



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
UNIDAD DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER  
EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**Título:**

---

**Evaluación de las fuentes de luz en iluminación pública frente al  
impacto en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón  
Salcedo en el año 2013. Diseño de un sistema alternativo.**

---

**Autor: Ing. Iturralde Albán Javier Hernán  
Tutor: MSc. Peña Guilarte Oscar**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Noviembre – 2013**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**Latacunga – Ecuador**

**APROBACIÓN 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: Iturralde Albán Javier Hernán, con el título de tesis: **“Evaluación de las fuentes de luz en iluminación pública frente al impacto en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo en el año 2013. Diseño de un sistema alternativo”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

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

Latacunga, noviembre 2013

Para constancia firman:

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
PRESIDENTE

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
MIEMBRO

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
PROFESIONAL EXTERNO

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
OPOSITOR

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, Noviembre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Iturralde Albán Javier Hernán, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Evaluación de las fuentes de luz en iluminación pública frente al impacto en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo en el año 2013. Diseño de un sistema alternativo”**.

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,



MSc. Oscar Peña Guilarte.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo, Javier Hernán Iturralde Albán, portador del número de cédula 0501399190, declaro que la presente Tesis de Grado, fue realizada en su totalidad por mi persona siendo fruto de la responsabilidad, esfuerzo y disciplina característica como profesional, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente

Javier Hernán Iturralde Albán  
C. I. 0501399190

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento primeramente a Dios por darme la inteligencia y fuerzas necesarias para llegar a culminar este trabajo, a mi familia, mi esposa María de los Ángeles, a mis hijos David Andrés y Hernán Esteban por cuanto han tenido que permitirse concederme el no compartir el tiempo que les correspondía para que yo pueda realizar este proyecto, y además colaboraron en las mediciones de campo y archivo fotográfico.

Agradezco también a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a todos los docentes y personal administrativo por compartir sus conocimientos y brindarme la ayuda necesaria y oportuna cuando ha sido requerida.

Mis más sinceros agradecimientos además a mi tutor, el profesor y amigo de la república de Cuba, Oscar Peña Guilarte.

A la empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A, Roy Alpha Indal Ecuador y a SCHREDER.

A mis compañeros de aula por los gratos momentos compartidos.

Hernán

## **DEDICATORIA**

Todo trabajo que el hombre realiza debe estar dedicado a alguien en especial, este proyecto para alcanzar un título de Maestría en Gestión de Energías esta dedicado a mis padres que desde el cielo son la luz que guían mis pasos y con todo mi amor a mi esposa María de los Ángeles quien es mi soporte en la vida y a mis queridos hijos David Andrés y Hernán Esteban para que lo tengan como una guía y que algún día decidan por su esfuerzo, superarse haciendo lo que les dicte su corazón, su pasión y su vocación.

Hernán

## **CERTIFICACIÓN DE CRÉDITOS QUE AVALAN LA TESIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”**

“Evaluación de las fuentes de luz en iluminación pública frente al impacto en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo en el año 2013. Diseño de un sistema alternativo”.

Autor: Javier Hernán Iturralde Albán

Fecha: Noviembre del 2013

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:**

**“Evaluación de las fuentes de luz en iluminación pública frente al impacto en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo en el año 2013. Diseño de un sistema alternativo”.**

**AUTOR: Iturralde Albán Javier Hernán.**

**RESUMEN**

El presente trabajo realiza un estudio teórico y experimental a través de modelaciones y simulaciones de la iluminación en vías públicas en el sector de la Urbanización “Rumipamba de las Rosas” y con el objetivo de que se determine las condiciones actuales de la iluminación con las fuentes que se encuentran instaladas al momento y los problemas sociales, técnicos y económicos que produce la misma así como también la contaminación y el impacto que causa al medio ambiente con el uso de estas fuentes lumínicas. Por otro lado resaltar los beneficios que traerá la propuesta para la reducción de estos inconvenientes con la utilización de fuentes alternativas de iluminación que están acorde con la tecnología actual. Esto se verá reflejado en el uso racional de la energía, la reducción e emisiones de CO<sub>2</sub> y todo lo referente a producción mas limpia en sistemas eléctricos. Luego de realizar las simulaciones respectivas se determinó la opción más adecuada y viable. El alcance del trabajo realizado, los métodos ejecutados y la bibliografía que se utilizó ponen en evidencia las fuentes luminosas utilizadas para el efecto, con sus características técnicas y el cumplimiento de las normas internacionales, lo que se refleja en la utilidad social, técnica, económica y ambiental que puede ser aplicada en el país.

**Descriptoros: Iluminación, energía, luminarias, luminancia, iluminancia, uniformidad.**

**Tutor: MSc. Oscar Peña Guilarte**



**Firma:.....**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**ENERGY MANAGEMENT MASTER'S DEGREE**

**Topic:**

**“Light Sources Evaluation in public lighting face the impact in”  
“Rumipamba de las Rosas” neighborhood, Salcedo Canton, in 2013.  
An alternative system design”.**

**Author: Iturralde Albán Javier Hernán.**  
**Tutor: MSc. Oscar Peña Guilarte**

**ABSTRACT**

**This research makes a theoretical and experimental study through modeling and simulations of the lighting on public roads in "Rumipamba de las Rosas" urbanization area. Its goal is to evaluate the current conditions of lighting sources which are installed in this moment, and the social, technical and economic problems. Also, the pollution and the impact it causes to the environment. It is determined with the light sources application. On the other hand, benefits of highlight focus in the proposal in order to reduce the aforementioned drawbacks with the use of alternative sources of light those are consistent with current technology. This will be reflected in the rational use of energy, reducing CO<sub>2</sub> emissions and everything related to get a cleaner production in electrical systems. After performing the respective simulation determined the most appropriate and viable option. The scope of work performed, the executed methods and bibliography used highlight the light sources used for the purpose, with their technical specifications and compliance with international standards, which is reflected in the social, technical, economic and environmental utility which can be applied in the country.**

**Key words: Lighting, energy, lamps, luminance, illuminance, uniformity.**

## Índice

### Contenidos

#### Páginas

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AUTORÍA	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 El problema	3
1.2 Formulación del problema	5
1.3 Justificación y significación	6
1.4 Hipótesis	7
1.5 Objetivos	7
1.5.1 Objetivos generales	7
1.5.2 Objetivos específicos	8
1.6 Enfoque de la investigación	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO	9
2.1 Antecedentes de la investigación	9
2.2 Categorías fundamentales	10
2.3 Objeto de la investigación	11
2.4 Fundamento teórico	12
2.4.1 La Luz	12
2.4.2 Sensibilidad del ojo	14
2.4.3 Visión	15
2.4.4 Flujo Luminoso	17
2.4.5 Intensidad luminosa	18

2.4.6 Luminancia	19
2.4.7 Iluminancia	19
2.4.8 Eficiencia Luminosa	20
2.4.9 Temperatura del color	21
2.4.10 Deslumbramiento	22
2.4.11 Incremento de umbral	23
2.4.12 Contaminación lumínica	24
2.4.13 Criterios de calidad en alumbrado público	25
2.4.14 Sistemas de iluminación de vías de localización usuales	26
2.4.14.1 Disposición unilateral	26
2.4.14.2 Disposición tresbolillo	26
2.4.14.3 Disposición en oposición	27
2.4.14.4 Disposición central con brazo doble	28
2.4.14.5 Disposición de combinación de brazo doble y oposición	28
2.4.15 Prestaciones fotométricas de las luminarias	29
2.4.16 Reproducción del color	30
2.4.17 Luminarias de tecnología LED	32
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION</b>	<b>39</b>
3.1 Diseño de la investigación	39
3.2 Modalidades de investigación	39
3.2.1 Bibliografía documental	40
3.2.2 De campo	40
3.2.3 De intervención social	40
3.2.4 Criterios para escoger el profesional y el usuario representativo	41
3.3 Métodos de investigación	41
3.3.1 Exploratorio	41
3.3.2 Descriptivo	41
3.3.3 Observación	42
3.3.4 Modelación y simulación	42
3.3.5 Encuestas	42
3.3.6 Población y muestra	42
3.3.7 Delimitación de la zona de estudio	44

3.3.8 Operacionalización de las variables	45
3.4 Instrumentos de recolección de datos	45
3.4.1 Técnicas e instrumentos	46
3.4.2 Validez y confiabilidad	46
3.4.3 Procesamiento de la información	46
3.4.4 Caracterización del sistema de alumbrado público de Rumipamaba de las Rosas	47
3.5 Metodología para cálculo de la iluminación	52
3.5.1 Método de cálculo de la CIE-140	53
3.5.2 Simulaciones de iluminación	54
3.6 Equipos utilizados	61
<b>CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS</b>	<b>65</b>
4.1 Encuesta a los moradores de la Urbanización Rumipamba de las Rosas	65
4.2 Resultados de la evaluación de la iluminación actual	69
4.3 Resultado de la entrevista a un habitante de la zona de estudio	73
4.4 Análisis de los resultados de las simulaciones de iluminación realizadas	74
4.5 Conclusiones del capítulo	78
<b>CAPITULO V: LA PROPUESTA</b>	<b>80</b>
5.1 Título de la propuesta	80
5.2 Justificación de la propuesta	80
5.3 Objetivo de la propuesta	81
5.4 Estructura de la propuesta	81
5.5 Desarrollo de la propuesta	82
5.5.1 Recurso material	82
5.5.2 Recurso humano	83
5.5.3 Responsables de la implementación del proyecto	83
5.6 Evaluación social de la propuesta	84
5.7 Evaluación ambiental de la propuesta	86
5.8 Evaluación energética de la propuesta	89
5.9 Valoración económica de la propuesta con luminarias LED	89
5.9.1 Cálculo del VAN y TIR	90

5.9.2 Valoración económica	90
5.10 Conclusiones del capítulo	91
CONCLUSIONES GENERALES	93
RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFIA	95
ANEXOS	96

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Iluminación con luminarias LED en la avenida Amazonas-Quito	10
Figura 2.2 Luminaria de Vapor de Mercurio Alta Presión existente	12
Figura 2.3.a. Colores primarios: azul - rojo – verde	13
Figura 2.3.b. Colores fríos: violeta - azul – verde	13
Figura 2.3.c. Colores cálidos: Amarillo - Naranja – Rojo	14
Figura 2.4.a Espectro Básico. Longitudes de onda sensibles al ojo humano	14
Figura 2.4.b Radiaciones visibles por el ojo humano dentro del espectro radioeléctrico	15
Figura 2.5. El ojo humano	16
Figura 2.6. Absorción óptima de conos y bastones por longitud de onda	17
Figura 2.7. Flujo luminoso de una lámpara o bombilla	18
Figura 2.8: Intensidad Luminosa	18
Figura 2.9. Luminancia	19
Figura 2.10. Iluminancia	20
Figura 2.11. Eficiencia luminosa	20
Figura 2.12. Temperaturas de color	22
Figura 2.13. Disposición unilateral	26
Figura 2.14. Disposición tresbolillo	27
Figura 2.15. Disposición en oposición	27
Figura 2.16. Disposición central con brazo doble	28
Figura 2.17. Disposición de combinación de brazo doble y oposición	28
Figura 2.18 Distribuciones fotométricas de dos tipos de reflectores	30

Figura 2.19. Distribución espectral y reproducción del color en diferentes longitudes de onda de diferentes tipos de fuentes de luz	31
Figura 2.20. Reproducción del color con luminarias de VSAP y LED	32
Figura 2.21. Distribución espectral y reproducción del color de fuente de luz led a 5500°K	34
Figura 2.22. Temperatura de color de los LED's blancos	37
Figura 3.1. Ubicación de la Urbanización Rumipamba de las Rosas	44
Figura 3.2. Vista de las calles de la Urbanización Rumipamba de las Rosas	47
Figura 3.3. Luminaria de vapor de mercurio alta presión existente	48
Figura 3.4.a Grilla de medición de Iluminancia de 30 metros de interdistancia	49
Figura 3.4.b Grilla de medición de Iluminancia de 40 metros de interdistancia	49
Figuras 3.5.a, 3.5.b, 3.5.c y 3.5.d. Urbanización Rumipamba de las Rosas. Vista en el día y vista de la iluminación en la noche	51
Figura 3.6. Pantalla principal del software ULISES	52
Figura 3.7. Sistema de coordenadas $(C,\gamma)$	54
Figura 3.8.a Simulación de las luminarias existentes de 125W VMAP	55
Figura 3.8.b Simulación de las luminarias existentes de 125W VMAP	56
Figura 3.8.c. Simulación de las luminarias existentes de 125W VMAP	56
Figura 3.9.a Simulación con luminarias de VSAP de 70W	57
Figura 3.9.b Simulación con luminarias de 70W VSAP	57
Figura 3.9.c. Simulación con luminarias de 70W VSAP	58
Figura 3.10.a Simulación con luminarias de VSAP de 150W	58
Figura 3.10.b Simulación con luminarias de 150W VSAP	59
Figura 3.10.c. Simulación con luminarias de 150W VSAP	59
Figura 3.11.a Simulación con luminarias de led-44W	60
Figura 3.11.b Simulación con luminarias de led-44W	60
Figura 3.11.c. Simulación con luminarias de con luminarias de led-44W	61
Figura 3.11. Luxómetro AEMC-Serie 810	62
Figura 3.12. GPS – TRIMBLE – Geo XT	63
Figura 3.13. Cámara Sony DSC-W570	64
Figura 4.1. Interpretación gráfica de los resultados respecto a seguridad en la Urb. Rumipamba de las Rosas	66

Figura 4.2. Interpretación gráfica de los resultados respecto a a la evaluación de las actuales fuentes de luz	66
Figura 4.3. Interpretación gráfica de los resultados respecto a la familiarización de la población con otros tipos de fuentes de luz	67
Figura 4.4. Interpretación gráfica de los resultados respecto a la aplicación de nuevas fuentes de luz en la Urb. Rumipamaba de las Rosas	68
Figura 4.5. Interpretación gráfica de los resultados respecto a si conoce que se puede tener ahorro energético con el uso de fuentes de luz alternativas	68
Figura 4.6. Interpretación gráfica de los resultados respecto a si conoce que se puede reducir la contaminación con el uso de fuentes de luz alternativas	69
Figura 4.7 Luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas	72
Figura 4.8. Simulación de Iluminancia de la luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas para 30 metros de interdistancia	70
Figura 4.9. Simulación de Iluminancia de la luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas para 40 metros de interdistancia	70
Figura 4.10. Datos reales para la simulación de la situación actual de la iluminación de las vías de la Urb. Rumipamba de las Rosas	72
Figura 4.11 Luminaria AMBAR de Vapor de Sodio Alta Presión	74
Figura 4.12 Luminaria TECEO de LED's de alta potencia	75
Figura 4.13 Luminaria LUMA de LED's de alta potencia	75
Figura 4.14 Luminaria STELA de LED's de alta potencia	76
Figura 5.1. Iluminación de vías con luminarias LED y VSAP	85
Figura 5.2.a. Cálculo de emisiones de CO <sub>2</sub> de las luminarias de VMAP	87
Figura 5.2.b. Cálculo de emisiones de CO <sub>2</sub> de las luminarias de LED STELA 7.200	88
Figura. 5.2.c. Comparativo de emisiones de CO <sub>2</sub> entre luminarias de VMAP 125W y luminarias LED STELA 7.200	88

Figura 5.3. Comparativo de consumos de energía eléctrica entre luminarias de VMAP 125W y luminarias LED STELA 7.200	89
---	----

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Niveles de luminancia de vías	25
Tabla 2.2. Tabla comparativa de características de las fuentes de luz actualmente más usadas en iluminación	32
Tabla 3.1. Población y muestra respecto a luminarias	43
Tabla 3.2. Operacionalización de la variable independiente	45
Tabla 3.3. Operacionalización de la variable dependiente	45
Tabla 3.4.a. Iluminancia media medida para luminarias en postes ubicados a 30 metros de interdistancia (Luxes)	49
Tabla 3.4.b. Iluminancia media medida para luminarias en postes ubicados a 40 metros de interdistancia (Luxes)	50
Tabla 3.5. Iluminancia promedio medida entre luminarias existentes	50
Tabla 4.1. Resultados de la encuesta realizada	65
Tabla 4.2. Simulación de la Iluminación de la luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas	70
Tabla 4.3. Iluminancia medida para interdistancias de 30 metros	71
Tabla 4.4. Iluminancia medida para interdistancias de 40 metros	71
Tabla 4.5. Resultados de la modelación de la iluminación de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias de Vapor de Sodio Alta Presión. Disposición unilateral	76
Tabla 4.6. Resultados de la modelación de la iluminación (Luminancia) de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias LED de alta potencia. Disposición unilateral. (1)	77
Tabla 4.7. Resultados de la modelación de la iluminación (Luminancia) de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias LED de alta potencia. Disposición unilateral. (2)	77
Tabla 4.8. Resultados de la modelación de la iluminación (Luminancia)	

de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias LED de alta potencia. Disposición en oposición y parterre central	78
Tabla 5.1 datos técnicos de la luminaria STELA 7.200, y comparativo con las otras luminarias LED a 350 mA	82
Tabla 5.2. Desglose de los costos fijos de una luminaria LED de alta eficiencia	83
Tabla 5.3. Costo de mano de obra para diseño de iluminación de vías, simulaciones y manejo de equipos y software	83
Tabla 5.4. Personal y organismos involucrados, actividad y grado de responsabilidad	84
Tabla 5.5. Comparativo de consumo de energía y emisiones de CO <sub>2</sub> entre luminarias de VMAP 125W y luminarias LED STELA 7.200	87
Tabla 5.6. Costos involucrados para el cálculo del VAN y TIR	91
Tabla 5.7 Índices financieros, valores de VAN y TIR calculados para el proyecto	91

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito caracterizar y evaluar la iluminación de la urbanización “Rumipamba de las Rosas” de la ciudad de Salcedo, la cual esta servida por luminarias de vapor de mercurio de alta presión de 125 W, y data de inicios de la década de los ochenta, y, proponer el diseño de un sistema de iluminación con fuentes de tecnología alternativa como los LED de alta eficiencia lumínica y ahorro de energía y además reduciendo el impacto ambiental negativo y social de sus pobladores. En cuanto a la estructura de la tesis, los capítulos, están estructurados de la siguiente manera:

En el Capítulo 1, se analiza el Problema de Investigación, se realiza la contextualización a niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación y se enuncian los objetivos.

En el Capítulo 2, se señalan el marco teórico, antecedentes investigativos en los que se describen opiniones y explicaciones de la problemática planteada en este trabajo de investigación; así como también, conceptualización y las fundamentaciones respectivas en las que se especifican las orientaciones teóricas correspondientes, relacionado con las fuentes de iluminación existentes y alternativas.

En el Capítulo 3, se presenta la metodología para realizar la investigación: el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos a utilizar. Además, se declara la población o universo y se determine la muestra para aplicar los instrumentos de recolección de información.

En el Capítulo 4, se presentan el análisis de resultados de los datos obtenidos por los instrumentos aplicados a través de tablas y gráficos estadísticos generados a partir de la información recolectada y tabulada.

En el Capítulo 5, se plantea la propuesta, el diseño de un sistema alternativo eficiente, de carácter social e impacto ambiental positivo que pudiere ocasionar al implementar una nueva iluminación de las vías de la urbanización con fuentes de luz alternativas a las tradicionales.

# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el presente capítulo se analiza el problema de Investigación, se realiza la contextualización a niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación y se plantean los respectivos objetivos.

### 1.1 El problema

El sistema eléctrico ecuatoriano esta constituido por varios elementos tanto de generación, transmisión, distribución y consumo de energía eléctrica. Una de las fuentes de consumo es el sistema de iluminación pública tanto en vías de circulación de tráfico vehicular, peatonal, parques, deportivo y ornamental. En la provincia de Cotopaxi y en los siete cantones existen alrededor de 35.000 luminarias de *alta intensidad de descarga (HID)* de las cuales el 40% son de *vapor de mercurio de alta presión (VMAP)* de potencias de 400, 250, 175 y 125 vatios y el 60% restante de *vapor de sodio de alta presión (VSAP)* entre potencias de 400, 250, 150, 100 y 70 vatios. En el cantón Salcedo en su parte periférica se encuentra la mayor concentración de luminarias de VMAP que datan de su instalación desde el año 1975, por lo que son consideradas de tecnología obsoleta por su bajo rendimiento lumínico.

El presente proyecto propone analizar el impacto técnico-económico, energético y también el impacto social y ambiental al realizar la sustitución de fuentes tradicionales de luz para iluminación pública por fuentes alternativas de tecnología actual y amigable con el medio ambiente como la tecnología LED (Light emisión diodo), el cual presenta un significativo ahorro tanto en lo energético como en mantenimiento y la aplicación de la huella de carbono al dejar de emitir CO<sub>2</sub> y mercurio utilizado en la fabricación de fuentes HID.

Esta sustitución se propone realizarlo en el barrio “Rumiaba de las Rosas” del cantón Salcedo, en un periodo de corto plazo y con la debida coordinación y auspicio de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. (ELEPCO S.A.).

Este trabajo hace referencia al estudio de la iluminación con fuentes de luz alternativa a ser utilizadas en el diseño de la iluminación de las vías y su simulación bajo software.

En las inspecciones o visitas que se realizó se verificó la zona de influencia de la Urbanización “Rumiaba de las Rosas”, las condiciones reales de las luminarias en el día y su iluminación en la noche observándose que son totalmente desfavorables, por cuanto esta se realiza con luminarias cuya fuente de luz es de una tecnología de distribución fotométrica muy pobre como el mercurio de alta presión.

En el momento de socializar el proyecto, dando a conocer a los usuarios del sector de “Rumipamaba de las Rosas” las ventajas y bondades del proyecto, estos reaccionaron de manera muy positiva respecto a su planificación y ejecución, considerando que serán muy beneficiados en el tema social de seguridad especialmente.

Se debe considerar el impacto social porque el usuario común está acostumbrado a las fuentes tradicionales de iluminación y un cambio de este tipo hará que en ciertos estratos sociales se tenga una resistencia al cambio al hacer la comparación exclusivamente visual más no de luminosidad.

Otro parámetro a socializar fue el indicar al usuario las bondades de los equipos utilizados especialmente en el campo del medio ambiente, la eliminación de residuos peligrosos y tóxicos como el mercurio existente en las bombillas tradicionales frente a las alternativas que se proponen.

Como todo proyecto de iluminación, el análisis costo beneficio se le mide en el impacto social, mas no económico, pues la inversión no es de recuperación muy rápida en el tiempo, mas, el confort, la seguridad, el stress visual y el impacto al

entorno del usuario es parte de las políticas de estado referentes al buen vivir, y además el ahorro de energía es la tendencia en las empresas distribuidoras de energía.

El uso eficiente de la energía, y en este caso en iluminación pública, está ligado al desarrollo de la comunidad en especial con su respectiva repercusión de progreso en el país.

Se realizará simulaciones de iluminación bajo software con luminarias led y tradicionales de vapor de sodio de alta presión, para realizar una comparación con los niveles de luminancia ( $\text{cd/m}^2$ ) e iluminancia (luxes) existentes. La simulación de la fuente de luz existente se lo hará con una luminaria de similares características en cuanto a iluminancia debido a que se desconoce y no es posible disponer de una matriz de intensidades de una luminaria del tipo actualmente instalada por ser de un tipo que esta fuera de circulación desde aproximadamente 15 años.

Por otro lado la decisión de los países industrializados y de acuerdo a los convenios medio ambientales es dejar de fabricar bombillas de fuente de luz de mercurio de alta presión por su alta contaminación y la baja calidad lumínica, por lo tanto la intención es realizar una sustitución cíclica para que los efectos de los costos de inversión y mantenimiento no se reflejen elevados debido al cambio frecuente requerido de las bombillas de mercurio.

Este trabajo de investigación hace referencia a la utilización de nuevas fuentes de iluminación como son las de tecnología LED's, con alta eficiencia lumínica, bajos costos de mantenimiento, reducido impacto ambiental y de alto interés social.

## **1.2 Formulación del problema**

Elevado consumo de energía eléctrica por fuentes de iluminación obsoletas e ineficientes, alto costo de mantenimiento y la reducción de emisiones de  $\text{CO}_2$  y

mercurio en la fabricación de bombillas para estas fuentes de alta intensidad de descarga (HID) como el vapor de mercurio de alta presión (VMAP).

### **1.3 Justificación y significación**

El uso de nuevas fuentes de energía y producción mas limpia PML es de interés mundial para el ahorro significativo de energía en todos sus ámbitos y para minimizar la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y mercurio a lechos fluviales y marítimos. Dentro de lo que es iluminación pública hoy en día se establece definitivamente la eliminación de las lámparas HID de mercurio y la restricción de las lámparas HID de vapor de sodio alta presión; para suplir la iluminación de estas, se ha desarrollado con mucha tecnología y eficiencia las luminarias a base de LED's de alta potencia con un consumo de energía mas bajo que las de HID y con costes de mantenimiento casi cero.

Por otro lado también se considera la reducción de la polución lumínica y el mantener niveles de iluminación adecuados en vías de tráfico motorizado y de esparcimiento público.

La responsabilidad social, medio ambiental y empresarial de ELEPCO S.A., conjuntamente con los proyectos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable hace que este proyecto sea factible al considerar que, con los parámetros arriba indicados se logrará además réditos económico-sociales por el aporte a la huella de carbono, materia que se debate permanentemente en todos los países del mundo.

El uso de lámparas con tecnología LED es un tema sumamente nuevo en el país, otros países industrializados ya tienen sus propuestas y proyectos ejecutados con resultados muy satisfactorios en cuanto al ahorro energético y Producción Mas Limpia (PML), sin embargo para el medio nuestro esta tecnología resulta muy costosa lo que se vería balanceada por la reducción de otros costos como los de mantenimiento y el aporte al mundo sobre la eliminación de contaminación por la

emanación de CO<sub>2</sub>, gases nobles y también mercurio utilizado en las lámparas HID.

Este proyecto realiza un impacto satisfactorio y alentador a la población involucrada que son los usuarios del servicio de iluminación pública, con el mejoramiento de la iluminación dentro de los estándares de funcionamiento adecuados y normalizados, se incrementará la confianza y estima propia de los moradores de la urbanización Rumipamba de las Rosas al poder transitar libres de cualquier accidente o peligro que se pudiera incurrir por la deficiente iluminación que se dispone actualmente.

Adicionalmente se involucra también en este proyecto a organismos gubernamentales directa e indirectamente, como el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, Ministerio del Ambiente, Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxí S.A. (ELEPCO S.A.) el Gobierno Autónomo Descentralizado de Salcedo (GAD – Salcedo).

#### **1.4 Hipótesis**

Al evaluar el sistema de iluminación actual en la Urbanización Rumipamba de las Rosas del cantón Salcedo y definir sus falencias, entonces será factible proponer un diseño del sistema alternativo con nuevas tecnologías de iluminación.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivos generales**

- 1.- Evaluar las fuentes de luz existentes y su impacto en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo en el año 2013.
- 2.- Proponer un sistema alternativo de iluminación pública para el cantón Salcedo.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

1. Desarrollar el respectivo trabajo de campo para el levantamiento de la información técnica y social.
2. Analizar el efecto técnico-económico y social de las fuentes de luz existentes.
3. Evaluar la prefactibilidad del remplazo de fuentes de luz tradicionales de HID de vapor de mercurio y de alta presión por fuentes alternativas
4. Proponer un sistema de iluminación pública con tecnologías nuevas.
5. Proponer el cumplimiento de la norma establecida para iluminación de vías vigente en el país como la CIE-115-2010

### **1.6 Enfoque de la investigación**

El proyecto propuesto tiene influencia sobre varios aspectos tanto económicos como sociales, por lo tanto se considera su factibilidad debido a que propende a la satisfacción de las necesidades empresariales y de la comunidad, al control y uso racional de la energía eléctrica y de esta manera apoyando a disminuir el consumo de energía especialmente en horas de máxima demanda donde la generación de esta se produce a través de centrales que utilizan combustibles fósiles para su cometido.

El proyecto estará basado en la investigación documental respecto a la información técnica de las fuentes luminosas y la investigación de campo para confirmar su existencia y delimitar la zona de aplicación convirtiéndose esta investigación en cualitativa y cuantitativa.

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEORICO**

En el presente capítulo se desarrolla la teoría que servirá de soporte al proyecto, se evalúa conceptos básicos y definiciones importantes necesarias, se indica antecedentes investigativos relacionados con la problemática, además se hace referencia a las normas actuales establecidas en iluminación de vías consideradas para el desarrollo del proyecto.

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

La iluminación pública con nuevas tecnologías como son los LED's es un trabajo relativamente nuevo en el país, no existen programas como el propuesto en este proyecto y se puede considerar que es debido al recelo de los técnicos sobre la eficiencia que puede tener una lámpara de este tipo versus una de tecnología HID, si bien es cierto que las lámparas LED no alcanzan todavía un nivel de luminosidad y una distribución fotométrica como las de HID, es cierto también que ha habido en los últimos cinco años muchos avances para poder obtener estos parámetros que pueden competir con las HID, pero, es necesario considerar que el costo económico también es muy alto comparado con las lámparas tradicionales.

Ciudades tan diversas como Nueva York, Sidney, Taiwán, Torraca (Italia) o Barcelona iluminan de forma parcial o total sus calles con luces LED. Incluso se ha creado una red, LED City, que reúne algunas de estas iniciativas en todo el mundo. Sus responsables aseguran que han ahorrado energía y dinero de forma significativa, y que la inversión inicial se amortiza en pocos años. En Europa, Lippstadt (Alemania) ha instalado 450 luminarias de tecnología LED. Sus responsables aseguran haber ahorrado 117.000 kWh anuales y una importante **reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**, involucradas en el cambio climático. ([consumer.es/web/es/medioambiente/urbano](http://consumer.es/web/es/medioambiente/urbano))

En el país, varias ciudades como Guayaquil; Quito y Cuenca han empezado a utilizar luminarias LED como alternativa de iluminación en vías públicas, es necesario citar el ejemplo de la ciudad de Quito en la avenida Amazonas (figura 2.1) el centro histórico de la ciudad consiguiendo los niveles de iluminación recomendados por la norma CIE-115 2010 y cuyo archivo fotográfico se lo puede observar en el anexo 3.



**Figura 2.1 Iluminación con luminarias LED en la avenida Amazonas-Quito**  
**Fuente: Roy Alpha Indal Ecuador**

Es si duda, que la aplicabilidad de la tecnología LED está en marcha a nivel mundial y esta marcha es a pasos muy grandes por lo que en un futuro muy cercano todos los países conscientes con la protección del medio ambiente y el ahorro de energía propondrán en sus esquemas el uso de esta tecnología, lo que hará una revolución energética y al ser de uso masivo pues económicamente también se verá reducido los costos por lámpara que al momento es un limitante para su aplicación a nivel macro.

## **2.2 Categorías fundamentales**

El proyecto está enmarcado directamente en el uso eficiente de la energía y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, mercurio y la polución lumínica, por lo tanto es conveniente y necesario determinar las variables de estudio que interactúan en el

mismo, así, se considera la variable dependiente en el marco general del proyecto que es el indicado como **el uso eficiente de la energía y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, mercurio y la contaminación lumínica** y la variable independiente **la fuente de luz que utilizaremos como remplazo de las HID que en este caso son las lámparas de tecnología LED.**

### **2.3 Objeto de la Investigación**

El sector en donde se realiza el estudio para este proyecto es una urbanización en una zona urbana y sus características son las que se detallan a continuación:

Nombre: Urbanización Rumipamba de las Rosas

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Salcedo

Ubicación: Entrada norte de Salcedo

Area de influencia: 535.225 m<sup>2</sup>

Cuadras: 20

Clientes: 265

Luminarias instaladas: 286

Tipo de luminaria: Mercurio de alta presión 125W-220V

Potencia instalada: 35.75 kW

kVA instalados: 670 kVA

Las redes de distribución eléctrica datan aproximadamente del año 1980, es decir su edad esta en los 33 años de servicio, y su sistema de iluminación fue habilitado con la tecnología y capacidad económica de la época.

Las luminarias utilizadas en el sistema de iluminación pública en el sector de estudio, son de vapor de mercurio de alta presión simple, tipo abierta, no dispone de un elemento reflector ni refractor que ayuden al aprovechamiento de los rayos lumínicos de la bombilla. (figura 2.2.)



**Fig. 2.2. Luminaria de Vapor de Mercurio Alta Presión existente**

Es necesario considerar que además este tipo de bombilla ya no se produce para consumo de los países industrializados a nivel mundial por cuanto sus costos en consumo de energía no son eficientes y por el uso de mercurio que es contaminante así como otros gases nobles, y por otro lado su flujo luminoso por el hecho de necesitar una película de polvo fosfórico para que los rayos ultravioletas se conviertan en luz visible se ve muy reducido en comparación a otras fuentes de luz como el sodio de alta presión.

Esta luminaria no existe actualmente en el mercado, y no tiene ningún tipo de prestación fotométrica definida, por lo que no es considerada para ser utilizada en la iluminación de vías o en otras aplicaciones.

## **2.4 Fundamento teórico**

### **2.4.1 La luz**

El movimiento de corpúsculos denominado fotones que una fuente luminosa emite en todas direcciones, da origen a una radiación electromagnética. De estas

radiaciones una pequeñísima parte logra sensibilizar la retina del ojo humano para dar la sensación de luz. Las demás dan lugar a diversos fenómenos como rayos cósmicos, rayos gamma, rayos X, rayos ultravioleta, rayos infrarrojos, radar, radiodifusión (HF, VHF, UHF), etc.” (Iluminación con avanzada tecnología SCHEREDER-1994)

- El ojo humano ve el reflejo de la luz sobre los objetos.

El color de la luz depende de la longitud de onda, la luz blanca se obtiene cuando las radiaciones se combinan en proporciones comparables a las de la luz del día. Una luz es coloreada cuando una radiación específica predomina sobre la luz blanca, los colores de la luz primarios, fríos y cálidos se muestran en las figuras 2.3.a, 2.3.b y 2.3.c.



**Figura 2.3.a. Colores primarios: azul - rojo - verde.**



**Figura 2.3.b. Colores fríos: violeta - azul - verde**



Figura 2.3.c. Colores cálidos: **Amarillo** - **Naranja** – **Rojo**

### 2.4.2 Sensibilidad del ojo

El ojo humano no tiene la misma sensibilidad a todas las radiaciones. En laboratorio se ha determinado la longitud de onda a la cual es mas sensible el ojo y se ha determinado la eficiencia luminosa relativa a las otras longitudes de onda con respecto a ella. La experiencia muestra que el ojo es mas sensible a la radiación de longitud de onda de 555 nm y es muy poco sensible a las tonalidades violetas y rojas como se indica en la figura 2.4.a y 2.4.b (Seminario Alumbrado Vial, SCHEREDER, 2007)

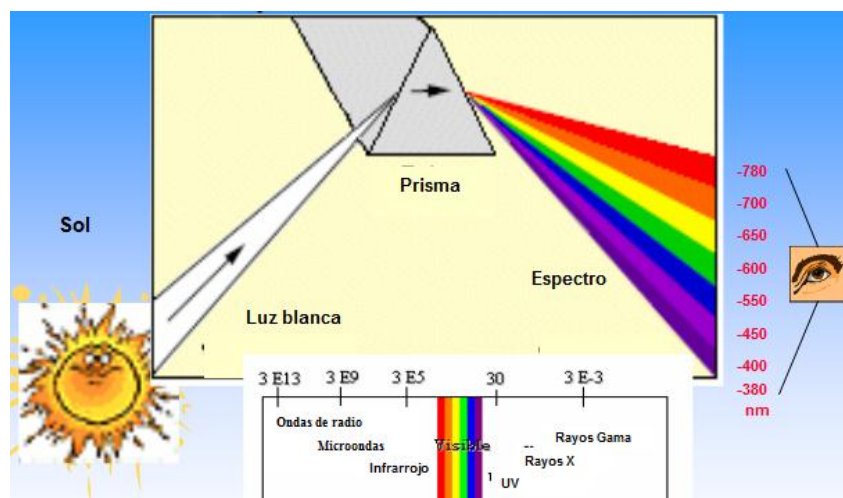
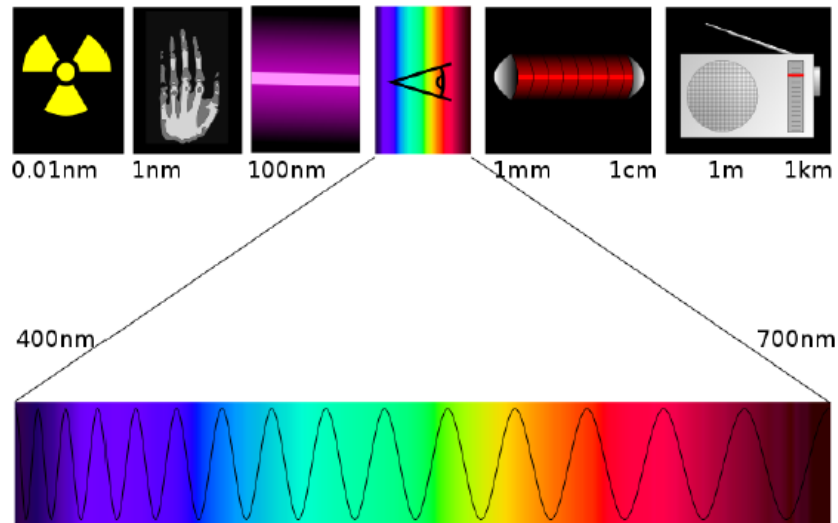


Figura 2.4.a Espectro Básico. Longitudes de onda sensibles al ojo humano

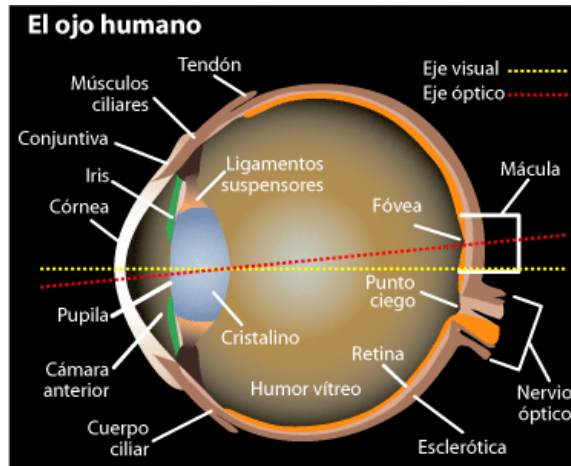


**Figura 2.4.b Radiaciones visibles por el ojo humano dentro del espectro radioeléctrico**

### 2.4.3 Visión

Las habilidades de percepción del órgano visual para discriminar objetos en ambientes con intensidades de luz dispares se deben a que nuestra retina es mixta, y contiene tanto conos como bastones y por lo tanto la visión es fotocópica en donde trabajan los primeros para una luminancia mayor a  $1 \text{ cd/m}^2$  y escotópica en donde trabajan los segundos para una luminancia menor o igual de  $0.1 \text{ cd/m}^2$ , (Martínez López, Raúl, Gaceta Óptica, 2006)

Los bastones y conos contienen pigmentos visuales, que son como los demás pigmentos en el sentido de que absorben la luz dependiendo de la longitud de onda de ésta. Sin embargo, estos pigmentos visuales tienen la particularidad de que cuando un pigmento absorbe un fotón de energía luminosa, la forma molecular cambia y se libera energía. (Stephen Westland, FAQ Colourware Ltd 2001). Una generalidad de ojo humano se indica en la figura 2.5.

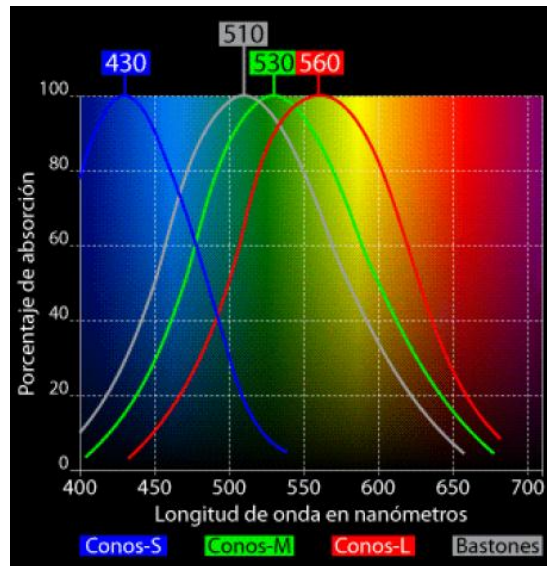


**Figura 2.5. El ojo humano**

Los conos son quienes realizan la visión diurna y los bastones son las células responsables de nuestra visión nocturna y sólo transmiten información con intensidades lumínicas bajas. A medida que permanecemos en un entorno escotópico, la sensibilidad aumenta de forma espectacular debido a dos razones: El enorme incremento de concentración del fotorpigmento de los bastones, que dispara su producción, y a cambios en la red neuronal que se ajusta a estímulos más débiles y promueve la sumación de señales de varios fotorreceptores para aumentar la respuesta final. El límite de máxima sensibilidad en la oscuridad representa una energía tan minúscula que está íntimamente relacionada con la naturaleza corpuscular de la luz y su propio límite físico. (Martínez López Raúl, Gaceta Óptica, 2006)

Los menos abundantes, los conos, de los cuales existen unos 7 millones de células que responden a una longitud de onda de 400-600nm, en lo que se denomina la **visión fotópica** o diurna, existen tres tipos diferentes. Se les nombra por su sensibilidad a las longitudes de onda. Los sensibles a la longitud de onda mas corta, los **conos-S** (Short, 430nm), son más sensibles a las longitudes de onda de los azules, los de longitud de onda media o **conos-M** (Medium, 530nm) más sensibles a los verdes, y por último los **conos-L** (Long, 560nm) o sensibles a las longitudes de onda más largas o los colores de la zona de los rojos (figura 2.6).

Por otro lado, los bastones con una población estimada de 120 millones de células, son los encargados de recibir los fotones cuando las condiciones de luz son muy bajas, en los que se conoce como **visión escotópica**. Estas células son sensibles al blanco, negro y algunos tonos de gris (Longitud de onda de 510nm).

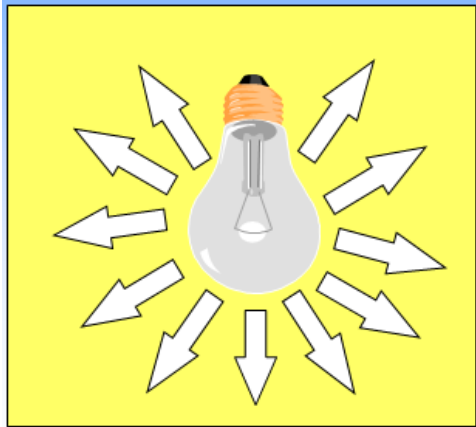


**Figura 2.6. Absorción óptica de conos y bastones por longitud de onda**

#### 2.4.4 Flujo Luminoso ( $\Phi$ )

Es la energía por tiempo unitario ( $dQ/dt$ ), que es irradiado por una fuente en longitudes de ondas visibles. Más específicamente, es energía radiada en longitudes de onda sensibles al ojo humano, desde unos 330 nm a 780 nm. De esta manera, el flujo luminoso es un promedio ponderado del flujo radiante en el espectro visible. Esta ponderado de manera promedio, porque el ojo humano no responde de igual manera a todas las longitudes de onda visibles. (Alumbrado Público, SCHEREDER, 1991)

El flujo luminoso es una medida de la cantidad de luz que sale de una lámpara o bombilla. Su unidad de medida es el lumen (lm)

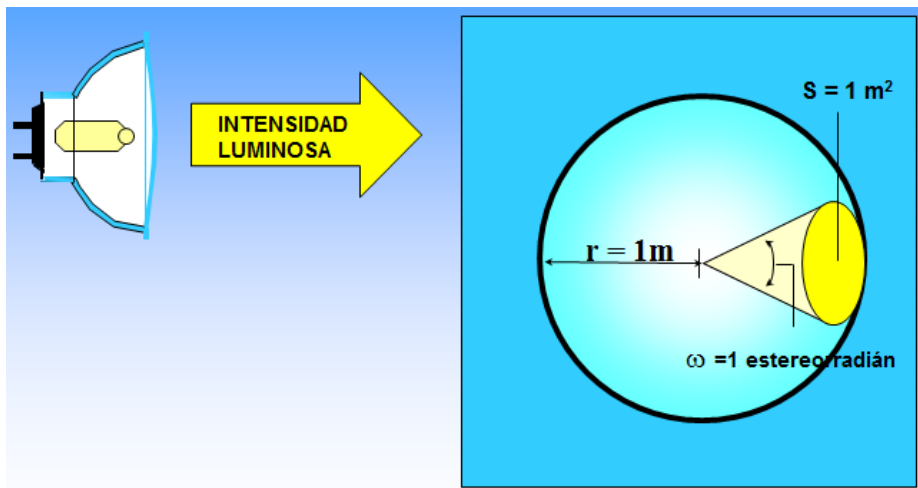


**Figura 2.7. Flujo luminoso de una lámpara o bombilla**

**2.4.5 Intensidad luminosa (I)**

La intensidad luminosa es el concepto de la concentración de luz en una dirección específica, radiada por segundo. Se designa con el símbolo I. La unidad es la candela (cd), Por tanto es el *flujo luminoso en una determinada dirección, radiado por unidad de ángulo sólido*. (Alumbrado Público, SCHEREDER, 1991)

1 candela = 1 lumen / estereorradián



**Figura 2.8: Intensidad Luminosa**

### 2.4.6 Luminancia (L)

Se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada. Su unidad es: candela/m<sup>2</sup>. (Alumbrado Público, SCHEREDER, 1991)

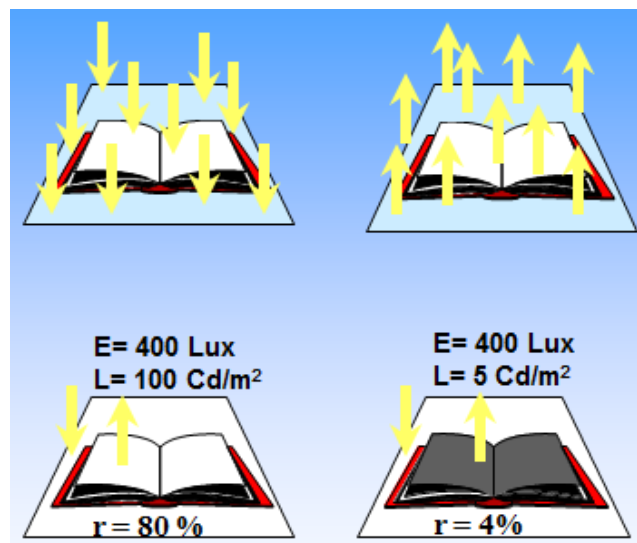
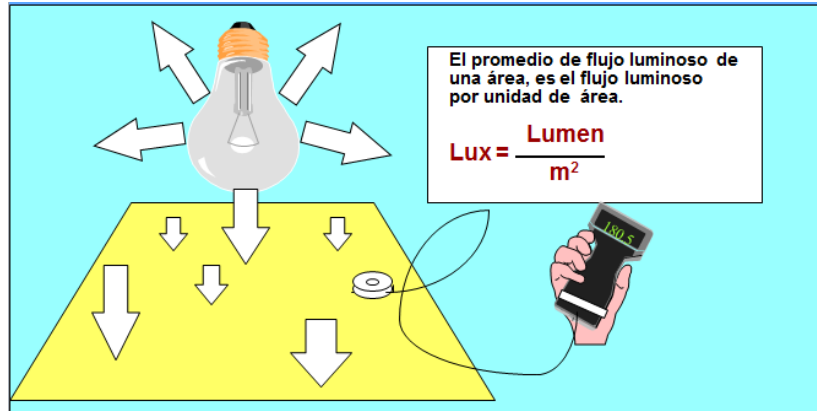


Figura 2.9. Luminancia

### 2.4.7 Iluminancia (E)

Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m<sup>2</sup>. Existe también otra unidad, el foot-candle (fc), utilizada en Europa cuya relación con el lux es: 1 fc = 10 lx. . (Alumbrado Público, SCHEREDER, 1991)

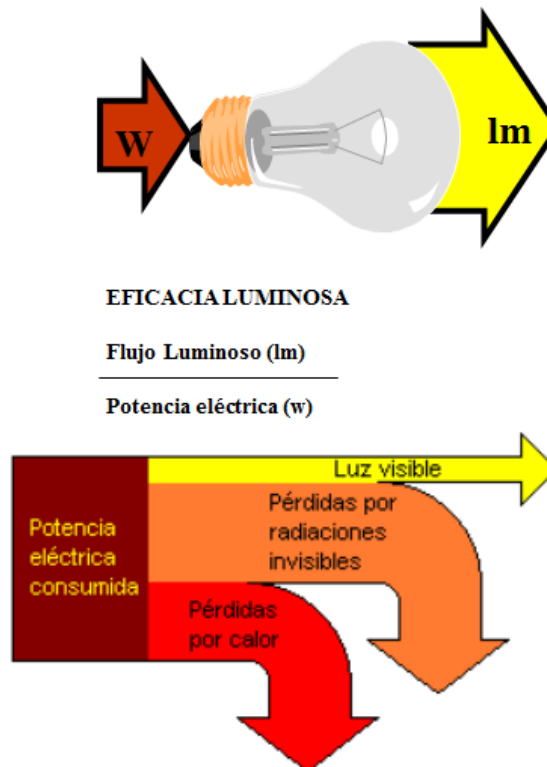


**Figura 2.10. Iluminancia**

### 2.4.8 Eficiencia luminosa

Relación entre el flujo luminoso y la potencia disipada [lm/W]

Para hacerse una idea de la porción de energía útil se define la eficacia luminosa: mientras mayor sea el valor de la eficacia luminosa, mejor será la lámpara y menos potencia consumirá. . (Alumbrado Público, SCHEREDER, 1991)



**Figura 2.11. Eficiencia luminosa**

### **2.4.9 Temperatura de color**

El término "temperatura de color" se refiere a la expresión de la distribución espectral de la energía de una fuente luminosa y, por tanto, de su calidad de color. Se expresa en grados Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ), que se obtienen sumando 273 a los grados centígrados. ([www.fotonostra.com/glosario/tempcolor.htm](http://www.fotonostra.com/glosario/tempcolor.htm))

Cuando se dice que una fuente luminosa tiene una determinada temperatura de color, 5000  $^{\circ}\text{K}$  por ejemplo, quiere significarse que habría que calentar un cuerpo negro a esta temperatura para que emitiese radiación luminosa del mismo color que la fuente en cuestión.

Cuando se calienta un cuerpo negro se pone primero rojo, luego naranja, etc. por tanto, la luz del extremo rojo del espectro se dice que tiene una temperatura de color baja, que va subiendo conforme se pasa hacia la región azul del mismo. Esta temperatura de color no guarda, pues, ninguna relación con la temperatura real ni con la consideración cultural del rojo como color cálido y el azul como frío.

Las películas de color inversibles se "equilibran" para la calidad de la luz a la que han de exponerse. Casi todas las fuentes de luz artificial tienen una temperatura de color entre 2000 y 6000  $^{\circ}\text{K}$ . La del cielo azul con sol es de 6000  $^{\circ}\text{K}$  aproximadamente, y llega a unos 10000  $^{\circ}\text{K}$  cuando se nubla.



**Figura 2.12. Temperaturas de color**

Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres>

#### **2.4.10 Deslumbramiento**

El deslumbramiento es una sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Es lo que ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando vemos el reflejo del sol en el agua. Existen dos formas de deslumbramiento, el perturbador y el molesto. El primero consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa; un ejemplo muy claro lo tenemos cuando conduciendo de noche se nos cruza un coche con las luces largas. El segundo consiste en una sensación molesta provocada porque la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa produciendo fatiga visual. Esta es la principal causa de deslumbramiento en vías mal iluminadas. Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras. La primera es por observación directa de las fuentes de luz; por ejemplo, ver directamente las luminarias. Y la segunda es por observación indirecta o reflejada de las fuentes como ocurre cuando las vemos reflejada en alguna superficie (como la vía de

tránsito). Estas situaciones son muy molestas para los usuarios y deben evitarse. Entre las medidas que podemos adoptar tenemos ocultar las fuentes de luz del campo de visión modificando el diseño de la iluminación, cambiando el ángulo de incidencia, la altura de trabajo y la interdistancia entre postes, es decir evitar los reflejos, evitar fuertes contrastes de luminancias entre la tarea visual y el fondo y/o cuidar la posición de las luminarias respecto a los usuarios para que no caigan dentro de su campo de visión. (Manual de alumbrado, PHILIPS, 1983)

#### **2.4.11 Incremento de umbral (Threshold Increment) (T.I.)**

En alumbrado público se tiene en el campo visual:

- Luminancia de la carretera o camino ( $L_b$ )
- Luminancia dispersiva de las luminarias de la periferia visual: luminancia de velo ( $L_v$ )

Mientras que un aumento en la luminancia de la superficie de la carretera tiene un efecto positivo en el rendimiento visual de un conductor, cualquier aumento en la luminancia de velo equivalente tiene un efecto negativo.

Así, sin ninguna fuente deslumbradora, el contraste es:

$$C_o = \frac{L_o - L_b}{L_b} \quad 2.1$$

Pero en presencia de una fuente deslumbradora:

$L_o$  se transforma en  $L_o + L_v$

$L_b$  se transforma en  $L_b + L_v$

Donde  $L_v$  es la luminancia de velo equivalente.

Por lo tanto el contraste efectivo se transforma en:

$$C_{eff} = \frac{L_b}{L_b + L_v} C_o \quad 2.2$$

Con lo que se aprecia que el contraste disminuye:  $C_{eff} < C_o$

En otros términos, un objeto que se ve justo cuando no hay deslumbramiento (esto es, en el contraste de umbral), no se ve cuando el deslumbramiento esta presente a menos que haya aumentado el contraste real.

Este efecto es la base de la medida de la pérdida de rendimiento visual debido al deslumbramiento, conocido como Incremento de Umbral (Threshold Increment) (T.I.), o conocido como deslumbramiento perturbador. (Seminario de alumbrado vial. Schreder , 2007)

#### **2.4.12 Contaminación Lumínica**

Si incorporamos al ambiente una sustancia o forma de energía en cantidad tal que resulte perjudicial para el ser humano u otros organismos, o altere las condiciones naturales del medio, decimos que estamos ante un agente contaminante. Cuando este agente es la luz, hablamos de contaminación lumínica.

Esta forma de contaminación se manifiesta como una claridad continua y difusa, que afecta la oscuridad del cielo nocturno y está provocada por la dispersión en el aire atmosférico de la luz artificial de alumbrado. Se da principalmente en zonas urbanas, industriales y nudos de vías de comunicación, sitios que generalmente se yuxtaponen geográficamente formando los continuos urbanizados de gran extensión y densidad poblacional.

Un observador del cielo urbano ve, según el grado de contaminación lumínica, sólo las estrellas más brillantes o acaso ninguna, por haberse perdido el fondo oscuro sobre el cual contrastan; Desde el campo la oscuridad profunda de la noche y el brillo nítido de los cuerpos celestes que vemos en el cenit, se van perdiendo hacia

el horizonte afectado por los "globos" luminosos de las ciudades próximas y las conurbaciones aún lejanas. (Seminario de alumbrado vial. Schreder , 2007)

### 2.4.13 Criterios de calidad en alumbrado público

Las características fotométricas de una instalación de alumbrado público para lograr buenas condiciones de visibilidad son:

- Nivel de Luminancia de la calzada [ $\text{cd/m}^2$ ]
- Uniformidad de luminancia [ $U_o\%$ ]
- Limitación del deslumbramiento causado por la instalación (deslumbramiento molesto) [ $TI\%$ ]

Existen normativas y recomendaciones internacionales que fijan los valores mínimos o máximos que se debe cumplir, según las características de la vía, con la finalidad de obtener una iluminación que brinde seguridad, confort y eficacia.

La Norma vigente en el país es el documento de la **CIE 115 – 2010** (Comisión Internacional de Alumbrado) (anexo 1) y a continuación se muestra los siguientes valores para los tipos de vías más comunes en el país en la tabla 2.1.:

**Tabla 2.1: Niveles de luminancia de vías**

Clase de Iluminación	Superficie de la carretera				Incremento de Umbral (Threshold increment) fTI (%)	Relación de Alrededores (Rs)
	Seco			Mojado (*)		
	Luminancia $L_{AV}$ ( $\text{cd/m}^2$ ) Mínimo mantenido	Uniformidad general $U_o$	Uniformidad Longitudinal $U_l$	Uniformidad general $U_o$		
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10,00	0,50
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10,00	0,50
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15,00	0,50
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15,00	0,50
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15,00	0,50
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20,00	0,50

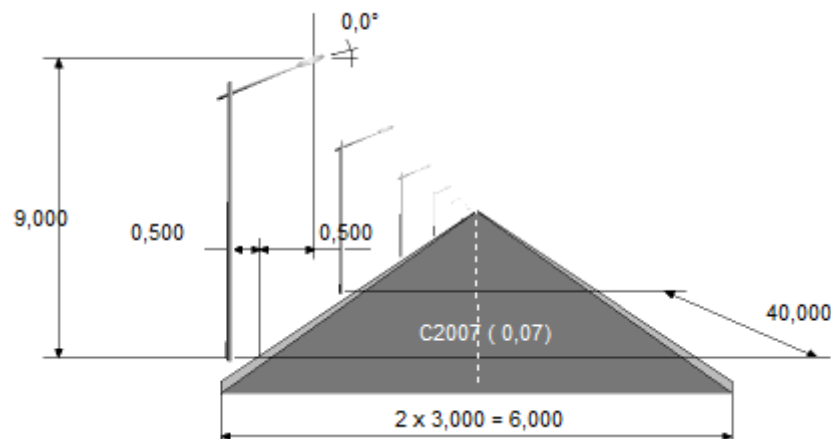
**Fuente: CIE-115-2010**

#### **2.4.14 Sistemas de iluminación de vías de localización usuales**

En iluminación de vías existen varias disposiciones de las luminarias para cumplir con lo especificado en la CIE-115-2010 dependiendo exclusivamente del ancho de vía y la clase de iluminación que se requiera. Entre las mas usuales de puede indicar las siguientes:

##### **2.4.14.1 Disposición unilateral**

Las luminarias son instaladas en un mismo lado de la calzada (figura 2.13.) Es recomendada esta disposición para vías de poco tránsito y cuando el ancho de vía sea igual o inferior a la altura de montaje de las luminarias. Necesariamente se deberá realizar la simulación respectiva para establecer el cumplimiento de la norma CIE-115-2010.

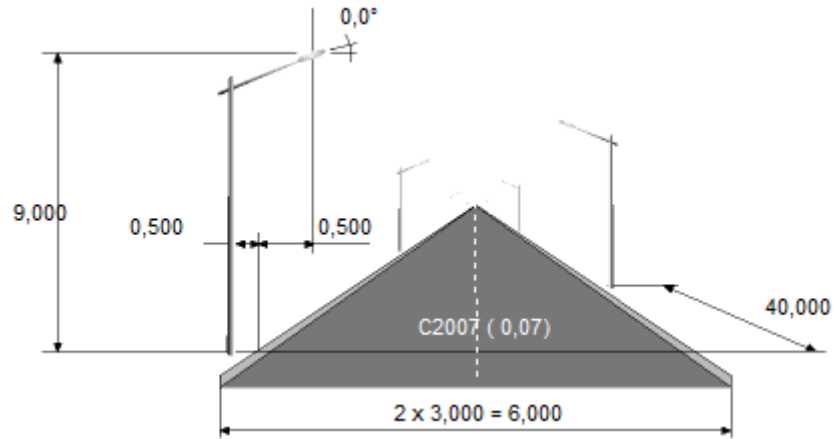


**Figura 2.13. Disposición unilateral.**

##### **2.4.14.2 Disposición tresbolillo (Zig-Zag)**

Esta disposición (figura 2.14) consiste en la colocación de las luminarias en ambos lados de la vía al tresbolillo o en zigzag y se emplea principalmente si el ancho de la vía es de 1.0 a 1,5 veces la altura de montaje de las luminarias. Es necesario prestar una cuidadosa atención a la uniformidad de la luminancia en la vía, pueden producirse manchas

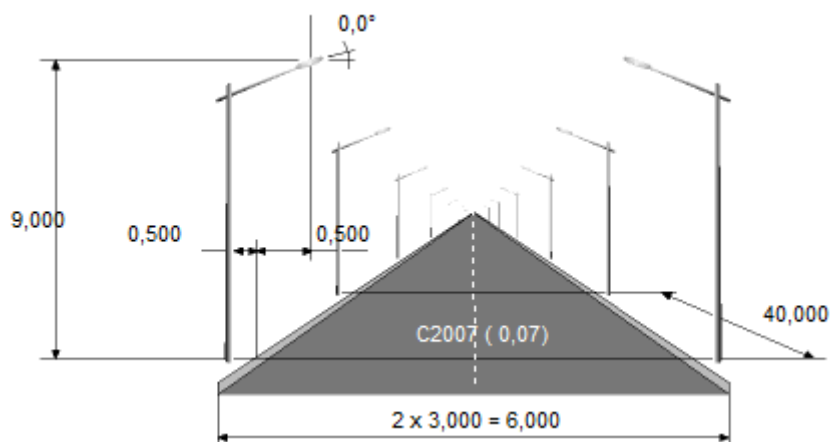
brillantes y oscuras (efecto zebra) y puede producir un efecto molesto de zigzag.



**Figura 2.14. Disposición tresbolillo.**

#### 2.4.14.3 Disposición en oposición

Esta disposición (figura 2.15) es utilizada con luminarias opuestas una contra la otra (frente a frente), se utiliza ante todo cuando el ancho de la vía es mayor a 1.5 veces la altura de montaje de las luminarias.



**Figura 2.15. Disposición en oposición.**

#### 2.4.14.4 Disposición central con brazo doble

Los postes están colocados exclusivamente en la mediana central o parterre de la vía (figura 2.16), puede considerarse como disposición unilateral para cada una de las calzadas. Uso en vías de alto tráfico.

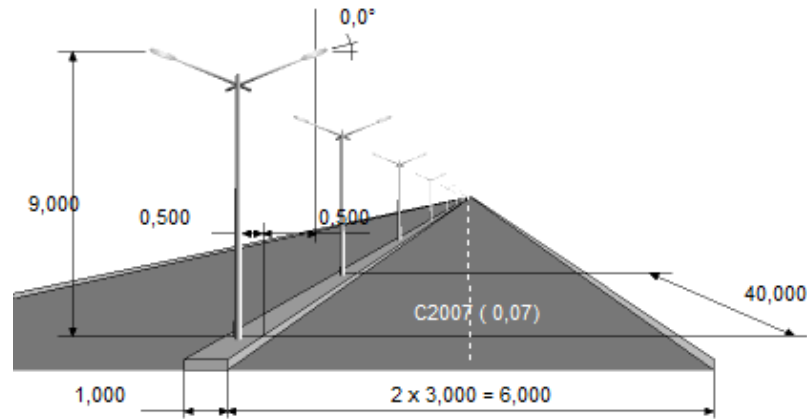


Figura 2.16. Disposición central con brazo doble

#### 2.4.14.5 Disposición de combinación de brazo doble y oposición

Los postes están colocados en la mediana central o parterre de la vía y se agrega la disposición opuesta (figura 2.17). Uso en vías muy anchas y de alto tráfico.

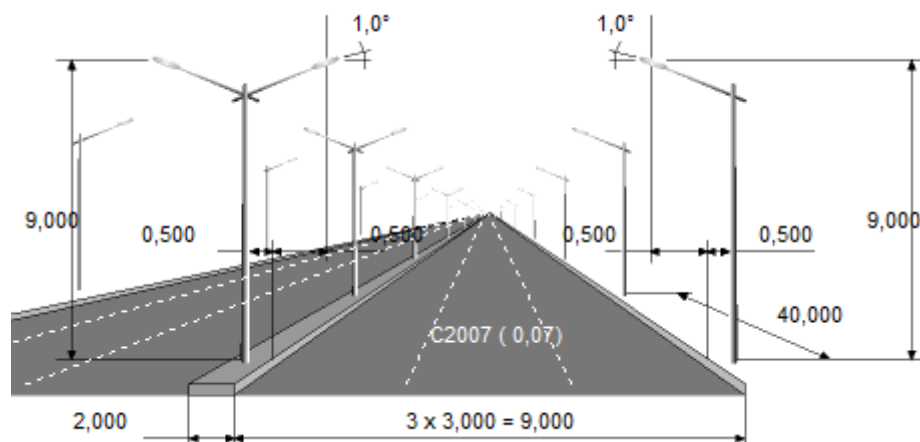


Figura 2.17. Disposición de combinación de brazo doble y oposición

### 2.4.15 Prestaciones fotométricas de las luminarias

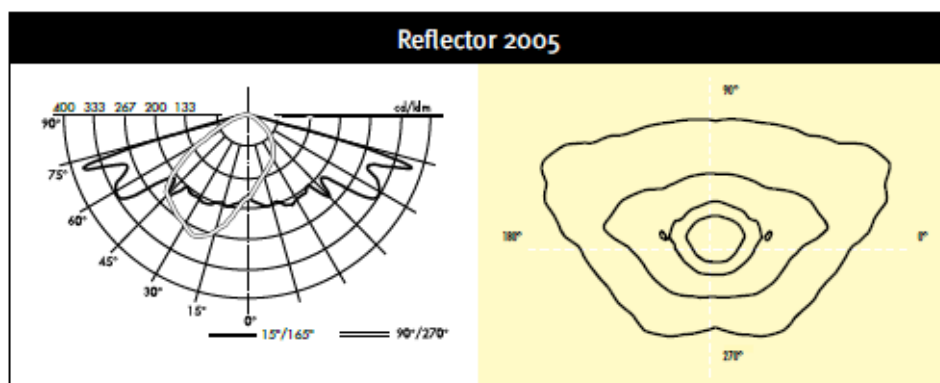
El sistema óptico de una luminaria debe ofrecer prestaciones fotométricas iniciales máximas y asegurar un mantenimiento de estas prestaciones en el tiempo. El elemento encargado de generar la fotometría de una luminaria común es el reflector, este ayuda a repartir la luz al máximo sobre la calzada, y asegurar así el nivel de luminancia más elevado con las mejores uniformidades.

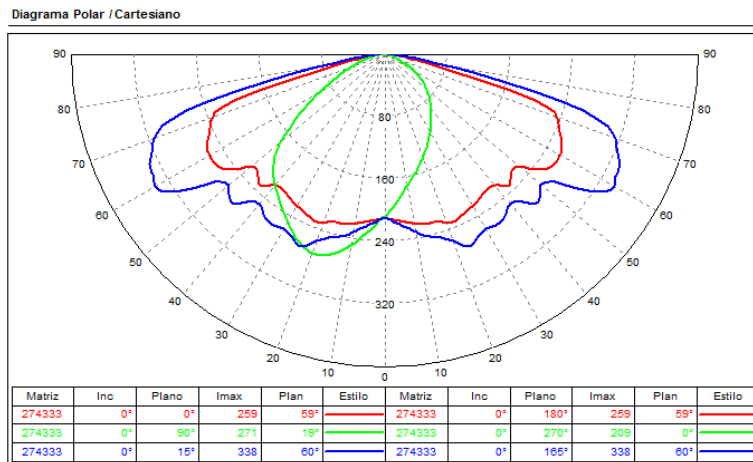
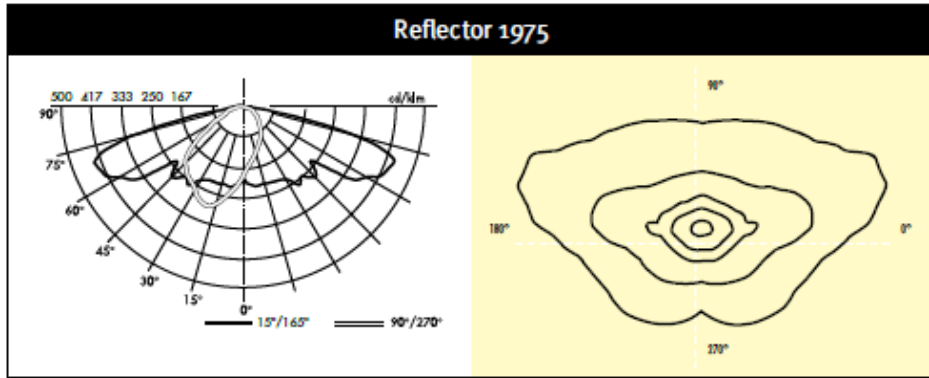
En iluminación se considera:

- El tipo de curva del reflector ( Elipse, Parábola , etc, Lisa, estriada ó facetada)
- Posición de lámpara con respecto al reflector
- Tamaño, Forma y Tipo de la lámpara
- La Forma del Haz y la Distribución Luminosa decide la Aplicación.

Con equipos de iluminación de alta tecnología, se logra obtener instalaciones eficientes en donde se conjuga ahorro de energía y menores costos de instalación, con mayores distancias entre postes, cumpliendo siempre con los requerimientos de las normas internacionales.

Un ejemplo de fotometría se indica en la figura 2.18.





**Figura 2.18 Distribuciones fotométricas de dos tipos de reflectores**  
**Fuente: SCHEREDER**

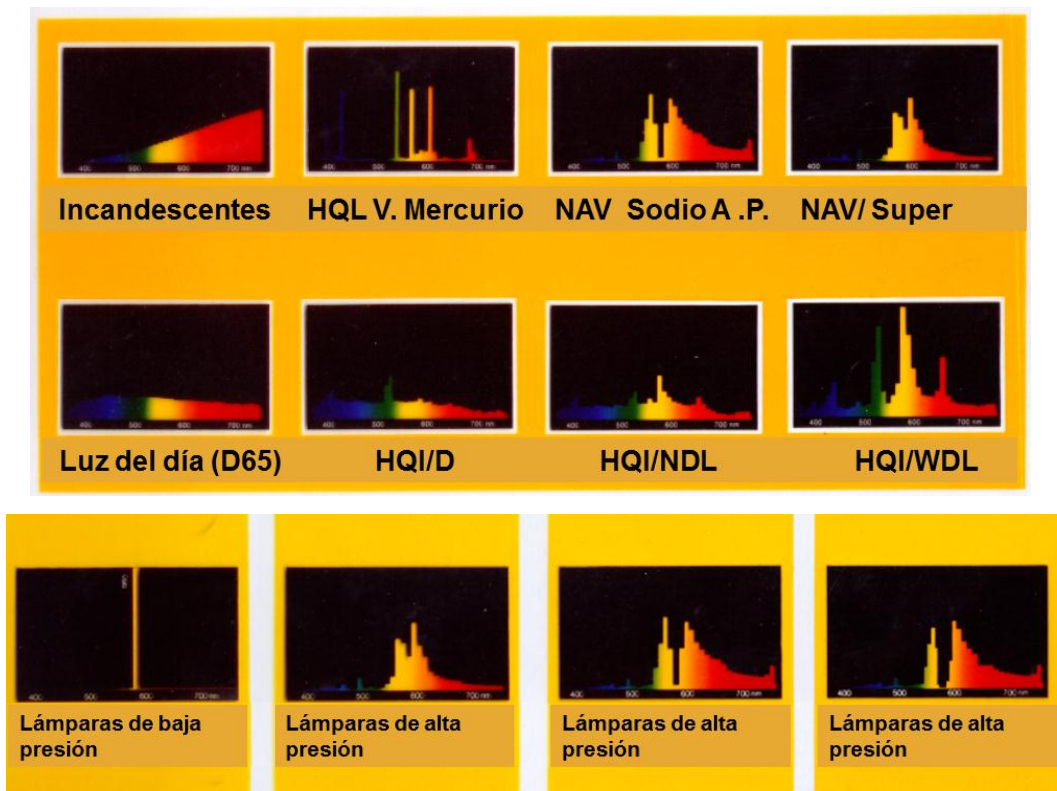
### 2.4.16 Reproducción del color

La CIE introdujo el concepto de índice de reproducción del color, basado en el aspecto de una serie de tests de colores bajo iluminaciones diferentes, para poder comparar las características de color de varios tipos de fuentes de luz.

El promedio de los cambios de cromaticidad que ocurren cuando los colores del test se iluminan alternativamente, primero con la lámpara que se prueba y luego con la fuente de referencia de la misma temperatura de color, proporciona una buena medida de las propiedades de reproducción de color de la fuente de prueba.

El valor máximo de del índice de reproducción de color general (IRC ó Ra) de una fuente es igual a 100. Cuanto mayor es el valor quiere decir que mejor es la reproducción del color. Se expresa “quiere decir” porque el IRC se calcula como el valor promedio de los cambios de color individuales de prueba estándar de la CIE.

La reproducción del color depende además de la distribución espectral que se define para cada tipo de fuente de luz y representa la distribución de la energía radiada a diferentes longitudes de onda en la parte visible del espectro como se puede observar en la figura 2.19. y en la tabla 2.2 (Seminario de alumbrado vial. SCHEREDER. 2007)



**Figura 2.19. Distribución espectral y reproducción del color en diferentes longitudes de onda de diferentes tipos de fuentes de luz.**

**Fuente: OSRAM**

**Tabla 2.2. Tabla comparativa de características de las fuentes de luz actualmente más usadas en iluminación**

Tipo de lámpara	Eficacia (lm/W)	Tiempo de vida (h)	IRC
Halógena	20	1.200	100
Halogenuros metálicos	70 - 108	15.000	90
Fluorescente	60 - 100	8.000	80
LED	90 - 120	>50.000	>75
Sodio alta presión	95 - 130	28.000	45
Sodio baja presión	120 - 200	16.000	25

**Fuente: (La iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica, Carlos Herranz Dorremochea, Josep M<sup>a</sup> Ollé Martorell y Fernando Jáuregui Sora, 2012)**

En la figura 2.20 se puede observar la reproducción de color en la avenida Amazonas de la ciudad de Quito con iluminación de sodio y luego con el cambio a iluminación con LED.



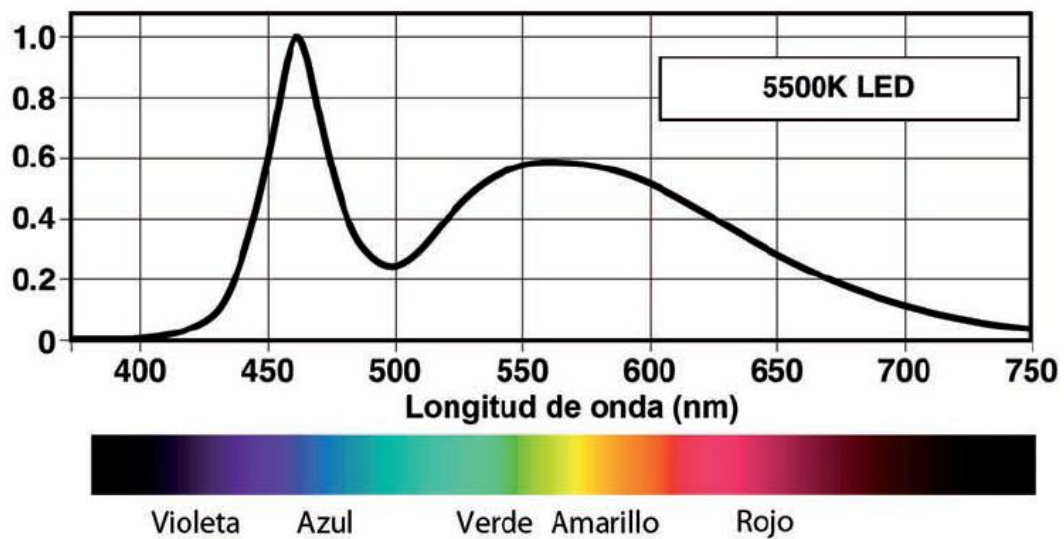
**Figura 2.20. Reproducción del color con luminarias de VSAP y LED. Av. Amazonas Quito-2013**

#### **2.4.17 Luminarias de Tecnología LED**

Los diodos luminiscentes, más conocidos por sus siglas en inglés LED (*Light-Emitting Diode*) aún representan una novedad en el mercado de la iluminación de exteriores que es preciso estudiar y valorar por su potencial de desarrollo futuro en lo que se refiere a la eficiencia energética, al control de las diferentes formas de contaminación lumínica y a su capacidad de regulación por medios electrónicos. La aparición del primer LED comercial se produjo en 1962, si bien solo emitía luz

roja tenue, por lo que únicamente se empezó a usar para señalización o como LED de funcionamiento en dispositivos electrónicos. A finales de la década de los años ochenta y principios de los noventa, además de los LED rojos, se desarrollan los LED amarillos, verdes, azules y, por tanto, los blancos. Se incrementa sustancialmente su rendimiento y en los años noventa la tecnología LED conquista la industria del automóvil y la industria de paneles luminosos (*displays*) para dispositivos electrónicos. En la última década, de 2000 a 2010, es cuando se incrementa exponencialmente el rendimiento de los LED blancos y se inicia la conquista de la industria de la iluminación.

Los LED de luz «blanca» se basan en el LED azul con una corrección de color mediante unacapa de fósforos, de manera análoga a los tubos fluorescentes. La máxima eficacia se obtiene con la mínima capa de fósforos posible, con lo que la luz emitida tiene una *temperatura de color* superior a los 6.000 K (a mayor temperatura de color mayor rendimiento, peor índice *de reproducción cromática* - IRC-, mayor sensación de luz fría y peor confort visual). Para conseguir luz con una temperatura de color más cálida cercana a los 3.000 K debe incrementarse la capa de fósforos, con lo que la eficacia disminuye considerablemente. En el proceso de fabricación de un LED puede haber variaciones de las características del mismo que afecten al color o la temperatura de color. Un proceso posterior de selección (o *BINNING*) agrupa los LED según su tono, de forma que se garantice la uniformidad en el color de un grupo de LED o la tonalidad de los distintos módulos LED.(Figura 2.21) (La iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica, Carlos Herranz Dorremocha, Josep M<sup>a</sup> Ollé Martorell y Fernando Jáuregui Sora, 2012)



**Figura 2.21. Distribución espectral y reproducción del color de fuente de luz led a 5500°K.**

Gracias al rápido desarrollo de la tecnología LED, estas pequeñas fuentes de luz nos permiten diseñar luminarias que se convierten en un verdadero objeto de diseño al servicio de la creación de ambientes lumínicos en la ciudad. Las compactas dimensiones de los LED permiten crear luminarias innovadoras, con líneas cuidadas, elegantes y atractivas. Por otro lado, es necesario que tenga un dominio en materia fotométrica integra en el diseño de luminarias LED estética y fotometría, a fin de que se pueda proporcionar la distribución óptima en las diferentes aplicaciones que se encuentran en el entorno urbano. (Alumbrado Urbano y LED's. SCHEREDER, 2010)

Las luminarias LED deben combinar diseño, máximo rendimiento fotométrico, fiabilidad y ahorro energético, ya que permite la sustitución de luminarias equipadas con lámparas de descarga HID convencionales. Pueden equiparse con un sistema de regulación de la intensidad luminosa o incluso de telegestión, permitiendo crear diferentes ambientes en función del tráfico urbano, así como optimizando el consumo energético. Debe además cuidarse el diseño térmico y mecánico, para maximizar la durabilidad de la luminaria.

Los LED constituyen fuentes lumínicas inteligentes de bajo consumo energético cuando se consigue dominar todos los parámetros que intervienen en la concepción de una luminaria.

Menos energía supone menos costes de explotación, y además menos emisiones de CO<sub>2</sub>. En el plano medioambiental, los LED se distinguen igualmente por su ausencia de mercurio y por su larga vida. Además, esta tecnología promueve el uso de materiales duraderos y reciclables, como el aluminio y el vidrio, cuidando el impacto medioambiental en los campos de aplicación de energía, daños lumínicos, materiales y producción.

La gestión térmica de los LED es un aspecto crucial en términos de la fiabilidad de la luminaria. El control del calor generado es esencial para asegurar que el LED durará mucho tiempo maximizando la eficacia y conservando el flujo luminoso con el tiempo.

En una carretera clasificada M4 según la CIE 115, la potencia instalada para alcanzar el nivel de luminosidad mantenido de 0,75 cd/m<sup>2</sup> es inferior a 0.6 W por m<sup>2</sup> de calzada y por cd/m<sup>2</sup> requerido.” (LED Generation, [www.schreder.com](http://www.schreder.com))

La eficacia de los conceptos fotométricos, térmicos y mecánicos tiene como claro objetivo el disminuir la energía utilizada para alcanzar los niveles lumínicos requeridos, respetando las normas internacionales en vigor, durante toda la vida de la luminaria. Además es posible ahorrar hasta un 30% si se considera la instalación de sistemas inteligentes de variación de intensidad, telegestión o de detección de movimiento.

La gestión térmica de los LED es un punto crucial en materia de fiabilidad de la luminaria. Controlar el calor desprendido es esencial para asegurar una larga vida de los LED, maximizar su eficacia y preservar su flujo luminoso en el tiempo controlando los parámetros que intervienen en la gestión térmica de los LED:

- La división entre los LED y los auxiliares electrónicos con fines térmicos.
- La conducción directa: la evacuación del calor selecciona el camino más corto entre la fuente y el exterior.
- El concepto optimizado de la superficie de intercambio térmico con el exterior.
- Los circuitos impresos en donde se fijan los LED (PCB) deben equiparse con un sensor de temperatura que evite cualquier sobrecalentamiento accidental.

La construcción de luminarias LED debe permitir mantener el 80% del flujo luminoso inicial para 60.000 horas de utilización, hasta una temperatura ambiente máxima de 35°C.” (Revista Grupo SCHRÉDER N° 40 • 2010)

La sostenibilidad y respeto al medio ambiente son valores fundamentales. Por tanto, la solución al utilizar luminarias LED no sólo se enfoca en utilizar poca energía, también debe ser compatible con el diseño sostenible. Al ser más duraderas, no hay que cambiarlas con tanta frecuencia y así reducen la generación de residuos. Además no contienen mercurio y pueden acoplarse a luminarias especialmente diseñadas para facilitar el desmontaje y reciclado. Una opción de cambio ecológico buena para la ciudad y el planeta.

Estos aspectos indicados permiten a una ciudad afrontar el actual reto energético y medioambiental, mejorando el confort luminoso y proporcionando un alumbrado eficiente y acogedor, reforzando la sensación de seguridad. (Philips lighting manual. 2010)

Las ventajas de las luminarias LED comparándolas con lámparas HID de alta presión son enormes:

- **Importante ahorro de energía** - Utilizando la energía ultra alta, el alto brillo de las lámparas LED, junto con la fuente de alimentación eficaz,

puede ahorrar hasta un 80% de energía de las lámparas convencionales de sodio y haluro.

- **Larga vida útil, hasta 60.000 horas** - Trabajando 8 horas al día, puede ser utilizada por más de 17 años, entre 5 y 10 veces más que una lámpara tradicional de sodio o haluro.
- **Alta eficacia luminosa** - La eficacia luminosa de los LED en las condiciones existentes es de 75 lumenes/w, cuando la eficiencia luminaria llega a 150 lumenes/w la lámpara. Por eso ahorran mucha energía.
- **Mejor espectro fotométrico:** El espectro luminoso que tienen los LEDs se adapta mucho mejor a la sensibilidad del ojo humano que p.e. lo de las lámparas de sodio de alta presión. Razón por la cual con el mismo lumen de luz las lámparas de LED parecen ser 2 a 3 veces más brillantes. Una lámpara LED de 112W de consumo que tiene 8400 lumen de luz reemplaza en iluminación fácilmente una lámpara de sodio de alta presión de 250W con sus 24000 lúmenes de luz, y tiene un alto grado IRC por su temperatura de color (figura 2.22).

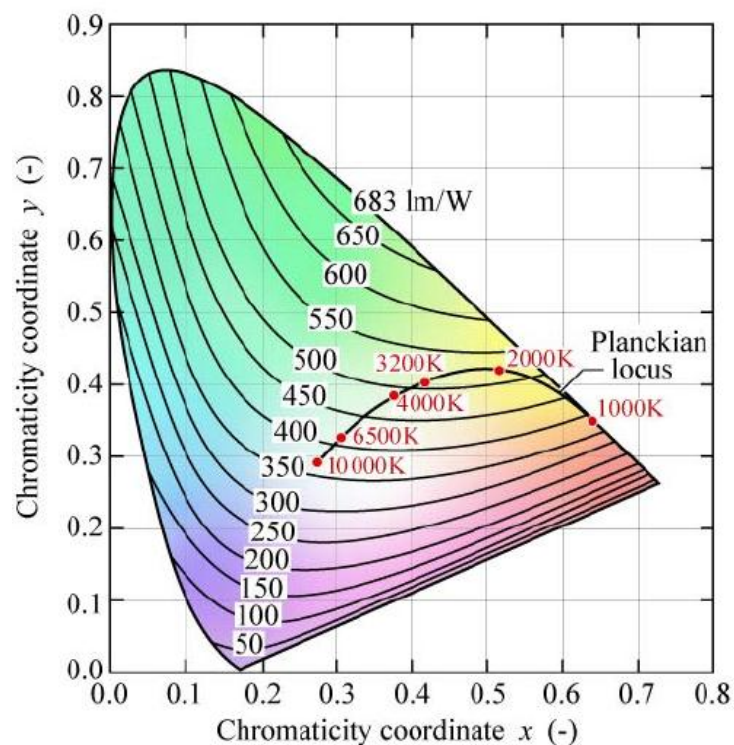


Figura 2.22. Temperatura de color de los LED's blancos

- **Ningún reflejo adverso** - Elimina el reflejo causado por el fulgor ordinario adverso de las luces, la fatiga e interferencia visual de la vista, mejorando la seguridad del conductor, reduce la posibilidad de los accidentes de tránsito. Este producto incorpora completamente el espíritu de la "tecnología orientada a las personas.
- **No tiene alto voltaje** - No se produce adsorción de polvo - Eliminando el alto voltaje reduce la adsorción de polvo manteniendo la pantalla limpia, asegurando que la lámpara puede entregar eficientemente su capacidad de brillo.
- **Amplio voltaje de trabajo** - En las lámparas tradicionales el brillo y la vida útil se reduce si el voltaje baja o sube más allá del 7%. Las lámparas LED no se ven afectadas por un cambio de esta naturaleza.
- **Sin destello estroboscópico** - Elimina la fatiga visual causada por el efecto estroboscópico de las lámparas de vías publicas y calles tradicionales.
- **Partida sin demora** - Alcanza el brillo normal al instante, eliminando el proceso largo de partida de las lámparas
- **Bajo mantenimiento** – No es necesario remplazar periódicamente la fuente de luz o sus elementos de arranque y control.”(Seminario Iluminación pública – SCHREDER – 2011)

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

En el presente capítulo se presenta la metodología para realizar la investigación: el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos a utilizar. Además, se declara la población o universo y se define la muestra para aplicar los instrumentos de recolección de información. Adicionalmente se realiza una entrevista a un morador del sector para determinara su satisfacción con la calidad de la iluminación pública.

#### **3.1 Diseño de la investigación**

En este punto, se hace referencia a los tipos de investigación que se adoptan para la elaboración de la tesis, se toman las estructuras de varios elementos metodológicos generales que describen las distintas etapas llevadas a cabo.

Para realizar el trabajo se recogen los principios del paradigma crítico–propositivo de carácter cuanti–cualitativo. Cuantitativo porque se recogerán datos numéricos y cualitativa porque estos resultados estadísticos serán sometidos a interpretaciones con apoyo del marco teórico.

Para Piaget, el principio del paradigma crítico-propositivo enfoca que el individuo debe construir por sí mismo el conocimiento a partir de la acción y de la experimentación, que le permiten desarrollar sus esquemas mentales. A la par de estas acciones, el individuo propone posibles soluciones a las problemáticas encontradas. (Modelo Educativo Crítico–Propositivo, Wilfredo Jiménez Espinoza, 2006)

#### **3.2. Modalidades de investigación**

La investigación para este proyecto es de modalidad de campo, tomando como base la “Urbanización Rumipamba de las Rosas” de la parte urbana norte de

la ciudad de Salcedo, Parroquia San Miguel, sector donde la iluminación pública vial es realizada con fuentes de luz de tipo de vapor de mercurio de alta presión.

### **3.2.1 Bibliografía documental**

En este aspecto se ha recurrido a documentos relacionados con la ciencia de la iluminación así como son normas internacionales (Anexo 1), libros de física y de iluminación, catálogos y revistas de fabricantes, artículos en formato digital (PDF) y páginas web de sitios que tienen relación directa con la técnica de iluminación de vías.

### **3.2.2 De campo**

Se realizó en la Urbanización Rumipamba de las Rosas varias mediciones nocturnas de Iluminancia (luxes) con un luxómetro con el propósito de determinar el estado actual de la iluminación de las vías y evaluar el efecto sobre los usuarios del sector, ara ello será necesaria una interacción directa con la población que habita en esta urbanización,

Para esta investigación se recopilará información tomada directamente de los pobladores a través de la observación, la encuesta y la entrevista a los moradores, para complementar se acudirán a fuentes secundarias, como textos, libros y documentos relacionados con iluminación de vías. Toda esta información recolectada será analizada para fundamentar la necesidad del estudio y la propuesta que se pretende realizar y establecer las conclusiones correspondientes.

### **3.2.3 De intervención social**

Se planteará una propuesta de mejorar la iluminación de las vías en el sitio considerando que es necesario una iluminación adecuada por seguridad primeramente por cuanto existe un sector por donde circula el ferrocarril, además para que el usuario de la vía pueda identificar personas u obstáculos en ella, y para que las personas no estén expuestas al vandalismo y la delincuencia.

### **3.2.4 Criterios para escoger el profesional y el usuario representativo**

Para elaborar este proyecto considero fundamental la experiencia del investigador en el campo de iluminación pública, tomando en cuenta que labora veinte y cuatro años en el sector eléctrico de los cuales dieciséis de ellos han sido en alumbrado público y los otros en generación y electrificación. Además considerando que presta servicios como catedrático sobre materias relacionadas con el proyecto como instalaciones industriales, alto voltaje e ingeniería de mantenimiento.

El usuario representativo ha sido determinado al azar a cualquiera de los habitantes de la Urbanización Rumipamba de las Rosas ya que el problema es general para todos los usuarios del sector.

## **3.3. METODOS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1 Exploratorio**

Es necesario que se determine la necesidad de la población. Por esto, se investiga el nivel de satisfacción del usuario del sector de Rumipamba de las Rosas respecto a la iluminación a la que está expuesta y en base de ello se procederá a proponer una solución técnica a este problema.

### **3.3.2 Descriptivo**

La investigación tiene un interés de acción social comparando fenómenos o situaciones distribuidas en las variables de estudio que son las fuentes de iluminación actuales y propuestas y el impacto en la población de la Urb. Rumipamba de las Rosas, estas variables se analizan durante la investigación.

### **3.3.3 Observación**

Es necesario determinar el estado actual del sistema de iluminación de la Urbanización Rumipamba de las Rosas identificando el tipo de luminaria existente, la red de bajo voltaje a la que esta conectada, el tipo de vía que se dispone en el sitio y la calidad de servicio en cuanto a iluminación mediante la observación en sitio.

### **3.3.4 Modelación y simulación**

Una vez realizada la observación, se realizará la modelación del estado actual en el software y se realizará una evaluación y comparación con los datos obtenidos de las mediciones realizadas. Se efectuará simulaciones con luminarias semejantes a las actuales y con luminarias eficientes.

### **3.3.5 Encuestas**

Se efectuará una encuesta a un cliente del sector en estudio para determinar el estado de satisfacción que tienen al momento con el sistema de iluminación existente y evaluar su opinión a cerca del cambio a luminarias eficientes.

### **3.3.6 Población y muestra**

La población definida respecto a luminarias para este trabajo se estratifica en tres tipos y se muestran en la tabla 3.1:

- a. Las luminarias que se encuentran a interdistancias de 30 metros y en una sola vía.
- b. Las luminarias que se encuentran a interdistancias de 40 metros y en una sola vía.
- c. las luminarias que se encuentran a interdistancias de 30 metros y en dos vías.

**Tabla 3.1. Población y muestra respecto a luminarias**

POBLACIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)	MUESTRA
a	94	32,86	14
b	152	53,14	15
c	40	14	12
TOTAL	286	100	41

Para cada población se sacará una muestra representativa con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{4 * P * Q * N}{4 * P * Q + (N - 1) e^2} \quad 3.1$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

P = Probabilidad de ocurrencia: 0.1

Q = Probabilidad de no ocurrencia: 1 - 0.1 = 0.9

N = Población

e = Error de muestreo: 0.15

Por lo tanto la muestra para cada población será:

Población a: n = 14

Población b: n = 15

Población c: n = 12

La muestra de estudio en cuanto a clientes de la “Urbanización Rumipamba de las Rosas”, y de los cuales se determinará su estado de satisfacción con el sistema de iluminación actual y la aplicación sobre un nuevo proyecto con fuentes alternativas se consideró por una cantidad de 227 clientes calculado de acuerdo a la fórmula 3.1 y con un error de muestreo  $e = 0,015$ ; es necesario considerar que el problema es general y de importancia para todos.

Esta población se encuentra ubicada en la parte norte del área urbana del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, cuenta con todos los servicios básicos y su

actividad económica es muy variada, desde amas de casa, empresarios, políticos, agricultores, etc.



**Figura 3.1. Ubicación de la Urbanización Rumipamba de las Rosas**

Naturalmente la fuente de energía utilizada para el sistema de iluminación pública es la eléctrica, suministrada por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

### **3.3.7 Delimitación de la zona de estudio**

La urbanización “Rumipamaba de las Rosas” se encuentra ubicada en el sector norte de la zona urbana del cantón Salcedo las coordenadas siguientes:

X: 767807    Y: 9885682    Z: 2600

De acuerdo a la información obtenida del GPS – TRIMBLE – Geo XT, el cual es un GPS de precisión submétrica.

### 3.3.8 Operacionalización de las variables

**Tabla 3.2. Operacionalización de la variable independiente**

VARIABLE INDEPENDIENTE					
Fuentes de luz en Iluminación Pública					
CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADORES	ITEM	TECNICAS	INSTRUMENTOS
El alumbrado público es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del municipio, con el objetivo de proporcionar la	Ubicación del emplazamiento	Coordenadas geográficas	UTM	Mediciones	GPS
		Datos del emplazamiento	m	Mediciones	Metro
	Fuentes de luz	Número de lámpara existentes	Unidades	Toma de datos campo	Ecuaciones
		Tipos de fuentes de luz	Unidades	Registro	Ecuaciones
		Iluminancia	Luxes	Mediciones	Luxómetro
		Uniformidad	Candelas/m <sup>2</sup>	Cálculos	Software
	Dimensionamiento del sistema	Diseño de iluminación de vías eficiente	Unidades	Cálculos	Software

**Tabla 3.3. Operacionalización de la variable dependiente**

VARIABLE DEPENDIENTE					
Impacto en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo					
CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADORES	No. ITEMS	TECNICAS	INSTRUMENTOS
Es el impacto económico, energético, social y ambiental en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo	Calidad de un sistema de iluminación	Rendimiento lum/watt	%	Cálculos	Ecuaciones - Software
	Eficiencia energética	Energía eléctrica aprovechada	kWh, kWh/m <sup>3</sup>	Cálculos	Ecuaciones
	Ambiental	Emisiones de CO2	kg	Cálculos	Ecuaciones
	Pre-factibilidad	Costo	\$	Cálculos	Ecuaciones

## 3.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

### 3.4.1 Técnicas e instrumentos

**Encuesta:** Dirigida a clientes de la ELEPCO S.A. del sector de “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo donde se aplicará el proyecto. Su instrumento será

el cuestionario elaborado con preguntas cerradas que permitan recabar la información sobre las variables del estudio.

**Mediciones:** Se realizaron mediciones nocturnas de iluminancia con un luxómetro en distintos puntos de las vías y de acuerdo a la muestra calculada para luminarias de la “Urbanización Rumipamba de las Rosas” y para las diferentes interdistancias.

**Entrevista:** Se realizó una entrevista a varios moradores del sector acerca de la satisfacción que tiene sobre la iluminación de las vías en su sector, si cree que debe realizarse un estudio sobre la factibilidad de mejorar este servicio y si tiene conocimiento acerca de las nuevas fuentes de iluminación con ahorro de energía y alta eficiencia existentes hoy en día.

### **3.4.2 Validez y confiabilidad**

Los instrumentos que se aplicarán en la investigación serán sometidos previamente a criterios de validez y confiabilidad.

La validez vendrá determinada por el “juicio de expertos”, mientras que la confiabilidad se determinará con la aplicación de una “prueba piloto”, dirigida a una población pequeña para poder detectar errores y corregirlos a tiempo antes de su aplicación definitiva.

### **3.4.3 Procesamiento de la información.**

- Revisión crítica de la información recogida; es decir limpieza de la información defectuosa: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Repetición de la recolección, en ciertos casos individuales, para corregir fallas de contestación.
- Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis: cuadros de una sola variable, cuadro con cruce de variables, etc.

- Manejo de información (reajuste de cuadros con casillas vacías o con datos tan reducidos cuantitativamente, que no influyen significativamente en los análisis).
- Estudio estadístico de datos para presentación de resultados.

#### **3.4.4 Caracterización del sistema de alumbrado público de Rumipamba de las Rosas**

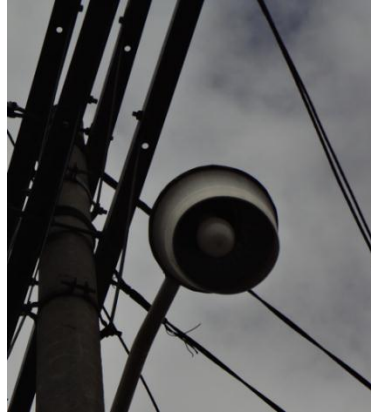
En el sector de estudio (figura 3.2), la iluminación pública esta realizada por luminarias con una fuente de luz de vapor de mercurio de alta presión, tipo fosforada, en una red de voltaje de distribución de 220 Voltios y cuya instalación data de inicio de la década de los ochenta.

El tipo de instalación varía de la configuración unilateral en vías secundarias y en oposición en las vías principales, considerando que en estas vías la configuración de oposición no es simétrica.



**Figura 3.2. Vista de las calles de la Urbanización Rumipamba de las Rosas.**

Este estudio relacionará las condiciones actuales de iluminación de las vías (figura 3.3) con respecto a nuevas fuentes de iluminación eficientes y de bajo impacto ambiental, y, además se analizará el impacto socio – económico.

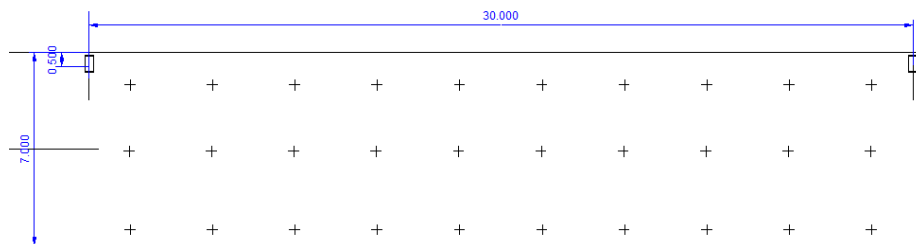


**Figura 3.3. Luminaria de vapor de mercurio alta presión existente**

Por razones de recursos, este estudio se realizó entre marzo y julio 2013, por lo que sus resultados son estudios globales válidos y que aplicarse con trabajos de mayor alcance y profundidad debido a que este tipo de luminaria existe todavía instalada en una cantidad considerable en la provincia y el país.

Para la fase de toma de datos se realizaron procedimientos que incluyen las indicadas en las normas de iluminación CIE-140 y se realizó de la siguiente manera:

- Todas las vías de circulación dentro de la urbanización Rumipamba de las Rosas son empedradas y de un ancho promedio de 7 metros. Se estableció una grilla de tres carriles entre dos postes que disponen de luminaria, tanto para aquellos que tienen una interdistancia de 30 metros como para los que disponen de 40 metros como se indica en las figuras 3.4.a y 3.4.b y se realizó mediciones de Iluminancia (luxes) con un luxómetro en cada carril a distancias de 2,5 metros.



**Figura 3.4.a Grilla de medición de Iluminancia de 30 metros de interdistancia**



**Figura 3.4.b Grilla de medición de Iluminancia de 40 metros de interdistancia**

Los datos obtenidos de las mediciones de iluminancia se tabula para cada caso como se indica en las tablas 3.4.a y 3.4.b:

**Tabla 3.4.a. Iluminancia media medida para luminarias en postes ubicados a 30 metros de interdistancia (Luxes)**

Dist	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	12,5	10	7,5	5	2,5	0
0,5	2,86	2,76	3,42	2,11	1,30	0,58	0,38	0,45	0,49	1,46	1,55	1,70	2,11
3,5	2,76	3,37	1,76	0,96	0,56	0,46	0,46	0,46	0,60	0,80	1,38	2,36	2,86
6,5	3,97	3,07	3,07	2,77	2,57	1,16	0,76	0,56	0,65	2,06	2,10	2,17	2,18

**Tabla 3.4.b. Iluminancia media medida para luminarias en postes ubicados a 40 metros de interdistancia (Luxes)**

Dist.	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	17,5	15	12,5	10	7,5	5	2,5	0
0,5	3,24	3,09	3,21	2,45	1,66	1,05	0,88	0,78	0,77	0,66	0,70	0,93	1,20	1,77	3,16	4,32	4,29
3,5	3,30	3,42	3,15	2,42	1,70	1,10	0,93	0,82	0,75	0,69	0,71	0,99	1,16	1,67	2,76	3,80	4,41
6,5	2,85	2,47	2,42	1,87	1,45	0,99	0,87	0,77	0,67	0,58	0,67	0,75	0,92	1,24	2,16	2,82	3,01

De los valores de Iluminancia obtenidos en el campo se determina que la Iluminancia promedio máxima es la que se muestra en la siguiente tabla 3.5:

**Tabla 3.5. Iluminancia promedio medida entre luminarias existentes**

Interdistancias (m)	Iluminancia Promedio Máxima (Luxes)
30	2,34
40	1,85

Este procedimiento se realizó para todas las muestras de los estratos a, b y c; indicados en 3.3.6 y en diferentes noches a los mismos sitios.

Es necesario indicar que la baja iluminación es un factor común en toda la urbanización en estudio como se puede apreciar en las figuras 3.5.a, 3.5.b, 3.5.c y 3.5.d :



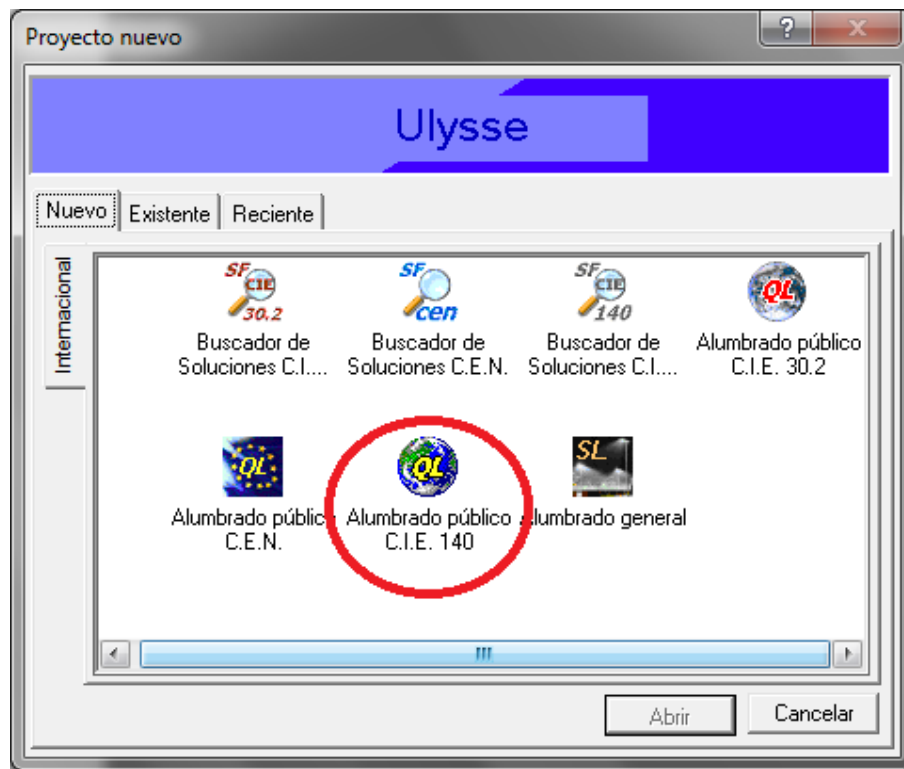


**Figuras 3.5.a, 3.5.b, 3.5.c y 3.5.d. Urbanización Rumipamba de las Rosas.  
Vista en el día y vista de la iluminación en la noche.**

Es necesario indicar que estas fotos indican la realidad de la iluminación en cada caso, y fueron captadas con una cámara Sony DSC-W570 de 16.1 Mega pixeles de definición.

### **3.5 METODOLOGIA PARA CALCULO DE ILUMINACION.**

En el presente estudio y para la simulación tanto de la iluminación existente como para aquellas que se puedan aplicar, se utilizó el Software ULYSSE (ó ULISES) de la empresa SCHREDER, el cual se basa en la normativa de la CIE-140 (Anexo 1) para alumbrado público y su pantalla principal se puede observar en la figura 3.6. Cabe mencionar que el Comité Técnico de Alumbrado Público del Instituto Ecuatoriano de Normalización (CTAP-INEN) del cual es investigador es miembro, determinó a este Software entre otros tres como uno de los avalados para que las empresas distribuidoras o particulares realicen estudios de iluminación.



**Figura 3.6. Pantalla principal del software ULISES.**

En este software se puede simular tanto luminarias existentes como proyectadas a las alturas, anchos de vías, ángulos de inclinación, configuraciones, interdistancias y más parámetros necesarios para la modelación definidos por el usuario.

### 3.5.1 Método de cálculo de la CIE-140

La metodología de cálculo de luminancia expresada en la CIE-140 indica lo siguiente:

Para los cálculos realizados de acuerdo con esta norma, se requiere de una tabla de intensidad luminosa (Tabla-I) preparada de acuerdo con CIE 121-1996. Los cálculos se verán facilitados si los datos asociados con la Tabla-I están de acuerdo con la forma recomendada en CIE 102-1.993. El sistema de coordenadas utilizado para luminarias de alumbrado viario es generalmente el  $(C, \gamma)$ , que se muestra en la figura. 3.7. La fórmulas citadas en este documento están relacionados con el sistema de coordenadas  $C, \gamma$ . La intensidad Luminosa se expresa en candelas por kilolumen (cd / klm) de todas las fuentes de luz en la luminaria.

Además se utiliza también el sistema de coordenadas  $(B, \beta)$  el cual es usado en algunos países y comúnmente para la luz artificial.

La luminancia en un punto se determina por aplicación de la siguiente fórmula o matemática:

$$L = \sum \frac{I(C,\gamma) \cdot r \cdot \Phi \cdot MF \cdot 10^{-4}}{H^2} \quad 3.2$$

Donde:

$L$  es la luminancia  $\text{cd}/\text{m}^2$ ;

$\Sigma$  indica la sumatoria de las contribuciones de todas las luminarias

$I(C,\gamma)$  es la intensidad luminosa en la dirección  $(C,\gamma)$ , indicada en la figura 3.7. en  $\text{cd}/\text{klm}$

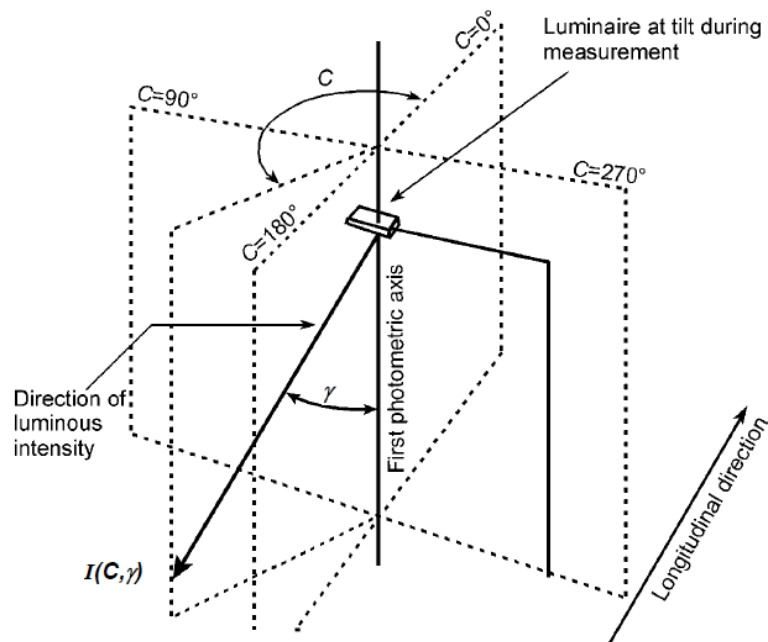
$r$  es el coeficiente de luminancia reducido por un rayo de luz que incide con un las coordenadas angulares  $(\beta, \varepsilon)$

$\Phi$  es el flujo luminoso inicial en klm de la fuente de cada luminaria

$MF$  es el producto del factor de mantenimiento del flujo

$H$  es la altura de montaje de la luminaria en metros desde la superficie de la calzada

$I(C,\gamma)$  es determinada desde la Tabla-I después de haber hecho las correcciones de orientación, inclinación, rotación para unos valores apropiados de  $\beta$  and tangente  $\varepsilon$ , los cuales son determinados después de una interpolación cuadrática si es necesario



**Figura 3.7. Sistema de coordenadas  $(C, \gamma)$**

### 3.5.2. Simulaciones de iluminación

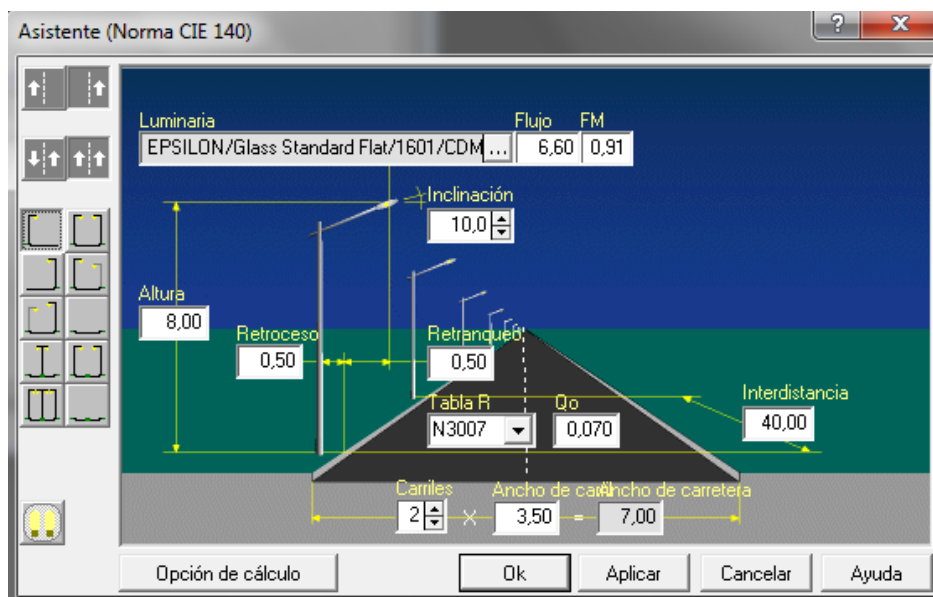
Para el desarrollo de este proyecto se realizarán simulaciones con las matrices de intensidad de luminarias de vapor de sodio alta presión las cuales son utilizadas actualmente para iluminación de vías considerando su economía y su rendimiento. Adicionalmente también se realizará simulaciones con matrices de luminarias LED como una fuente alternativa de iluminación, tomando en cuenta todas las bondades de estas como son: bajo consumo energético, amigables con el medio

ambiente, libres de mantenimiento y comprometidas con la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

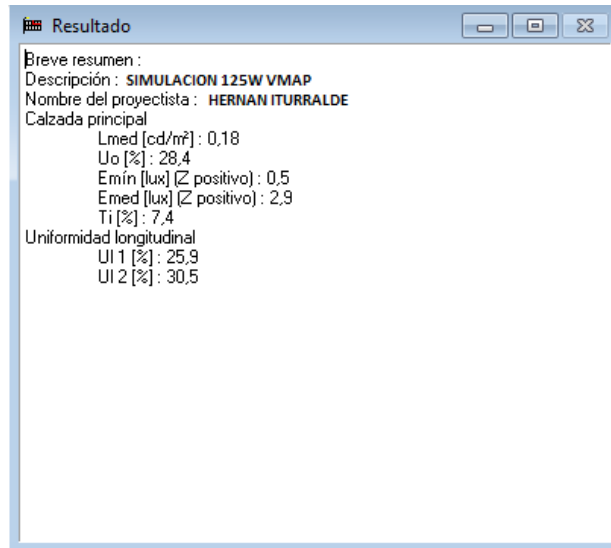
Las simulaciones respectivas para los dos tipos de fuentes luminosas se realizaran en las mismas condiciones actuales como se encuentra la red de distribución en la urbanización “Rumipamba de las Rosas”, es decir se modelará a las interdistancias y alturas disponibles en las redes del sector de estudio.

A continuación se presentan los ejemplos de simulaciones realizados:

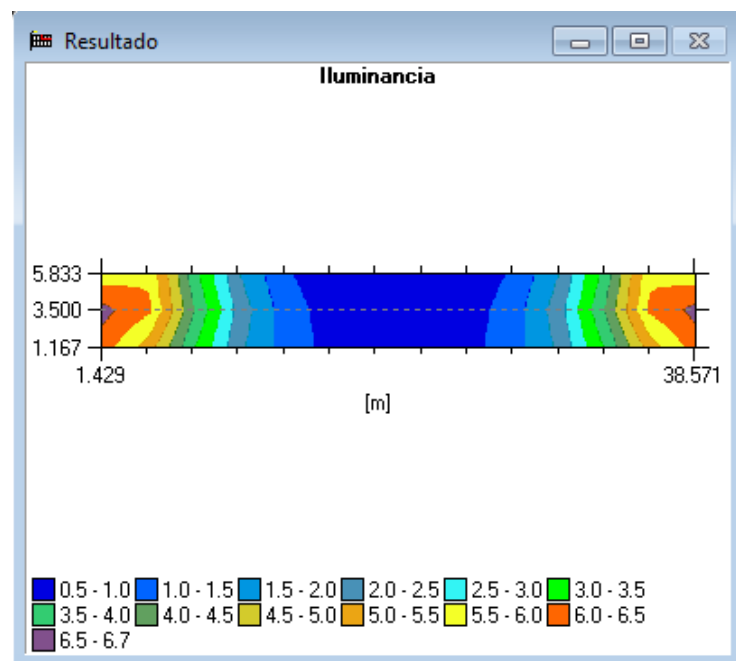
Las simulaciones bajo software de las luminarias existentes (figura 3.8.a, 3.8.b y 3.8.c), ponen en evidencia que los datos obtenidos en campo son similares con los simulados:



**Figura 3.8.a Simulación de las luminarias existentes de 125W VMAP.**

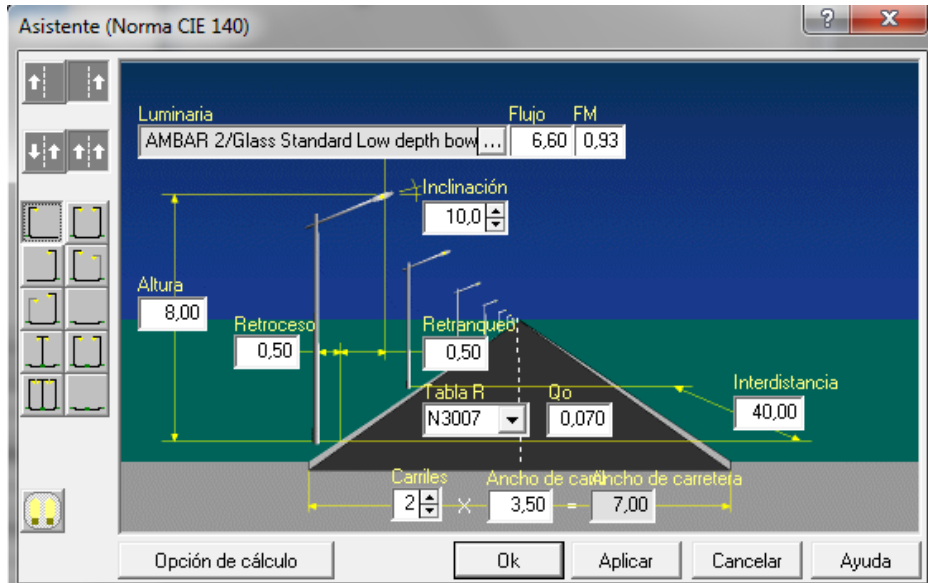


**Figura 3.8.b Simulación de las luminarias existentes de 125W VMAP.**

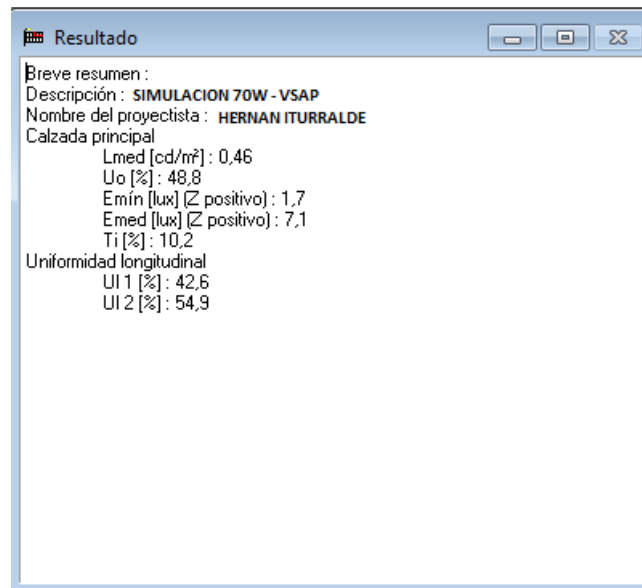


**Figura 3.8.c. Simulación de las luminarias existentes de 125W VMAP.**

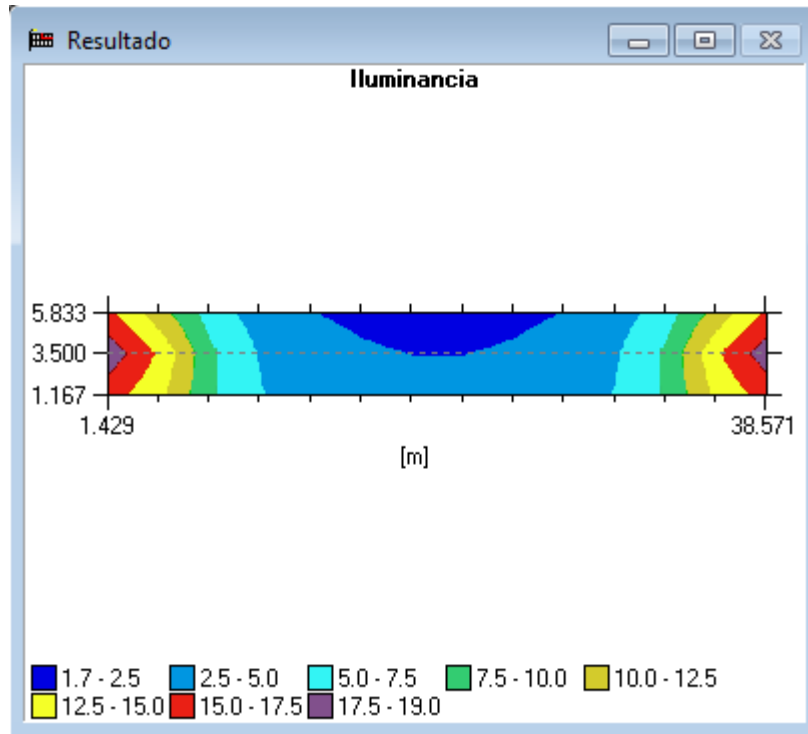
Para el mismo caso, se simula con luminarias de 70W de vapor de sodio alta presión (figuras 3.9.a, 3.9.b, 3.9.c) considerando el peor escenario pero con luminarias de alta eficiencia:



**Figura 3.9.a Simulación con luminarias de VSAP de 70W.**

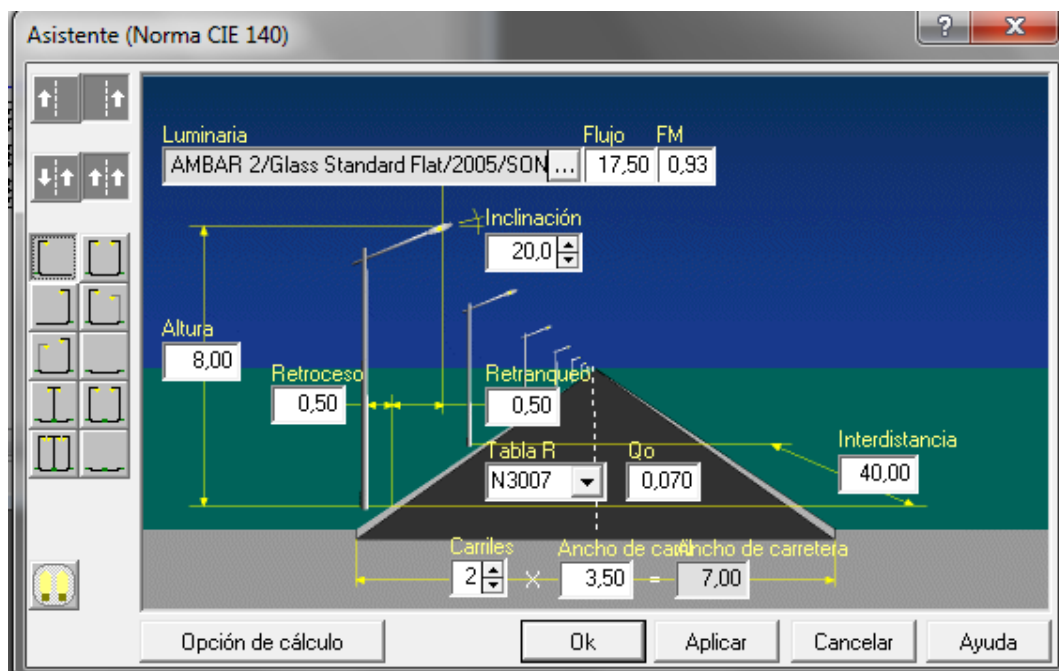


**Figura 3.9.b Simulación con luminarias de 70W VSAP.**

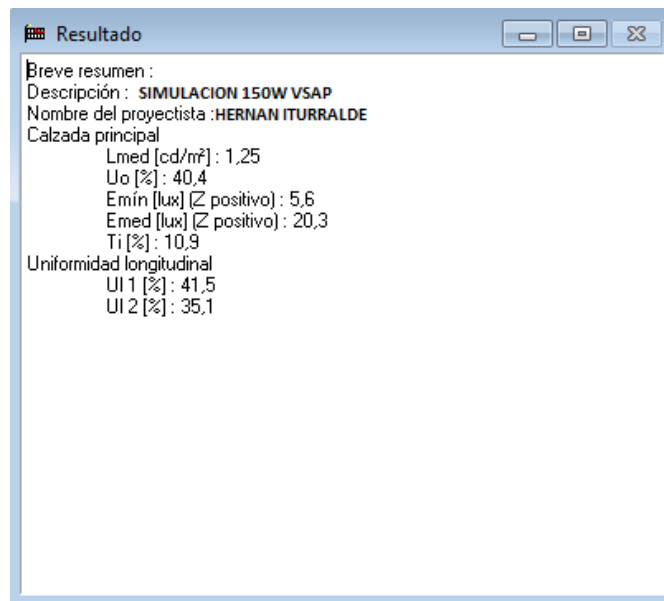


**Figura 3.9.c. Simulación con luminarias de 70W VSAP.**

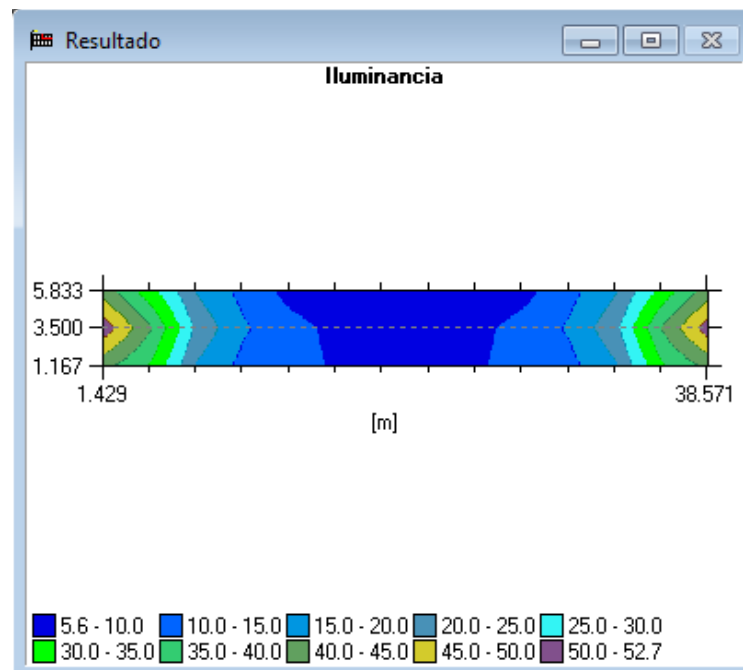
Nuevamente, para el mismo caso, se simula con luminarias de 150W de vapor de sodio alta presión con la mejor eficiencia (figura 3.10.a, 3.10.b, 3.10.c) :



**Figura 3.10.a Simulación con luminarias de VSAP de 150W.**

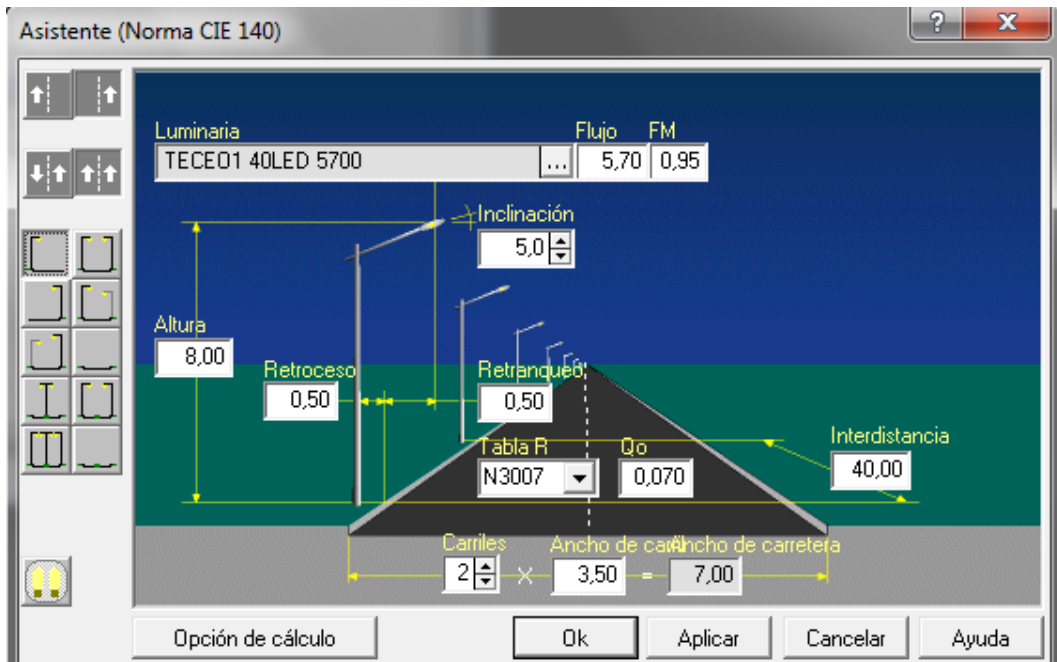


**Figura 3.10.b Simulación con luminarias de 150W VSAP.**

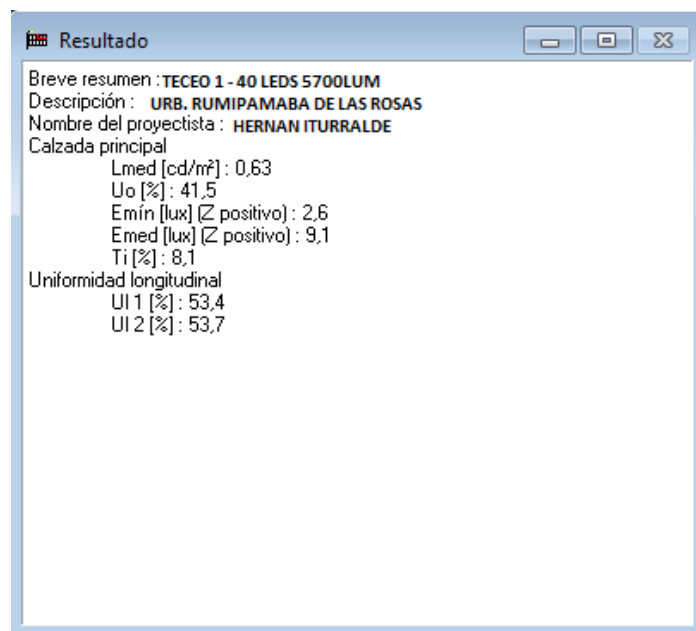


**Figura 3.10.c. Simulación con luminarias de 150W VSAP**

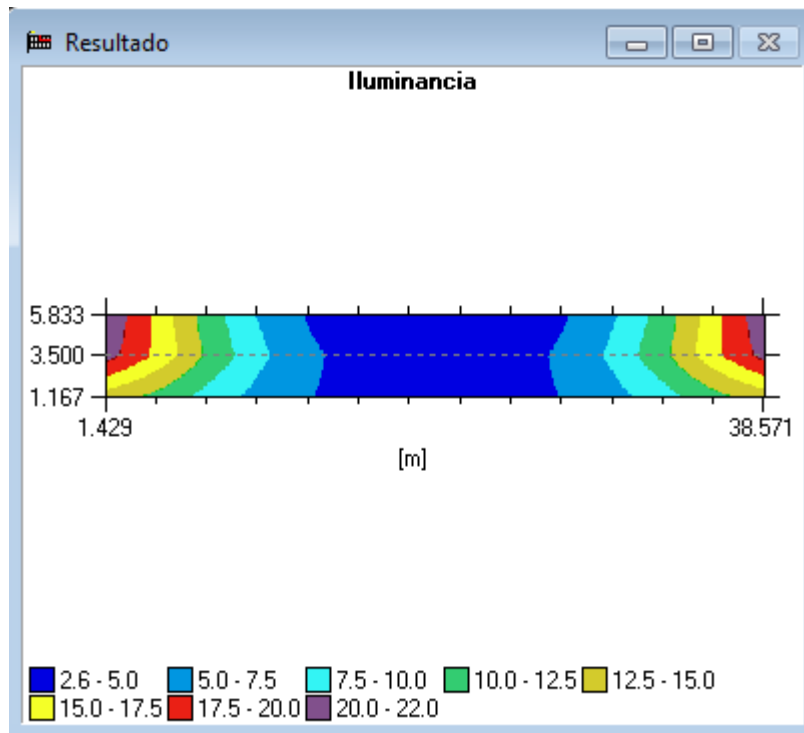
Finalmente para el mismo caso y como ejemplo, se simula con luminarias tipo LED de 40 leds 44 W y de alta eficiencia (figura 3.11.a, 3.11.b, 3.11.c):



**Figura 3.11.a Simulación con luminarias de led-44W**



**Figura 3.11.b Simulación con luminarias de led-44W**



**Figura 3.11.c. Simulación con luminarias de con luminarias de led-44W**

En el anexo 2 se muestran varias simulaciones para los casos de interdistancias de 30 y 40 metros, con luminarias de vapor de mercurio alta presión de 125W, luminarias de vapor de sodio alta presión de 70, 100 y 150W y con luminarias LED de varios tipos y cuyos resultados serán analizados en el capítulo 4.

### **3.6. Equipos Utilizados**

Para realizar la medición de Iluminancia entre dos luminarias se utilizó un luxómetro marca AEMC modelo 810 que se indica en la figura 3.11



**Figura 3.11. Luxómetro AEMC-Serie 810**

## Características

- Operables con sólo una mano
- Su diseño permite medir una gran variedad de tipos de iluminación
- Sensor desmontable, muy práctico para lecturas en ambientes cerrados
- Mide en pié/candelas o luxes
- Corrección por ley de coseno
- Función HOLD (Guardar)
- Función PEAK (Pico) – (Modelo CA813)
- Función MAX (Máximo) – (Modelo CA811)
- Respuesta fotóptica CIE (ojo humano)
- 2000-cuentas backlit LCD

- Livianos y compactos
- Cubierta protectora desmontable del sensor
- Incluye un protector rugoso a pruebas de golpes y resistente al polvo

## Aplicaciones

- Ensayos de cumplimiento de normas de seguridad en lugares de trabajo, oficinas y plantas industriales
- Pruebas en elementos sensibles a la luz como exhibidores, archivos, museos y galerías de arte

## Especificaciones

MODELO	CA811	CA813*
<b>MEDICIONES</b>		
<b>Escala</b>	20pc, 200pc, 2000pc, 20kpc	20pc, 200pc, 2000pc, 20kpc
pc = pié-candela = lm/pté = 10.76 lux	20lux, 200lux, 2000lux, 20klux,	20lux, 200lux, 2000lux, 20klux, 200klux
<b>Resolución</b>	0,01pc ó 0,01lux	0,01pc ó 0,01lux
<b>Sensor</b>	Fotodiodo de silicio	Fotodiodo de silicio
<b>Respuesta espectral</b>	Curva fotóptica CIE	Curva fotóptica CIE
<b>Precisión para una fuente de luz de 2856K</b>	±3% de Lectura ± 10cts	±3% de Lectura ± 10cts
<b>Frecuencia muestreo de display</b>	2,5 veces por segundo, nominal	
<b>GENERALES</b>		
<b>Pantalla</b>	Pantalla LCD de 3½ dígitos	
<b>Temperatura de Operación</b>	32° a 122°F (0° a 50°C), <80% RH	
<b>Temperatura de Almacenaje</b>	-4° a 140°F (-20° a 60°C), 0 a 80% RH sin batería	
<b>Polaridad</b>	Automática	
<b>Alimentación</b>	9V Alkaline battery	
<b>Indicación de Batería Baja</b>	[-+] aparece cuando la tensión de la batería está baja	
<b>Dimensiones</b>	6,81 x 2,38 x 1,5" (173 x 60,5 x 38mm)	
<b>Peso</b>	Approx. 7,55 oz (214g) incluye batería	Approx. 7,9 oz (224g) incluye batería

\*Nota: El Modelo CA813 tiene mayor sensibilidad (200klux) y posee una mejor respuesta espectral a fuentes de luz comunes.

Para la ubicación geográfica del proyecto se utilizó un GPS – TRIMBLE – Geo XT, el cual es un GPS de precisión submétrica (figura 3.12).



Figura 3.12. GPS – TRIMBLE – Geo XT

## Especificaciones técnicas

STANDARD FEATURES	TECHNICAL SPECIFICATIONS
<p><b>System</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows Mobile 5.0 software</li> <li>• 416 MHz Intel X-Scale processor</li> <li>• 512 MB non-volatile Flash data storage</li> <li>• Sealed SD card slot</li> <li>• Outdoor color display</li> <li>• Ergonomic cable-free handheld</li> <li>• Rugged and water-resistant design</li> <li>• All-day internally rechargeable battery</li> <li>• Bluetooth wireless</li> <li>• 802.11b wireless LAN</li> </ul> <p><b>GPS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Submeter accuracy in real-time</li> <li>• Integrated SBAS<sup>1</sup></li> <li>• RTCM real-time correction support</li> <li>• NMEA and TSIP protocol support</li> <li>• EVEREST multipath rejection technology</li> </ul> <p><b>Software</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS Controller for control of Integrated GPS and in-field mission planning</li> <li>• GPS Connector for connecting Integrated GPS to external ports</li> <li>• Microsoft ActiveSync<sup>®</sup>, Calculator, File Explorer, Internet Explorer, Pictures, Excel Mobile, Outlook<sup>®</sup> Mobile (Inbox, Calendar, Contacts, Notes, Tasks), Word Mobile, Windows<sup>®</sup> Media Player</li> <li>• Transcriber (handwriting recognition)</li> <li>• Trimble Navigator Sample Application software</li> <li>• TrimPix software for wireless camera support. Download from <a href="http://www.trimble.com/trimpix.asp">www.trimble.com/trimpix.asp</a></li> </ul> <p><b>Accessories</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Support module with power supply and USB data cable</li> <li>• Getting Started Guide</li> <li>• Getting Started Disc</li> <li>• Hand strap</li> <li>• Pouch</li> <li>• Stylus kit</li> </ul> <p><b>OPTIONAL FEATURES</b></p> <p><b>Software</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TerraSync software</li> <li>• Trimble GPSCorrect extension for ESRI ArcPad software</li> <li>• GPS Pathfinder<sup>®</sup> Tools Software Development Kit (SDK)</li> <li>• GPS Pathfinder Office software</li> <li>• Trimble GPS Analyst<sup>™</sup> extension for ESRI ArcGIS software</li> </ul> <p><b>Accessories</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serial clip for field data and power input</li> <li>• Vehicle power adaptor<sup>2</sup></li> <li>• Portable power kit<sup>2</sup></li> <li>• Hurricane antenna kit</li> <li>• External patch antenna</li> <li>• Pole-mountable ground plane</li> <li>• Baseball cap with patch antenna pocket</li> <li>• GeoBeacon receiver</li> <li>• Hard carry case</li> <li>• Null modem cable<sup>2</sup></li> <li>• Backpack kit</li> <li>• 2 meter range pole</li> <li>• Range pole bracket</li> </ul>	<p><b>Physical</b></p> <p>Size ..... 21.5 cm x 9.9 cm x 7.7 cm (8.5 in x 3.9 in x 3.0 in)</p> <p>Weight ..... 0.78 kg (1.76 lb) with battery</p> <p>Processor ..... 416 MHz Intel PXA-270 X-Scale processor</p> <p>Memory ..... 64 MB RAM and 512 MB Internal Flash disk</p> <p><b>Power</b></p> <p>Low (no GPS or backlight) ..... 1.5 Watts</p> <p>Normal (with GPS and backlight) ..... 2.7 Watts</p> <p>High (with GPS, backlight, Bluetooth, and wireless LAN) ..... 3.7 Watts<sup>3</sup></p> <p>Battery ..... Internal 6800 mAh Lithium-Ion, rechargeable in unit 25 Watt-hours</p> <p><b>Environmental</b></p> <p><b>Temperature</b></p> <p>Operating ..... -10 °C to +50 °C (14 °F to 122 °F)</p> <p>Storage ..... -20 °C to +70 °C (-4 °F to 158 °F)</p> <p><b>Casing</b> ..... Wind-driven rain and dust-resistant per IP 54 standard Slip-resistant grip, shock and vibration resistant</p> <p><b>Input/output</b></p> <p><b>Communications</b> ..... Bluetooth<sup>4</sup>, 802.11b wireless LAN USB client v1.1 compliant<sup>5</sup> via support module Serial via optional DE9 serial clip adaptor Ethernet 10/100 BaseT compatible via support module</p> <p><b>Bluetooth Profiles</b></p> <p>Client and host support ..... Serial Port, Object Push</p> <p>Client support only ..... Dial-Up Networking</p> <p>Host support only ..... File Transfer (using OBEX)</p> <p><b>Display</b> ..... Advanced outdoor TFT, 240 x 320 pixel 65,536 colors, with backlight</p> <p><b>Audio</b> ..... Microphone and speaker, record and playback utilities</p> <p><b>Interface</b> ..... Touch screen, Soft Input Panel (SIP) virtual keyboard 11 hardware control keys, handwriting recognition software Audio system events, warnings, and notifications</p> <p><b>GPS</b></p> <p>Channels ..... 12 (L1 code and carrier)</p> <p>Integrated real-time ..... SBAS<sup>1</sup></p> <p>Update rate ..... 1 Hz</p> <p>Time to first fix ..... 30 seconds (typical)</p> <p>Protocols ..... TSIP, NMEA (GGA, VTG, GLL, GSA, ZDA, GSV, RMC)</p> <p><b>Accuracy (HRMS)<sup>6</sup> after differential correction</b></p> <p>Code postprocessed ..... Submeter</p> <p>Carrier postprocessed<sup>7</sup></p> <p>With 5 minutes tracking satellites ..... 30 cm</p> <p>With 10 minutes tracking satellites ..... 20 cm</p> <p>With 20 minutes tracking satellites ..... 10 cm</p> <p>With 45 minutes tracking satellites ..... 1 cm</p> <p>Real-time (SBAS<sup>1</sup> or external RTCM source) ..... Submeter</p>



Las fotografías fueron realizadas con una cámara Sony DSC-W570 de 16.1 Mega píxeles de definición (Figura 3.13).



Figura 3.13. Cámara Sony DSC-W570

## CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analizará e interpretará los datos emitidos por los instrumentos mencionados en la metodología de la investigación, se realizará una interpretación de los resultados arrojados por el software de iluminación en los diferentes escenarios que se realizó las simulaciones. También los resultados se enfocarán a conocer detalles poblacionales de la zona en estudio a través de la encuesta realizada y cuya forma y los resultados de cada pregunta se encuentra en el anexo 4.

### 4.1. Encuesta a los moradores de la Urbanización Rumipamba de las Rosas

A continuación se presenta un resumen de los resultados de la encuesta y se muestran en la tabla 4.1.

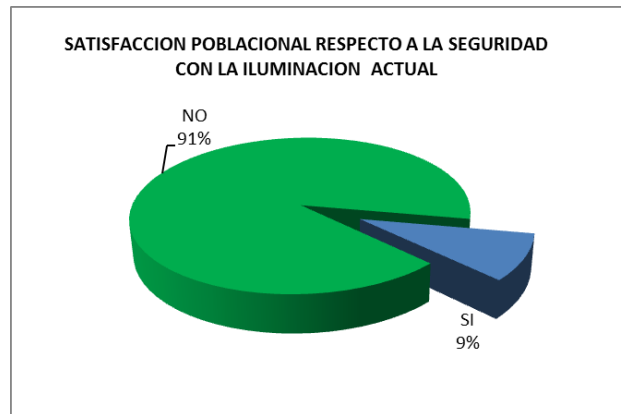
**Tabla 4.1. Resultados de la encuesta realizada.**

PREGUNTA No.	OPCIONES				MUESTRA POBLACIONAL	PORCENTAJE
	SI		NO			
	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA	PORCENTAJE		
1	21	9,25	206	90,75	227	100
2	222	97,80	5	2,20	227	100
3	32	14,10	195	85,90	227	100
4	221	97,36	6	2,64	227	100
5	45	19,82	182	80,18	227	100
6	90	39,65	137	60,35	227	100

#### **Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 1 (figura 4.1):**

Del total de la población encuestada, 206 personas que corresponden al 91%, expresan su inconformidad en la prestación de servicio de iluminación pública, manifiestan que son víctimas de acoso permanente de la delincuencia en la noche y de vehículos que transitan por el lugar.

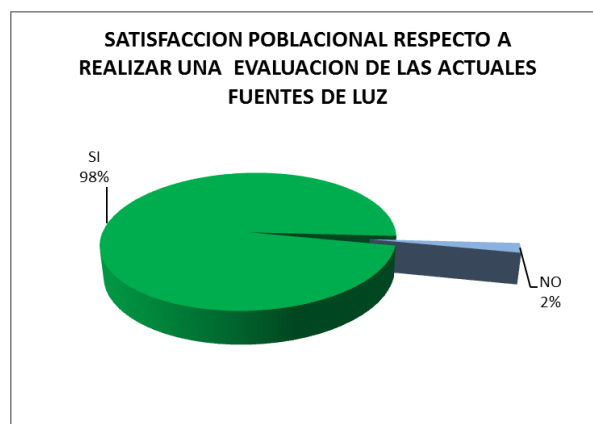
Por lo tanto se puede concluir entonces, que la mayor parte de pobladores no están conformes con la seguridad que brinda el sistema de iluminación pública de la Urb. Rumipamaba de las Rosas.



**Figura 4.1. Interpretación gráfica de los resultados respecto a seguridad en la Urb. Rumipamba de las Rosas**

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 2 (figura 4.2):**

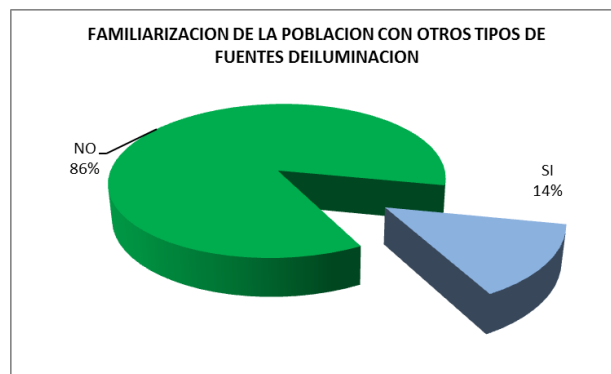
Del total de la población encuestada, 222 personas que corresponden al 98%, expresan que si sería importante que se realice una evaluación de las actuales fuentes de iluminación de la Urb. Rumipamba de las Rosas para poder llegar a proponer un cambio de este sistema.



**Figura 4.2. Interpretación gráfica de los resultados respecto a a la evaluación de las actuales fuentes de luz**

### **Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 3 (figura 4.3):**

Del total de la población encuestada, 195 personas que corresponden al 86%, indican que conocen pero no muy profundamente otras fuentes de iluminación como la luz halógena o la luz led. Por lo tanto se puede determinar que en general no tienen un conocimiento real de otras fuentes de luz , ya que hacen referencia inclusive a su gusto por la luz amarilla que se observa en otros sectores (Vapor de sodio de alta presión)



**Figura 4.3. Interpretación gráfica de los resultados respecto a la familiarización de la población con otros tipos de fuentes de luz**

### **Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 4 (figura 4.4):**

Del total de la población encuestada, 221 personas que corresponden al 97%, manifiestan que si es necesario la aplicación de nuevas fuentes de luz para iluminación de vías públicas y el cambio de las actuales que no ofrecen un servicio adecuado.

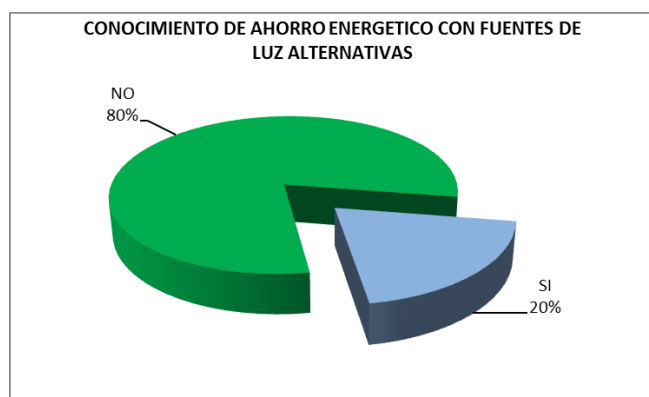
Se puede concluir que existe un descontento de la población con la iluminación actual y esperan se aplique un cambio en la misma.



**Figura 4.4. Interpretación gráfica de los resultados respecto a la aplicación de nuevas fuentes de luz en la Urb. Rumipamaba de las Rosas**

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 5 (figura 4.5):**

Del total de la población encuestada, 182 personas que corresponden al 80%, indican que desconocen las bondades de ahorro energético con el uso de nuevas fuentes de luz en iluminación pública.

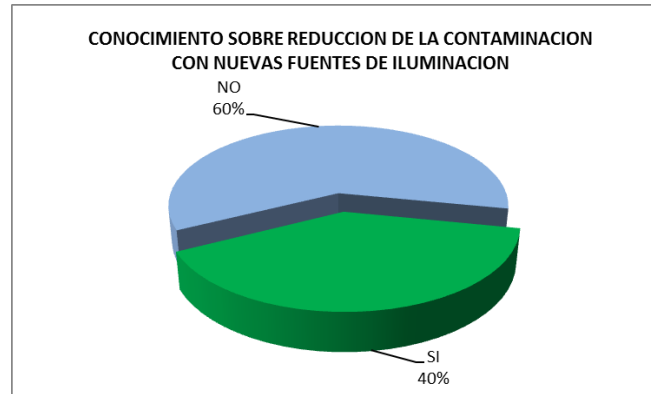


**Figura 4.5. Interpretación gráfica de los resultados respecto a si conoce que se puede tener ahorro energético con el uso de fuentes de luz alternativas**

**Análisis de resultados obtenidos en la pregunta 6 (tabla y figura 4.6):**

Del total de la población encuestada, 137 personas que corresponden al 60%, desconocen completamente del tema, y el restante 40% conoce que si puede

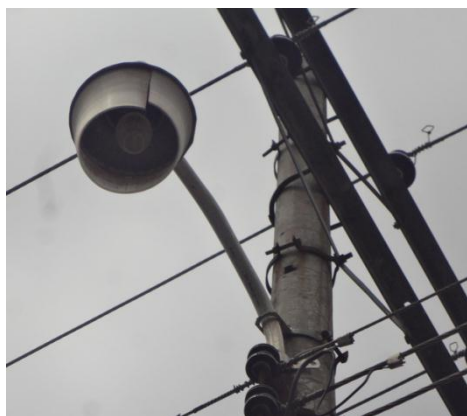
reducirse la contaminación pero no conoce los procedimientos y nada respecto a la huella de carbono.



**Figura 4.6. Interpretación gráfica de los resultados respecto a si conoce que se puede reducir la contaminación con el uso de fuentes de luz alternativas**

#### **4.2 Resultado de la evaluación de la iluminación actual en la Urbanización Rumipamba de las Rosas.**

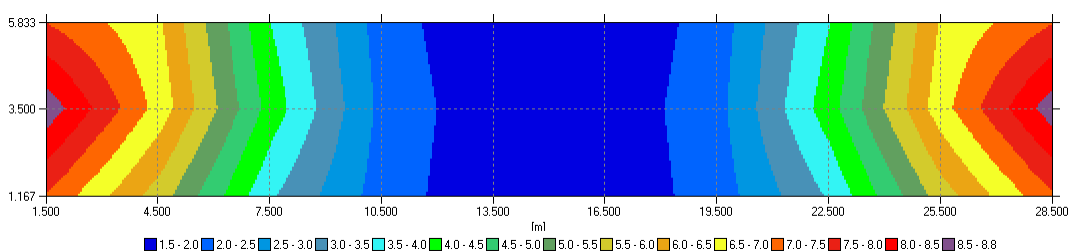
Como profesional experimentado en la materia de iluminación pública y teniendo como soporte técnico para la modelación y simulación de las condiciones actuales el software ULISSES de la compañía SCHEREDER basado en el método de cálculo de la norma CIE-140, se puede observar en la tabla 4.7 y las figuras 4.8 y 4.9 la respectiva simulación de la luminaria existente que se indica en la figura 4.7:



**Figura 4.7 Luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas**

**Tabla 4.2. Simulación de la Iluminación de la luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas**

PARAMETRO	TIPO DE LUMINARIA	
	Vapor de Mercurio Alta Presión 125W	
Interdistancia (m)	30	40
Luminancia (L - cd/m <sup>2</sup> )	0,26	0,18
Uniformidad (U <sub>o</sub> > 40%)	37,7	28,8
Incremento de Umbral (T <sub>i</sub> < 10%)	6,3	7,4



**Figura 4.8. Simulación de Iluminancia de la luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas para 30 metros de interdistancia**



**Figura 4.9. Simulación de Iluminancia de la luminaria de Vapor de Mercurio de Alta Presión de 125W existente en el sector de La Urb. Rumipamba de las Rosas para 40 metros de interdistancia**

Los promedios de las mediciones realizadas de Iluminancia (luxes) con el Luxómetro se indican en las tablas 4.8. y 4.9. para postes de interdistancias de 30 y 40 metros respectivamente:

**Tabla 4.3. Iluminancia medida para interdistancias de 30 metros**

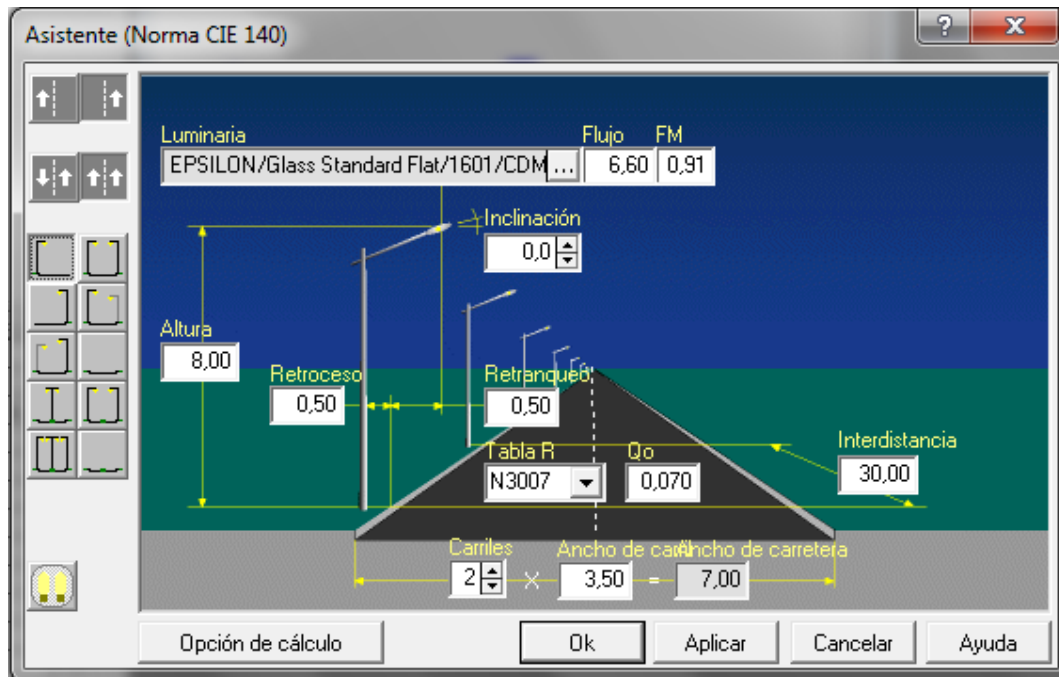
Dist	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	12,5	10	7,5	5	2,5	0
0,5	2,86	2,76	3,42	2,11	1,30	0,58	0,38	0,45	0,49	1,46	1,55	1,70	2,11
3,5	2,76	3,37	1,76	0,96	0,56	0,46	0,46	0,46	0,60	0,80	1,38	2,36	2,86
6,5	3,97	3,07	3,07	2,77	2,57	1,16	0,76	0,56	0,65	2,06	2,10	2,17	2,18

**Tabla 4.4. Iluminancia medida para interdistancias de 40 metros**

Dist.	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	17,5	15	12,5	10	7,5	5	2,5	0
0,5	3,24	3,09	3,21	2,45	1,66	1,00	0,81	0,72	0,71	0,58	0,61	0,82	1,20	1,77	3,16	4,32	4,29
3,5	3,30	3,42	3,15	2,42	1,70	0,99	0,81	0,71	0,64	0,61	0,62	0,90	1,16	1,67	2,76	3,80	4,41
6,5	2,85	2,47	2,42	1,87	1,45	0,91	0,78	0,66	0,55	0,53	0,59	0,68	0,92	1,24	2,16	2,82	3,01

Realizando una comparación entre las figuras 4.8 y 4.9; y las tablas 4.8 y 4.9 respectivamente entre lo simulado y los promedios de lo medido en el sitio, considerando como vías M4 se puede observar que no existe una mayor diferencia entre ellos, y podemos determinar que, efectivamente la iluminación pública vial de la Urbanización Rumipamba de las Rosas no cumple con la norma internacional establecida de iluminación como la CIE-115, además esto se corrobora en la tabla 4.7 donde se tiene luminancias de 0,26 y 0,18  $\text{cd/m}^2$ . los valores establecidos en la norma CIE-115 se pueden observar en la tabla 2.1.

Los datos para la simulación son los reales existentes en la Urbanización Rumipamba de las Rosas y son los que se ingresaron al Software como se indica en la figura 4.10.:



**Figura 4.10. Datos reales para la simulación de la situación actual de la iluminación de las vías de la Urb. Rumipamba de las Rosas**

Interdistancia: 30 – 40 metros

Altura de trabajo: 8 metros

Inclinación de la Luminaria: 0°

Tipo de vía: M4 (CIE-115-2010)

Ancho de la vía: 7 metros

No. De carriles: 2

Ancho por carril: 3,5 m

De los resultados obtenidos en las mediciones y simulación de la situación actual de la iluminación de las vías en la Urbanización Rumipamba de las Rosas se determina y se recomienda realizar una evaluación técnica y económica para el cambio de este sistema de iluminación por fuentes alternativas de mejor

rendimiento y eficiencia y además no solo limitarse al aspecto técnico, sino también al aspecto social en cuanto al cambio de vida de la población en lo referente a confort y seguridad. Por otro lado además, con la utilización de nuevas fuentes de iluminación también se aportará a la reducción de las emisiones CO<sub>2</sub>, gases nobles y mercurio que son elementos altamente contaminantes.

Los resultados se consideran que son suficientes para contribuir con una perspectiva y orientación general, para el perfeccionamiento de una política energética de mediano y largo plazo.

#### **4.3. Resultado de la entrevista a un habitante referente de la zona de estudio.**

Entre las entrevistas efectuadas a los moradores, se realizó una al Arq. Milton Jácome, morador de la Urbanización Rumipamaba de las Rosas del cantón Salcedo, manifiesta que esta fue ejecutada con todos los servicios básicos en la década de los años ochenta, dentro de los cuales se incluía el alumbrado público que se lo realizó con las luminarias que existían en ese entonces y que eran las de vapor de mercurio de alta presión y con una potencia de 125 watts, es decir datan de alrededor de cuarenta años por lo que se considera que han cumplido su vida útil, entendiéndose que los sistemas de distribución se diseñan para no más de quince años.

El Arq. Milton Jácome conoce muy brevemente las nuevas fuentes de iluminación de vías como las de sodio de alta presión, mercurio halogenado y las de tecnología LED.

La gran mayoría de vecinos y habitantes del sector en estudio presentan su disconformidad en cuanto al servicio que presta la empresa distribuidora de energía y el municipio local respecto a la iluminación pública en este sitio, toda vez que a escasos metros de allí se encuentra la avenida Velasco Ibarra que es la entrada principal a la ciudad de Salcedo y cuenta con una iluminación muy adecuada dentro de los límites establecidos.

Además es necesario considerar que por toda la urbanización atraviesa la línea férrea la cual en la noche no es muy visible por la falta de iluminación.

En vista de todo lo anotado, el entrevistado considera que se debe realizar la respectiva evaluación para definir un cambio en el sistema de iluminación de la Urbanización Rumipamba de las Rosas.

#### **4.4. Análisis de los resultados de las simulaciones de iluminación realizadas**

Determinada el área de influencia con las coordenadas respectivas y el tipo de iluminación vial predominante, se procedió a realizar varias simulaciones en los escenarios de interdistancias de 30 y 40 metros y con diferentes tipos de luminarias como son:

- Luminaria de Vapor de Sodio Alta Presión - 70 Watts
- Luminaria de Vapor de Sodio Alta Presión -100 Watts
- Luminaria de Vapor de Sodio Alta Presión - 150 watts
- 



**Figura 4.11 Luminaria AMBAR de Vapor de Sodio Alta Presión**

- Luminaria de LED's de alta potencia 32 LED's 36 Watts TECEO 1-4500
- Luminaria de LED's de alta potencia 40 LED's 44 Watts TECEO 1-5700
- Luminaria de LED's de alta potencia 48 LED's 53 Watts TECEO 1-6800



**Figura 4.12 Luminaria TECEO de LED's de alta potencia**

- Luminaria de LED's de alta potencia LED's Watts LUMA 9025
- Luminaria de LED's de alta potencia LED's Watts LUMA 11155



**Figura 4.13 Luminaria LUMA de LED's de alta potencia**

- Luminaria de LED's de alta potencia LED's Watts STELA 7200
- Luminaria de LED's de alta potencia LED's Watts STELA 12700



**Figura 4.14 Luminaria STELA de LED's de alta potencia**

Los resultados para la modelación de cada una de las luminarias en interdistancias de 30 y 40 metros se muestran en las tablas No. 4.8; 4,9 y 4.10 para los parámetros de Luminancia, Uniformidad e Incremento de Umbral, y de Iluminancia en las figuras 4.13.a hasta la 4.13.f en luminarias de sodio alta presión y en las figuras 4.14.a hasta la 4.14.n para luminarias tipo LED's de alta potencia:

**Tabla 4.5. Resultados de la modelación de la iluminación de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias de Vapor de Sodio Alta Presión. Disposición unilateral.**

PARAMETRO	TIPO DE LUMINARIA					
	Vapor de Sodio Alta Presión 70W		Vapor de Sodio Alta Presión 100W		Vapor de Sodio Alta Presión 150W	
Interdistancia (m)	30	40	30	40	30	40
Luminancia (L - cd/m <sup>2</sup> )	0,61	0,46	0,87	0,65	1,66	1,25
Uniformidad (U <sub>o</sub> > 40%)	56,6	48,8	62,7	39	53,4	40,4
Incremento de Umbral (T <sub>i</sub> < 10%)	8,9	10,2	8,3	10,2	8,9	10,9

En el anexo No. 2 se pueden observar los resultados de Iluminancia con lámparas de vapor de sodio alta presión.

Las luminarias de vapor de sodio de alta presión son hoy en día las más eficientes en cuanto a cumplir con los parámetros exigidos por la norma CIE-115 y a un costo relativamente bajo, pero es necesario considerar que su tecnología es a base de gases nobles, mercurio y otros elementos que no son amigables con el medio ambiente.

**Tabla 4.6. Resultados de la modelación de la iluminación (Luminancia) de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias LED de alta potencia. Disposición unilateral. (1)**

PARAMETRO	TIPO DE LUMINARIA					
	LED TECEO-1 32L 4500		LED TECEO-1 40L 5700		LED TECEO-1 48L 6800	
Interdistancia (m)	30	40	30	40	30	40
Luminancia (L - cd/m <sup>2</sup> )	0,66	0,5	0,83	0,63	1	0,75
Uniformidad (U <sub>o</sub> > 40%)	49,9	41,5	49,9	41,5	49,9	41,5
Incremento de Umbral (Ti < 10%)	6,4	7,8	6,7	8,1	6,9	8,4

**Tabla 4.7. Resultados de la modelación de la iluminación (Luminancia) de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias LED de alta potencia. Disposición unilateral. (2)**

PARAMETRO	TIPO DE LUMINARIA							
	LUMA 9025		LUMA 11115		STELA 7200		STELA 12700	
Interdistancia (m)	30	40	30	40	30	40	30	40
Luminancia (L - cd/m <sup>2</sup> )	1,14	0,88	1,43	1,08	0,91	0,68	1,19	0,89
Uniformidad (U <sub>o</sub> > 40%)	54,7	47,7	60,2	47,7	49,2	41,7	44,6	38
Incremento de Umbral (Ti < 10%)	7,4	9,9	8,2	10,4	7,3	8,5	9,2	10,2

En el anexo No. 2 se pueden observar los resultados de Iluminancia con lámparas tipo LED's de alta potencia

Los resultados de la simulación para las vías con parterre central y de ferrocarril que se considera como parterre central se pueden observar en la tabla 4.11 donde hace una relación entre la luminaria de 150W de VSAP y las luminarias LED.

**Tabla 4.8. Resultados de la modelación de la iluminación (Luminancia) de vías en la Urb. Rumipamba de las Rosas con Luminarias LED de alta potencia. Disposición en oposición y parterre central.**

PARAMETRO	TIPO DE LUMINARIA					
	AMBAR-VSAP 150W		LED STELA 12700		LED TECEO-1 48L 6800	
Interdistancia (m)	30	40	30	40	30	40
Luminancia (L - cd/m <sup>2</sup> )	2,12	1,59	1,57	1,27	1,1	0,89
Uniformidad (U <sub>o</sub> > 40%)	67,2	42,3	57,7	52,7	54,1	54,5
Incremento de Umbral (Ti < 10%)	8,8	10,5	14,2	15,7	8,1	9,3

#### 4.5 Conclusiones del capítulo

El uso de luminarias led, sin considerar su costo que actualmente es alto, es amigable con el medio ambiente, su factor de mantenimiento es también elevado muy cercano a uno por la ubicación del proyecto libre de polución, el consumo de energía es altamente razonable en comparación a las de HID y a través de los sistemas de telegestión puede realizarse un control adecuado de la cantidad de luminarias que se usaran a determinadas horas y épocas del año, es factible realizar también a través de la telegestión una dimerización de las luminarias para bajar mas aun el consumo de energía controlando el flujo luminoso sin perder la uniformidad requerida en CIE-115-2010.

Por estas consideraciones y tomando en cuenta que las luminarias instaladas actualmente al ser evaluadas se determinó que no cumplen los requerimientos lumínicos estandarizados como se puede ver en las simulaciones de las figuras 3.8.a, 3.8b y 3.8.c y así comprobar la hipótesis planteada, el proyecto se evaluará con la utilización de luminarias LED como una propuesta con fuentes alternativas y estableciendo que los niveles de iluminación están dentro de lo recomendado por la CIE-115-2010 de acuerdo a las simulaciones realizadas, además es necesario indicar que se debe tomar en cuenta en planes de mayor alcance y una perspectiva macro de los sistemas de distribución, sin dejar de lado aún la utilización de luminarias de VSAP como una alternativa en el sector.

El uso del software de simulación ULISES es una herramienta muy práctica y reconocida entre otros por el comité de alumbrado público del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN dentro del reglamento técnico de alumbrado público RTAP que está en estudio y próximo a expedirse. Este software de simulación nos permite aplicar matrices de intensidades de cualquier marca por lo que es factible su aplicación para este estudio, y en base a la norma CIE-140 determina de manera adecuada los valores de los parámetros de iluminación necesarios como Luminancia e Iluminancia, uniformidad e incremento de umbral indicados en la CIE-115-2010.

## CAPÍTULO V: LA PROPUESTA

### 5.1 Título de la propuesta

Diseño de un sistema eficiente de alumbrado en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo con un sistema alternativo de iluminación LED.

### 5.2. Justificación de la propuesta

Un sistema de iluminación debe cumplir con la satisfacción del usuario en todo lo que se refiere a su bienestar y enmarcarse en la política estatal del buen vivir, por tal razón debe ser un sistema eficiente en los siguientes aspectos:

- **Iluminación y accidentes.** Los usuarios de vías públicas deben sentirse conformes y tranquilos al circular por estas sin tener el temor de que por la falta de iluminación en horas de la noche puedan sufrir un accidente al tropezar con un objeto extraño, caerse en un hoyo y lesionarse o simplemente no poder ver completamente por donde transita.
- **Iluminación y seguridad.** La seguridad de las personas es vital cuando se transita por vías públicas, el usuario debe ser capaz de distinguir desde una distancia adecuada personas o animales que pudieran comprometer su integridad personal ya que puede ser abordado en la oscuridad por delincuentes o puede ser atacado por animales especialmente por perros callejeros.
- **Iluminación y confort.** Al transitar por la vía pública, el usuario debe tener una sensación agradable a su vista, distinguir el entorno y sentirse cómodo sin que se presenten deficiencias en la iluminación o por otro lado sin tener una iluminación destellante que comprometa su visión. La iluminación debe ser creada con lámparas y fuentes de luz acorde a la época que sean atractivas y novedosas y que cree un estatus de vida digna y adecuada en la población.

- **Iluminación y tránsito.** Las vías públicas son utilizadas tanto como para tránsito peatonal y vehicular, por lo tanto la iluminación vial debe brindar al conductor de un vehículo la seguridad de poder distinguir cualquier obstáculo que se presente en la vía como personas, animales u otros elementos que pueden ser instalados u olvidados por los usuarios de las vías, la iluminación debe permitir ver el contraste de los objetos con el entorno y evitar de esta manera accidentes con consecuencias fatales.

### **5.3. Objetivo de la propuesta**

Diseñar un sistema de iluminación eficiente de vías públicas en el barrio “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo con un sistema de fuentes alternativas de alto rendimiento y bajo consumo de energía.

### **5.4 Estructura de la propuesta.**

La estructura de la propuesta, se basa en la utilización de nuevas fuentes alternativas de iluminación vial, como la tecnología LED, la cual tienen desarrolladas algunas empresas que se dedican a iluminación con una alta eficiencia, bajo consumo de energía eléctrica, amigable con el ambiente y permitir que el mantenimiento y control de las mismas sea casi nulo.

De los resultados obtenidos en las simulaciones y que se encuentran en la tabla 4.10 se determina que la luminaria que mas aplicable para el proyecto es la luminaria STELA 7.200, y su consumo y número de leds se puede observar en la tabla 5.1. referente a la potencia a 350 mA

**Tabla 5.1 datos técnicos de la luminaria STELA 7.200, y comparativo con las otras luminarias LED a 350 mA.**

Stela	No. LED's	Flujo Luminoso		Potencia (W)	
		350 mA	700 mA	350 mA	700 mA
	24	3.350	5.850	29	60
	36	5.000	8.800	44	88
	52	7.200	12.700	62	123

Luminaria 1	No. LED's	Flujo Luminoso			Potencia (W)		
		350 mA	500 mA	700 mA	350 mA	500 mA	700 mA
	16	2.200	3.000	3.800	18	26	36
	24	3.400	4.500	5.800	27	38	55
	32	4.500	6.000	7.700	36	51	71
	40	5.700	7.500	9.700	44	63	90
	48	6.800	9.000	11.600	53	75	107

Luminaria 2	No. LED's	Flujo Luminoso		Potencia (W)	
		350 mA	700 mA	350 mA	700 mA
	40	-	9.025	-	80
	80	-	11.115	-	100

## 5.5. Desarrollo de la propuesta

Para que la propuesta llegue a ser efectiva y se concrete se necesita de recursos materiales, económicos y humanos como los que se indica a continuación:

### 5.5.1. Recurso material.

Aquí se involucra el material y costos fijos (tabla 5.2) que se necesitará para que el desarrollo de la propuesta se facilite.

#### Características técnicas:

Luminaria Seleccionada: Stela de 7.200 lúmenes de flujo luminoso a 350 mA con una potencia de consumo de 62 watts.

**Tabla 5.2. Desglose de los costos fijos de una luminaria LED de alta eficiencia.**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V.UNITARIO (USD)	V. TOTAL (USD)
1	Luminaria LED de 62 Watts. Incl. Dirver	c/u	286,00	700,00	200.200,00

### **5.5.2 Recurso Humano.**

Dentro del rubro de recurso humano se considera el personal y la mano de obra que se involucra en el desarrollo del proyecto y manejo de equipos y software.

**Tabla 5.3. Costo de mano de obra para diseño de iluminación de vías, simulaciones y manejo de equipos y software.**

Item	Recurso	Cantidad	Costo Unitario (USD)
1	Ingeniero especialista	1	2.500,00

### **5.5.3 Responsables de la implementación del proyecto**

Es necesario indicar quienes son las personas y organismos involucrados en el desarrollo del proyecto y su grado de participación y responsabilidad.

**Tabla 5.4. Personal y organismos involucrados, actividad y grado de responsabilidad**

RESPONSABLES DE LA IMPLEMENTACION			
No.	AREA	RESPONSABLE	ACTIVIDAD
1	DIRECCION TECNICA	Ing. Javier Hernán Iturralde	Realizar el diseño de la iluminación de vías, determinar costos del proyecto, cotizaciones de luminarias
2	DIRECCION FINANCIERA	Empresa Eléctrica Cotopaxi	Aportar el financiamiento respectivo del proyecto en cooperación mutua a través de un convenio y con fondos propios de cada uno de ellos.
		G.A.D. Municipal Salcedo	
3	SUPERVISOR Y EVALUADOR	Ing. MSc. Oscar Peña Guilarte	Realizar el seguimiento y análisis de los resultados de las simulaciones y el diseño propuesto. Sugerir modos de implementación y diseño, determinar su factibilidad técnica.

### 5.6 Evaluación Social de la propuesta.

La iluminación pública de vías de tránsito vehicular y peatonal así como de acceso a áreas urbanas y rurales es un servicio básico para el bienestar de las comunidades y enmarcada en el plan del buen vivir nacional.

Una población que cuenta con un adecuado sistema de iluminación en sus vías de tránsito se siente segura al hacer uso de esta cuando tiene la claridad necesaria para distinguir cualquier obstáculo o peligro que se le pudiera presentar y que afecte su integridad física. Por otro lado el usuario de las vías al disponer de una iluminación adecuada siente el confort, comodidad y ergonomía al no tener que esforzar sus sentidos para realizar actividades básicas como el transitar por una calle.

En vista de lo indicado, al disponer de vías adecuadamente iluminadas bajo los normas internacionales establecidas se produce un alto incremento en la mejora de vida de la población, su actividad nocturna en cuanto a realizar actividades propias de integración, seguridad y esparcimiento aumentan y la sociedad se beneficia al contar con una población unida y que puede aportar en los ámbitos de crecimiento de relaciones sociales para mayor desarrollo económico, turístico, etc.

y especialmente de seguridad, donde hombres mujeres, jóvenes y niños puedan caminar por las calles sin ser víctimas de cualquier tipo de peligro.

En la figura 5.1. se muestra un ejemplo de iluminación de vías con luminarias LED y con Vapor de Sodio de Alta presión (VSAP).



**Figura 5.1. Iluminación de vías con luminarias LED y VSAP.**

**Fuente: Archivo propio Ing. Hernán Iturralde**

**Ubicación: Avenida Amazonas – Quito – Octubre 2013**

En lado izquierdo de la figura 5.1 se observa la iluminación de la vía con luminarias LED con una luz blanco-cálido de 3.500°K y en el otro lado una vía transversal con VSAP, es muy notorio la reproducción del color y contraste de los objetos de la primera versus la segunda, así como la luminaria LED no es invasiva a las fachadas y ventanas de las casas y domicilios sino específicamente a lo necesario en la caminería, por otro lado no es destellante como el VSAP que causa un incremento de umbral y discomfort al usuario con el deslumbramiento a la vista, esto hace que quien transite por la vía en forma vehicular o caminando distinga de mejor manera los objetos y tengo una mejor perspectiva de lo que le rodea.

La justificación y aplicación del proyecto respecto a lo social se fundamenta en la encuesta realizada, donde de acuerdo a la tabla 4.1, el 90,75 % de la población se siente inconforme con la iluminación actual, haciendo énfasis que este porcentaje

de clientes se considera altamente inseguro al transitar por las vías con iluminación deficiente.

### **5.7 Evaluación Ambiental de la propuesta.**

Las nuevas fuentes de iluminación como las de tecnología LED llevan tras de sí una ingeniería de desarrollo que busca ser completamente amigable con el medio ambiente.

La utilización de luminarias LED nos conlleva a utilizar también menos energía, menos energía supone menos costes de explotación, y además menos emisiones de CO<sub>2</sub>. En el plano medioambiental, los LED se distinguen igualmente por su ausencia de mercurio en su fabricación en comparación con las luminarias de alta intensidad de descarga (HID) como las de VMAP y VSAP además de otros gases nobles que son contaminantes, y se distinguen también por su larga vida. Además, esta tecnología promueve el uso de materiales duraderos y reciclables, como el aluminio y el vidrio, cuidando el impacto medioambiental en los campos de aplicación de energía, daños lumínicos, materiales y producción.

La sostenibilidad y respeto al medio ambiente son valores fundamentales. Por tanto, la propuesta de utilizar luminarias LED no sólo se enfoca en utilizar poca energía, también debe ser compatible con el diseño sostenible. Al ser más duraderas, no hay que cambiarlas con tanta frecuencia, se reducen sustancialmente los programas y costos de mantenimiento y así se reducen la generación de residuos propios generados por esta actividad. Además de no contener mercurio, los LED de alta potencia pueden acoplarse a luminarias especialmente diseñadas para facilitar el desmontaje y reciclado convirtiéndose así en una opción de cambio ecológico de buena aceptación para las ciudades y el planeta.

Como se indica en 5.4 la luminaria que mas aplicable para el proyecto es la luminaria STELA 7.200 de 62 watts de potencia mas 5,7 watts de consumo

propio, se realiza en análisis de emisión de CO<sub>2</sub> de esta luminaria en comparación a las existentes de 125W de VMAP y los resultados se pueden ver en la tabla 5.5.

**Tabla 5.5. Comparativo de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> entre luminarias de VMAP 125W y luminarias LED STELA 7.200.**

	No. LUMINARIAS	LAMPARA	POTENCIA CONSUMIDA	HORAS OPERATIVAS AL AÑO	CONSUMO DE ENERGIA (kwh/AÑO)	COSTO ENERGIA CONSUMIDA AL AÑO (USD/AÑO)	EMISIONES CO <sub>2</sub> (KG/AÑO)
LUM. ANTIGUAS	286	VMAP	138	4380	172.869,84	17.286,98	112.365,39
LUM. LED	286	led	67,7	4380	84.806,44	8.806,34	55.123,90
<b>AHORRO</b>					<b>88.063,40</b>	<b>8.480,64</b>	<b>57.241,49</b>

**Nota:** Las emisiones de CO<sub>2</sub> son calculadas utilizando la calculadora de CO<sub>2</sub> de la comisión europea y sus resultados se indican en la figura 5.2.a, 5.2.b. y 5.2.c. Fuente: <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

CALCULADORA DE CO<sub>2</sub>

Tipo	Cantidad	Medida	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Fuente
Consumo eléctrico	<input type="text" value="172869.84"/>	KWh	<input type="text" value="112365.396"/>	Kg CO <sub>2</sub> CE
<b>Transporte</b>				
Coche gasolina	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> CE
Coche diesel	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> CE
Furgoneta	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> EERE
Trailer	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> EERE
Avión*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> ICAO, IPCC
Tren AV*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> UIC, EEA
Regional*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> UIC, EEA
Cercanías/Metro*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO <sub>2</sub> UIC, EEA
<b>Total emisiones CO<sub>2</sub></b>			<input type="text" value="112365.396"/>	Kg CO <sub>2</sub>

Las cifras emitidas por esta calculadora vienen expresada en notación inglesa, siendo el punto (.) el separador de decimales.

\*Datos por pasajero

CALCULADORA DE CO<sub>2</sub>

CE: Comisión Europea

**Figura 5.2.a. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> de las luminarias de VMAP.**

Tipo	Cantidad	Medida	Emissiones de CO2	Fuente
Consumo eléctrico	<input type="text" value="84806"/>	KWh	<input type="text" value="55123.9"/>	Kg CO2 CE
<b>Transporte</b>				
Coche gasolina	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 CE
Coche diesel	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 CE
Furgoneta	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 EERE
Trailer	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 EERE
Avión*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 ICAO, IPCC
Tren AV*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 UIC, EEA
Regional*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 UIC, EEA
Cercanías/Metro*	<input type="text" value="0"/>	Km	<input type="text" value="0"/>	Kg CO2 UIC, EEA
<b>Total emisiones CO2</b>			<input type="text" value="55123.9"/>	Kg CO2

Las cifras emitidas por esta calculadora vienen expresada en notación inglesa, siendo el punto (.) el separador de decimales.

\*Datos por pasajero

**reiniciar** **calcular**

Figura 5.2.b. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> de las luminarias de LED STELA 7.200

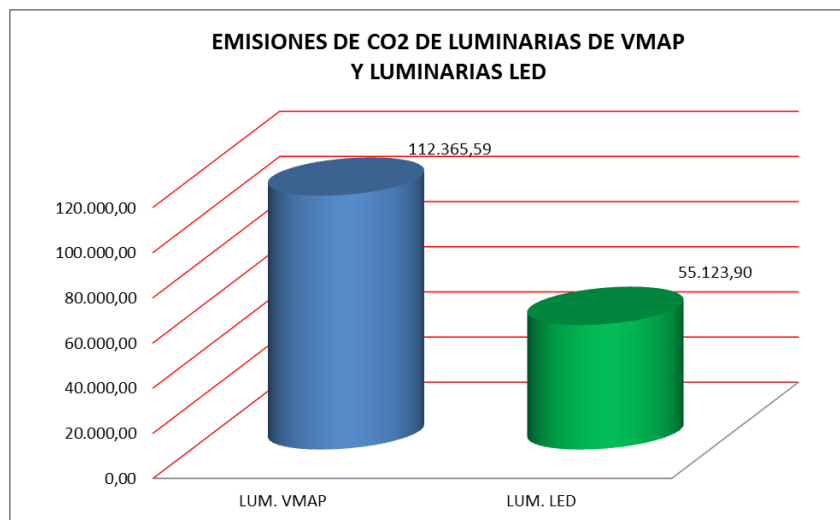
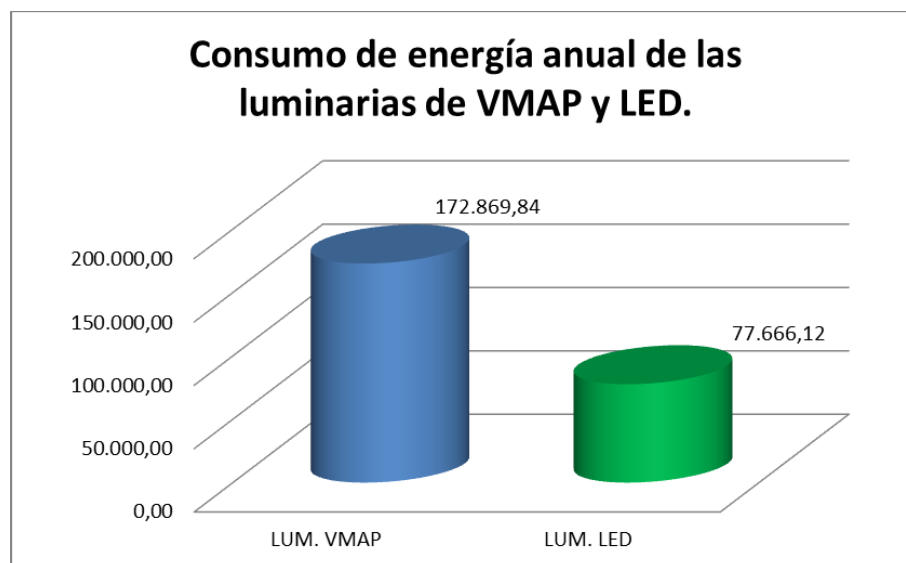


Figura. 5.2.c. Comparativo de emisiones de CO<sub>2</sub> entre luminarias de VMAP 125W y luminarias LED STELA 7.200

## 5.8. Evaluación energética de la propuesta

El uso de luminarias LED para iluminación de vías hoy en día es una realidad hasta cierto punto, por cuanto solo en vías de ancho pequeño se puede conseguir los niveles adecuados referentes a la norma CIE 115-2010. Por otro lado el consumo energético de las luminarias LED si bien es cierto es menor que las de HID, tampoco es menos cierto que este consumo es altamente significativo en cuanto a la demanda de energía eléctrica. Esto se puede hacer referencia en lo expuesto en la tabla 5.5. donde se muestra una diferencia a favor de la luminaria LED respecto a la de VMAP, por lo que su evaluación podemos decir que en esta propuesta energéticamente existe un ahorro de energía, esto se puede apreciar en la figura 5.3.



**Figura 5.3. Comparativo de consumos de energía eléctrica entre luminarias de VMAP 125W y luminarias LED STELA 7.200.**

## 5.9. Valoración económica de la propuesta de iluminación con luminarias LED

Las técnicas de valor descontado son diversas, aunque todas ellas, se basan en el descuento al valor presente de las cantidades futuras o flujos de caja. Los flujos de

caja son la diferencia neta entre los beneficios y costos en cada uno de los años, refleja el dinero real en caja. Para su determinación se toma como convenio que las entradas a caja (ingresos) son positivas, y las salidas (gastos) son negativas, lo cual quiere decir que los signos de los flujos de caja resultan del balance anual entre costos y beneficios.

### 5.9.1 Cálculo del VAN y TIR

Esta técnica, según Weston y Brigham, (1994), se basa en calcular el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto. Es una medida de las ganancias que puede reportar el proyecto, siendo positivo si el saldo entre beneficios y gastos es favorable, y negativo en caso contrario. Se determina como se indica en la ecuación (5.1).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad 5.1$$

$V_t$  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.

### 5.9.2 Valoración económica

Considerando los costos de inversión de luminarias LED Stela 7.200 nuevas, la valoración de pérdidas energéticas, los costes de mantenimiento, los costos operativos directos e indirectos, se realiza el cálculo del valor del VAN, los cuales se indican en la tabla 5.6 .

**Tabla 5.6. Costos involucrados para el cálculo del VAN y TIR.**

AÑOS	COSTOS DIRECTOS / INDIRECTOS (EGRESOS) (USD)					RECUPERACION DE LA INVERSION (INGRESOS) (USD)				DIFERENCIA RECUPERACION/ COSTOS
	INVERSION	MANO DE OBRA - TRANSP.	COSTOS ADMINIST.	COSTOS INDIREC.	TOTAL COSTOS	CONSUMO DE ENERGÍA	PERDIDAS DE ENERGIA	MANTENIMIENTO	TOTAL RECUPERACION	
0	200.200,00	2.002,00	0,00	0,00	202.202,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-202.202,00
1			3.500,00	350,00	3.850,00	8.806,34	-2.965,26	6.720,00	12.561,08	8.711,08
2			3.500,00	350,00	3.850,00	17.362,14	-5.930,52	13.440,00	24.871,62	21.021,62
3			3.500,00	350,00	3.850,00	25.917,94	-8.895,78	20.160,00	37.182,16	33.332,16
4			3.500,00	350,00	3.850,00	34.473,74	-11.861,04	26.880,00	49.492,70	45.642,70
5			3.500,00	350,00	3.850,00	43.029,54	-14.826,30	33.600,00	61.803,24	57.953,24
6			3.500,00	350,00	3.850,00	51.585,34	-17.791,56	40.320,00	74.113,78	70.263,78
7			3.500,00	350,00	3.850,00	60.141,14	-20.756,82	47.040,00	86.424,32	82.574,32
8			3.500,00	350,00	3.850,00	68.696,94	-23.722,08	53.760,00	98.734,86	94.884,86
9			3.500,00	350,00	3.850,00	77.252,74	-26.687,34	60.480,00	111.045,40	107.195,40
10			3.500,00	350,00	3.850,00	85.808,54	-29.652,60	67.200,00	123.355,94	119.505,94
11			3.500,00	350,00	3.850,00	94.364,34	-32.617,86	73.920,00	135.666,48	131.816,48
12			3.500,00	350,00	3.850,00	102.920,14	-35.583,12	80.640,00	147.977,02	144.127,02
13			3.500,00	350,00	3.850,00	111.475,94	-38.548,38	87.360,00	160.287,56	156.437,56
14			3.500,00	350,00	3.850,00	120.031,74	-41.513,64	94.080,00	172.598,10	168.748,10
15			3.500,00	350,00	3.850,00	128.587,54	-44.478,90	100.800,00	184.908,64	181.058,64

Con la información arriba antes indicada se realiza el cálculo de los índices financieros y se determina si el proyecto es factible o no y cual es su tiempo de recuperación de la inversión, esto se muestra en la tabla 5.7.

**Tabla 5.7 Índices financieros, valores de VAN y TIR calculados para el proyecto**

VALOR ACTUAL NETO (VAN)	324.038	FACTIBLE
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	24,53%	FACTIBLE
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C) VALOR PRESENTE	2,54	FACTIBLE
Retorno Inversión: 8 Años		

### 5.10. Conclusiones del capítulo

Como se puede apreciar en la tabla 5.7, el proyecto tiene una TIR de 24,53% para una recuperación de la inversión en aproximadamente 8 años, lo cual es un valor aceptable pues debe considerarse que el alumbrado vial es un servicio público sin

fines de lucro, consta en el sistema del buen vivir del país como un servicio básico adecuado al cual deben tener acceso todos los ciudadanos.

## CONCLUSIONES GENERALES

1. Se efectuó una evaluación general de las fuentes de luz existentes en la urbanización “Rumipamba de las Rosas” del cantón Salcedo en donde se determinó que los valores de iluminancia y luminancia simulada están muy por debajo de la norma CIE-115-2010.
2. Se realizó la propuesta de un sistema alternativo eficiente de iluminación pública con tecnología LED en donde se llega a tener luminancias de hasta  $1 \text{ cd/m}^2$ , una uniformidad mayor al 40% y un incremento de umbral menor al 10%, que es lo que sugiere la norma CIE-115-2010 para vías M4 consideradas en este estudio.
3. Respecto al análisis técnico económico se determina que el proyecto es viable considerando una vida útil de 15 años en donde la recuperación de la inversión es de 8 años.
4. En consideración con el impacto social, todo sistema de iluminación es viable, por tanto se considera este trabajo de esta manera tomando en cuenta que produce un mejor nivel de vida y satisfacción en los usuarios.
5. Respecto a lo energético se considera adecuado por cuanto existe un ahorro de energía que es del 43% respecto a las luminarias instaladas actualmente y se ve reflejado en el flujo de caja lo que incide en que el VAN sea confiable para la viabilidad del proyecto, y además se considera que el mantenimiento es casi nulo.
6. En cuanto al impacto ambiental, la reducción de consumo de combustibles fósiles y la emanación de  $\text{CO}_2$  por la utilización de luminarias de menor consumo de energía es del 49% menos que las actuales.

## **RECOMENDACIONES**

1. Es necesario indicar que no se debe descartar la utilización de fuentes de luz de HID como el sodio de alta presión, el cual tiene un alto rendimiento lumínico y es más económico.
2. Profundizar más en el estudio de fuentes alternativas de iluminación como el sodio blanco, la iluminación por radiación solar y la iluminación por fuentes de inducción.
3. Proponer un sistema de iluminación con energía solar para las luminarias LED realizando el respectivo análisis de costo-beneficio.
4. Fomentar el uso racional de la energía a los municipios a través de nuevas fuentes de iluminación y a la población en general.

## BIBLIOGRAFIA

- Iluminación con avanzada tecnología SCHEREDER-1994
- Seminario Alumbrado Vial, SCHEREDER, 2007
- Martínez López, Raúl, Gaceta Óptica, 2006
- Stephen Westland, FAQ Colourware Ltd 2001
- Alumbrado Público, SCHEREDER, 1991
- Manual de alumbrado, PHILIPS, 1983
- Seminario de alumbrado vial. Schreder , 2007
- Seminario de alumbrado vial. Schreder , 2007
- Comisión Internacional de Alumbrado **CIE 115 – 2010**
- Comisión Internacional de Alumbrado **CIE 140 – 2000**
- **Software ULISSES V.2.3**
- La iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica, Carlos Herranz Dorremocha, Josep M<sup>a</sup> Ollé Martorell y Fernando Jáuregui Sora, 2012
- Alumbrado Urbano y LED's. SCHEREDER, 2010
- Revista Grupo SCHREDER N° 40 • 2010
- Philips lighting manual. 2010
- Seminario Iluminación pública – SCHREDER – 2011
- Modelo Educativo Crítico–Propositivo, Wilfredo Jiménez Espinoza, 2006
- Cálculo del VAN y TIR Weston y Brigham, 1994
- [www.fotonostra.com/glosario/tempcolor.htm](http://www.fotonostra.com/glosario/tempcolor.htm)
- [consumer.es/web/es/medioambiente/urbano](http://consumer.es/web/es/medioambiente/urbano)
- LED Generation, [www.schreder.com](http://www.schreder.com)
- <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

**ANEXOS.**

Anexo 1. Normas CIE

Anexo 2. Simulaciones de Iluminación

Anexo 3. Archivo Fotográfico

Anexo 4. Encuesta