público de la Avenida Tsafiqui está alimentada por 3 transformadores monofásicos autoprotegidos, cuya ubicación se detalla en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2. Transformadores alumbrado público Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja N.**

Ítem	# Transformador	# fases	tipo	Potencia (KVA)	# Poste
1	CT11825	1	Autoprotegido	15	1344
2	CT11835	1	Autoprotegido	15	1407
3	CT109610	1	Autoprotegido	15	2122

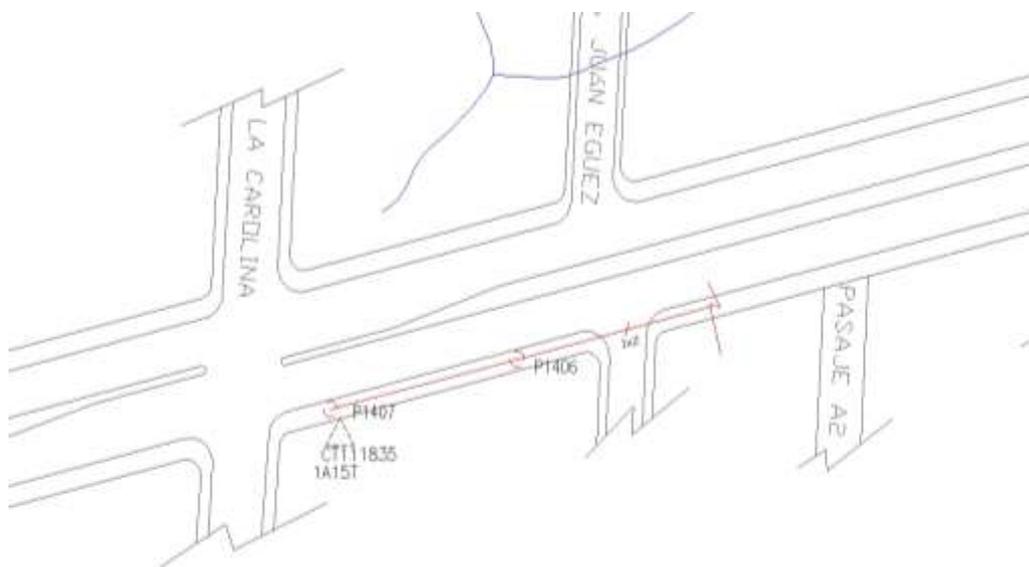
En la Figura 3.2 se muestra el respectivo diagrama unifilar que se utiliza en las mediciones para la evaluación del consumo de los 3 transformadores y en la Figuras 3.3, 3.4, 3.5, se muestra la ubicación de los transformadores CT111825, CT11835 y CT109610 respectivamente.



**Figura 3.2. Diagrama Unifilar, Ing. Fabián Granja**



**Figura 3.3. Ubicación CT11825, Ing. Fabián Granja**



**Figura 3.4. Ubicación CT11835, Ing. Fabián Granja**



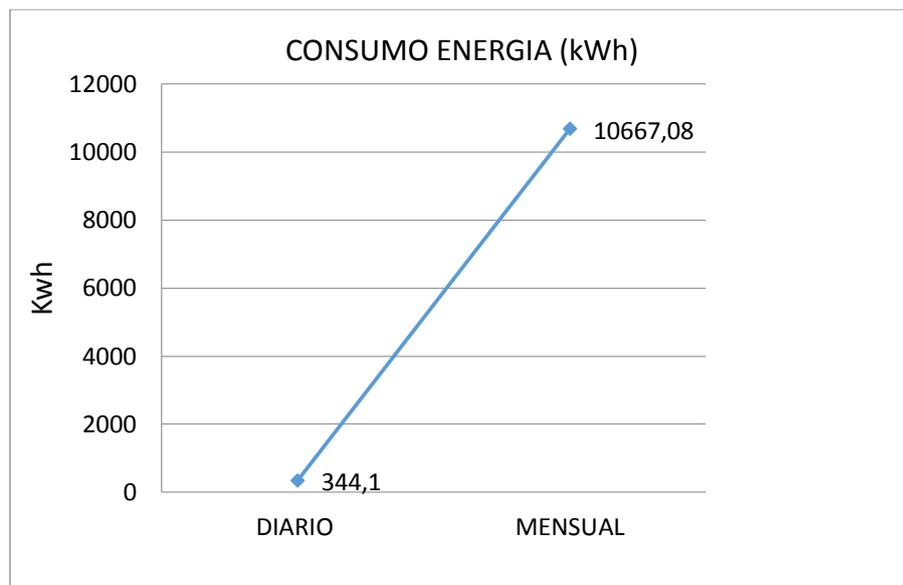
**Figura 3.5.- Ubicación CT111825, Ing. Fabián Granja**

En la Tabla 3.3, se muestra un resumen de las mediciones del consumo de energía de los transformadores CT11825, CT11835 y CT109610, cuyo detalle se muestran en los anexos 1, 2 y 3 respectivamente, con los registros obtenidos por los 3 totalizadores de medición desde el 12 de diciembre 2016 hasta el 12 de enero 2017.

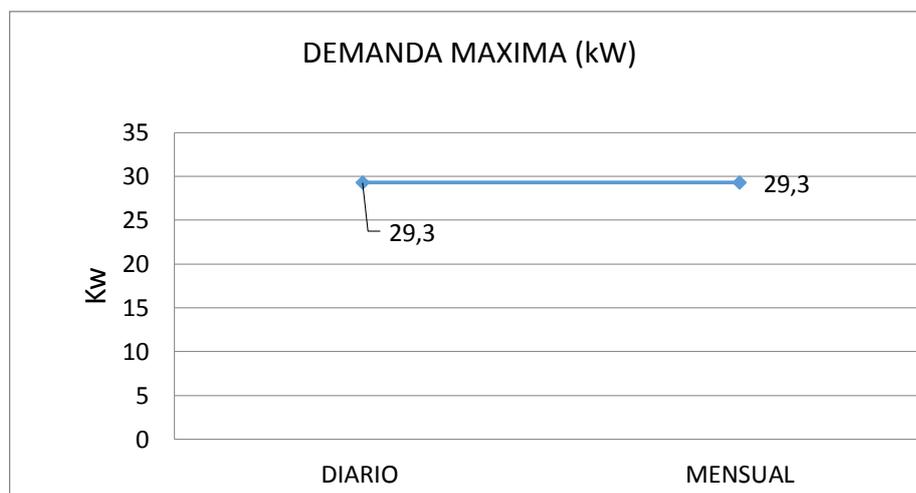
Estableciéndose que la red de alumbrado público de la Avenida Tsafique tiene un consumo diario de 344,10 kWh y mensual de 10.667,08 kWh, cuyo detalle se muestra en la Figura 3.6, en lo referente a la demanda máxima y en horas pico alcanza un valor de 29,30 kW, como se muestran en la Figura 3.7.

**Tabla 3.3. Medición en transformadores alumbrado público Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja N.**

TRANSFORMADOR	CONSUMO ENERGÍA [kWh]		DEMANDA MAXIMA EN TODAS LAS HORAS [kW]		DEMANDA MAXIMA EN HORAS PICO (18:00 -22:00) [kW]	
	DIARIO	MENSUAL	DIARIO	MENSUAL	DIARIO	MENSUAL
CT111825	81,84	2.537,09	7,00	7,00	7,00	7,00
CT111835	153,20	4.749,28	12,96	12,96	12,96	12,96
CT109610	109,06	3.380,71	9,34	9,34	9,34	9,34
TOTAL	344,10	10.667,08	29,30	29,30	29,30	29,30



**Figura 3.6. Curva consumo de energía diaria y mensual, Ing. Fabián Granja**

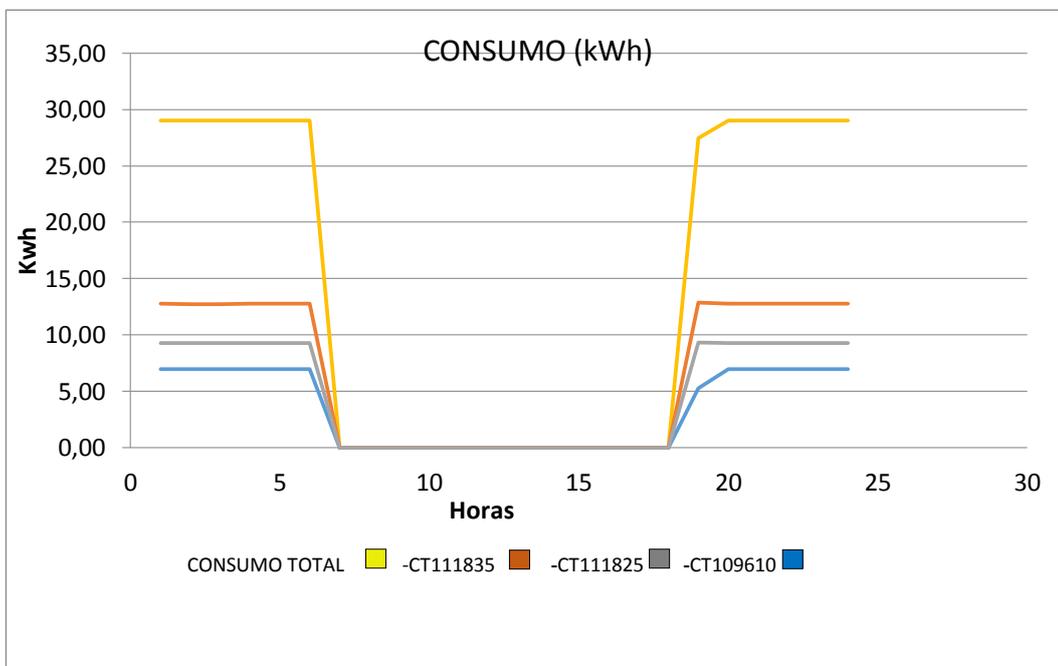


**Figura 3.7. Curva demanda máxima diaria y mensual, Ing. Fabián Granja**

En la Figura 3.8, se muestra el consumo diario de los transformadores del alumbrado público de la Av. Tsafiqui CT11825-CT11835-CT109610, en la Figura 3.9 y en la 3.10, se muestra las fotografías de la instalación y bajando la información del medidor eléctrico KV2c respectivamente. En la Tabla 3.4, se muestra el detalle del consumo horario diario de los mismos, en el periodo de medición entes señalado.

**Tabla 3.4. Consumo de los transformadores alumbrado público Av. Tsafiqui,**  
 Ing. Fabián Granja N

HORA	CT111825	CT11835	CT109610	CT
01:00	6,96	12,76	9,28	29,00
02:00	6,96	12,75	9,28	28,99
03:00	6,96	12,75	9,28	28,99
04:00	6,96	12,76	9,28	29,00
05:00	6,96	12,76	9,28	29,00
06:00	6,96	12,76	9,28	29,00
07:00	0,00	0,00	0,00	0,00
08:00	0,00	0,00	0,00	0,00
09:00	0,00	0,00	0,00	0,00
10:00	0,00	0,00	0,00	0,00
11:00	0,00	0,00	0,00	0,00
12:00	0,00	0,00	0,00	0,00
13:00	0,00	0,00	0,00	0,00
14:00	0,00	0,00	0,00	0,00
15:00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:00	0,00	0,00	0,00	0,00
17:00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:00	0,00	0,00	0,00	0,00
19:00	5,25	12,86	9,34	27,45
20:00	6,99	12,76	9,28	29,03
21:00	6,96	12,76	9,28	29,00
22:00	6,96	12,76	9,28	29,00
23:00	6,96	12,76	9,28	29,00
00:00	6,96	12,76	9,28	29,00



**Figura 3.8. Curva de consumo diario de los transformadores CT11825-CT11835-CT109610, Ing. Fabián Granja.**



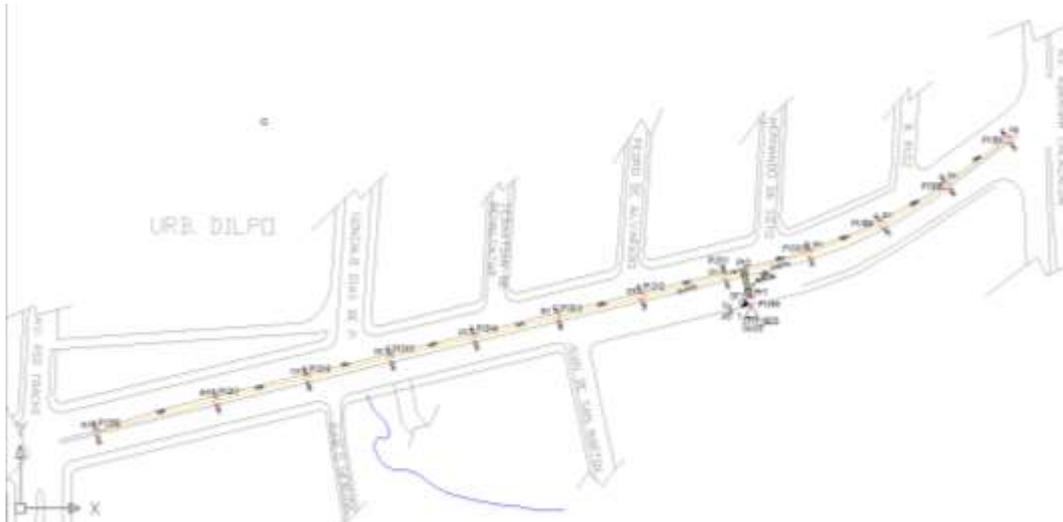
**Figura 3.9. Fotografía instalación del medidor eléctrico KV2c en el transformador eléctrico CT11825, Ing. Fabián Granja.**



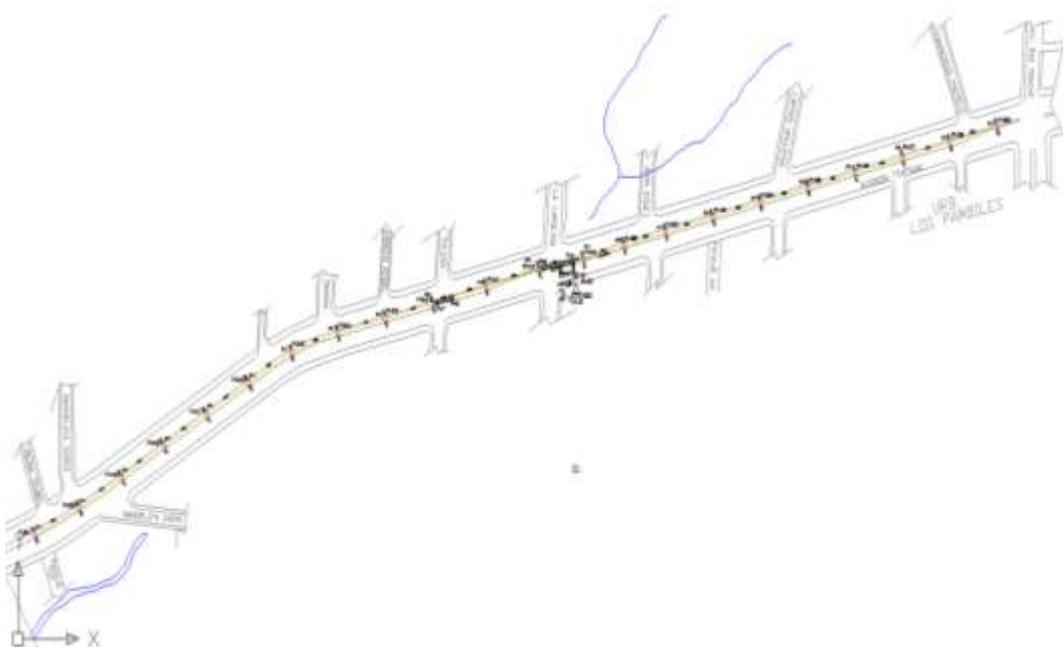
**Figura 3.10. Fotografía bajando datos medidor eléctrico KV2c, Ing. Fabián Granja.**

### 3.2.2.- Evaluación al consumo de energía de los transformadores eléctricos

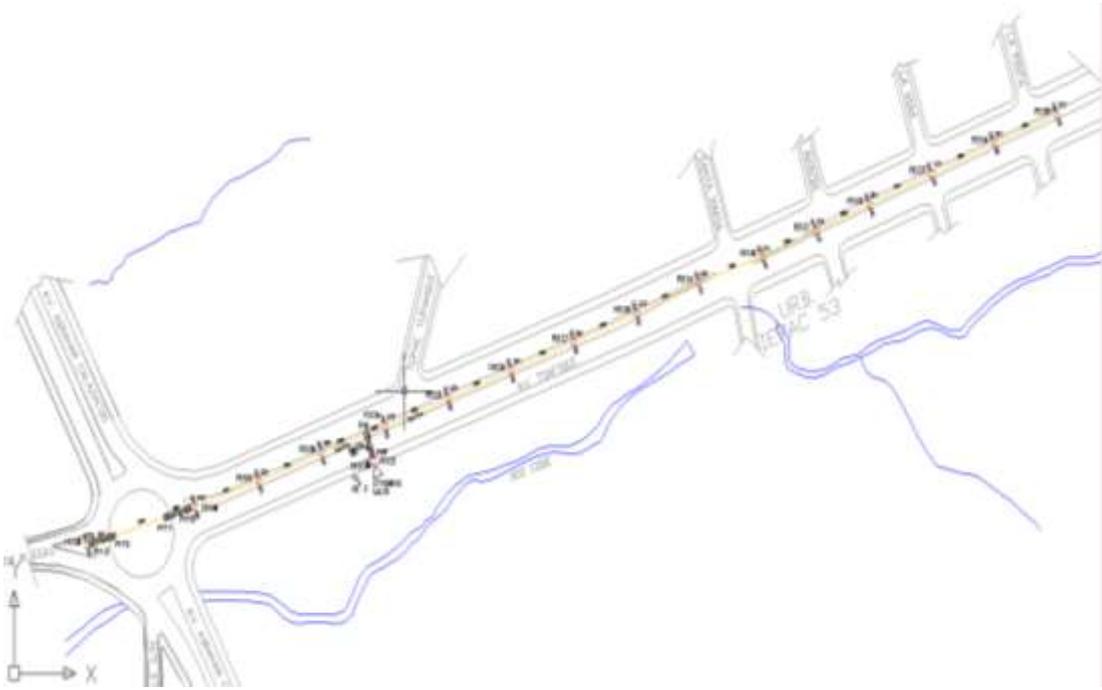
Para evaluar el consumo de energía de los transformadores del sistema de alumbrado público de la Av. Tsafiqui se procedió al levantamiento del equipamiento eléctrico de cada transformador, cuyo detalle se muestra en las Figuras 3.11, 3.12 y 3.13.



**Figura 3.11. Circuito de alumbrado público CT11825, Ing. Fabián Granja**



**Figura 3.12. Circuito de alumbrado público CT11835, Ing. Fabián Granja**



**Figura 3.13. Circuito de alumbrado público CT109610, Ing. Fabián Granja**

En la Tabla 3.5, se muestra el equipamiento considerado en los estudios de carga y demanda de los 3 transformadores, en el mismo se consigna el valor de 250 W mismo que es considera tanto en diseños nuevos como en la facturación del alumbrado público en la CNEL Santo Domingo.

**Tabla 3.5. Carga y Demanda del alumbrado público Av. Tsafiqui, (EMELSAD, 2000)**

ESTUDIOS DE CARGA Y DEMANDA					NÚMERO:	1DE1			
					FECHA:	16/12/20			
NOMBRE DEL PROYECTO:		AYENIDA TSAFIQUI							
ACTIVIDAD TIPO:		ALUMBRADO PÚBLICO							
LOCALIZACION:									
USUARIO TIPO		ALUMBRADO PÚBLICO							
NUMERO DE USUARIOS:		1							
PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO									
APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO									
NO.	DESCRIPCION	CANT.	Pn(W)	Pt(W)	FFUN (%)	CIR (W)	Fsn (%)	DMU (W)	
<b>CT111825</b>									
C1	LUMINARIA VIAL 250w	8	250	2000	100%	2000	100%	2000	
C2	LUMINARIA VIAL 250w	16	250	4000	100%	4000	100%	4000	
<b>CT111835</b>									
C1	LUMINARIA VIAL 250w	20	250	5000	100%	5000	100%	5000	
C2	LUMINARIA VIAL 250w	24	250	6000	100%	6000	100%	6000	
<b>CT109610</b>									
C1	LUMINARIA VIAL 250w	24	250	6000	100%	6000	100%	6000	
C2	LUMINARIA VIAL 250w	8	250	2000	100%	2000	100%	2000	
<b>Total</b>							<b>25000</b>		<b>25000</b>
Factor de potencia (FP):		<b>0,90</b>		Factor de demanda (FDM):		<b>1,00</b>			
DMU:		<b>27,8 kVA</b>		Factor de diversidad (FD):		<b>1,00</b>			
Ti:		<b>0,0 %</b>		Porcentaje (tipo de usuario):					
Proyección:		<b>0,0 años</b>		Demanda requerida:					
DMUp		<b>27,8 kVA</b>							
<b>DDT =</b>		<b>27,8 kVA</b>							
<b>Ing. Fabián Granja N.</b>									
<b>L.P.03-17-2640 CIEEPI</b>									

Donde:

Pn= Potencia nominal [W]

Pt= Potencia total [W]

FFUn = Factor de frecuencia de uso [%]

CIR= Carga instalada por consumidor representativo [W]

FSn= Factor de simultaneidad [%]

DMU= Demanda máxima unitaria [W]

DMU= Demanda máxima unitaria [kVA]

Fp = Factor de potencia

Ti=Tasa de incremento

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada [kVA]

Con estos datos se procede a determinar la energía consumida mensualmente utilizando la siguiente ecuación:

$$E \text{ consumida mensual} = P \text{ instalada} * NHFD * DM = \quad \text{Ec: 3.1}$$

Datos:

Demanda Máxima Unitaria= 25.000,00 W; 25,00 kW

NHFD (Horas de funcionamiento al día)= 12 h/día

DM (Días de funcionamiento al mes)= 30 días

$$E \text{ consumida mensual} = 25,0 \text{ kW} * 12 \text{ h/día} * 30 \text{ días} = 9.000,00 \text{ kWh}$$

En la Tabla 3.6 se muestra los valores obtenidos tanto en la fase de medición como el calculado. Se procede a la respectiva evaluación que nos determina una diferencia de 1667,08 kWh, que corresponden al 18,52% valor que sería considerado como pérdidas comerciales en la CNEL Santo Domingo, considerando que el alumbrado público de la Av. Tsafiqui está considerado en el planillaje del alumbrado público como un valor fijo no medido.

**Tabla 3.6. Evaluación consumo energía mensual alumbrado público Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja N.**

ITEM	CONSUMO ENERGÍA MENSUAL [kWh]
MEDICIÓN	10667,08
CÁLCULO	9000,00
DIFERENCIA	1667,08

### **3.3.- Medición y evaluación al consumo eléctrico de las luminarias**

En la presente investigación se ha considerado al proceso de medición y evaluación de las luminarias realizadas en el siguiente orden:

- Medición y evaluación eléctrica de las luminarias sodio alta presión red de alumbrado público Av. Tsafiqui.
- Medición y evaluación eléctrica de luminarias LED

#### **3.3.1.- Medición eléctrica de las luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui.**

En la Tabla 3.7, se muestra el detalle de las 9 luminarias de sodio alta presión existentes en las red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui, que serán sometidas a al proceso de medición de los parámetros eléctricos y posterior evaluación. En la presente investigación se ha considerado un 10% de las mismas por cada circuito.

**Tabla 3.7.- Detalle de las luminarias para la medición y evaluación eléctrica, Ing. Fabián Granja N.**

<b>Circuito</b>	<b>No. luminarias</b>	<b>No. poste</b>
1	24	P1308 y P1318
2	44	P1428, P1425, P1422 y P1418
3	32	P2134, P2129 y P2137

Este proceso se realizó en la obra y en el laboratorio de medidores de la CNEL Santo Domingo, por un lapso de tiempo de 7 días, utilizando el analizador de calidad de energía AEMC 3945-B, cuya vista frontal se muestra en la Figura 2.4.

En la Tabla 3.8, se muestran los valores de los parámetros eléctricos obtenidos en el proceso de medición desde el 11 al 18 de enero del 2017, estableciendo los siguientes promedios:

**Tabla 3.8. Detalle de las mediciones parámetros eléctricos de las luminarias de Sodio alta presión, Ing. Fabián Granja N.**

No.	Frecuencia Hz	Voltaje V	THD V %	Pst	Corriente A	THD I %	PAC W	EAC kWh	PR var	ER kvar	PA VA	EA KVAR	FP	Horas Medición
P1308	60,00	236,80	2,55	0,57	1,30	24,30	289,00	24,28	-100,96	-8,48	306,14	25,72	0,94	84,00
P1318	60,00	237,10	2,55	0,41	1,30	24,80	290,08	24,37	-102,38	-8,60	307,64	25,84	0,94	84,00
P1428	60,00	237,50	2,60	0,58	1,30	25,05	291,62	24,50	-104,58	-8,78	309,82	26,02	0,94	84,00
P1425	60,00	236,80	2,55	0,67	1,30	24,55	290,46	24,40	-105,52	-8,86	309,05	25,96	0,94	84,00
P1422	60,00	237,30	2,45	0,36	1,30	23,20	292,82	24,60	-103,71	-8,71	310,64	26,09	0,94	84,00
P1418	60,00	237,80	2,80	0,59	1,30	26,35	294,13	24,71	-113,58	-9,54	315,32	26,49	0,93	84,00
P2134	60,00	237,40	2,50	0,49	1,30	22,75	290,81	24,43	-97,30	-8,17	306,67	25,76	0,95	84,00
P2124	60,00	235,50	2,50	0,50	1,20	21,40	284,47	23,90	-91,53	-7,69	298,86	25,10	0,95	84,00
P2137	60,00	234,80	2,50	0,47	1,20	21,05	282,56	23,74	-90,00	-7,56	296,57	24,91	0,95	84,00
PROMEDIO	60,00	236,78	2,56	0,51	1,28	23,72	289,55	24,32	-101,06	-8,49	306,75	25,77	0,94	84,00

Tipo de luminaria: Sodio de alta presión

Potencia nominal= 250 W

Tiempo de prueba= 7 días, 84 horas.

Frecuencia= 60 Hz

Voltaje promedio= 236,78 V

THD V= 2,5

Pst= 0,51

Corriente promedio= 1,28 A

THD I= 23,72

PAC (Potencia activa)= 289,55 W

EAC (Energía activa)= 24,32 kWh

PR (Potencia reactiva)= -100,06 var

ER (Energía reactiva)= -8,49 kvar

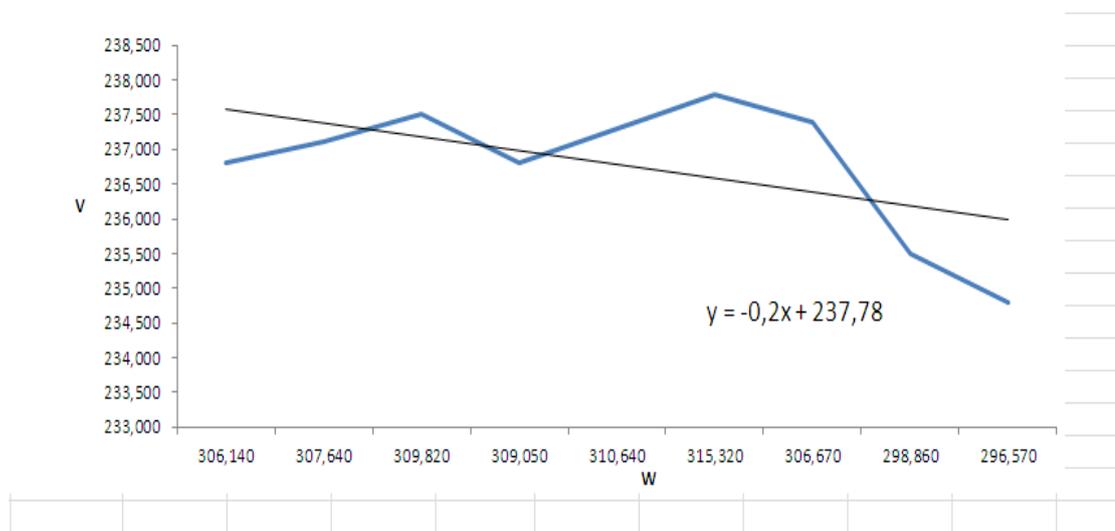
PA (Potencia aparente)= 306,75 VA

EA (Energía aparente)= 25,77 kVAR

Factor de potencia = 0,94

De la Tabla 3.8, se deduce que las variaciones del voltaje de alimentación provoca una variación en la potencia activa de la luminaria. En la Figura 3.14, se muestra la variación de voltaje (V) / con la potencia activa (W) obtenida de las mediciones

eléctricas descritos en la tabla anterior. Como se puede observar en ella la tendencia lineal:  $y = -0,2x + 237,78$ .



**Figura 3.14. Variación del voltaje con la potencia activa luminarias 250 W- Na, Ing. Fabián Granja N.**

En la Tabla 3.9, se muestra el coeficiente de correlación de la recta, considerando que su valor es cercano a 1, la correlación es fuerte y directa.

**Tabla 3.9 Coeficiente de correlación recta  $y = -0,2x + 237,78$**

	V	W
V	1	
W	0,9768683	1

A continuación se procede al análisis de la distorsión armónica voltaje o THD V, que se considera una forma de ruido eléctrico. “Esta es la sobre posición de señales en múltiplos de la frecuencia fundamental de la potencia sobre la onda sinodal de la misma” (IEEE, 1992, pág. 1). Cabe indicar que este parámetro está normalizado por (CONELEC, 2014).

Este valor se debe expresar como porcentaje, y no debe sobrepasar los límites que se indican en la Tabla 3.10.

**Tabla 3.10. Límites establecidos de THD voltaje, por CONELEC y IEEE.**

Nivel de voltaje	THDv (%) Establecidos por el CONELEC	THDv (%) Recomendados por la norma IEEE 519 - 1992
40 kV y por debajo	8%	5%

En la presente investigación se procede a la medición de este parámetro eléctrico, para establecer si el equipamiento de las luminarias de sodio de alta presión, son generadoras de mismo.

Señalando que la presencia de armónicos puede causar el calentamiento dieléctrico, ocasionando de esta manera el envejecimiento prematuro del aislamiento eléctrico.

Como se muestra en la Tabla 3.8, el valor promedio del THD voltaje es de 2, 56% menor al 8% admitido conforme la Tabla 3.10.

En lo concerniente al distorsión armónica de corriente o THD I, esta se representa en % de la máxima corriente de carga demandada, en la Tabla 3.11, se muestran los valores de diseño de un sistema para condiciones ideales en operación normal, esto quiere decir condiciones que duren más de 1 hora. Estos límites dependen del tamaño de la carga con respecto al tamaño del sistema.

Donde:

Isc= Máxima corriente de cortocircuito en el PCC

IL= Máxima corriente de carga demandada

En el presente trabajo investigativo se considera que la que el THD I corresponde al 20%, determinando que en las mediciones de la luminaria de sodio de alta presión es de 23,72%, valor que está fuera de esta norma es decir estas luminarias son generadoras de esta distorsión a la red.

**Tabla 3.11. Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas de Distribución General desde 120V hasta 69kV, (IEEE, 1992).**

Máxima Distorsión de Corriente Armónica en Porcentaje de IL						
Orden Armónico Individual (Armónicos Impares)						
Isc / IL	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

En referencia al índice de parpadeo o flicker que se refiere término a las fluctuaciones rápidas de la tensión de alimentación, estas fluctuaciones de tensión tienen las siguientes características:

- Amplitud de la variación de la tensión (durante la perturbación, diferencia producida entre los valores de la tensión eficaz máxima y mínima, o entre los valores de la tensión de cresta).
- Cantidad de variaciones de tensión a lo largo de una determinada unidad de tiempo
- Efectos que se producen a consecuencia de las variaciones de tensión asociadas con las perturbaciones.

El índice de parpadeo (flicker) puede ser motivado por perturbaciones introducidas durante la generación, transmisión o distribución de energía, pero que generalmente son provocadas por el uso de grandes cargas fluctuantes, es decir, cargas cuya demanda de potencia activa o reactiva fluctúa rápidamente.

Entre estas cargas están, por ejemplo, los hornos de arco, los motores de laminadoras, grandes bobinadoras, etc. Es muy importante observar que las cargas de pequeña potencia, tales como soldadoras, reguladores de potencia, sierras y martillos eléctricos, bombas, compresores, grúas, elevadores, etc., pueden también ser fuentes productoras de parpadeo (flicker).

La incidencia de este parámetro en las fuentes de luz de carácter eléctrico, cualquier variación de la magnitud de la tensión de suministro provoca una alteración de su flujo luminoso.

Límites normalizados para el índice de parpadeo (flicker) Según (IEC 6100-3-3, 2013):

- El índice de severidad del parpadeo de la luz de corta duración debe ser  $PST \leq 1,0$ .
- El índice de severidad del parpadeo de la luz de larga duración debe ser  $PST \leq 0,65$ .

Estableciendo que el índice de parpadeo (flicker), obtenidos en la medición de la luminaria de sodio de alta presión en la presente investigación, es de corta duración, que se encuentran en el rango permitido en la mencionada norma.

$PST 0,51 \leq 1,0$

En lo referente al factor de potencia, que es el coseno del ángulo  $\phi$ , cabe recordar que:

$$FP = P/S \quad \text{Ec: 3.3}$$

Donde:

FP (factor de potencia) =

P (potencia activa) = [W]

S (potencia aparente) = [VA]

Q (potencia reactiva) = [VAR]

A continuación se procede con el siguiente detalle:

La potencia activa “Es la potencia que consume una carga durante un periodo de tiempo” (Edminister, 2014, pág. 7).

$$P = V * I * \cos\phi \quad [W] \quad \text{Ec: 3.4}$$

La potencia reactiva es “Cuando un circuito contiene bobinas, capacitores o ambos tipo de elementos, una parte de la energía es consumida durante un ciclo se almacena en ellos posteriormente regresa a la fuente. Durante este periodo de retorno de la energía, la potencia es negativa” (Edminister, 2014, pág. 266).

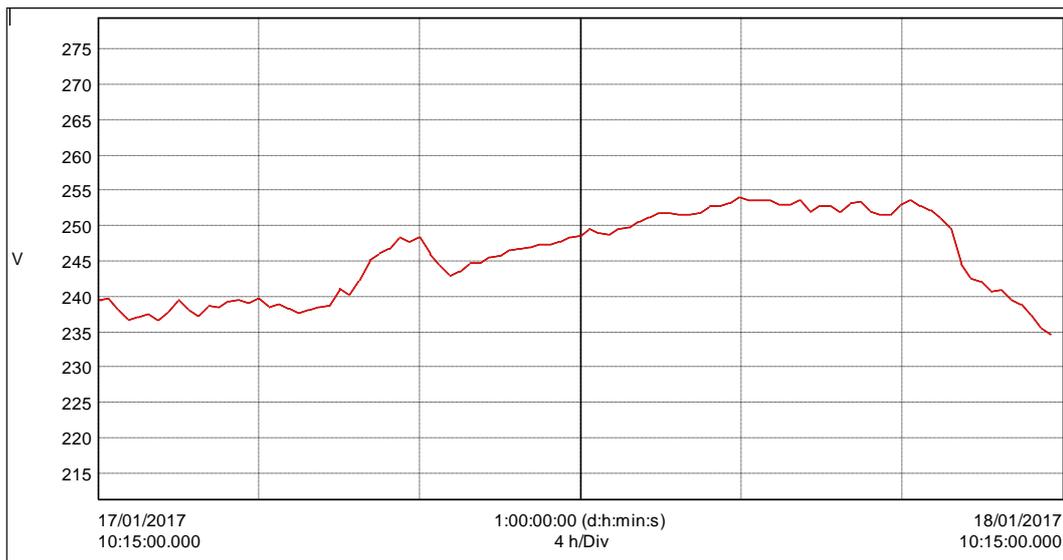
$$Q = V * I * \sen\phi \quad [VAR] \quad \text{Ec: 3.5}$$

$$P = V * I \text{ [VA]}$$

Ec: 3.6

Determinando que el factor de potencia promedio obtenido en las mediciones de la luminaria de sodio del alta presión es de 0,94, valor que cumple con la normativa vigente cuyo valor es de 0,92.

En la Figura 3.15, se muestra la curva característica de voltaje Vrms, obtenido en el software Data View de la medición del analizador AEMC 3945-B.



**Figura 3.15. Curva característica voltaje Vrms- Data View, Ing. Fabián Granja N.**

### 3.3.2.- Evaluación al consumo de energía de luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui

La evaluación se procede con los datos obtenidos en las respectivas mediciones de los parámetros eléctricos recordando que la muestra corresponde a 9 luminarias de una población de 100 luminarias, cuyo detalle se muestra en la Tabla 3.7. Para el efecto se utilizó la ecuación 3.2 y los siguientes datos:

$$E_{pp} = P \text{ luminarias} * 12 \text{ h} * 7 \text{ días} =$$

Ec: 3.2

Datos:

Epp= Energía consumida periodo prueba

Potencia nominal luminaria= 0,250 kW

Potencia promedio luminaria= 0,290 kW

Horas de funcionamiento= 12 h

Cálculo energía con potencia nominal:

$$E_{pp} = 0.250kW * 12 h * 7 días = 21 kWh$$

Cálculo energía con potencia promedio:

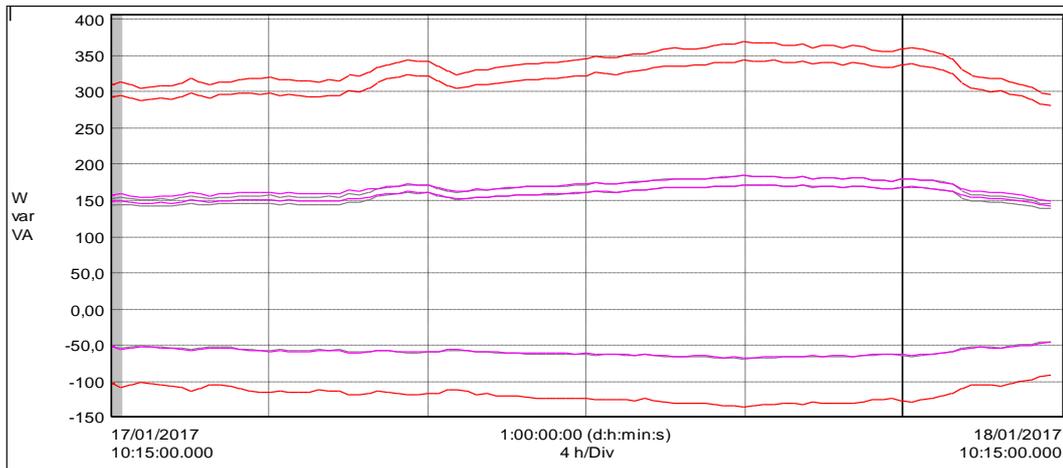
$$E_{pp} = 0.290 kW * 12 h * 7 días = 24,36 kWh$$

En el cálculo se considera a la potencia nominal que consta en la luminaria que 250 W, y la potencia promedio obtenida 289,55 W. Determinado un incremento o pérdidas de 39,55 W que corresponde al 15,82%. Con estos valores calculamos la energía con la potencia nominal y la medida, por el lapso de 7 días, con 12 horas de funcionamiento 18:30 – 06:30, teniendo como resultante una diferencia de 3,4 kWh, que corresponde a pérdidas comerciales del CNEL, cuyos valores que se muestran en la Tabla 3.12.

**Tabla 3.12. Evaluación consumo energía periodo de pruebas luminarias de sodio alta presión, Ing. Fabián Granja N.**

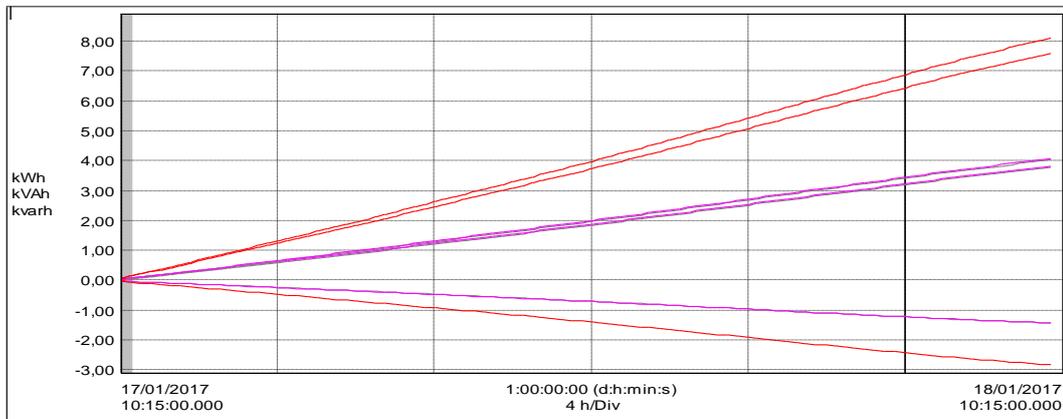
ITEM	CONSUMO ENERGÍA PRUEBA [kWh]
MEDICION	24,4
CÁLCULO	21,0
DIFERENCIA	3,4

En las Figuras 3.16 y 3.17, se muestran las curvas características de potencia y energía de la luminaria de luminaria de 250W sodio alta presión.



- W1
- W2
- W Total
- var1
- var2
- var Total
- VA1
- VA2
- VA Total

**Figura 3.16. Curva característica potencia luminaria 250W-Na-Data View,**  
Ing. Fabián Granja N.



- 17/01/2017 - 10:15:00.000
- Valor
- 36,19 — Wh1
  - 37,34 — Wh2
  - 73,53 — Wh Total
  - 38,37 — VAh1
  - 39,53 — VAh2
  - 77,90 — VAh Total
  - 12,74 — varh1
  - 12,97 — varh2
  - 25,71 — varh Total

**Figura 3.17. Curva característica energía luminaria 250W-Na-Data View,**  
Ing. Fabián Granja N.

### 3.3.3- Medición eléctrica de las luminarias LED

En la presente investigación se ha determinado que 3 luminarias tipo led que serán sometidas al proceso de medición de los parámetros eléctricos y posterior evaluación, por un lapso de tiempo de 7 días, utilizando el analizador de calidad de energía AEMC 3945-B.

En la Tabla 3.13, se muestran los valores de los parámetros eléctricos obtenidos en el proceso de medición del 09 al 16 de enero del 2017, estableciendo los siguientes promedios:

Tipo de luminaria: LED

Potencia nominal= 182,9 W

Tiempo de prueba= 7 días, 84 horas.

Frecuencia= 60 Hz

Voltaje promedio= 237,27 V

THD V= 2,45

Pst= 0,41

Corriente promedio= 0,97 A

THD I= 14,93

PAC (Potencia activa)= 219,05 W

EAC (Energía activa)= 18.40 kWh

PR (Potencia reactiva)= -85,40 var

ER (Energía reactiva)= -7,16 kvar

PA (Potencia aparente)= 235,08 kVA

EA (Energía aparente)= 19,75 kVAR

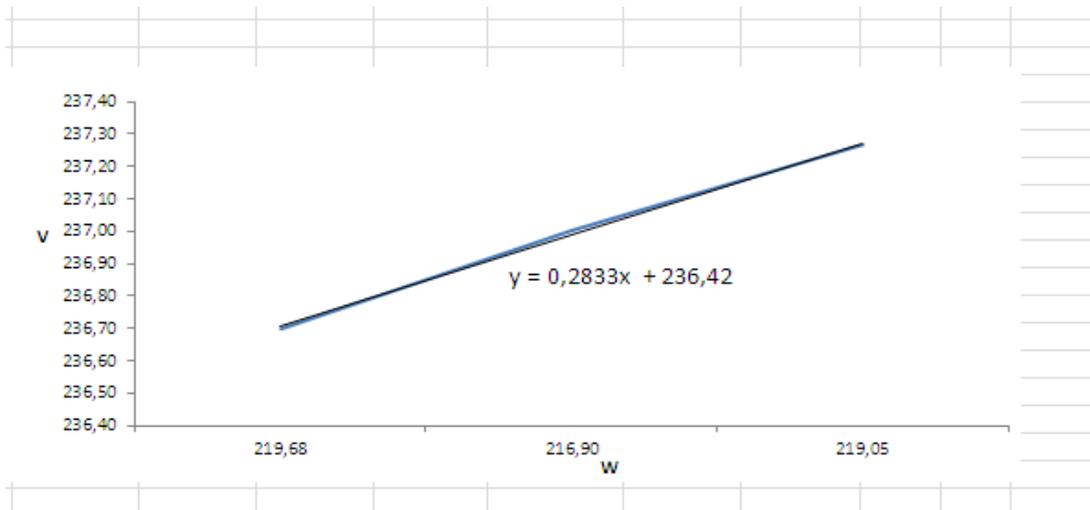
Factor de potencia = 0,93

**Tabla 3.13. Detalle de las mediciones parámetros eléctricos de las luminarias led, Ing. Fabián Granja N.**

Modelo 3945 Serie														
Tendencia: Luminaria de LED 200W														
Dia de empuce: 27/01/2017														
Dia de finalización: 02/02/2017														
No.	Frecuencia Hz	Voltaje V	THD V %	Pst	Corriente A	THD I %	PAC W	EAC kWh	PR var	ER kvar	PA VA	EA kVAR	FP	Horas Medición
P1	60,00	238,10	2,40	0,50	0,95	14,70	220,57	18,53	-86,15	-7,24	236,82	19,89	0,93	84,00
P2	59,99	236,70	2,45	0,37	1,00	14,80	219,68	18,45	-85,24	-7,16	235,66	19,80	0,93	84,00
P3	60,00	237,00	2,50	0,38	0,95	15,30	216,90	18,22	-84,38	-7,09	232,76	19,55	0,93	84,00
PRONMEDIO	60,00	237,27	2,45	0,41	0,97	14,93	219,05	18,40	-85,26	-7,16	235,08	19,75	0,93	84,00

En la Tabla 3.13, se deduce que las variaciones del voltaje de alimentación provoca una variación en la potencia activa de la luminaria, en la Figura 3.18, se muestra la variación de voltaje (V) / potencia activa (W).

Tendencia lineal:  $y = 0,2833x + 236,42$



**Figura 3.18. Tendencia lineal de voltaje / potencia activa led, Ing. Fabián Granja N.**

En la Tabla 3.14, se muestra el coeficiente de correlación de la recta, considerando que su valor es cercano a 0, la correlación es débil.

**Tabla 3.14 Coeficiente de correlación recta  $y= 0,2833x + 237,78$**

	V	W
V	1	
W	-0,2491225	1

A continuación se procede al análisis de la distorsión armónica voltaje o THD V que en la luminaria LED, este valor debe ser expresado como porcentaje, y no deben sobrepasar los límites que se tabulan en la Tabla 3.9.

Concluyendo que el THD voltaje promedios obtenidos en las lecturas es de 2,45 %, que es menor al 8 % admitidos por la norma antes mencionada.

En lo concerniente a la distorsión armónica de corriente o THD I, que se representa en % de la máxima corriente de carga demandada, en la Tabla 3.9, estableciendo que en el presente trabajo investigativo se considera que la que el THD I corresponde al 20 %, determinando que en la mediciones de la luminaria de sodio de alta presión 14,93 %, está dentro de esta norma.

En referencia al índice de parpadeo o flicker que se refiere término a las fluctuaciones rápidas de la tensión de alimentación, estableciendo que el índice de parpadeo (flicker), obtenidos en la medición de la luminaria led en la presente investigación, es de corta duración, que se encuentran en el rango permitido en la mencionada norma.

$$PST 0,41 \leq 1,0$$

En lo referente al factor de potencia que es el coseno del ángulo  $\varphi$ , se determina que el factor de potencia promedio obtenido en la mediciones de la luminaria de sodio del alta presión es de 0,93, valor que cumple con la normativa vigente cuyo valor es de 0,92.

### 3.3.4.- Evaluación al consumo de energía de luminaria LED

La evaluación se procede con los datos obtenidos en las respectivas mediciones de los parámetros eléctricos en las luminarias LED, para el efecto se utilizó la ecuación 3.2 y los siguientes datos.

$$E_{pp} = P \text{ luminarias} * 12 \text{ h} * 7 \text{ días} = \quad \text{Ec: 3.2}$$

Datos:

$E_{pp}$ = Energía consumida periodo prueba

Potencia nominal luminaria= 0,1829 kW

Potencia promedio luminaria= 0,219 kW

Horas de funcionamiento= 12 h

Calculo energía con potencia nominal:

$$E_{pp} = 0,1829 \text{ kW} * 12 \text{ h} * 7 \text{ días} = 15,36 \text{ kWh}$$

Calculo energía con potencia promedio:

$$E_{pp} = 0,219 \text{ kW} * 12 \text{ h} * 7 \text{ días} = 18,40 \text{ kWh}$$

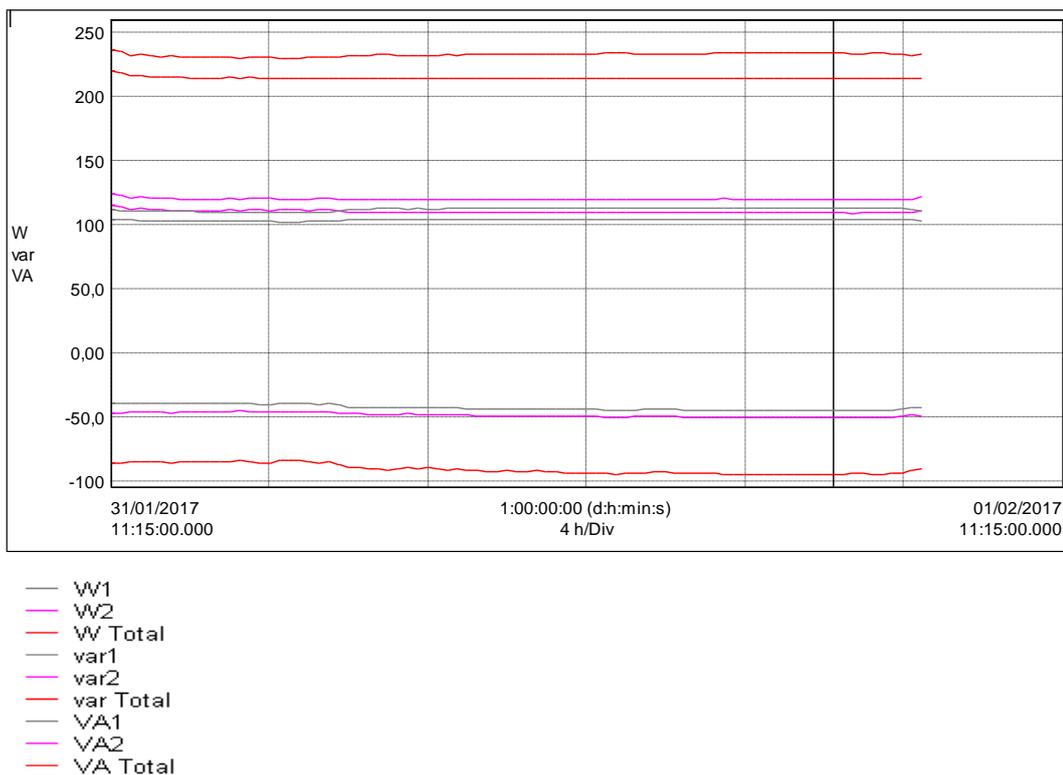
En el cálculo se considera a la potencia nominal que consta en la luminaria que 182,9 W, y la potencia promedio obtenida 219 W. Determinado un incremento o pérdidas de 36,1 W que corresponde al 16,5 %. Con estos valores calculamos la energía con la potencia nominal, medida por el lapso de 7 días, con 12 horas de funcionamiento 18:30 – 06:30, teniendo como resultante una diferencia de 3,04 kWh, que corresponde a pérdidas comerciales del CNEL, en el caso de su implementación, valores que se muestran en la Tabla 3.15.

**Tabla 3.15. Evaluación consumo energía periodo de pruebas luminarias led,**

Ing. Fabián Granja N.

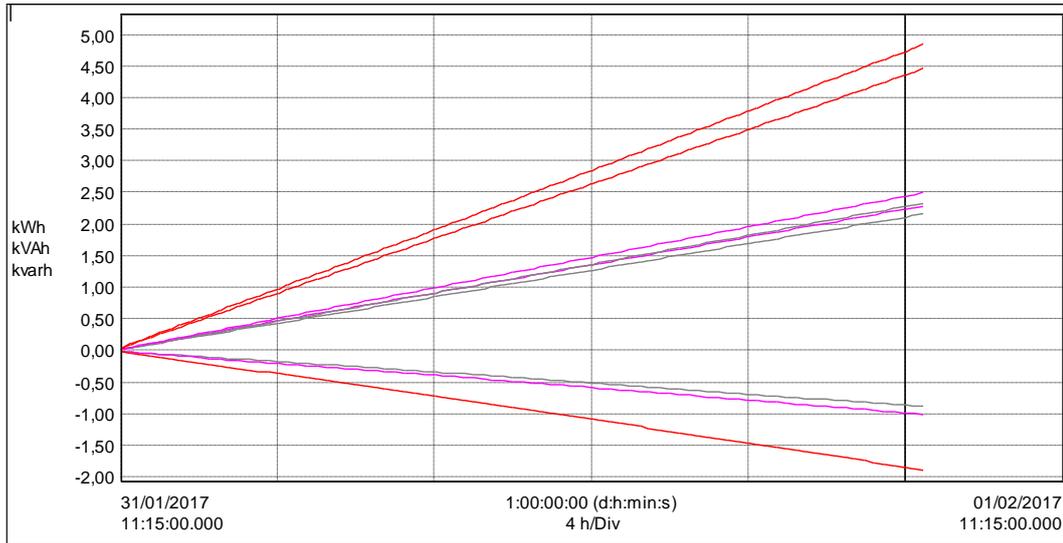
ITEM	CONSUMO ENERGÍA PRUEBA [kWh]
MEDICIÓN	15,36
CÁLCULO	18,40
DIFERENCIA	3,04

En las Figuras 3.19 y 3.20, se muestran las curvas características de potencia y energía de la luminaria de luminaria LED 182,9 W.



**Figura 3.19. Curva característica potencia luminaria LED 182,9 W-Na-Data**

View, Ing. Fabián Granja N.



**Figura 3.20. Curva característica energía luminaria LED 182,9 W-Na-Data View, Ing. Fabián Granja N.**

En la Tabla 3.16, se muestra el resumen de resultados de la evaluación a las luminarias de sodio 250 W y LED 182,9 W.

**Tabla 3.16. Resumen de resultados de la evaluación luminarias de sodio 250 W y LED 182,9 W, Ing. Fabián Granja N.**

<b>SODIO 250W</b>	<b>NORMA</b>	<b>MEDICIÓN</b>	<b>CUMPLE</b>
Potencia Nominal	250W	290W	Pérdidas 40W
THD V	8%	2,54%	✓
THD I	20%	23,72%	✗
PST corta duración	≤1,0	0,51	✓
fp	0,92	0,94	✓
Coeficiente Correlación		0,9768683	Correlación Fuerte
<b>LED 182,9 W</b>			
Potencia Nominal	182,9W	219,05W	Pérdidas 36,15W
THD V	8%	2,45%	✓
THD I	20%	14,93%	✓
PST corta duración	≤1,0	0,41	✓
fp	0,92	0,93	✓
Coeficiente Correlación		-0,2491225	Correlación Débil

### **3.4.- Mediciones y evaluaciones fotométricas**

En la presente investigación se ha determinado realizar las mediciones y posteriores evaluaciones de la iluminancia y la luminancia, este proceso se lo realizará conforme la norma CIE 140: 2000. El detalle de las luminarias de sodio alta presión existentes en las red de alumbrado público de la Av. Tsafiqui, que serán sometidas a al proceso de medición de los parámetros fotométricos y posterior evaluación se muestran en la Tabla 3.17, en la presente investigación se ha considerado una muestra por cada circuito, considerando que para realizar esta actividad se la realiza en la mismo sitio de donde se encuentran ubicadas las luminarias, lo que implica coordinación de actividades con instituciones encargadas del control de tránsito vial.

**Tabla 3.17. Detalle de las luminarias para la medición y evaluación fotométrica, Ing. Fabián Granja N.**

<b>Circuito</b>	<b>No. luminarias</b>	<b>Tramo</b>
1	24	P1312-P1313
2	44	P1410-P1411
3	32	P2132-P2131

#### **3.4.1.- Mediciones fotométricas**

##### **3.4.1.1.- Iluminancia**

Antes de proseguir con las respectivas mediciones se ha considerado la revisión del cálculo de iluminancia planar y semicilíndrica.

##### **3.4.1.1.1.- Iluminancia planar**

En un plano horizontal, usualmente la superficie de carretera o aceras, referida como iluminancia horizontal. La iluminancia horizontal en un punto (INEN, 2014, pág. 70), se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$E_h = \sum \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \varepsilon \cdot \Phi \cdot MF}{H^2}$$

Ec: 3.7

Donde:

$E_h$ = Es la iluminancia horizontal mantenida en el punto [lux]

$\Sigma$ = Indica la suma de las contribuciones de todas las luminarias.

$I(C, \gamma)$  = Es la intensidad en la dirección del punto [cd/klm]

$\varepsilon$ = Es el ángulo de incidencia de la luz en el punto.

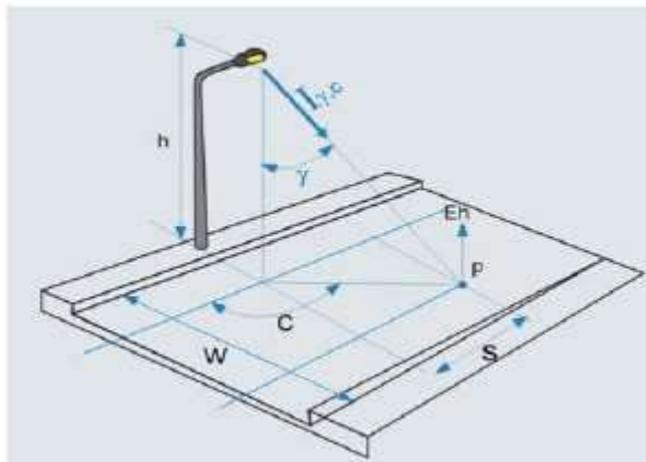
$\gamma$  = Es el ángulo fotométrico vertical.

$H$ = es la altura de montaje en m de la luminaria.

$\Phi$  =es el flujo luminoso inicial de la lámpara o lámparas en la luminaria [klm]

$MF$  =es el producto del factor de mantenimiento de flujo de la lámpara y el factor de mantenimiento luminaria.

En la Figura 3.21 se muestra gráficamente los respectivos parámetros que intervienen en el cálculo de la iluminancia en el punto P.



**Figura 3.21. Parámetros para calcular la iluminancia en el punto P, (INEN, 2014).**

### 3.4.1.1.2.- Iluminancia semicilíndrica 1,5m por encima de la superficie de interés

La iluminancia semicilíndrica varía con la dirección de interés. La iluminancia semicilíndrica en un punto, (INEN, 2014, pág. 71) que se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{sc} = \sum \frac{I(C, \gamma) \cdot (1 + \cos \alpha_{sc}) \cdot \cos^2 \varepsilon \cdot \sin \varepsilon \cdot \Phi \cdot MF}{\pi \cdot (H - 1,5)^2}$$

**Ec: 3.7**

Donde:

$E_{sc}$  = Es la iluminancia semicilíndrica mantenido en el punto [lux]

$\Sigma$  = indica la suma de las contribuciones de todas las luminarias.

$I(C, \gamma)$  = Es la intensidad en la dirección del punto de cálculo [cd / klm]

$\alpha_{SC}$  = Es el ángulo entre el plano vertical que contiene el vector de intensidad y el plano vertical en ángulo recto a la superficie plana del semicilindro, como se muestra en la Figura 3.22.

$\gamma$  = Es el ángulo fotométrico vertical.

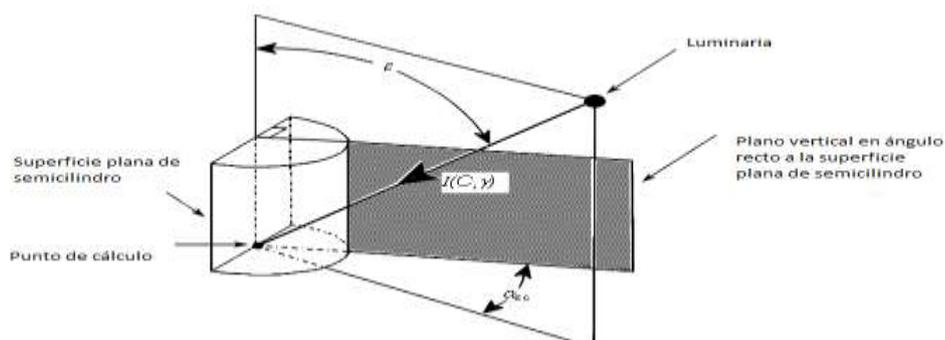
$\varepsilon$  = es el ángulo de incidencia de la luz a la normal al plano horizontal, en el punto

$H$  = Es la altura de montaje.

$t$  = m de la luminaria.

$\Phi$  es el flujo luminoso inicial de la lámpara o lámparas en la luminaria. [klm]

**MF es el producto del factor de mantenimiento del flujo de la lámpara y el factor de mantenimiento de la luminaria.**



**Figura 3.22. Ángulos utilizados en el cálculo de la iluminancia semicilíndrica, (INEN, 2014, pág. 75).**

### 3.4.1.1.3.- Campo de cálculo de la iluminancia.

El campo de cálculo es el área típica de la carretera, para el interés del conductor y del peatón su graficación se muestra en la Figura 3.23.

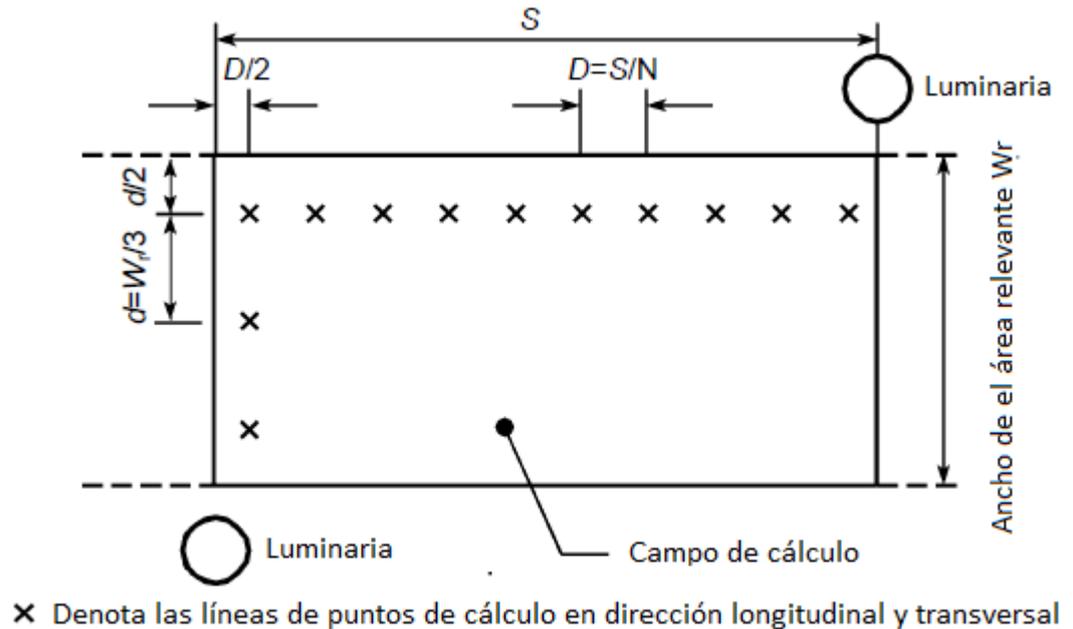


Figura 3.23.- Campo de cálculo típico de la carretera iluminancia, (INEN, 2014, pág. 85).

### 3.4.1.1.4.- Posición de puntos de cálculo.

a) En dirección longitudinal; Se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$D = S/N \quad \text{Ec: 3.8}$$

Dónde:

D: es el espacio entre puntos en dirección longitudinal.

S: es el espacio entre luminarias en la misma línea.

N: es el número de puntos de cálculo en dirección, longitudinal elegido de tal manera que:

Para  $S \leq 30$  m,  $N=10$

Para  $S > 30$  m, es el menor entero dado por  $D \leq 3$  m.

La primera fila transversal de puntos de cálculo está espaciado a una distancia  $D/2$  más allá de la primera luminaria.

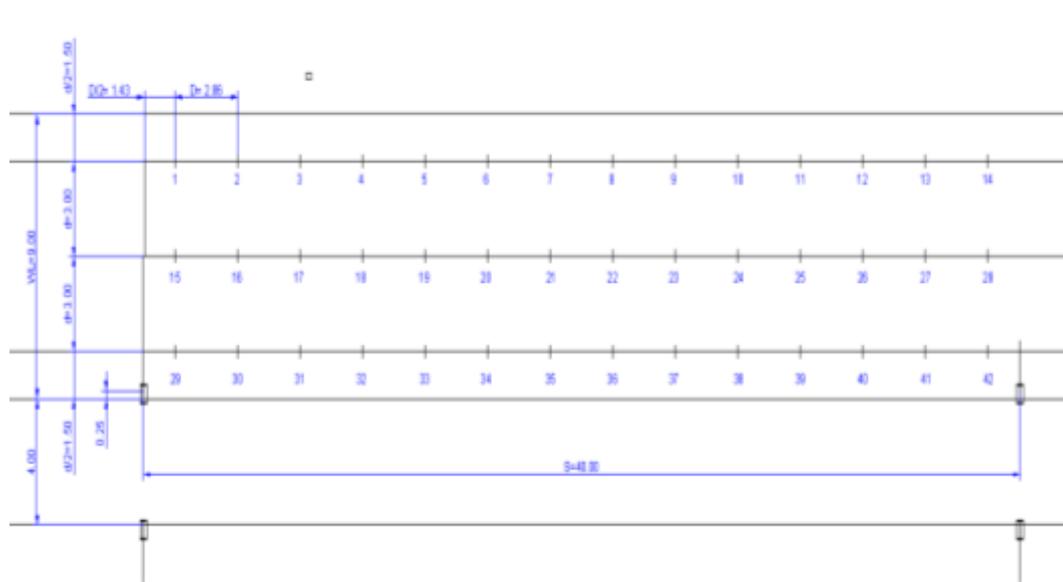
b) En dirección transversal

Dónde:

$d$ : es el espacio entre puntos en dirección transversal (m).

WL: es el ancho del carril.

El espaciamiento de los puntos de los bordes de la zona relevante es  $D/2$  en la dirección longitudinal, y  $d/2$  en la dirección transversal, como se puede ver en la Figura 3.24.



**Figura 3.24.- Campo de cálculo típico iluminancia de la Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja N.**

#### **3.4.1.1.5.- Mediciones de la Iluminancia de las luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui**

Una vez establecidos los puntos de prueba se procede a la medición de la iluminancia con el luxómetro Tenmars TM 204. Este proceso se lo realizara en las luminarias o muestra conforme la Tabla 3.17.

En la Tabla 3.18, se muestran los valores de la iluminancia obtenidos se procede al respectivo cálculo, utilizando los siguientes conceptos:

- Iluminancia Promedio [Eav].

La luminancia media se calcula como la media aritmética de las luminancias obtenidas en los puntos de cálculo.

- La Uniformidad Global [Uo].

La uniformidad global se calcula como la relación de la más baja (mínima) a la iluminancia media.

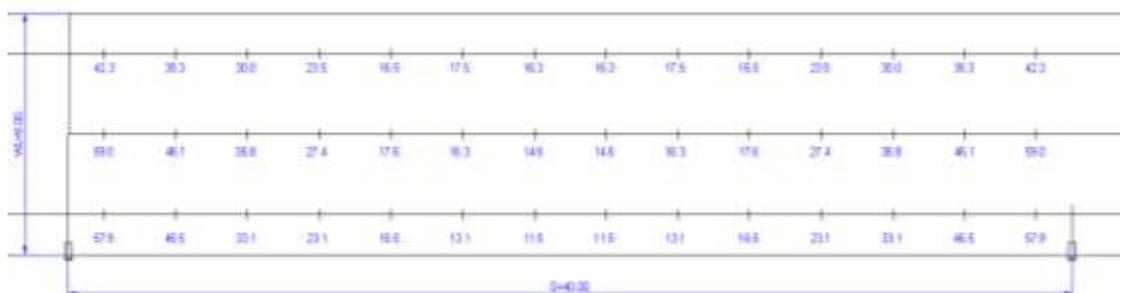
- Uniformidad Longitudinal [Ug].

La uniformidad longitudinal se calcula como la relación de la más baja a la más alta luminancia en la dirección longitudinal a lo largo de la línea central de cada carril.

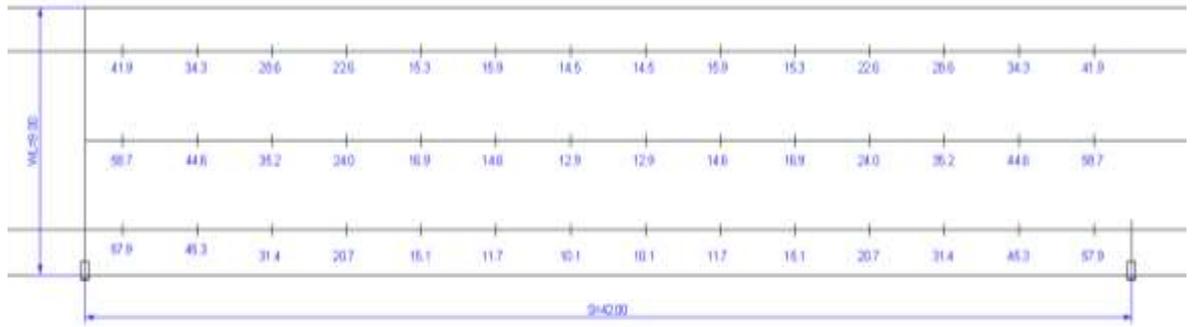
**Tabla 3.18.- Detalle de las mediciones de iluminancia de las luminarias de Sodio alta presión, Ing. Fabián Granja N.**

POSTES	ILUMINANCIA				U <sub>o</sub> %	U <sub>g</sub> %
	MIN	PROMEDIO	MAX			
	L <sub>x</sub>	L <sub>x</sub>	L <sub>x</sub>			
P1312-P1314	11,5	29,5	59,0		38,9	19,5
P1410-P1412	10,1	27,2	58,7		37,1	17,1
P2132-P2136	16,0	32,7	59,9		49,0	26,7

En las Figuras 3.25, 3.26 y 3.27, se muestra el detalle de la medición de la iluminancia en los tramos antes señalados, y en Figura 3.28, se muestra su fotografía.



**Figura 3.25. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P1312-P1313, Ing. Fabián Granja**



**Figura 3.26. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P1410-P1411, Ing. Fabián Granja**



**Figura 3.27. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P2132-P2131, Ing. Fabián Granja.**



**Figura 3.28. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P2132-P2131, Ing. Fabián Granja.**

### 3.4.1.2.- Mediciones de la luminancia de las luminarias sodio alta presión de la red de alumbrado público Av. Tsafiqui

Se ha previsto realizar las mediciones de la luminancia conforme la norma CIE 140: 2000.

#### 3.4.1.2.1.- Campo de cálculo de la luminancia.

El campo de cálculo vial es la sección de la carretera, que es de interés del conductor. La normativa establece que es en dirección longitudinal sobre una carretera recta y que el área de cálculo debe considerarse entre 2 luminarias seguidas de la misma fila, la primera luminaria debe estar colocada a 60 m delante del observador. En la dirección transversal se debe cubrir el ancho de la calzada de la carretera, de ser el caso sin considerar el parterre central; y, el ancho de la calzada de la carretera con parterre central, considerando que la altura del observador es de 1,5 m, como se muestra en la Figura 3.29.

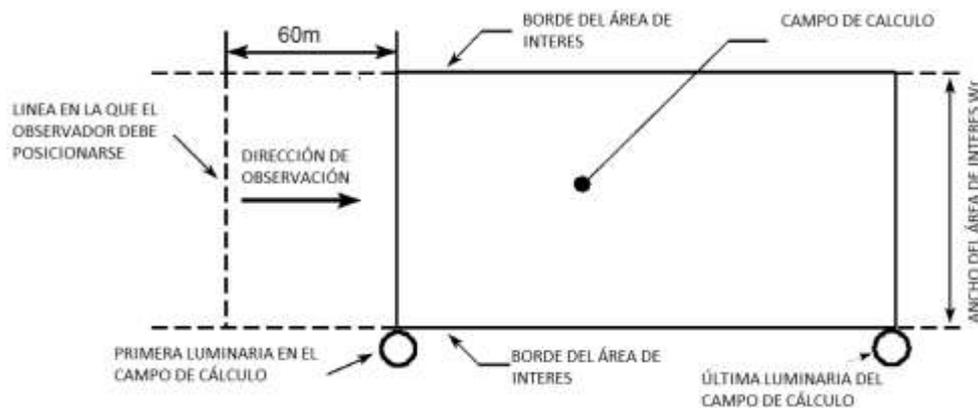
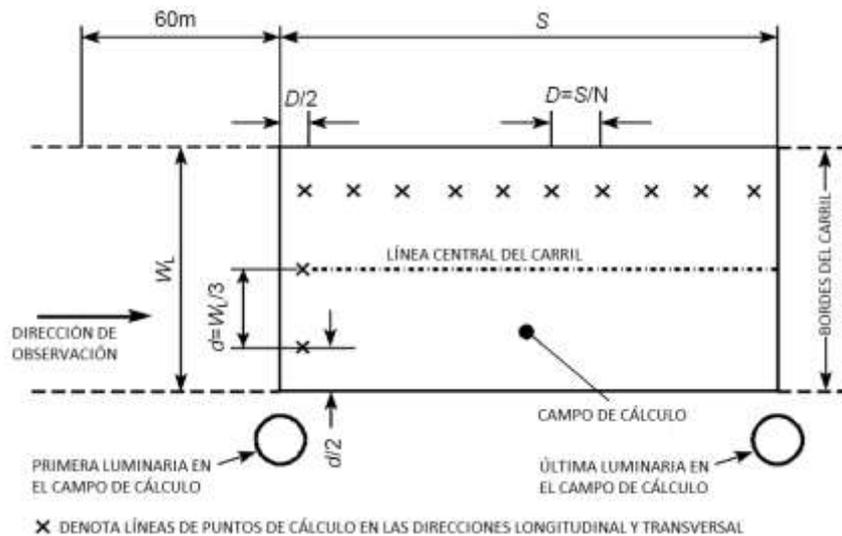


Figura 3. 29. Campo de cálculo de luminancia de una calzada, (INEN, 2014, pág. 83).

#### 3.4.1.2.2.- Posición de puntos de cálculo.

Los puntos de cálculo deben estar uniformemente espaciados en el campo de cálculo y colocados como se indica en la Figura. 3.30.



**Figura 3.30.- Posición de puntos de cálculo en un carril luminancia, (INEN, 2014, pág. 83).**

### 3.4.1.2.3.- Posición de puntos de cálculo en un carril.

- a) En dirección longitudinal; Según (INEN, 2014, pág. 83), se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$D = S/N \quad \text{Ec: 3.6}$$

Dónde:

**D:** Es el espacio entre puntos en dirección longitudinal.

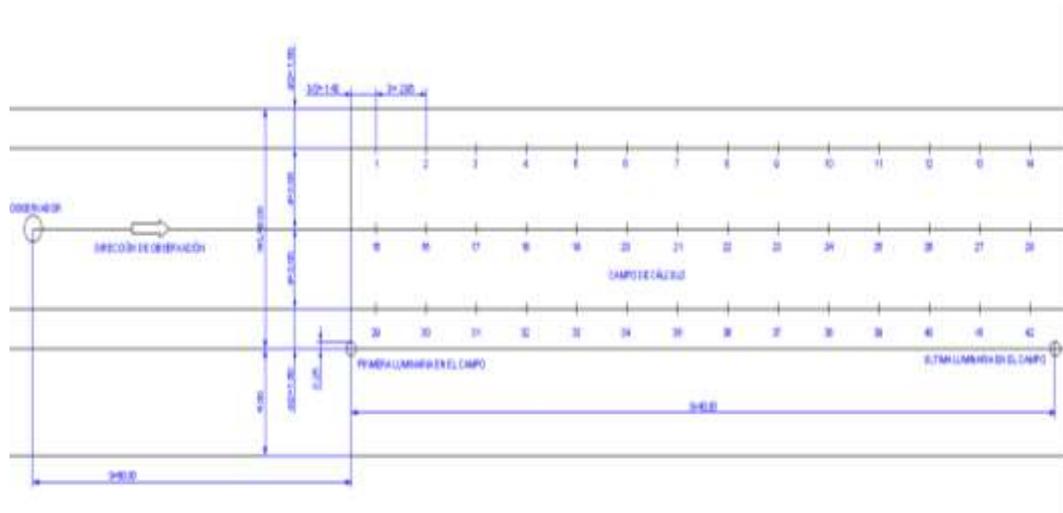
**S:** Es el espacio entre luminarias en la misma línea.

**N:** Es el número de puntos de cálculo en dirección longitudinal elegido de tal manera que,

Para  $S \leq 30$  m,  $N=10$

Para  $S > 30$  m, es el menor entero dado por  $D \leq 3$  m.

La primera fila transversal de puntos de cálculo está espaciado a una distancia  $D/2$  más allá de la primera luminaria (alejada del observador), como se muestra en la Figura 3.31.



**Figura 3.31. Puntos de cálculo y medición de Luminancia Av. Tsafiqui, Ing. F. Granja N.**

Como se muestra en la Figura 3.31:

$$S = 40 \text{ m}$$

$$40 \leq 30 \text{ m:}$$

$$D = 40 \text{ m} / 14 = 2,86 \text{ m} ; 2,86 \text{ m} \leq 3 \text{ m.}$$

b) En dirección transversal: Según (INEN, 2014, pág. 83) calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$d = WL/3 \quad \text{Ec: 3.7}$$

Dónde:

d: Es el espacio entre puntos en dirección transversal [m].

WL: Es el ancho del carril.

Los puntos de cálculo exteriores están espaciados  $d/2$  desde los bordes del carril.

Donde hay un arcén y se requiere de información de luminancia, el número y espaciamiento de los puntos de cálculo, es el mismo que para un carril de conducción.

Como se muestra en la Figura 3.31.

$$WL = 9 \text{ m}$$

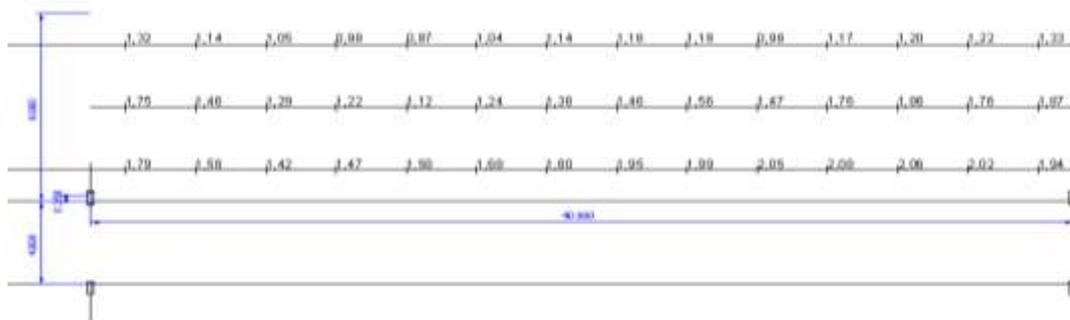
$$d = 9 \text{ m} / 3 = 3 \text{ m.}$$

En la Tabla 3.19, se muestran los valores de la luminancia obtenidos, se procede al respectivo cálculo de sus valores representativos.

**Tabla 3.19. Detalle de las mediciones de luminancia de las luminarias de Sodio alta presión, Ing. Fabián Granja N.**

POSTES	LUMINANCIA			U <sub>o</sub> %	U <sub>g</sub> %
	MIN cd/m <sup>2</sup>	PROMEDIO cd/m <sup>2</sup>	MAX cd/m <sup>2</sup>		
P1312-P131	0,9	1,6	2,1	54,7	41,8
P1410-P141	0,8	1,4	2	56,5	39,2
P2132-P213	1,1	1,7	2,2	65,5	50,9

En las Figuras 3.32, 3.33 y 3.34, se muestra el detalle de la medición de la iluminancia en los tramos antes señalados.



**Figura 3.32. Detalle mediciones de luminancia tramo P1312-P1313, Ing. Fabián Granja.**



**Figura 3.33. Detalle mediciones de luminancia tramo P1410-P1411, Ing. Fabián Granja**



**Figura 3.34. Detalle mediciones de Iluminancia tramo P2132-P2131, Ing. Fabián Granja.**

### 3.4.2- Evaluaciones fotométricas

En la presente investigación se ha previsto realizar la evaluación fotométrica de iluminancia y luminancia utilizando para la simulación del cálculo el software en el diseño fotométrico de alumbrado público, conforme lo establece el reglamento técnico de alumbrado público INEN, clausula 4.3.3.2, que en este caso es el software ULISEE U3.

En las Tablas 3.20 y 3.21 se muestran los datos comparativos de la luminancia e iluminancia en los 3 tramos previstos para este proceso.

**Tabla 3.20. Datos de las mediciones y cálculos de iluminancia de las luminarias de Sodio alta presión, Ing. Fabián Granja N.**

POSTES	LONGITUD m	RESULTADOS	ILUMINANCIA			U <sub>o</sub> %	U <sub>g</sub> %
			MIN Lx	PROMEDIO Lx	MAX Lx		
P1312-P1314	40	MEDICIÓN	11,5	29,5	59,0	38,9	19,5
		CÁLCULO	15,2	38,2		40,0	
		DIFERENCIA		8,7			
P1410-P1412	42	MEDICIÓN	10,1	27,2	58,7	37,1	17,1
		CÁLCULO	13,3	36,3		37,0	
		DIFERENCIA		9,1			
P2132-P2136	35	MEDICIÓN	16,0	32,7	59,9	49,0	26,7
		CÁLCULO	21,2	43,6		49,0	
		DIFERENCIA		10,9			

**Tabla 3.21. Datos de las mediciones y cálculos de luminancia de las luminarias de Sodio alta presión, Ing. Fabián Granja N.**

POSTES	LONGITUD m	RESULTADOS	LUMINANCIA			U <sub>o</sub> %	U <sub>g</sub> %
			MIN cd/m <sup>2</sup>	PROMEDIO cd/m <sup>2</sup>	MAX cd/m <sup>2</sup>		
P1312-P1314	40	MEDICIÓN	0,9	1,6	2,1	54,7	41,8
		CÁLCULO	1,06	1,96		53,0	
		DIFERENCIA		0,4			
P1410-P1412	42	MEDICIÓN	0,8	1,4	2	56,5	39,2
		CÁLCULO	0,98	1,87		52,0	
		DIFERENCIA		0,5			
P2132-P2136	35	MEDICIÓN	1,1	1,7	2,2	65,5	50,9
		CÁLCULO	1,3	2,24		57,0	
		DIFERENCIA		0,5			

En la Tabla 3.22, se establece la disminución de la iluminancia y la luminancia en un porcentaje del 24% y de 22,7% respectivamente, este proceso es conocido como depreciación luminosa, cabe indicar que esta disminución es de manera gradual con el tiempo debido al uso, disminución de los lúmenes de las lámparas, a la suciedad del sistema, estableciéndose que para mantener estos niveles es necesario la ejecución de un programa de mantenimiento de estas instalaciones.

**Tabla 3.22. Datos de la evaluación de la iluminancia y luminancia de las luminarias de Sodio alta presión, Ing. Fabián Granja N.**

DESCRIPCION		ILUMINANCIA		LUMINANCIA	
POSTES	LONGITUD m	Lx	%	cd/m <sup>2</sup>	%
P1312-P1314	40	8,7	22,7	0,4	18,8
P1410-P1412	42	9,1	25,1	0,5	25,1
P2132-P2136	35	10,9	25,0	0,5	24,1
	Σ	9,6	24,3	0,5	22,7

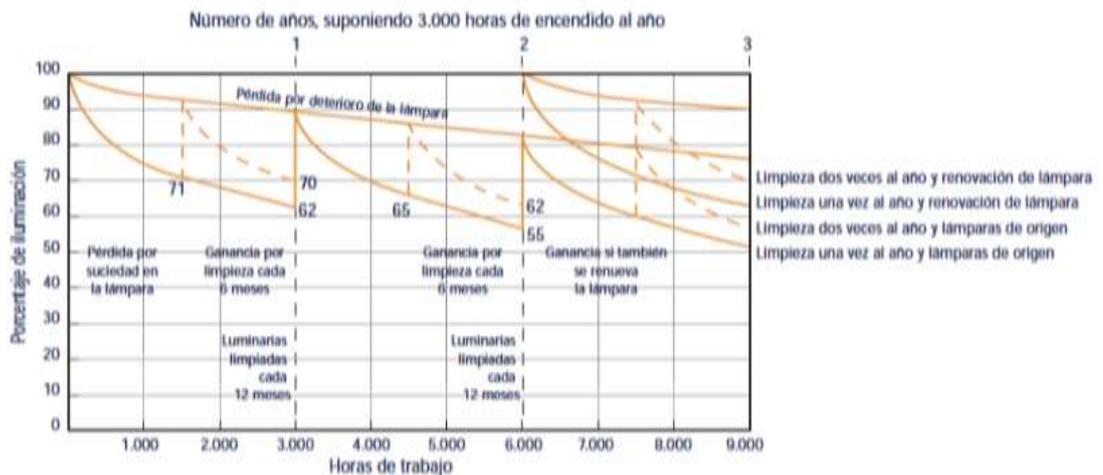
Los factores que influyen en estas pérdidas son:

- Fallo por mortalidad o mal funcionamiento de los componente
- Acumulación de polvo y suciedad en el exterior de la luminaria
- Envejecimiento de las lámparas
- Deterioro y envejecimiento de la parte interior de la lámpara debido a la oxidación, efectos del calor, etc.

- Variaciones de temperatura elevadas
- Fallo prematuro del equipo auxiliar
- Voltaje incorrecto entre bornes
- Fallos de la instalación

Para mantener el mínimo los valores establecidos en el diseño del sistema, es necesario un realizar un mantenimiento adecuado del sistema completo: limpiar el conjunto lámpara-luminaria o cambiar las lámparas que no funcionan con una cierta frecuencia, etc. Los periodos de mantenimiento, se acuerdan previamente en la etapa de diseño del proyecto.

En la Figura 3.35, se observa la evolución que sufre el sistema con el tiempo. Por ejemplo, el porcentaje de iluminación disminuye hasta un 71% los primeros seis meses, si en este momento se limpia el conjunto, al cabo de un año, el porcentaje de iluminación sea del 70%. En cambio, si la limpieza se realiza al año, el porcentaje baja hasta el 62%.



**Figura 3.35. Factor de conservación, manual de iluminación, (Philips INDAL, 2002).**

Otro factor que es necesario considerar es el de mantenimiento o conservación, que es la relación en la iluminancia media en el plano de trabajo, después de un periodo de tiempo de uso y la iluminancia media obtenida en las mismas condiciones en el primer día de funcionamiento.

El factor de conservación es muy importante tenerlo en cuenta para obtener el nivel medio de iluminación. Si no se tiene en cuenta, el cálculo se realiza como si la instalación fuese nueva en todo momento, sin tener en consideración las pérdidas que sufre el sistema. Además determina la planificación de la programación de las tareas de mantenimiento. El factor de mantenimiento es función fundamentalmente de:

- Tipo de lámpara, depreciación luminosa y supervivencia en el transcurso del tiempo
- Estanqueidad del sistema óptico de la luminaria
- Tipo de cierre de la luminaria
- Mantenimiento del sistema de iluminación
- Contaminación ambiental del entorno

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_m = \text{FDFL} \times \text{FSL} \times \text{FDLU} \quad \text{Ec: 3.8}$$

Donde:

- FDFL es el factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara (Tabla 3.23)
- FSL es el factor de supervivencia de la lámpara (Tabla 3.24)
- FDLU es el factor de depreciación de la luminaria (Tabla 3.25)

El resultado será siempre un valor menor que la unidad e interesa que sea lo más elevado posible para reducir la frecuencia de mantenimiento.

El Reglamento proporciona las tablas necesarias para calcular el factor de mantenimiento, en función del tipo de fuente de luz y luminaria:

**Tabla 3.23. Factor de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL), Reglamento de Eficiencia energética alumbrado público exterior 1890/2008, España.**

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

**Tabla 3.24. Factor de supervivencia de las lámparas (FSL), (Ministerio de Industria, 2008)**

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio baja presión	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente tubular Halofosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

**Tabla 3.25. Factor de depreciación de la luminaria considerando protección sistema óptico (FDLU), (Ministerio de Industria, 2008).**

Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

El Grado de protección IP hace referencia al estándar internacional IEC 60529, el mismo que establece para el primer dígito, la certificación contra el ingreso de objetos sólidos y para el segundo, el nivel de protección contra el ingreso de agua; es así que IP=65, significa: protección contra el ingreso de polvo y chorro de agua en todas las direcciones, como se muestra en la Tabla 3.26.



**Tabla 3.26.-Código de protección IP, IEC 60529.**

Nivel	Primer Dígito	Segundo Dígito
0	—	Sin protección
1	<50 mm	Goteo de agua
2	<12.5 mm	Goteo de agua
3	<2.5 mm	Agua nebulizada. (spray)
4	<1 mm	Chorros de agua
5	Protección contra polvo	Chorros de agua
6	Protección fuerte contra polvo	Chorros muy potentes de agua.
7	Inmersión completa en el agua	
8	Inmersión completa y continua en el agua	

### 3.5. Impacto ambiental

Las luminarias de alumbrado público han venido desarrollando y logrando una mayor eficiencia luminosa y energética, por ende disminuyendo emisión de CO<sub>2</sub> al ambiente para el efecto en la presente investigación se considera como referencia la publicación ISBN 92-9169-319-7, la cual estima el valor de 0,46 Kg de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir al medio ambiente por cada kWh. De energía que se ahorra (PICC, 2005, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). Cabe indicar que en la normativa eléctrica en nuestro país no se contempla este pago de este rubro.

Cabe indicar que este equipamiento eléctrico especialmente los bulbos, cumple con su vida útil y en nuestro país no existe aún un tratamiento o reciclaje que se los pueda dar.

## **CAPÍTULO 4**

### **LA PROPUESTA**

#### **4.1.- Título**

Diseño de un sistema de iluminación LED, en la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo en el año 2017”

#### **4.2- Justificación**

Actualmente existen luminarias viales con tecnología LED, “que tienen grandes ventajas energéticas y fotométricas, respecto a luminarias existentes con el mismo tipo de aplicación, con el objetivo de disminuir el consumo energético en las redes de alumbrado público vial, cuyo diseño se enmarquen dentro de la regulación CONELEC 005/14, y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069. “Alumbrado Público”, normativas vigente al respecto en nuestro país.

#### **4.3.- Objetivo General**

Determinar la disminución del consumo energético por el uso de luminarias LED reemplazando a las actuales que son de tecnología de vapor de sodio de alta presión alta, consideradas actualmente de baja eficiencia luminosa, en las redes de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo.

#### **4.4. Estructura de la propuesta**

La propuesta está estructurada en la siguiente forma:

- Interpretación corte transversal de la Av. Tsafiqui
- Determinación tipo de vía (M)
- Niveles de Iluminación según tipo de vía
- Parámetros de montaje de la luminaria
- Características de la luminaria LED
- Resultados de simulación en el software Ulysse 3  
Luminancia

## Iluminancia

### -Análisis económico

Ahorro en potencia.

Ahorro en el consumo de energía.

Ahorro del coste por mantenimiento evitado.

Ahorro por emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>

Valor residual de las luminarias que se retiran.

- Evaluación económica de inversiones.

## 4.5. Desarrollo de la propuesta

Diseño de un sistema de iluminación LED, para su implementación en la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo. En el desarrollo de la presente propuesta se utilizarán los datos promedios obtenidos en el capítulo anterior.

Luminaria sodio alta presión:

$$P_n = 250 \text{ W}$$

$$V = 236,78 \text{ V}$$

$$P = 289,55 \text{ W}$$

Luminaria Led Voltana 5, 1000 mA

$$P_n = 182,9 \text{ W}$$

$$V = 237,2 \text{ V}$$

$$P = 219,05 \text{ W}$$

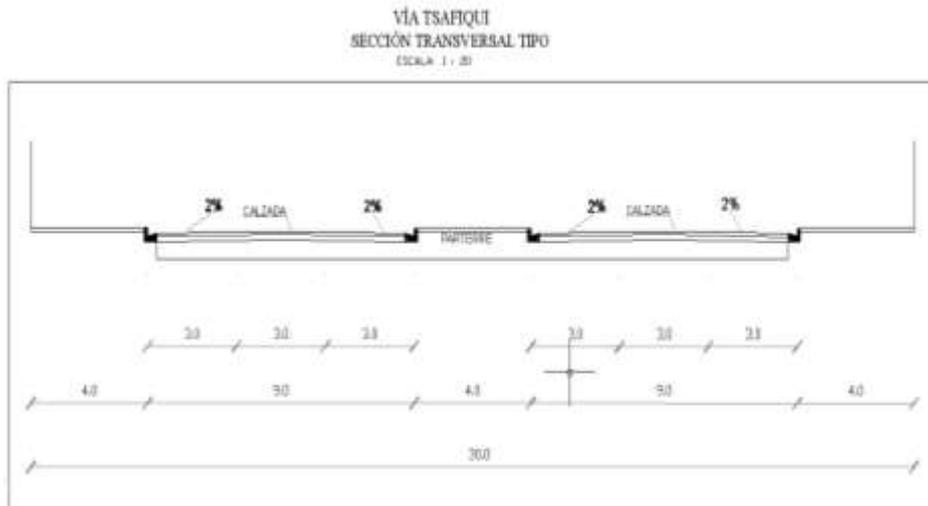
#### 4.5.1.- Interpretación corte transversal de la Av. Tsafiqui

En la presente investigación se procedió con el levantamiento del corte transversal de Av. Tsafiqui, cuyo detalle se muestra en el plano de baja voltaje y alumbrado público, con estos datos se a ingresar los datos en asistente CIE 140 del software Ulysee 3, esta Avenida tiene un ancho total de 30 m, y está compuesta de:

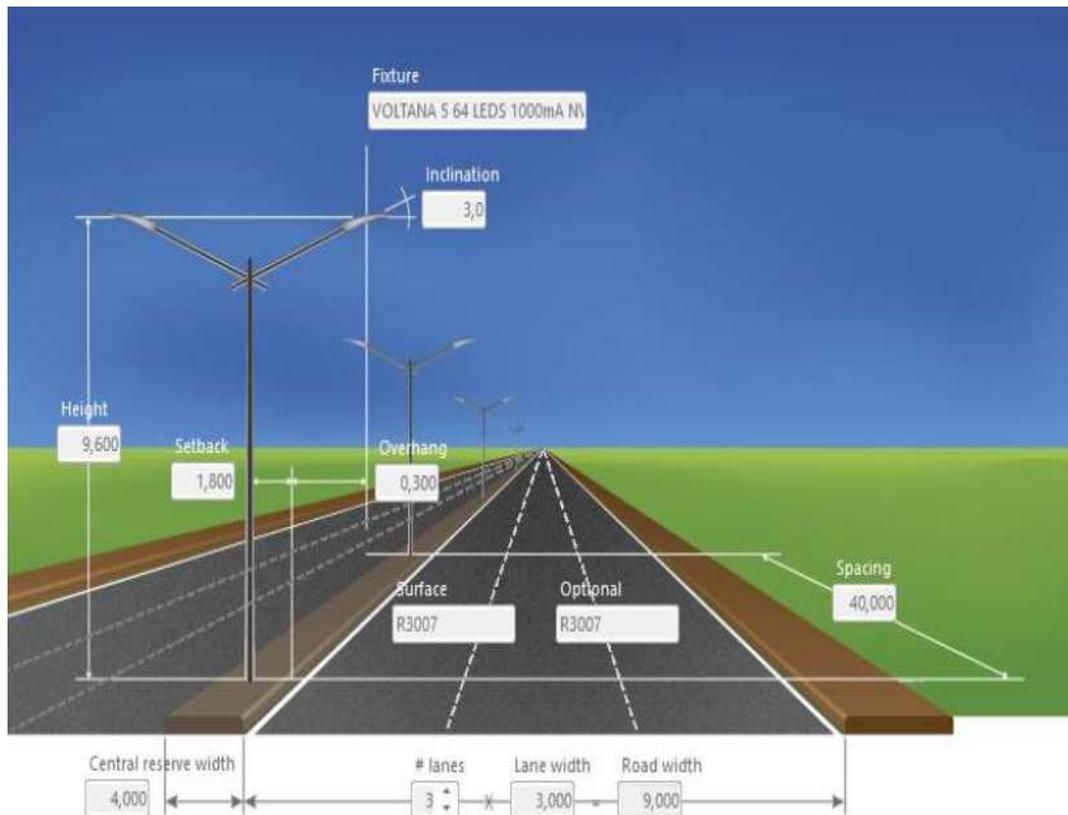
- 2 calzadas de 9 m
- 3 carriles de 3 m
- 1 parterre central de 4 m
- 2 veredas de 4 m
- Superficie = Asfalto

Datos a ingresar Asistente, con los datos de Figura 4.1:

- Ancho parterre= 4 m
- No. Carriles= 3
- Ancho del carril= 3 m
- Ancho de la carretera= 9 m



**Figura 4.1. Vista Asistente Ulysee 3- Diseño Led Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja**



**Figura 4.2. Vista Asistente Ulysse 3- Diseño Led Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja**

#### 4.5.2.- Determinación tipo de vía (M)

Conforme lo establece la regulación CONELEC N° 005/14, se procede con los parámetros de la vía en la Tabla 4.1, con esa sumatoria  $\sum Vps$ , procede a determinar de la clase M, en función de la siguiente ecuación:

$$M = (6 - \sum Vps) \quad \text{Ec: 4.1}$$

$$M = 6 - 4 = 2$$

**Tabla 4.1. Parámetros para selección de la clase de iluminación (M), Ing. Fabián Granja N.**

<b>Parámetro</b>	<b>Opciones</b>	<b>Valor de Ponderación de Vp</b>	<b>Vp seleccionado</b>
Velocidad	Elevado	1	0.5
	Alto	0.5	
	Moderado	0	
Volumen del Tráfico	Elevado	1	0.5
	Alto	0.5	
	Moderado	0	
	Bajo	-0.5	
	Muy Bajo	-1	
Composición de Tráfico	Mezcla: con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	2
	Mezcla	1	
	Solamente motorizado	0	
Separación de vías	No	1	0
	Si	0	
Densidad de la intersección	Alta	1	0
	Moderada	0	
Vehículo Parqueados	Se permite	0.5	0.5
	No se permite	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	0
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Guías Visuales	Pobre	0.5	0.5
	Moderado o bueno	0	
			$\Sigma Vps$ 4

#### 4.5.3.- Niveles de Iluminación según tipo de vía

Una vez determinada que la Av. Tsafiqui es del tipo de vía M2, los parámetros fotométricos se establecen en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Parámetros Fotométricos vía clase M2, Ing. Fabián Granja N.**

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral	Relación de alrededor
	Seco		Mojado			
	$L_{av} \left( \frac{cd}{m^2} \right)$	$U_0$	$U_1$	$U_0$	$T_i (\%)$	SR
M1	2.0	0.40	0.70	0.15	10	0.5
<b>M2 Tsafiqui</b>	<b>1.5</b>	<b>0.40</b>	<b>0.70</b>	<b>0.15</b>	<b>10</b>	<b>0.5</b>
M3	1.0	0.40	0.60	0.15	15	0.5
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.5
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.5
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.5

Estableciéndose los siguientes parámetros fotométricos:

Lav: 1,5 Cd/m<sup>2</sup>

Ti %= 10

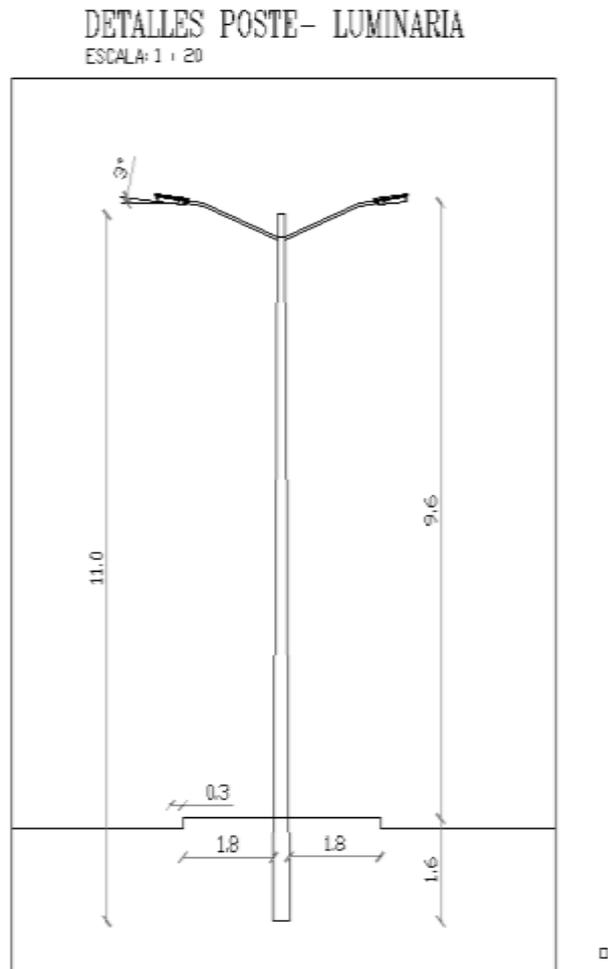
SR= 0,5

#### 4.5.4.- Parámetros de montaje de la luminaria

Una vez determinados los parámetros de montaje de la luminaria obtenidos de la Figura 4.3, se procede a la ingreso al asistente CIE 140, mismos que a continuación se detalla:

- Altura de la luminaria= 9,60 m
- Retroceso= 1,84 m
- Retanqueo= 0,25 m

- Inclinación= 3°
- Interdistancia = 40
- Disposición de luminaria = gemelo central



**Figura 4.3. Detalle montaje luminaria Av. Tsafiqui, Ing. Fabián Granja**

#### **4.5.5.- Características de la luminaria Led.**

Las características de la luminaria Led que serán ingresar al asistente CIE 140, son las siguientes:

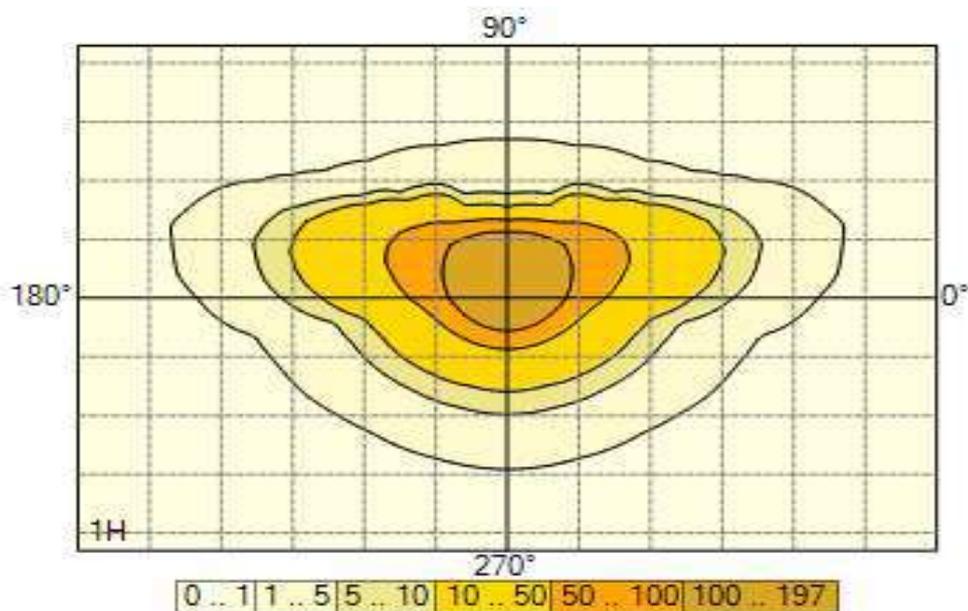
- Tipo= Voltana 5
- Reflector= 5139
- Fuente= 64 led 1000mA

- Protector= Vidrio extra claro plano
- Flujo= 21,8 klm
- Factor de mantenimiento (FM)= 1
- Potencia Nominal = 182,9 W
- Potencia resultado investigación = 219,05 W

En las Figuras 4.4 y 4.5, se muestran la vista lateral y su respectiva curva Isolux.



**Figura 4.4. Vista lateral de la luminaria led Voltana 5, (Shereder, Voltana, Iluminación LED para cualquier aplicación, 2014)**



**Figura 4.5. Curva Isolux de la luminaria led Voltana 5, (Shereder, Soluciones de iluminación LED, 2015)**

#### 4.5.6.- Resultados Simulación en el software Ulysse 3

Una vez ingresados los datos, procedemos con la respectiva simulación, obteniendo los siguientes resultados:

##### 4.5.6.1.- Luminancia

- Luminancia media  $L_{av}$  ( $cd/m^2$ )= 1,67  $cd/m^2$
- Uniformidad de luminancia de la calzada  $U_0$ = 55,95 %
- Uniformidad de longitudinal sobre la calzada  $U_l$  =81,19 %
- Incremento de umbral (TI)= 8,7
- Coeficiente de iluminación de los alrededores (SR)= 0,7

##### 4.5.6.2.- Iluminancia

- Iluminancia min (lux)= 13,3 Lux
- Iluminancia med (lux)= 29,4 Lux

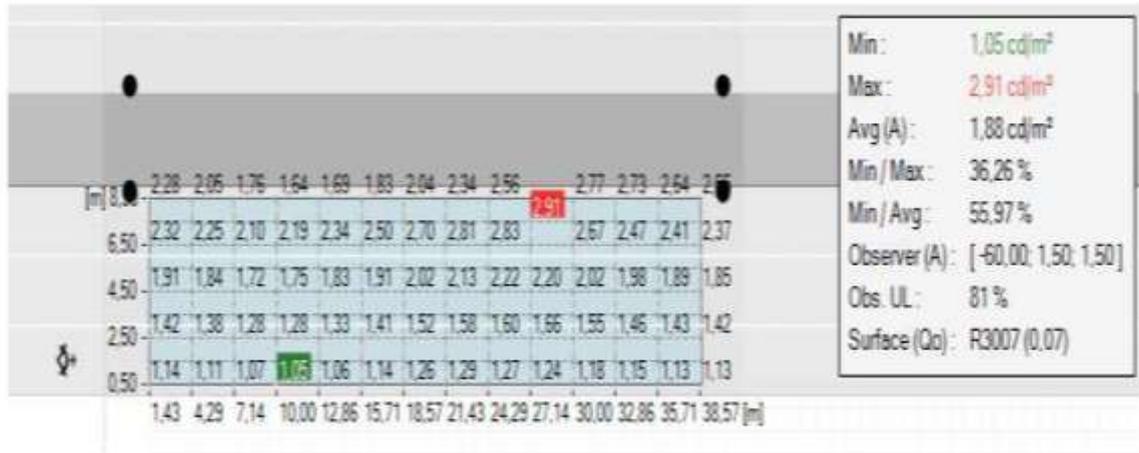
#### 4.5.7.- Cuadro de resultados fotométricos

Con los datos obtenidos en la simulación del software Ulysee 3, procedemos a consignar los mismos en la Tabla 4.3, teniendo como única observación que el valor del incremento umbral sobrepasa al de la norma CONELEC 05/14 en 0,3 y que los demás valores cumplen con la misma, y en la Tabla 4.4, se muestra los resultados de diseño de la Luminancia.

**Tabla 4.3.- Resultados norma/ diseño, Ing. Fabián Granja N.**

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral	Relación de alrededor	
	Seco		Mojado				
	$L_{av} \left( \frac{cd}{m^2} \right)$	$U_0$	$U_l$	$U_0$	$T_l (db)$	SR	
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5	NORMA
M2	1,68	0,5	0,8	0,16	10,3	0,5	DISEÑO

**Tabla 4.4.- Resultados de diseño luminancia, Ing. Fabián Granja N.**



#### 4.5.8.- Análisis económico

Con el cambio de luminarias se conseguirá un importante ahorro económico. Los principales factores a tener en cuenta son: la disminución del consumo energético y los gastos de mantenimiento.

##### 4.5.8.1.- Ahorro en potencia

Con los parámetros obtenidos, se procede al cálculo del ahorro de potencia del sistema de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo, para el efecto utilizaremos la ecuación 4.2.

Este ahorro en potencia tiene que ser registrado en la empresa eléctrica respectiva con el objetivo que se considere en la demanda por alumbrado público que mensualmente se tiene que informar al Sistema Nacional Interconectado, como lo establece el pliego tarifario del año 2017, mediante (ARCOTEL, 2017, pág. 5).

**Tabla 4.5.- Datos de Potencia Nominal y Pérdidas Luminarias de Sodio y LED, Ing. Fabián Granja N.**

VARIABLE	DENOMINACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Potencia Nominal luminaria de sodio.	PNA	W	250
Pérdida de Potencia luminaria de sodio.	PPNa	W	39,6
Potencia Nominal luminaria LED.	PLED	W	182,9
Pérdida de Potencia luminaria LED.	PPLED	W	36,15

No. Luminarias= 100u

Potencia instalada:

$$P_{instalada} = \frac{\text{No luminarias} * (P_{luminaria} + PP_{luminaria})}{1000 \text{ W/kW}} = \quad \text{Ec: 4.2}$$

$$P_{instalada Na} = \frac{100 \text{ u} * (250 \text{ W} + 39,6 \text{ W})}{1000 \text{ W/kW}} = 28,96 \text{ kW}$$

$$P_{instalada Led} = \frac{100 \text{ u} * (182,9 \text{ W} + 36,15 \text{ W})}{1000 \text{ W/kW}} = 21,91 \text{ kW}$$

$$\text{Reducción potencia} = P_{inst Na} - P_{inst Led} = \quad \text{Ec: 4.3}$$

$$\text{Reducción potencia} = (28,96 \text{ kW} - 21,91 \text{ kW}) = 7,05 \text{ kW}$$

#### 4.5.8.2.- Ahorro en el consumo de energía

Con los parámetros de la Tabla 4.5, se procede al cálculo del ahorro del costo de la energía en las condiciones actuales del sistema de alumbrado público de la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo, para el efecto utilizaremos las ecuaciones 4.2, 4.3 y 4.4.

Datos instalados:

Tipo de luminaria Sodio alta presión

Horas de funcionamiento = 12 h

CEU (Costo de energía unitario kWh) = 0,060038 USD, dato obtenido en la dirección comercial CNEL Santo Domingo, pliego tarifario ARCOTEL (2017).

Energía consumida al año (Consumo anual de energía)

$$E \text{ consumida} = P \text{ inst [kW]} * 12 \frac{h}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = \quad \text{Ec: 4.4}$$

Luminaria Sodio:

$$E \text{ consumida} = 28.96 \text{ kW} * 12 \text{ h} * 365 \text{ días} = 126.844,8 \text{ kWh}$$

Luminaria LED:

$$E \text{ consumida} = 21.91 \text{ kW} * 12 \text{ h} * 365 \text{ días} = 95.965,8 \text{ kWh}$$

Costo anual de la energía:

$$\text{Costo anual energía} = \text{Energía consumida anual} * \text{CEU kW} = \quad \text{Ec: 4.5}$$

$$\text{Costo anual energía} = 126.844,8 \text{ kWh} * \frac{0,060038 \text{ USD}}{\text{kWh}} = 7615,51 \text{ USD/año}$$

Datos proyectados:

Tipo de luminaria LED VOLTANA 5

No. Luminarias= 100 u

Horas de funcionamiento = 12 h

$$\text{Costo anual energía} = 95.965,8 \text{ kWh} * \frac{0.060038 \text{ USD}}{\text{kWh}} = 5.761,59 \text{ USD/año}$$

$$\text{Ahorro anual costo energía} = \text{Costo energía Na} - \text{Costo energía Led} = \quad \text{Ec: 4.6}$$

$$\text{Ahorro anual costo energía} = 7.615,51 \text{ USD/año} - 5.761,59 \text{ USD/año}$$

Ahorro anual costo energía= 1.853,92 USD/año

#### **4.5.8.3.- Ahorro del coste de mantenimiento evitado**

El Coste de Mantenimiento en considera el reemplazo de los componentes de las luminarias existentes actualmente en la Av. Tsafiqui, como los equipos auxiliares como balastos, ignitores, capacitores, lámparas, boquillas, que en promedio añadido el valor de mano de obra por la intervención de los grupos operativos, corresponde a 20,00 USD por punto de luz, su valor sería:

Datos:

No. Luminarias= 100 u

Costo de mantenimiento 1 luminaria= 20,00 USD/año (Empresa Eléctrica, 2013).

$$\text{Costo de mantemiento} = \text{No. luminarias} * 20 \text{ USD/año} = \text{Ec: 4.7}$$

$$\text{Costo de mantemiento} = 100 \text{ u} * 20 \frac{\text{USD}}{\text{año}} = 2.000,00 \text{ USD/año}$$

#### **4.5.8.4.- Ahorro por emisiones de dióxido de carbono dióxido CO<sub>2</sub>**

Para la estimación de este valor, se considera como referencia la publicación (PICC, 2005), la cual estima el valor de 0.46 kg de CO<sub>2</sub> que se deja de emitir al medio ambiente por cada kWh de energía que se ahorra.

El ahorro en kWh que se consigue por el reemplazo de las luminarias existentes por luminarias con tecnología LED es de 30.879,00 kWh al año que equivale a 14.204,34 Toneladas de CO<sub>2</sub> al año que deja de emitir una central eléctrica térmica. La conservación o no emisión del CO<sub>2</sub>, de acuerdo con la publicación anterior, es de 15 USD por cada tonelada de CO<sub>2</sub>. Dando un total: 207,07 USD/año.

Cabe indicar que en la normativa eléctrica en nuestro país no se contempla este pago de este rubro.

Datos:

Media Europea Kg CO<sub>2</sub> / kWh = 0,46

Índice de conservación de CO<sub>2</sub> central eléctrica a carbón USD/TonCO<sub>2</sub> = 15

$$\text{Ahorro energía} = \text{Energía instaladas} - \text{Energía proyectada} = \quad \text{Ec: 4.8}$$

$$\text{Ahorro energía} = 126.844,8 \text{ kWh} - 95.943,9 \text{ kWh} = 30.879,00 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Ahorro CO}_2 = \text{Media Europea} \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} * \text{Ahorro energía} = \frac{\text{kgCO}_2}{\text{año}} \quad \text{Ec: 4.9}$$

$$\text{Ahorro CO}_2 = 0.46 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} * 30.879,00 \text{ kWh/año} = 14.204,34 \text{ kgCO}_2/\text{año}$$

$$\text{Ahorro económico CO}_2 = \text{Ahorro CO}_2 * \text{Índice conservación de CO}_2 = \quad \text{Ec: 4.10}$$

$$\text{Ahorro económico CO}_2 = \left( \frac{14.204,34 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{año}}}{1000} * 15 \text{ USD} \right) = 213,07 \text{ USD/año}$$

#### 4.5.8.5.- Valor residual de las luminarias que se retiran

Se considera que las luminarias existentes en la Av. Tsafiqui se encuentran funcionando y, luego de su retiro y reemplazo por luminarias de tecnología LED, podrán ser utilizadas en otros lugares. Se considera un valor residual de estas luminarias, sobre la base de una depreciación lineal en 10 años de vida útil.

Existen otros beneficios intangibles, de difícil cuantificación adicionales, como por ejemplo: El mejoramiento de la percepción de Seguridad Ciudadana, el mejoramiento del comercio, para los negocios existentes en la mencionada vía.

Datos:

Tipo de luminaria= Sodio alta presión

Potencia = 250 W

Costo luminaria= 250 USD

No. Luminarias= 100 u

Depreciación lineal= 10 años

Tiempo estimado de uso= 3 años

$$\text{Valor actual con depreciación} = \left( \frac{\text{costo luminaria}}{\text{años depreciación}} \right) * 3 \text{ años} * \text{No. luminarias} = \quad \mathbf{Ec: 4.11}$$

$$\begin{aligned} \text{Valor actual con depreciación} &= \left( \frac{250 \text{ USD}}{10 \text{ años}} \right) * 3 \text{ años} * 100 \text{ u} \\ &= 7.500 \text{ USD} \end{aligned}$$

#### 4.5.8.6.- Reducción de pérdidas técnica

Se considera como pérdidas técnicas al consumo propio de las luminarias en la presente investigación

Datos:

Tipo de luminaria= Sodio alta presión

Perdidas técnica luminaria sodio = 3.960,00 kW

Perdidas técnica luminaria led = 3.615,00 kW

Diferencia= 0,345 kW

Aplicamos las ecuaciones 4.4 y 4.5:

$$E \text{ consumida} = 0,345 \text{ kW} * 12 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 365 \text{ días/año} = 1.511,1 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Costo energía} = 1.511,1 \text{ kWh} * \frac{0,060038 \text{ USD}}{\text{kWh}} = 90,72 \text{ USD/año}$$

#### 4.6.- Eficiencia energética de alumbrado público

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media

en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada. (EERSSA Regional del sur, 2012).

$$\varepsilon = \frac{S \cdot I_m}{P} \quad \text{Ec: 4.12}$$

Siendo:

$\varepsilon$  = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior [ $m^2 \times \text{lux/W}$ ]

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares)

S = superficie iluminada;

$I_m$  = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto

Datos luminaria sodio 250 W

:

P= 289,55 W

$I_m$ = 29,8 Lux

S (superficie) = 40 m (interdistancia poste) \* 9 m (carril) = 360  $m^2$

$$\varepsilon = \frac{360 \text{ m}^2 * 29,8 \text{ Lux}}{289,55 \text{ W}} = 37,05 \text{ m}^2 * \text{Lux/W}$$

Datos luminaria LED

:

P= 219,05 W

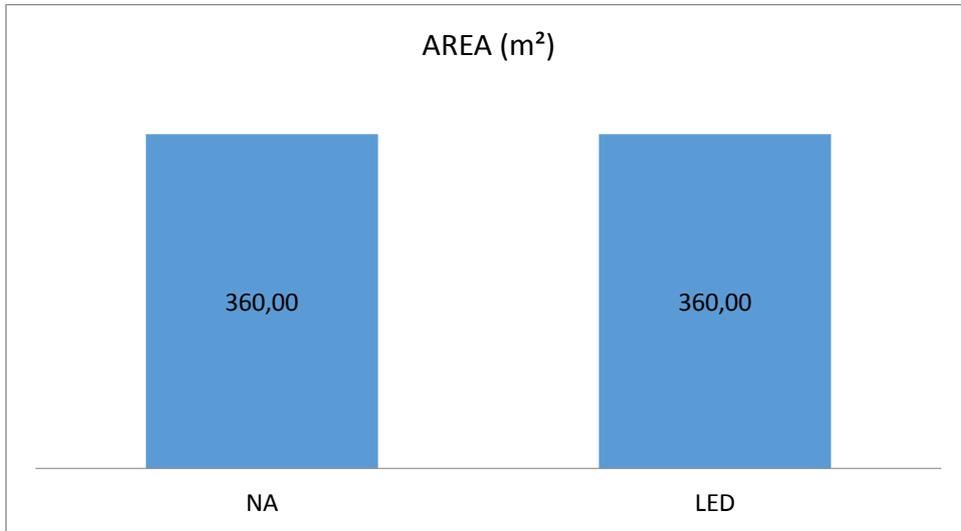
$I_m$ = 29,40 Lux

S (superficie) = 40 m (interdistancia poste) \* 9 m (carril) = 360  $m^2$

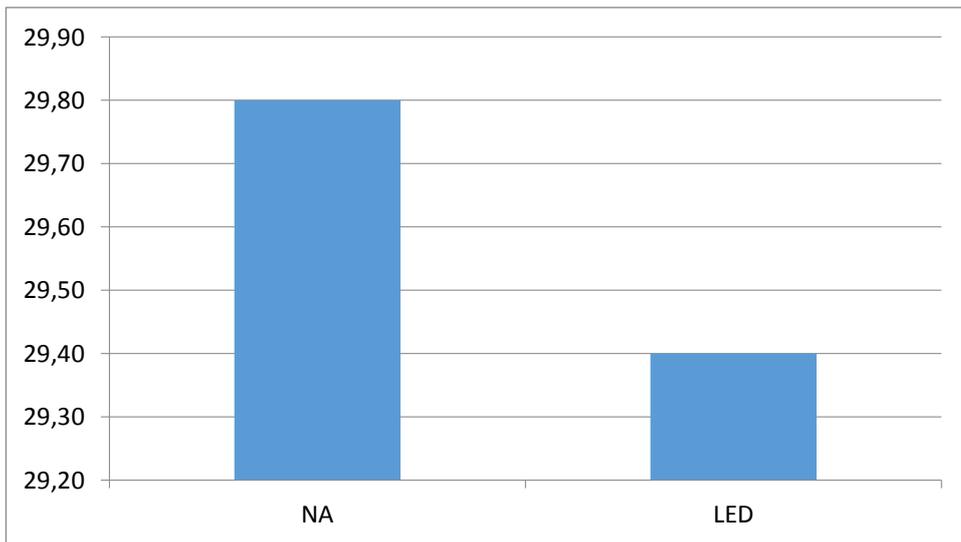
$$\varepsilon = \frac{360 \text{ m}^2 * 29,4 \text{ Lux}}{219,05 \text{ W}} = 48,3 \text{ m}^2 * \text{Lux/W}$$

Determinando que en la iluminación de una misma área, la tecnología LED es más eficiente en 11,25  $m^2 * \text{Lux/W}$ , equivalente a un 30,47%. En las Figuras 4.6,

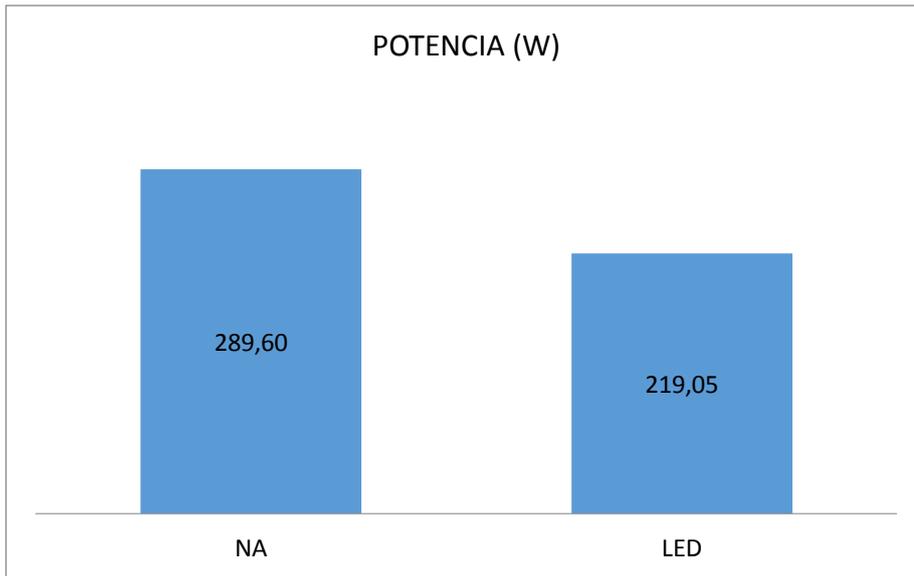
4.7, 4.7, 4.8 y 4.9, se muestran la representación gráfica comparativa entre las luminarias de sodio alta presión y las de tecnología LED.



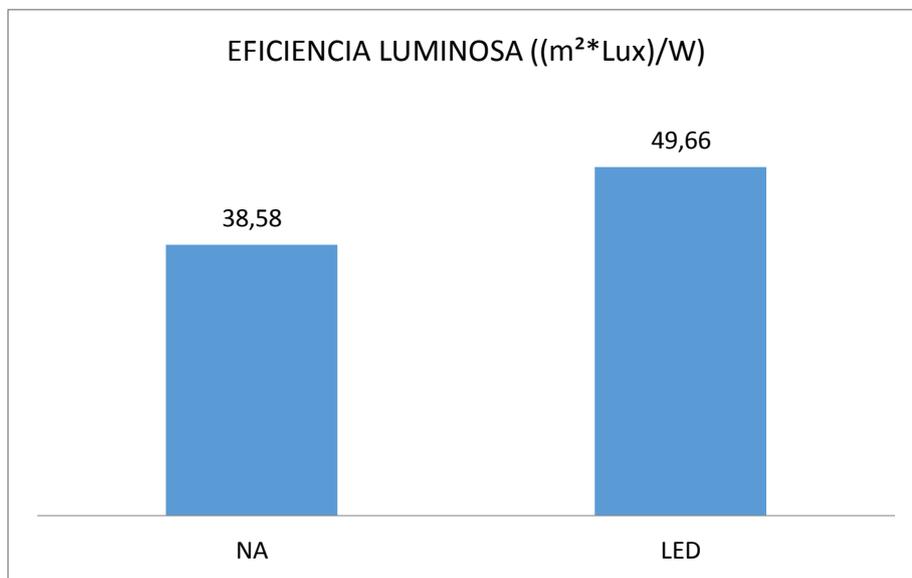
**Figura 4.6. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED, AREA, Ing. Fabián Granja N.**



**Figura 4.7. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED, ILUMINANCIA, Ing. Fabián Granja N.**



**Figura 4.8. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED, POTENCIA, Ing. Fabián Granja N.**



**Figura 4.9. Representación gráfica comparativo luminarias NA- LED, EFICIENCIA LUMINOSA, Ing. Fabián Granja N.**

#### **4.7.- Defición y análisis de los resultados económicos VAN y TIR**

En la presente investigación en el análisis de los resultados económicos se basarán en el cálculo del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de retorno (TIR).

##### **4.7.1.- Definición del VAN y TIR**

###### **4.7.1.1.- Valor actual neto (VAN)**

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial, la ecuación que permite calcular el Valor Actual Neto es: (Wikipedia, Valor actual neto, 2017).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

**Ec. 4.13**

Donde:

$V_t$ = Representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

$I_0$ = Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$ = Es el número de períodos considerado.

$k$ = Es el tipo de interés

Dicha tasa de actualización ( $k$ ), es el resultado del producto entre el coste medio ponderado de capital (CMPC) y la tasa de inflación del periodo. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos, se utilizará el coste de oportunidad.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0,  $k$  pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.

#### 4.7.1.2.- Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actualizado neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento, para su cálculo la TIR se iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero, como se muestra en la ecuación (Wikipedia, Tasa interna de retorno, 2017).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

**Ec. 4.14**

Donde:

$F_t$  = Son los flujos de dinero en cada periodo  $t$ .

$I_0$  = Es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ )

$n$  = Es el número de periodos de tiempo

**Con este criterio de selección de proyectos según la tasa interna de retorno,** será el siguiente donde “ $k$ ” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

**Si  $TIR > k$ , el proyecto de inversión será aceptado.** En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

**Si  $TIR = k$ , estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero.** En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si no hay alternativas más favorables.

**Si  $TIR < k$ , el proyecto debe rechazarse.** No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

#### **4.7.2.- Análisis de resultados VAN y TIR**

Según los datos obtenidos en la propuesta del sistema de iluminación LED, en la Av. Tsafiqui de la ciudad de Santo Domingo en el año 2017”, que propone el reemplazo de luminarias de sodio alta presión a luminarias con tecnología LED, se determina que la propuesta es viable en términos monetarios luego de calcular el VAN, ya que la inversión inicial que se debe efectuar de 106.762,00 USD, (que básicamente son los costos de adquisición de las luminarias LED, materiales de instalación, montaje y desmontaje de las luminarias), relacionando y calculado (los ingresos por: reducción de consumo de energía eléctrica, por reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, reducción de pérdidas, por reducción del coste de ahorro de mantenimiento, así como su costo residual, sobre los flujos de caja a lo largo de los 15 años, con una tasa de descuento del 10%, es positivo y rentable ya que cubre el costo de la inversión inicial y más de esto, se puede evidenciar un alto rendimiento con 89.719,61 USD. Sin embargo en el flujo de fondos proyectado se puede evidenciar que el retorno del capital invertido a una tasa de descuento del 10%, se recupera al séptimo año de iniciado el proyecto, es

decir al ser un proyecto de inversión pública de beneficio social es relativo y más bien se demuestra dicha recuperación en ese periodo y en adelante con grandes márgenes de retorno del capital inicial.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), en el proyecto nos indica el costo de capital o costo de oportunidad de invertir ahora, es decir el rendimiento que podría recibir esa misma inversión en el mercado y durante un plazo determinado, por tal razón el proyecto en mención es atractivo y rentable, ya que supera la tasa de interés de mercado para estos proyectos de inversión pública, que varían de 15 al 25 % anual respecto a una TIR de 19,36 % del proyecto. Este resultado también nos indica de alguna forma la exposición al riesgo (monetario), que sufriría en el tiempo, y que ampliamente en nuestro proyecto supera las tasas de mercado.

#### **4.7.2.- Análisis de costo/beneficio**

Es la relación de estos dos indicadores, resulta de tomar los flujos netos de ingresos que genera el proyecto dividido para los flujos netos de los costos del proyecto, y que en nuestro caso el resultado es 1,86 unidades monetarias; lo que significa que por cada dólar invertido en el proyecto se recibe 1,86 dólares más durante el tiempo del proyecto, es decir cubre o supera ampliamente esta relación en 0,86 unidades monetarias.

## CONCLUSIONES GENERALES

A partir del análisis de los resultados del trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Con las mediciones de los parámetros eléctricos y fotométricos, se concluye :

### **Evaluación del consumo energético:**

- En el consumo de energía eléctrica se determina una diferencia de 1667,08 kWh, que corresponden al 18,52%, entre el valor medido con el calculado, que sería las pérdidas comerciales en la CNEL Santo Domingo, considerando que el alumbrado público de la Av. Tsafiqui está considerado en el planillaje del alumbrado público como un valor fijo calculado.
- Luminarias existentes sodio alta presión 250 W, con una potencia promedio es 289,55 W, determinando una pérdida de potencia de 39,6 W equivalente al 15,84 %.
- Luminarias proyectadas LED Voltana 5-182,9 W-1000 mA, con una potencia promedio es 219,05 W, determinando una pérdida de potencia de 36,15 W equivalente al 19,76 %.

### **Evaluación eficiencia energética:**

- Luminaria sodio 250 W que alcanza el valor de 37,05 m<sup>2</sup>\*Lux/W.
  - Luminaria led Voltana 5, 1000 mA, que alcanza el valor de 48,3 m<sup>2</sup>\*Lux/W.
  - Determinando que en la iluminación de una misma área, la tecnología LED se tiene una eficiente superior en 11,25 m<sup>2</sup>\*Lux/W, que equivalente a un 30,47 %.
- Se procedió con el diseño del sistema de iluminación LED, considerando sus características viales, proporcionándonos los parámetros fotométricos establecidos en regulación CONELEC 005/14 y norma RTE INEN 069, para el efecto se utilizó el software Ulysse 3, seleccionado a la luminaria VOLTANA 5, con 64 led, 1000 mA, con un flujo luminoso 21,8 Klm y

una potencia nominal de 1829 W, cubriendo con los requerimientos fotométricos al tipo de vía M2, cuyos valores son los siguientes:

**Illuminancia:**

Norma: 1,5 Cd/m<sup>2</sup>

**Relación de alrededor SR:**

Norma: 0,5

**Incremento de umbral (Ti %):**

Norma: 10

- Se procedió con la simulación del proyecto fotométrico utilizando el software Ulysse 3, a continuación se muestran los resultados de la simulación y los de la normativa, determinando el cumplimiento de los mismos, entre sus principales se determina los siguientes valores.

**Illuminancia:**

Norma: 1,5 Cd/m<sup>2</sup> : Diseño: 1,68 Cd/m<sup>2</sup>

**Relación de alrededor SR:**

Norma: 0,5 : Diseño: 0,5

**Incremento de umbral (Ti %):**

Norma: 10 : Diseño: 10,3

En el análisis de los resultados económicos con el TIR y el VAN, estableciendo que por ser un proyecto de inversión pública que aporta al beneficio de la comunidad, y es **factible** ya que se demuestra con los indicadores antes descritos que el flujo de fondos del proyecto en el cual se encuentran los costos e ingresos en un tiempo determinado a una tasa de descuento, es rentable en términos monetarios, cuyos datos se muestran en la Tabla 4.6.

En el flujo de fondos proyectado se puede evidenciar que el retorno del capital invertido a una tasa de descuento del 10%, se recupera al séptimo año de iniciado el proyecto.

**Tabla 4.6.- Datos de factibilidad del proyecto, Ing. Fabián Granja N.**

FACTIBILIDAD				
	SOCIAL		CON BENEFICIO SOCIAL	
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	89.718,61	VIABLE	89.719	BENEFICIOSO
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	19,36%	RENTABLE	19,36%	RENTABLE
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO A VALOR PRESENTE (B/C)	1,85	BENEFICIOSO	0,00	NO SE CONSIDERA

## RECOMENDACIONES

En la presente investigación se establece que este proceso de mediciones y posterior evaluaciones de los parámetros eléctricos y fotométricos de este tipo de equipamiento eléctrico debería ser aplicado en los procesos de adquisición ya sea por entidades públicas previo a su recepción, con un lapso mínimo de tiempo de 7 días, con el objetivo de garantizar los parámetros utilizados en la etapa de diseño y evaluaciones al consumo energético.

En el diseño luminotécnico de los proyectos de alumbrado público, se recomienda analizar el factor de mantenimiento FM considerando la categoría y el ciclo de limpieza y su plan de mantenimiento, considerando que este parámetro tiene una gran influencia en el flujo luminoso de la luminaria su el tiempo de funcionamiento.

Categoría: alto, medio y bajo

Ciclo de limpieza: 12, 18, 24 y 36 meses.

La etapa de ejecución de la obra se recomienda la elaboración de una guía de montaje y esta debe ser supervisada por un profesional con conocimiento en el tema, considerando que ciertos parámetros sin no son cumplidos esto altera los parámetros obtenidos en el diseño tales como el grado de inclinación, altura, retanqueo, retroceso e interdistancia de las luminarias.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AEMC INSTRUMENTS. (2009). Analizador de Red.
2. ARCOTEL. (2017). *Pliego Tarifario para las empresas eléctricas*. Quito.
3. Arroyo, P. (2014). *Análisis comparativo de las tecnologías de iluminación tipo inducción y tipo led para la eficiencia energética en la compañía Celco en la ciudad de Quito*. Quito.
4. CONELEC. (2014). *REGULACION 005/014 (Prestación de Servicio Público General)*. Quito, Ecuador.
5. Echávarri J. (2010). Radiaciones y fuentes. En J. Echávarri, *Enología* (pág. 5). Rioja, España.
6. Edminister, J. (2014). *Circuitos eléctricos*. Madrid, España: McGrawHill Interamericana.
7. EERSSA Regional del sur. (2012). *Normas Técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales*. Loja.
8. EMELSAD. (2000). *Normas y procedimientos para diseño, recepción, aprobación y fiscalización de proyectos electricos*.
9. Empresa Eléctrica, G. (2013). *Eficiencia energética con luminarias LED*. Obtenido de [http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/06\\_02\\_LED\\_AP\\_EEP\\_Guayaquil1.pdf](http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/06_02_LED_AP_EEP_Guayaquil1.pdf)
10. FENERCOM. (2005). *Guía sobre tecnología LED en el alumbrado Madrid ahorra con energía*. Madrid, España.
11. Formulas luminotecnia. (2010). Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/imagenes/formulas-luminotecnia.jpg>
12. Garcés Paz H. (2000). *Investigación Científica*. Quito, Ecuador: Abyayala.
13. Garmin. (2007). gps etrex 20HC.
14. GE Energy Digital Energy. (2009). *Commercial & Industrial Electricity Metering*.
15. Google earth . (2017).

16. Hernández, Baptista, & Fernández. (1991). *Metodología de la Investigación*. México: Mcgraw-Hill.
17. IEC 6100-3-3. (2013). *IEC (limitación de fluctuaciones de voltaje y parpadeo impresionado en el sistema público de baja tensión)*.
18. IEEE, N. (1992). *Recomendaciones Prácticas y Requerimientos de la IEEE para el control de Armónicos en Sistema Eléctricos de Potencia*.
19. INEN. (2014). *Reglamento Técnico Ecuatoriano*. Quito, Ecuador.
20. INER. (2013). *Eficiencia energético en alumbrado público*. Quito.
21. IPCC. (2005). *La Capacitación y el almacenamiento de dióxido de carbono*. Cambridge.
22. Landacay C. (2011). *Análisis comparativo de los sistemas de iluminación de estado sólido (led) utilizados para iluminación eficiente*. Loja.
23. Lojano M. (2014). *Mejoramiento del sistema de alumbrado público de una arteria de circulación vehicular de la ciudad de Cuenca mediante la sustitución por tecnología led*. Cuenca.
24. *Magnitudes físicas fundamentales*. (2016). Obtenido de [https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudes\\_fundamentales.php](https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudes_fundamentales.php)
25. Ministerio de Industria, T. y. (2008). *Reglamento de Eficiencia energética alumbrado público exterior 1890/2008*. España .
26. Minolta Konica. (2015). *Medidor de Luminancia*.
27. Olade. (2011). *Manual de Estadísticas Energéticas*.
28. Ordoñez R. (2015). *Análisis de costo y ahorro energético con la implementación de luminarias tipo led para alumbrado público en el tramo comprendido entre la Urbanización la Puntilla hasta la Urbanización Villa Italia, tesis para optar al título de Ingeniero Eléctrico m*. Guayaquil.
29. Pérez C. (2010). *Visión, luz y color*. Cantabria, España.
30. Philips INDAL. (2002). *Manual de iluminación*.
31. IPCC. (2005). *La Captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*. Cambridge: Cambridge University Press.
32. Ramirez A. (2003). *Enfoque teórico y Epistemológico*.
33. Ramirez González, A. (2003). *Metodología de la Investigación Científica*. Bogota, Colombia.

34. Schröder S.A. (2009). *Alumbrado de carreteras y grandes áreas*. Quito: Schröder S.A.
35. Shereder. (2014). *Voltana, Iluminación LED para cualquier aplicación*. Lieja, Belgica.
36. Shereder. (2015). *Soluciones de iluminación LED*. Lieja, Belgica.
37. Sirlin E. (2005). Física de la luz. En S. Eli, *La luz en el teatro manual de iluminación* (pág. 1). Buenos Aires, Argentina.
38. TM-204, T. (2013). *Lux/ Fc Light Meter*.
39. WCED. (1987). *Our Common future*.
40. Wikipedia. (30 de Marzo de 2017). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura\\_de\\_color](https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color)
41. Wikipedia. (06 de Abril de 2017). *Índice de reproducción cromática*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_reproducci%C3%B3n\\_crom%C3%A1tica](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_reproducci%C3%B3n_crom%C3%A1tica)
42. Wikipedia. (20 de Febrero de 2017). *Tasa interna de retorno*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa\\_interna\\_de\\_retorno](https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_interna_de_retorno)
43. Wikipedia. (27 de Febrero de 2017). *Valor actual neto*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_netto](https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_netto)

# ANEXOS

<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE TRANSFORMADORES</b>			
Fecha Lectura:	12/01/2017		
Dirección:	Av. Tzafiqui, entre Juán de San Martín y Av. A. Calzación		
Referencia:	P1344		
Jefe de grupo:	Ing. Fabián Granja		
Periodo:	12-dic- 2016 al 12-ene-2017		
Aprobado:	Phd. Iliana Gonzalez		
Transformador :	CT11825		
Medidor :	KV2c	Directo	
<b>DIA</b>	<b>HORA</b>	<b>DEMANDA (kW)</b>	<b>ENERGÍA (kWh)</b>
<b>1</b>	00:15	6,6636	
	00:30	6,6636	
	00:45	6,6636	
	01:00	6,6636	6,6636
	01:15	6,6636	
	01:30	6,6636	
	01:45	6,6636	
	02:00	6,6636	6,6636
	02:15	6,6636	
	02:30	6,6636	
	02:45	6,6636	
	03:00	6,6636	6,6636
	03:15	6,6636	
	03:30	6,6636	
	03:45	6,6636	
	04:00	6,6636	6,6636
	04:15	6,6636	
	04:30	6,6636	
	04:45	6,6636	
	05:00	6,6636	6,6636
	05:15	6,6636	
	05:30	6,6636	
	05:45	6,6636	
	06:00	6,6636	6,6636
06:15	0		
06:30	0		
06:45	0		
07:00	0	0	
07:15	0		
07:30	0		

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

07:45	0	
08:00	0	0
08:15	0	
08:30	0	
08:45	0	
09:00	0	0
09:15	0	
09:30	0	
09:45	0	
10:00	0	0
10:15	0	
10:30	0	
10:45	0	
11:00	0	0
11:15	0	
11:30	0	
11:45	0	
12:00	0	0
12:15	0	
12:30	0	
12:45	0	
13:00	0	0
13:15	0	
13:30	0	
13:45	0	
14:00	0	0
14:15	0	
14:30	0	
14:45	0	
15:00	0	0
15:15	0	
15:30	0	
15:45	0	
16:00	0	0
16:15	0	
16:30	0	
16:45	0	
17:00	0	0
17:15	0	
17:30	0	
17:45	0	
18:00	0	0

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

17:30	0	
17:45	0	
18:00	0	0
18:15	0	
18:30	6,8101	
18:45	6,6687	
19:00	6,6687	5,0369
19:15	6,6688	
19:30	6,6688	
19:45	6,6686	
20:00	6,6684	6,6687
20:15	6,6685	
20:30	6,6688	
20:45	6,6689	
21:00	6,6696	6,6690
21:15	6,6696	
21:30	6,6696	
21:45	6,6696	
22:00	6,6696	6,6696
22:15	6,6696	
22:30	6,6696	
22:45	6,6696	
23:00	6,6696	6,6696
23:15	6,6696	
23:30	6,6696	
23:45	6,6696	E
00:00	6,6696	6,6696

ENERGÍA TOTAL DIARIA [kWh]	DEMANDA MAXIMA DIARIA DE TODAS LAS HORAS [kW]	DEMANDA MAXIMA DIARIA EN HORA PICO(18:00-22:00) [kW]
78,40	6,81	6,81

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

REGISTRO DE MEDICIONES DE TRANSFORMADORES			
Fecha Lectura:		12/01/2017	
Dirección:		Av. Tsafiqui y la Carolina	
Referencia:		P1407	
Jefe de grupo:		Ing. Fabián Granja	
Periodo:		12-dic-2016 al 12-enr-2017	
Aprobado:		Phd. Iliana Gonzalez	
Transformador:		CT11835	
Medidor:		KV2c	Directo
DIA	HORA	DEMANDA (kW)	ENERGÍA (kWh)
1	00:15	14,775	
	00:30	14,824	
	00:45	14,825	
	01:00	14,833	14,814
	01:15	14,856	
	01:30	15,009	
	01:45	15,026	
	02:00	15,054	14,986
	02:15	15,183	
	02:30	15,118	
	02:45	15,117	
	03:00	15,131	15,137
	03:15	15,028	
	03:30	15,044	
	03:45	15,11	
	04:00	14,912	15,024
	04:15	15,007	
	04:30	14,998	
	04:45	14,901	
	05:00	15,051	14,989
05:15	14,978		
05:30	14,790		
05:45	14,728		
06:00	14,689	14,796	
06:15	0		
06:30	0		
06:45	0		
07:00	0	0,000	
07:15	0		
07:30	0		
07:45	0		

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

B	C	D	E
	08:00	0	0,000
	08:15	0	
	08:30	0	
	08:45	0	
	09:00	0	0,000
	09:15	0	
	09:30	0	
	09:45	0	
	10:00	0	0,000
	10:15	0	
	10:30	0	
	10:45	0	
	11:00	0	0,000
	11:15	0	
	11:30	0	
	11:45	0	
	12:00	0	0,000
	12:15	0	
	12:30	0	
	12:45	0	
	13:00	0	0,000
	13:15	0	
	13:30	0	
	13:45	0	
	14:00	0	0,000
	14:15	0	
	14:30	0	
	14:45	0	
	15:00	0	0,000
	15:15	0	
	15:30	0	
	15:45	0	
	16:00	0	0,000
	16:15	0	
	16:30	0	
	16:45	0	
	17:00	0	0,000
	17:15	0	
	17:30	0	
	17:45	0	
	18:00	0	0,000
	18:15	14,227	

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

ANEXO A2

Registro mediciones  
eléctricas CT 11835- 1 día

3/3

17:45	0	
18:00	0	0,000
18:15	14,227	
18:30	13,887	
18:45	13,632	
19:00	13,436	13,796
19:15	13,516	
19:30	13,655	
19:45	13,669	
20:00	13,763	13,651
20:15	13,793	
20:30	13,918	
20:45	13,951	
21:00	13,966	13,907
21:15	14,038	
21:30	14,05	
21:45	14,094	
22:00	14,208	14,098
22:15	14,235	
22:30	14,395	
22:45	14,333	
23:00	14,303	14,317
23:15	14,42	
23:30	14,484	
23:45	14,574	
00:00	14,707	14,546

ENERGÍA TOTAL DIARIA [kWh]	DEMANDA MAXIMA DIARIA DE TODAS LAS HORAS [kW]	DEMANDA MAXIMA DIARIA EN HORA PICO(18:00-22:00) [kW]				
174,06	15,18	15,18				

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

REGISTRO DE MEDICIONES DE TRANSFORMADORES			
Fecha Lectura:	12/01/2017		
Dirección:	Av. Tsafiqui frontal calle Tupac Yupanqui		
Referencia:	P2122		
Jefe de grupo:	Ing. Fabián Granja		
Periodo:	12-dic-2016 al 12-enr-2017		
Aprobado:	Phd. Iliana Gonzalez		
Transformador:	CT109610		
Medidor:	KV2C		
DIA	HORA	DEMANDA (KW)	ENERGÍA (KW/h)
1	00:15	8,929	
	00:30	8,929	
	00:45	8,929	
	01:00	8,929	8,929
	01:15	8,929	
	01:30	8,929	
	01:45	8,929	
	02:00	8,929	8,929
	02:15	8,929	
	02:30	8,929	
	02:45	8,929	
	03:00	8,929	8,929
	03:15	8,929	
	03:30	8,929	
	03:45	8,929	
	04:00	8,929	8,929
	04:15	8,929	
	04:30	8,929	
	04:45	8,929	
	05:00	8,929	8,929
	05:15	8,929	
	05:30	8,929	
	05:45	8,929	
	06:00	8,929	8,929
06:15	0		
06:30	0		
06:45	0		
07:00	0	0	
07:15	0		
07:30	0		
07:45	0		

ELABORADO POR: El Investigador

08:00	0	0
08:15	0	
08:30	0	
08:45	0	
09:00	0	0
09:15	0	
09:30	0	
09:45	0	
10:00	0	0
10:15	0	
10:30	0	
10:45	0	
11:00	0	0
11:15	0	
11:30	0	
11:45	0	
12:00	0	0
12:15	0	
12:30	0	
12:45	0	
13:00	0	0
13:15	0	
13:30	0	
13:45	0	
14:00	0	0
14:15	0	
14:30	0	
14:45	0	
15:00	0	0
15:15	0	
15:30	0	
15:45	0	
16:00	0	0
16:15	0	
16:30	0	
16:45	0	
17:00	0	0
17:15	0	
17:30	0	
17:45	0	
18:00	0	0
18:15	0	

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja

**ANEXO A3**

**Registro mediciones eléctricas  
CT 109610- 1 día**

**3/3**

18:30	9,201		
18:45	8,929		
19:00	8,929	✓	6,765
19:15	8,929		
19:30	8,929		
19:45	8,929		
20:00	8,929	✓	8,929
20:15	8,929		
20:30	8,929		
20:45	8,929		
21:00	8,929	✓	8,929
21:15	8,929		
21:30	8,929		
21:45	8,929		
22:00	8,929	✓	8,929
22:15	8,929		
22:30	8,929		
22:45	8,929		
23:00	8,929	✓	8,929
23:15	8,929		
23:30	8,929		
23:45	8,929		
00:00	8,929	✓	8,929

ENERGÍA TOTAL DIARIA [kWh]	DEMANDA MAXIMA DIARIA DE TODAS LAS HORAS [kW]	DEMANDA MAXIMA DIARIA EN HORA PICO(18:00-22:00) [kW]
104,98	9,20	9,20

**ELABORADO POR:** Ing. Fabián Granja N.

Date Name	Measurement Data	Lux
Sample 0001	1/27/2017 18:00	42,3
Sample 0002	1/27/2017 18:01	35,3
Sample 0003	1/27/2017 18:02	30
Sample 0004	1/27/2017 18:03	23,5
Sample 0005	1/27/2017 18:04	16,5
Sample 0006	1/27/2017 18:05	17,5
Sample 0007	1/27/2017 18:06	16,3
Sample 0008	1/27/2017 18:07	16,3
Sample 0009	1/27/2017 18:08	17,5
Sample 0010	1/27/2017 18:09	16,5
Sample 0011	1/27/2017 18:10	23,5
Sample 0012	1/27/2017 18:11	30
Sample 0013	1/27/2017 18:12	35,3
Sample 0014	1/27/2017 18:13	42,3
Sample 0015	1/27/2017 18:14	59
Sample 0016	1/27/2017 18:15	46,1
Sample 0017	1/27/2017 18:16	36,8
Sample 0018	1/27/2017 18:17	27,4
Sample 0019	1/27/2017 18:18	17,6
Sample 0020	1/27/2017 18:19	16,3
Sample 0021	1/27/2017 18:20	14,6
Sample 0022	1/27/2017 18:21	14,6
Sample 0023	1/27/2017 18:22	16,3
Sample 0024	1/27/2017 18:23	17,6
Sample 0025	1/27/2017 18:24	27,4
Sample 0026	1/27/2017 18:25	36,8
Sample 0027	1/27/2017 18:26	46,1
Sample 0028	1/27/2017 18:27	59
Sample 0029	1/27/2017 18:28	57,9
Sample 0030	1/27/2017 18:29	46,5
Sample 0031	1/27/2017 18:30	33,1
Sample 0032	1/27/2017 18:31	23,1
Sample 0033	1/27/2017 18:32	16,5
Sample 0034	1/27/2017 18:33	13,1
Sample 0035	1/27/2017 18:34	11,5
Sample 0036	1/27/2017 18:35	11,5
Sample 0037	1/27/2017 18:36	13,1
Sample 0038	1/27/2017 18:37	16,5
Sample 0039	1/27/2017 18:38	23,1
Sample 0040	1/27/2017 18:39	33,1
Sample 0041	1/27/2017 18:40	46,5

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

Date Name	Measurement Data	Lux
Sample 0043	1/28/2017 18:00	41,9
Sample 0044	1/28/2017 18:01	34,3
Sample 0045	1/28/2017 18:02	28,6
Sample 0046	1/28/2017 18:03	22,6
Sample 0047	1/28/2017 18:04	15,3
Sample 0048	1/28/2017 18:05	15,9
Sample 0049	1/28/2017 18:06	14,5
Sample 0050	1/28/2017 18:07	14,5
Sample 0051	1/28/2017 18:08	15,9
Sample 0052	1/28/2017 18:09	15,3
Sample 0053	1/28/2017 18:10	22,6
Sample 0054	1/28/2017 18:11	28,6
Sample 0055	1/28/2017 18:12	34,3
Sample 0056	1/28/2017 18:13	41,9
Sample 0057	1/28/2017 18:14	58,7
Sample 0058	1/28/2017 18:15	44,6
Sample 0059	1/28/2017 18:16	35,2
Sample 0060	1/28/2017 18:17	24
Sample 0061	1/28/2017 18:18	16,9
Sample 0062	1/28/2017 18:19	14,6
Sample 0063	1/28/2017 18:20	12,9
Sample 0064	1/28/2017 18:21	12,9
Sample 0065	1/28/2017 18:22	14,6
Sample 0066	1/28/2017 18:23	16,9
Sample 0067	1/28/2017 18:24	24
Sample 0068	1/28/2017 18:25	35,2
Sample 0069	1/28/2017 18:26	44,6
Sample 0070	1/28/2017 18:27	58,7
Sample 0071	1/28/2017 18:28	57,9
Sample 0072	1/28/2017 18:29	45,3
Sample 0073	1/28/2017 18:30	31,4
Sample 0074	1/28/2017 18:31	20,7
Sample 0075	1/28/2017 18:32	15,1
Sample 0076	1/28/2017 18:33	11,7
Sample 0077	1/28/2017 18:34	10,1
Sample 0078	1/28/2017 18:35	10,1
Sample 0079	1/28/2017 18:36	11,7
Sample 0080	1/28/2017 18:37	15,1
Sample 0081	1/28/2017 18:38	20,7
Sample 0082	1/28/2017 18:39	31,4
Sample 0083	1/28/2017 18:40	45,3

**ELABORADO POR:** Ing. Fabián Granja N.

Date Name	Measurement Data	Lux
Sample 0085	1/29/2017 18:00	43,5
Sample 0086	1/29/2017 18:01	36,3
Sample 0087	1/29/2017 18:02	31,3
Sample 0088	1/29/2017 18:03	25,8
Sample 0089	1/29/2017 18:04	19,5
Sample 0090	1/29/2017 18:05	21,3
Sample 0091	1/29/2017 18:06	21,3
Sample 0092	1/29/2017 18:07	19,5
Sample 0093	1/29/2017 18:08	25,8
Sample 0094	1/29/2017 18:09	31,4
Sample 0095	1/29/2017 18:10	36,4
Sample 0096	1/29/2017 18:11	43,5
Sample 0097	1/29/2017 18:12	59,9
Sample 0098	1/29/2017 18:13	46,7
Sample 0099	1/29/2017 18:14	38
Sample 0100	1/29/2017 18:15	28,5
Sample 0101	1/29/2017 18:16	20,4
Sample 0102	1/29/2017 18:17	19,8
Sample 0103	1/29/2017 18:18	19,8
Sample 0104	1/29/2017 18:19	20,4
Sample 0105	1/29/2017 18:20	28,5
Sample 0106	1/29/2017 18:21	38
Sample 0107	1/29/2017 18:22	46,7
Sample 0108	1/29/2017 18:23	59,9
Sample 0109	1/29/2017 18:24	56,9
Sample 0110	1/29/2017 18:25	46,9
Sample 0111	1/29/2017 18:26	33,9
Sample 0112	1/29/2017 18:27	24
Sample 0113	1/29/2017 18:28	18,3
Sample 0114	1/29/2017 18:29	16
Sample 0115	1/29/2017 18:30	16
Sample 0116	1/29/2017 18:31	18,3
Sample 0117	1/29/2017 18:32	24
Sample 0118	1/29/2017 18:33	33,9
Sample 0119	1/29/2017 18:34	46,9
Sample 0120	1/29/2017 18:35	58,6

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N

AN EXO 7

Medición Luminancia P1312-  
P1313 (40m)

1/1

Measurement Data	cdm <sup>2</sup>	Peak/Vall	Integratio	Calib. Ch.	Target	Serial No.
1/30/2017 18:00	1,32	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:01	1,14	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:02	1,05	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:03	0,98	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:04	0,87	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:05	1,04	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:06	1,14	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:07	1,16	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:08	1,18	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:09	0,98	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:10	1,17	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:11	1,2	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:12	1,22	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:13	1,33	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:14	1,75	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:15	1,46	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:16	1,29	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:17	1,22	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:18	1,12	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:19	1,24	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:20	1,36	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:21	1,46	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:22	1,56	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:23	1,47	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:24	1,76	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:25	1,86	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:26	1,76	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:27	1,87	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:28	1,79	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:29	1,58	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:30	1,42	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:31	1,47	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:32	1,58	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:33	1,68	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:34	1,8	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:35	1,95	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:36	1,99	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:37	2,05	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:38	2,08	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:39	2,06	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:40	2,02	Peak	Auto	0	1	300010065
1/30/2017 18:41	1,94	Peak	Auto	0	1	300010065

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

## ANEXO 8

Medición Luminancia P1312-  
P1313 (40m)

1/1

Date Name	Measurement Data	cd/m <sup>2</sup>	Peak/Wall	Integratio	Calib. Ch.	Target	Serial No.
Sample 0043	1/31/2017 18:00	1,28	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0044	1/31/2017 18:01	1,08	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0045	1/31/2017 18:02	0,99	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0046	1/31/2017 18:02	0,93	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0047	1/31/2017 18:03	0,80	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0048	1/31/2017 18:04	0,95	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0049	1/31/2017 18:05	1,05	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0050	1/31/2017 18:06	1,09	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0051	1/31/2017 18:07	1,14	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0052	1/31/2017 18:08	0,96	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0053	1/31/2017 18:09	1,17	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0054	1/31/2017 18:10	1,17	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0055	1/31/2017 18:11	1,18	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0056	1/31/2017 18:12	1,30	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0057	1/31/2017 18:13	1,71	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0058	1/31/2017 18:14	1,36	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0059	1/31/2017 18:15	1,19	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0060	1/31/2017 18:16	1,07	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0061	1/31/2017 18:17	1,04	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0062	1/31/2017 18:18	1,14	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0063	1/31/2017 18:19	1,25	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0064	1/31/2017 18:20	1,38	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0065	1/31/2017 18:21	1,49	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0066	1/31/2017 18:22	1,52	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0067	1/31/2017 18:23	1,61	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0068	1/31/2017 18:24	1,83	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0069	1/31/2017 18:25	1,72	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0070	1/31/2017 18:26	1,85	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0071	1/31/2017 18:27	1,74	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0072	1/31/2017 18:28	1,46	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0073	1/31/2017 18:29	1,24	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0074	1/31/2017 18:30	1,27	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0075	1/31/2017 18:31	1,43	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0076	1/31/2017 18:32	1,56	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0077	1/31/2017 18:33	1,68	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0078	1/31/2017 18:34	1,88	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0079	1/31/2017 18:35	1,94	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0080	1/31/2017 18:36	2,03	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0081	1/31/2017 18:37	1,99	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0082	1/31/2017 18:38	2,04	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0083	1/31/2017 18:39	2,00	Peak	Auto	0	1	300010065
Sample 0084	1/31/2017 18:40	1,92	Peak	Auto	0	1	300010065

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

Date Name	Measurement Data	Lux	Peak/Vall	Integratio	Calib. Ch.	Target	Serial No.
Sample 0085	01/02/2017 18:00	1,44	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0086	02/02/2017 18:00	1,26	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0087	03/02/2017 18:00	1,22	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0088	04/02/2017 18:00	1,23	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0089	05/02/2017 18:00	1,19	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0090	06/02/2017 18:00	1,3	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0091	07/02/2017 18:00	1,33	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0092	08/02/2017 18:00	1,11	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0093	09/02/2017 18:00	1,29	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0094	10/02/2017 18:00	1,3	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0095	11/02/2017 18:00	1,32	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0096	12/02/2017 18:00	1,45	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0097	13/02/2017 18:00	1,92	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0098	14/02/2017 18:00	1,66	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0099	15/02/2017 18:00	1,55	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0100	16/02/2017 18:00	1,52	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0101	17/02/2017 18:00	1,48	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0102	18/02/2017 18:00	1,6	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0103	19/02/2017 18:00	1,68	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0104	20/02/2017 18:00	1,62	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0105	21/02/2017 18:00	1,83	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0106	22/02/2017 18:00	1,97	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0107	23/02/2017 18:00	1,86	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0108	24/02/2017 18:00	2,01	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0109	25/02/2017 18:00	2,09	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0110	26/02/2017 18:00	2,04	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0111	27/02/2017 18:00	1,92	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0112	28/02/2017 18:00	1,92	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0113	01/03/2017 18:00	1,97	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0114	02/03/2017 18:00	2,09	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0115	03/03/2017 18:00	2,11	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0116	04/03/2017 18:00	2,17	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0117	05/03/2017 18:00	2,17	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0118	06/03/2017 18:00	2,18	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0119	07/03/2017 18:00	2,14	Peak	Auto	0	1	30001006
Sample 0120	08/03/2017 18:00	2,11	Peak	Auto	0	1	30001006

ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE INVERSIÓN															
AVENIDA TSAFIQUII- ILUMINACIÓN LED															
PROYECTO:															
FECHA DE ELABORACIÓN:	30/02/2016														
INVERSIÓN															
MATERIALES Y EQUIPOS	82.53%	88.113.50													
CONTRATOS DE PASAJE Y SERVICIO	5.08%	5.431.00													
COSTOS ADMINISTRATIVOS	12.38%	13.217.03													
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>100.00%</b>	<b>106.761.53</b>													
TASA DE DESCUENTO	10%														
INGRESOS (US\$)															
AÑOS	COSTO 1 - MATERIAL INVERSIÓN (A)	COSTO 2 - INSTALACIÓN (B)	COSTO 3 - DIRECCIÓN TÉCNICA Y ADMINISTRATIVOS (C)	OTROS COSTOS (D)	ALMACENAMIENTO DE PASAJES (E)	TOTAL COSTOS (A+B+C+D)	INGRESO 1 REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA (F)	INGRESO 2 - ENERGÍA CONSERVADA (G)	INGRESO 3 - REDUCCIÓN PÉRDIDAS TÉCNICAS (H)	OTROS REDUCCIÓN ANGRESO POR MAINTENIMIENTO (I)	COSTO RESIDUAL DE LUMINARIAS (J)	TOTAL INGRESOS (B+H+I+J)	DIFERENCIA INGRESOS - COSTOS	BENEFICIOS SOCIALES IMAGEN MODERNIDAD, TURISMO	DIFERENCIA INGRESOS - COSTOS INCLUYENDO SOCIALES
0	88.113.50	5.431.00	13.217.03	0.00	106.761.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-106.761.53	0.00	-106.761.53
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.655.23	213.22	30.72	2.000.00	7.500.00	11.653.17	11.653.17	11.653.17	0.00	11.653.17
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.770.46	426.43	181.45	4.000.00	-	8.378.34	8.378.34	8.378.34	0.00	8.378.34
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.565.68	639.85	272.17	6.000.00	-	12.477.50	12.477.50	12.477.50	0.00	12.477.50
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.420.31	862.86	362.89	8.000.00	-	16.636.67	16.636.67	16.636.67	0.00	16.636.67
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.276.74	1.066.08	453.62	10.000.00	-	20.795.84	20.795.84	20.795.84	0.00	20.795.84
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.131.37	1.279.30	544.34	12.000.00	-	24.955.01	24.955.01	24.955.01	0.00	24.955.01
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.966.60	1.432.51	635.06	14.000.00	-	29.114.18	29.114.18	29.114.18	0.00	29.114.18
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.841.63	1.705.73	725.79	16.000.00	-	33.273.34	33.273.34	33.273.34	0.00	33.273.34
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.657.05	1.918.35	816.51	18.000.00	-	37.432.51	37.432.51	37.432.51	0.00	37.432.51
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.552.28	2.132.16	907.23	20.000.00	-	41.591.68	41.591.68	41.591.68	0.00	41.591.68
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.407.51	2.345.38	997.56	22.000.00	-	45.750.85	45.750.85	45.750.85	0.00	45.750.85
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.262.74	2.558.59	1.088.68	24.000.00	-	49.910.01	49.910.01	49.910.01	0.00	49.910.01
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.117.97	2.771.81	1.179.40	26.000.00	-	54.069.18	54.069.18	54.069.18	0.00	54.069.18
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.973.20	2.985.03	1.270.13	28.000.00	-	58.228.35	58.228.35	58.228.35	0.00	58.228.35
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.828.42	3.198.24	1.360.85	30.000.00	-	62.387.52	62.387.52	62.387.52	0.00	62.387.52
<b>VAN</b>	<b>88.114</b>	<b>5.431</b>	<b>13.217</b>	<b>0</b>	<b>106.762</b>	<b>88.602</b>	<b>10.183</b>	<b>4.333</b>	<b>95.516</b>	<b>7.500</b>	<b>197.952</b>	<b>98.690</b>	<b>98.690</b>	<b>0</b>	<b>98.690</b>



ELABORADO POR: Ing. Fabián Granja N.

FACTIBILIDAD				
	SOCIAL	CON BENEFICIO SOCIAL		
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	89.718,61	VIABLE	89.719	BENEFICIOSO
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	19,36%	RENTABLE	19,36%	RENTABLE
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO A VALOR PRESENTE (B/C)	1,85	BENEFICIOSO	0,00	NO SE CONSIDERA

VAN	CONDICIÓN	RESULTADO B/C	CONDICIÓN	TIR	CONDICIÓN
>0	VIABLE	>1	BENEFICIOSO	> TASA DESCUENTO	VIABLE
<0	NO VIABLE	<1	NO CUBRE COSTOS	< TASA DESCUENTO	NO VIABLE
=0	INDIFERENTE	=1	INDIFERENTE	= TASA DESCUENTO	INDIFERENTE

Elaborado por: Ing. Fabián Granja N.

**ANEXO E11**  
**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

# PLANOS