



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA  
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR, SEDE VALLE DE SARTENEJAS**

POR:

Edgar D. Hidalgo Martínez

Oliver Ravard Nieto

PROYECTO DE GRADO

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

(TOMO I)

Sartenejas, Febrero 2005



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA  
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR, SEDE VALLE DE SARTENEJAS**

POR:

Edgar D. Hidalgo Martínez

Oliver Ravard Nieto

PROYECTO DE GRADO

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

(TOMO I)

Sartenejas, Febrero 2005



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA  
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR, SEDE VALLE DE SARTENEJAS**

POR:

Edgar D. Hidalgo Martínez

Oliver Ravard Nieto

TUTOR PROF: Aminta Villegas de Olivera

PROYECTO DE GRADO

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

(TOMO I)

Sartenejas, Febrero 2005



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA  
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR, SEDE VALLE DE SARTENEJAS**

POR:

Edgar D. Hidalgo Martínez

Oliver Ravard Nieto

TUTOR PROF: Aminta Villegas de Olivera

PROYECTO DE GRADO

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

(TOMO I)

Sartenejas, Febrero 2005

ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA  
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR – SEDE VALLE DE SARTENEJAS

por

Edgar David Hidalgo Martínez

Oliver Ravard Nieto

**RESUMEN**

La presente investigación busca estudiar y rediseñar el sistema de alumbrado público de la Universidad Simón Bolívar.

Para llevar a cabo este proyecto se realizó un trabajo de campo, cuyo objetivo es obtener información referente al estado actual del sistema de alumbrado público en el campus.

Una vez conocida la situación actual, se seleccionan 22 áreas que requieren de una mejora en el sistema de iluminación, bien sea porque no se encontraban bien distribuidas las luminarias o por la ausencia del servicio.

Se elaboró una propuesta de rediseño, que logra mejorar los niveles de iluminación y la eficiencia del servicio.

ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA  
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR – SEDE VALLE DE SARTENEJAS

por

Edgar David Hidalgo Martínez

Oliver Ravard Nieto

**RESUMEN**

La presente investigación busca estudiar y rediseñar el sistema de alumbrado público de la Universidad Simón Bolívar.

Para llevar a cabo este proyecto se realizó un trabajo de campo, cuyo objetivo es obtener información referente al estado actual del sistema de alumbrado público en el campus.

Una vez conocida la situación actual, se seleccionan 22 áreas que requieren de una mejora en el sistema de iluminación, bien sea porque no se encontraban bien distribuidas las luminarias o por la ausencia del servicio.

Se elaboró una propuesta de rediseño, que logra mejorar los niveles de iluminación y la eficiencia del servicio.




UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

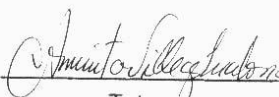
### ACTA FINAL DE PROYECTO DE GRADO


Los abajo firmantes, Profesores de la Universidad Simón Bolívar, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Grado: ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA OSB SARTENEJAS luego de haber conocido el Informe Final y asistido a la exposición oral correspondiente, emitimos el siguiente veredicto:

ESTUDIANTE/S	CARNET N°	CALIFICACION (APROBADO/REPROBADO/INCOMPLETO)
<u>EDGAR HIDALGO</u>	<u>9628540</u>	<u>APROBADO</u>
<u>OLIVER RAMIRO</u>	<u>9628873</u>	<u>APROBADO</u>

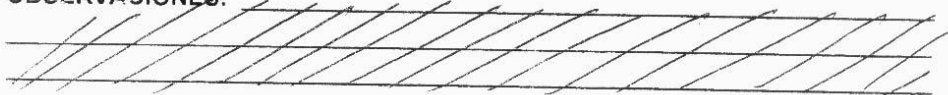
En virtud de lo cual se levanta la presente **ACTA**, en Sartenejas, Baruta a los 16 días del mes de FEBRERO de 2005.

  
Jurado  
PROF. JORGE RAMIREZ


  
Tutor  
PROF. DIANA VILLEGAS

  
Jurado  
PROF. JUAN CARLOS RODRIGUEZ

OBSERVACIONES:



Refrendado:

  
Coordinador Docente de la Carrera  
de Ingeniería Eléctrica



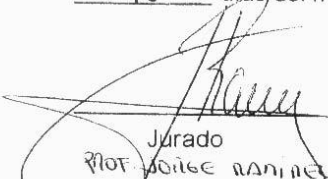
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

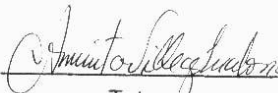
### ACTA FINAL DE PROYECTO DE GRADO


Los abajo firmantes, Profesores de la Universidad Simón Bolívar, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Grado: ESTUDIO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA OSB, SARTENEJAS luego de haber conocido el Informe Final y asistido a la exposición oral correspondiente, emitimos el siguiente veredicto:

ESTUDIANTE/S	CARNET Nº	CALIFICACION (APROBADO/REPROBADO/INCOMPLETO)
<u>EDGAR HIDALGO</u>	<u>9628540</u>	<u>APROBADO</u>
<u>OLIVER RAMÍREZ</u>	<u>9628873</u>	<u>APROBADO</u>
_____	_____	_____

En virtud de lo cual se levanta la presente **ACTA**, en Sartenejas, Baruta a los 16 días del mes de FEBRERO de 2005.

  
Jurado  
PROF. JORGE RAMÍREZ

  
Tutor  
PROF. DIANA VILLEGAS

  
Jurado  
PROF. JUAN CARLOS RODRÍGUEZ

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Refrendado:

  
Coordinador Docente de la Carrera  
de Ingeniería Eléctrica

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CAPÍTULO. Objetivos</b> .....	<b>2</b>
2.1. Objetivo General .....	2
2.2. Objetivos Específicos .....	2
<b>3. CAPÍTULO. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1. Sistema Alumbrado Público</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2. Conceptos Básicos</b> .....	<b>5</b>
<b>3.3. Luminarias de Alumbrado Público</b> .....	<b>9</b>
3.3.1. Clasificación de las Luminarias de Alumbrado Público .....	<b>11</b>
3.3.1.1. Según su característica fotométrica .....	<b>11</b>
3.3.1.2. Según Normas de Seguridad y Protección .....	<b>16</b>
3.3.1.3. Información fotométrica que acompaña a las luminarias de alumbrado público .....	<b>18</b>
3.3.2. Otros Tipos de Clasificación e Información .....	<b>21</b>
<b>3.4. Fuentes de Luz</b> .....	<b>22</b>
<b>3.5. Equipos Auxiliares</b> .....	<b>28</b>

<b>3.6. Normativa Nacional (Norma COVENIN) .....</b>	<b>32</b>
<b>3.7. Criterios de Calidad y Diseño .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7.1. Objetivos de un Sistema de Alumbrado Público .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7.2. Criterios de Calidad .....</b>	<b>39</b>
<b>3.7.2.1. Nivel de Luminancia .....</b>	<b>39</b>
<b>3.7.2.2. Uniformidad de Luminancia .....</b>	<b>40</b>
<b>3.7.2.3. Grado de límite del deslumbramiento .....</b>	<b>41</b>
<b>3.7.2.4. Espectro de la Lámpara .....</b>	<b>43</b>
<b>3.7.2.5. Guía Visual .....</b>	<b>43</b>
<b>3.7.2.6. Otros Criterios de Diseño .....</b>	<b>44</b>
<b>3.7.3. Disposición del Alumbrado Público .....</b>	<b>45</b>
<b>3.7.3.1. Caminos o Tramos Rectos .....</b>	<b>45</b>
<b>3.7.3.2. Autopistas y Caminos con Dos Sentidos de Circulación .....</b>	<b>47</b>
<b>3.7.3.3. Empalme de Caminos .....</b>	<b>48</b>
<b>3.7.3.4. Curvas .....</b>	<b>48</b>
<b>3.7.3.5. Con Vegetación .....</b>	<b>49</b>
<b>3.8. Selección de Conductores .....</b>	<b>50</b>
<b>3.9. Método de los nueve (9) puntos .....</b>	<b>53</b>
<b>4. CAPÍTULO. Metodología Empleada en la Investigación .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1. Situación Actual del Alumbrado Público en la Universidad Simón Bolívar .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2. Caso U.C.V. ....</b>	<b>57</b>
<b>4.3. Levantamiento de la Información de Campo .....</b>	<b>58</b>
<b>4.4. Mediciones .....</b>	<b>59</b>

4.4.1. Sistema de Fotometría Móvil del Laboratorio de Luminotecnia de la EDC .....	59
4.4.2. Método de los nueve (9) puntos, aplicado a las vías de acceso de la Biblioteca .....	63
4.5. Simulaciones (Software de Iluminación) .....	65
5. CAPÍTULO. Estudio Detallado por Áreas .....	66
5.1. Viales: (10 áreas) .....	66
5.1.1. Salida U.S.B. ....	66
5.2. Estacionamientos: (6 áreas) .....	73
5.2.1. Estacionamiento DACE (Formula SAE) .....	73
5.3. Caminerías: (6 áreas) .....	80
5.3.1. Lab. de Electrónica (Lab. C) – FE1 – FE2 .....	80
6. CAPÍTULO. Cómputos Métricos .....	89
6.1. N° de Postes, Reflectores, Luminarias, Cajas de Control, Conductores	89
7. CAPÍTULO. Estimaciones de Costo .....	92
8. CAPÍTULO. Conclusiones y Recomendaciones .....	95
8.1. Conclusiones .....	95
8.2. Recomendaciones .....	98
9. CAPÍTULO. BIBLIOGRAFÍA .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

<b>I.</b>	Índice de rendimiento de acuerdo al tipo de luz artificial .....	<b>8</b>
<b>II.</b>	Clasificación de la C.I.E. de 1965 .....	<b>14</b>
<b>III.</b>	Sistema de clasificación actual, por alcance, apertura y control de deslumbramiento, de la C.I.E. ....	<b>16</b>
<b>IV.</b>	Clasificación IEC 529 (1989) de luminarias de acuerdo a su grado de protección contra polvo .....	<b>17</b>
<b>V.</b>	Clasificación IEC 529 (1989) de luminarias de acuerdo a su grado de protección contra humedad .....	<b>17</b>
<b>VI.</b>	Características más importantes de las lámparas .....	<b>28</b>
<b>VII.</b>	Criterios para la clasificación del alumbrado público .....	<b>32</b>
<b>VIII.</b>	Tipos de alumbrado público .....	<b>33</b>
<b>IX.</b>	Características de clasificación de las vías de tránsito .....	<b>34</b>
<b>X.</b>	Características de iluminación de vías urbanas .....	<b>35</b>
<b>XI.</b>	Arreglos recomendados según el ancho de la vía .....	<b>36</b>
<b>XII.</b>	Separación máxima entre luminarias .....	<b>36</b>
<b>XIII.</b>	Características de iluminación de vías y áreas públicas de circulación de peatones .....	<b>37</b>
<b>XIV.</b>	Características de iluminación en áreas publicas para estacionamientos de vehículos y áreas .....	<b>38</b>
<b>XV.</b>	Escala utilizada para evaluar el deslumbramiento psicológico G .....	<b>43</b>
<b>XVI.</b>	Factor de mantenimiento .....	<b>45</b>

<b>XVII.</b>	Resumen de disposiciones según ancho de la calzada .....	<b>47</b>
<b>XVIII.</b>	Ejemplo de tabla de resultados de método de nueve (9) puntos .....	<b>55</b>
<b>XIX.</b>	Resultados de pruebas de Fotometría Móvil .....	<b>63</b>
<b>XX.</b>	Resumen capacidad instalada actualmente, tramo 4.1.1. ....	<b>68</b>
<b>XXI.</b>	Resumen evaluación fotométrica, tramo 4.1.1. ....	<b>68</b>
<b>XXII.</b>	Resumen capacidad instalada propuesta, tramo 4.1.1. ....	<b>70</b>
<b>XXIII.</b>	Resumen de valores obtenidos con la simulación, tramo 4.1.1. ....	<b>70</b>
<b>XXIV.</b>	Capacidad de distribución en KVA.m para cables monopolares de cobre con aislamiento TW, en ductos no magnéticos para 60 ciclos y 60°C, temperatura del conductor .....	<b>72</b>
<b>XXV.</b>	Cómputos Métricos - Salida U.S.B. ....	<b>73</b>
<b>XXVI.</b>	Resultados con el sistema completo funcionando (2 circuitos), Estacionamiento CB1-MYS .....	<b>77</b>
<b>XXVII.</b>	Resultados con el circuito para pruebas de fórmula SAE desconectado ...	<b>77</b>
<b>XXVIII.</b>	Capacidad de distribución en KVA.m para cables monopolares de cobre con aislamiento TW, en ductos no magnéticos para 60 ciclos y 60 °C, temperatura del conductor .....	<b>79</b>
<b>XXIX.</b>	Cómputos métricos estacionamiento DACE .....	<b>80</b>
<b>XXX.</b>	Cuadro resumen, caminería A .....	<b>84</b>
<b>XXXI.</b>	Resumen de valores obtenidos con la simulación, caminería A .....	<b>85</b>
<b>XXXII.</b>	Datos de instalación para caminería A .....	<b>85</b>
<b>XXXIII.</b>	Capacidad de distribución en KVA.m para cables monopolares de cobre con aislamiento TW, en ductos no magnéticos para 60 ciclos y 60 °C, temperatura del conductor .....	<b>88</b>

<b>XXXIV. Cómputos métricos caminería A .....</b>	<b>88</b>
---	-----------

## **FIGURAS**

<b>1. Concepto de intensidad luminosa .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Luminancia de una superficie .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Partes constitutivas de la luminaria de alumbrado público .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Luminaria simétrica y su curva fotométrica .....</b>	<b>12</b>
<b>5. Luminaria asimétrica y su curva fotométrica .....</b>	<b>12</b>
<b>6. Ejemplos de curvas fotométricas con su clasificación .....</b>	<b>13</b>
<b>7. Grados de alcance y apertura de una luminaria definidos por la C.I.E. ...</b>	<b>15</b>
<b>8. Diagrama de curvas de distribución polar .....</b>	<b>18</b>
<b>9. Diagrama isolux sobre la superficie a iluminar .....</b>	<b>20</b>
<b>10. Curva de factor de utilización .....</b>	<b>21</b>
<b>11. Partes constitutivas y tipos de lámparas incandescentes .....</b>	<b>22</b>
<b>12. Modelos de lámparas halógenas .....</b>	<b>23</b>
<b>13. Principio de funcionamiento de la lámpara fluorescente .....</b>	<b>23</b>
<b>14. Modelos y tipos de de casquillos de lámparas fluorescentes compactas ...</b>	<b>24</b>
<b>15. Partes constitutivas de lámparas de vapor de mercurio de alta presión ....</b>	<b>25</b>
<b>16. Partes constitutivas de lámparas de luz mixta .....</b>	<b>26</b>
<b>17. Partes constitutivas de lámparas de halogenuros metálicos .....</b>	<b>27</b>
<b>18. Partes constitutivas y modelos de lámparas de vapor de sodio de alta presión</b>	<b>27</b>
<b>19. Tipos principales de arrancadores .....</b>	<b>30</b>

<b>20.</b> Diagrama usado para la determinación del valor del condensador para obtener un grado específico de corrección del factor de potencia .....	<b>31</b>
<b>21.</b> Poder revelador RP para un grupo determinado de objetos en la parte más oscura del camino, como una función de la luminancia media de la superficie del camino $L_{med}$ , para una uniformidad total ( $U_0 = 0,4$ ) y una restricción del deslumbramiento $Tl = 7\%$ razonables .....	<b>40</b>
<b>22.</b> Evaluación del alumbrado como una función de la uniformidad longitudinal $U_l$ determinada para caminos principales y secundarios .....	<b>41</b>
<b>23.</b> Uniformidad longitudinal $U_l$ miniaceptable como una función del espaciado de las luminarias para cuatro valores de la luminancia media de la superficie del camino $L_{med}$ .....	<b>41</b>
<b>24.</b> Guía Visual .....	<b>44</b>
<b>25.</b> Disposición unilateral .....	<b>45</b>
<b>26.</b> Disposición tresbolillo o zig-zag .....	<b>46</b>
<b>27.</b> Disposición enfrentada o bilateral pareada .....	<b>46</b>
<b>28.</b> Disposición central de brazos dobles .....	<b>47</b>
<b>29.</b> Disposiciones de alumbrado público para diferentes tipos de empalmes ...	<b>48</b>
<b>30.</b> Disposición en curvas .....	<b>49</b>
<b>31.</b> Criterios de instalación en presencia de vegetación .....	<b>49</b>
<b>32.</b> Criterios de instalación en presencia de vegetación .....	<b>50</b>
<b>33.</b> Circuito de alimentación a una carga .....	<b>51</b>
<b>34.</b> Diagrama vectorial para líneas cortas .....	<b>51</b>
<b>35.</b> Diagrama de los nueve (9) puntos .....	<b>54</b>

<b>36.</b> Diagrama de bloques del sistema portátil para realizar mediciones fotométricas basado en instrumentación virtual .....	<b>61</b>
<b>37.</b> Trayectos realizados para las pruebas de fotometría móvil en la Universidad Simón Bolívar .....	<b>62</b>
<b>38.</b> Estado actual, tramo 4.1.1. ....	<b>66</b>
<b>39.</b> Poste + luminaria ornamental .....	<b>67</b>
<b>40.</b> Luminaria EX-42 Obralux .....	<b>69</b>
<b>41.</b> Instalación propuesta, tramo 4.1.1. ....	<b>69</b>
<b>42.</b> Diagrama unifilar del ramal .....	<b>71</b>
<b>43.</b> Diagrama unifilar del ramal simplificado .....	<b>71</b>
<b>44.</b> Estado actual, estacionamiento A .....	<b>74</b>
<b>45.</b> Instalación propuesta, estacionamiento A .....	<b>76</b>
<b>46.</b> Esquema de los circuitos, estacionamiento A .....	<b>76</b>
<b>47.</b> Esquema de los circuitos con distancias .....	<b>78</b>
<b>48.</b> Estado actual, caminería A .....	<b>81</b>
<b>49.</b> Vista 3-D aérea .....	<b>82</b>
<b>50.</b> Vista superior .....	<b>83</b>
<b>51.</b> Ubicación reflectores propuestos .....	<b>84</b>
<b>52.</b> Curvas isolux de los reflectores instalados propuestos .....	<b>85</b>
<b>53.</b> Diagrama unifilar del Edificio FE1 y FE2 .....	<b>87</b>

## **1. INTRODUCCION**

El presente proyecto consiste en el estudio y rediseño de sistema de Alumbrado Público (AP) del campus de la Universidad Simón Bolívar (U.S.B.), sede Sartenejas. El mismo consta de tres fases, en las cuales se cumplen con los objetivos de la presente investigación.

Como primera fase del proyecto se procedió al levantamiento de todo el sistema que conforma el Alumbrado Público del campus universitario, identificándose los circuitos, cajas de control, puntos de transformación asociados a ese sistema; de igual forma se censaron luminarias de áreas publicas aunque no sean alimentados desde el sistema de Alumbrado Público, en este caso, los reflectores instalados en los edificios y jardines, entre otras áreas.

Posteriormente se procedió a la evaluación de las distintas áreas de tránsito de la universidad -peatonales y vehiculares- para la identificación de las áreas con problemas, las cuales presentaban una iluminación inferior al nivel que garantiza una condición adecuada de la circulación de los usuarios, detectando áreas de oportunidad para generar una propuesta de rediseño que garantice el flujo de peatones y conductores de forma cómoda y segura.

Una vez identificadas estas áreas y tomando en cuenta los criterios de diseño, la normativa venezolana y el aspecto económico, se realizaron las propuestas para la reestructuración del sistema de AP en aquellas zonas que cuenten con él y resulte poco eficiente, así como la instalación en aquellas áreas que carezcan de este servicio.

En este informe se incluye un estudio técnico–económico de las diferentes propuestas presentadas, en las cuales se podrá generar información de uso para futuras investigaciones y ejecuciones, que apoyarán el proceso de toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, las cuales podrán satisfacer de una forma adecuada las necesidades de un ambiente, en el que se pueda asegurar el desarrollo de las actividades de los estudiantes, profesores y empleados, en los espacios abiertos, específicamente en el horario nocturno.

## **2. CAPÍTULO. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General.**

Estudiar y rediseñar el sistema de alumbrado público (A.P.) de la Universidad Simón Bolívar – Sede Valle de Sartenejas

### **2.2. Objetivos Específicos.**

1. Realizar el levantamiento de todo el sistema de A.P. en el campus de la USB que incluye transformadores asociados con ese sistema, ubicación y características de los centros de control, rutas y calibres de los circuitos de A.P. ubicación y características de luminarias de A.P. reflectores en edificios y jardines
2. Evaluar la situación del sistema de alumbrado público actual de la Universidad Simón Bolívar
3. Elaborar la propuesta de rediseño del sistema de alumbrado público de la Universidad Simón Bolívar

### **3. CAPÍTULO. MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1. Sistema de Alumbrado Público**

El alumbrado público tiene como objetivo fundamental la creación de un ambiente visual en las horas nocturnas, que permita una visibilidad clara e identificación precisa de las personas y objetos en las vías transitadas, lo que puede conllevar a una reducción del riesgo de accidentes y puede permitir una mejor supervisión y seguridad en las vías. Además también puede traer como beneficio una mayor y más fácil utilización de los servicios y usos existentes por parte de los ciudadanos, sin riesgos para su seguridad y bienestar.

Objetivos del Alumbrado Público:

- Incremento de la seguridad del personal académico, estudiantil y de los bienes de la U.S.B.
- Aumento de la comodidad de conductores y peatones.
- Mejora del ambiente y exaltación de la imagen de la universidad.
- Crea un ambiente propicio para el desarrollo de labores académicas durante el horario nocturno
- Incremento de las actividades culturales, sociales y deportivas.

Para cumplir este propósito el sistema de alumbrado público debe cumplir tanto aspectos cuantitativos como cualitativos que generen una rápida y confortable visibilidad en las condiciones medio ambientales más adversas.

### 3.2. Conceptos Básicos

#### Flujo Luminoso (Potencia luminosa)

Es una medida para la potencia de una fuente luminosa, a la cual es sensible el ojo humano. Se representa con  $\phi$ , siendo su unidad el lumen (lm).

#### Rendimiento Luminoso (Eficacia luminosa)

Es la relación entre el flujo que emite una fuente luminosa por cada unidad de potencia eléctrica empleada. La ecuación que la define es:

$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad \text{y su unidad es} \quad \left[ \frac{lm}{W} \right]$$

#### Cantidad de luz (Energía luminosa)

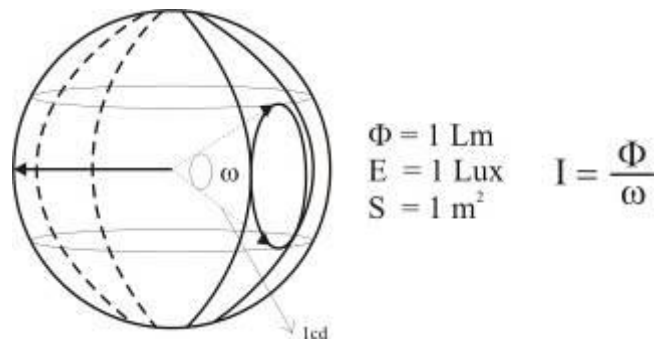
Se denomina como el producto del flujo luminoso por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía lumínica en un espacio de tiempo. La formula que expresa la cantidad de luz es:

$$Q = \phi \cdot t, \quad \text{y su unidad es} \quad [lm \cdot h]$$

#### Intensidad Luminosa

Es la medida para la distribución espacial del flujo luminoso en una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido (Ver Fig. 1). Su símbolo es  $I$  su unidad es la candela

$$\left[ cd = \frac{lm}{sr} \right]$$



**Figura 1. Concepto de intensidad luminosa (15)**

### **Iluminancia (Nivel de Iluminación)**

La relación del flujo luminoso que incide sobre una superficie y el área de la misma, se conoce como iluminancia. El símbolo utilizado es  $E$  y su unidad es el Lux  $\left[ \text{lx} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right]$ , y la fórmula que la expresa:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

### **Luminancia**

La luminancia se define como la relación existente entre la intensidad luminosa y la superficie proyectada verticalmente a la dirección de irradiación (Ver. Fig. 2). Se representa por la letra  $L$ , siendo su unidad el nit:  $\left[ \text{nit} = \frac{\text{1cd}}{\text{1m}^2} \right]$  La ecuación es la siguiente:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \beta}, \text{ } S \cdot \cos \beta = \text{superficie aparente}$$

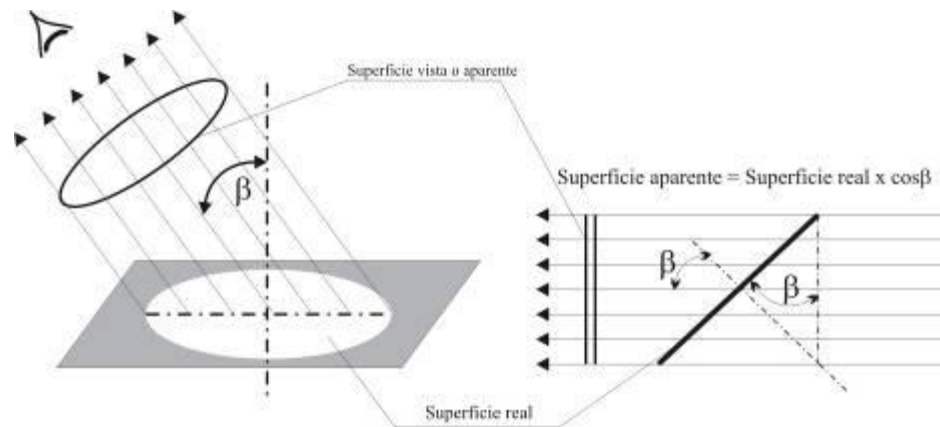


Figura 2. Luminancia de una superficie (15)

### Factor de uniformidad general de iluminancia

Relación entre la iluminación mínima y la media, de una instalación de alumbrado. Su símbolo es **Em** o **U1**, unidad [%], y la expresión que la define es:

$$Em = \frac{E_{\min}}{E_{\text{med}}}$$

### Factor de uniformidad extrema

Es la relación entre la iluminación mínima y máxima, de una instalación de alumbrado.

Tiene como símbolo **Ue** ó **U2**, unidad [%], y la ecuación:

$$Ue = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

### Factor de uniformidad longitudinal

Relación entre la luminancia mínima y máxima longitudinal, de una instalación de alumbrado. El símbolo utilizado es **Ul**, unidad [%], la expresión que la define es:

$$Ul = \frac{L_{\min \text{ longitudinal}}}{L_{\max \text{ longitudinal}}}$$

### Factor de uniformidad general

Relación entre la luminancia mínima y media, de una instalación de alumbrado. Su símbolo es  $U_0$ , unidad [%], su ecuación es:

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_{med}}$$

### Índice del rendimiento del color (IRC) – Reproducción Cromática

El índice del rendimiento del color (IRC), se caracteriza por ser la capacidad que tiene un objeto iluminado de reproducir su color real bajo una fuente de luz. Cuando el espectro de la luz incide sobre un cuerpo generando un color muy similar o idéntico al propio, se dice que su IRC es de valor 100 (muy bueno). A continuación se muestra una tabla comparativa de los índices de reproducción cromática para diferentes tipos de fuentes de luz (Ver Tabla I)

**Tabla I. Índice de rendimiento de acuerdo al tipo de luz artificial (19)**

Fuente de luz artificial	Índice de rendimiento (Ra - IRC)
Lámpara Incandescente	100
Lámpara Luz Mixta	60
Lámpara Mercurio	45 - 60
Lámpara Metal Halide	60 - 97
Lámpara Sodio Alta Presión	21 - 25
Lámpara Sodio Baja Presión	Nulo (monocromático)
Lámpara Fluorescente	65 - 97

### 3.3. Luminarias de alumbrado público

#### Definición

De acuerdo a la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), las luminarias son “Aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación”. (16)

#### Cualidades de las luminarias

Están determinadas por las características que definen cada tipo de luminaria, deben cumplir una serie de requisitos, que tiene como objetivo satisfacer las necesidades de una determinada instalación de alumbrado. Las cualidades que debe tener una luminaria, se dividen en 3 clases (16):

- **Óptica:**
  - Distribución luminosa adaptada a la función que debe realizar.
  - Luminancias reducidas en determinadas direcciones.
  - Buen rendimiento luminoso.
- **Mecánica y eléctrica:**
  - Solidez.
  - Ejecución en un material adecuado a las condiciones de trabajo previstas.
  - Construcción que permita a la lámpara funcionar en condiciones apropiadas de temperatura.
  - Facilidad de montar, desmontar y limpiar.

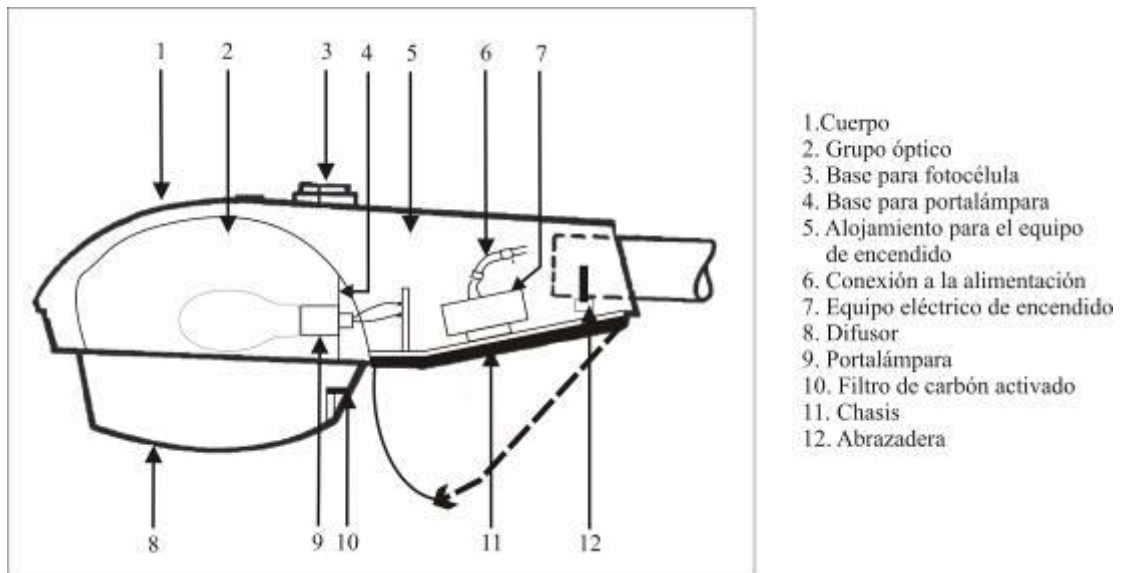
- Cómodo acceso a la lámpara y equipo eléctrico.
- **Estética:** las luminarias apagadas durante el día o encendidas durante la noche, no deben contrastar con el medio ambiente en el cual se incluyen. Se busca minimizar el impacto visual. Estas cualidades son muy utilizadas por los diseñadores y arquitectos en proyectos de embellecimiento de oficinas, centros comerciales y de ciudades.

### **Partes constitutivas**

Los elementos generales que constituyen una luminaria son los siguientes (Ver Fig.3):

- Cuerpo de la luminaria: es el elemento que delimita, contiene y protege todos los componentes de la luminaria. Los materiales comúnmente utilizados para su fabricación son: plancha de acero, acero inoxidable (para ambientes corrosivos), aleación de aluminio, aluminio inyectado (buen acabado), plástico (termoplástico y termofraguado), cerámica y de vidrio (vidrio cal-soda o vidrio de borosilicato).
- Grupo óptico o reflectores: es el componente encargado de ajustar la distribución y dirección de la salida de luz de manera uniforme. Adicionalmente, sirve para ocultar las lámparas de la vista del observador evitando que deslumbren.
- Portalámpara: su función es impedir el contacto directo de la lámpara con los dispositivos de la luminaria que se encuentren bajo tensión. Generalmente, los materiales que se emplean para su construcción son porcelana, gomas de altas temperaturas o plástico.
- Equipo eléctrico (equipo auxiliar de encendido): es el conjunto de dispositivos que conforman el mecanismo para el correcto encendido de las lámparas de descarga.

- Difusor: elemento de cierre o recubrimiento del sistema o grupo óptico. Usualmente, los materiales que lo componen poseen el grado máximo de difusión de luz para la cantidad mínima de absorción.
- Filtro de carbón: aunque no se encuentra presente en todas las luminarias, este dispositivo permite mantener libre de partículas contaminantes el grupo óptico, proporcionando un intercambio de aire entre la parte interna de la luminaria y el medio exterior.



**Figura 3. Partes constitutivas de luminaria de alumbrado público (16)**

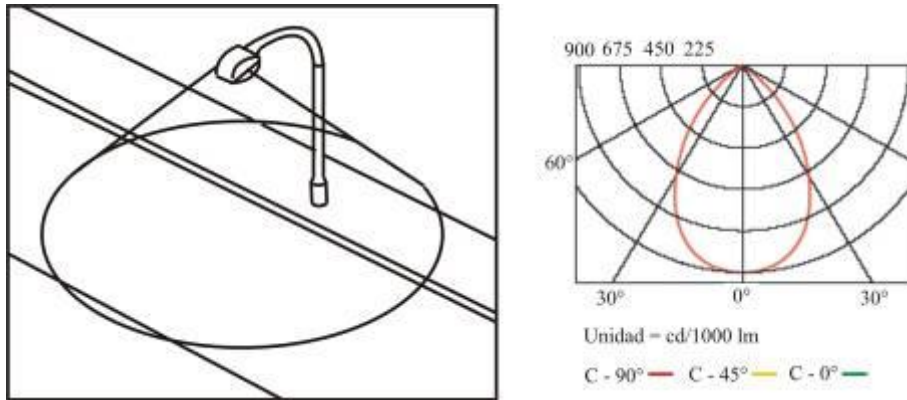
### **3.3.1 Clasificación de las luminarias de alumbrado público:**

#### **3.3.1.1. Según su característica fotométrica:**

Desde el punto de vista óptico, las luminarias de alumbrado público se clasifican según la simetría del flujo en: simétricas y asimétricas (16)

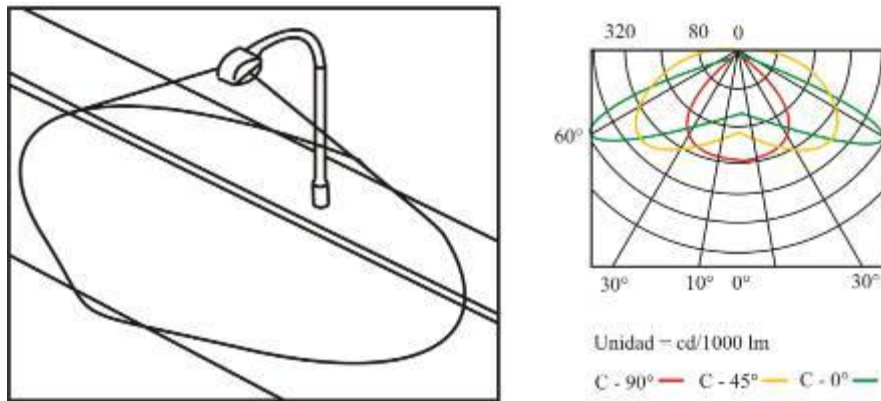
Luminarias de distribución simétricas: en ellas el flujo luminoso se reparte uniformemente respecto al eje de simetría y la distribución espacial de las intensidades luminosas, puede

representarse con una sola curva fotométrica. Por otra parte, se alcanza excelentes niveles de iluminación al pie de la luminaria, sin embargo, en los puntos intermedios entre dos luminarias consecutivas se generan zonas oscuras, produciendo deslumbramiento y poca uniformidad. (Ver Fig. 4)



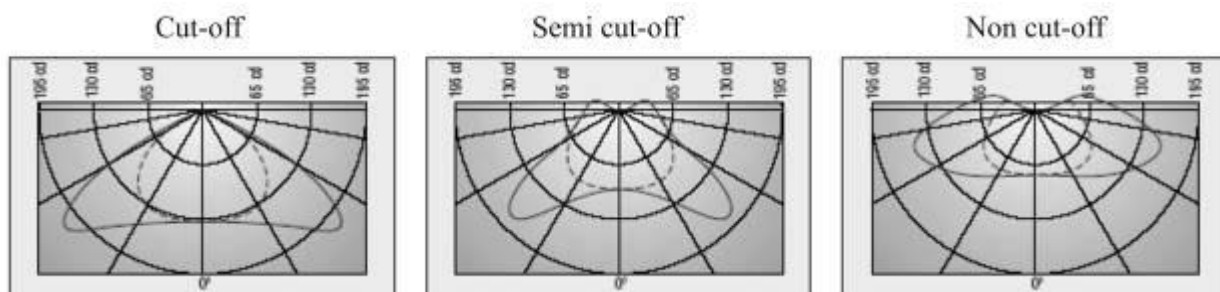
**Figura 4. Luminaria simétrica y su curva fotométrica (16)**

Luminarias de distribución asimétrica: en este tipo de distribución, los valores de las intensidades sólo pueden ser medidos con un sólido fotométrico, ya que la superficie iluminada no presenta ninguna simetría respecto a un eje. La distribución asimétrica permite utilizar el flujo luminoso adecuadamente en el alumbrado de calles, carreteras, autopistas, etc. (Ver Fig.5)



**Figura 5. Luminaria simétrica y su curva fotométrica (16)**

La Comisión Internacional de Iluminación (C.I.E.), en 1965, introdujo un sistema para la clasificación de las luminarias de iluminación vial. Aun cuando ya fue reemplazado recientemente, se sigue utilizando. (16) (Ver Fig. 6 y Tabla II)



**Figura 6. Ejemplos de curvas fotométricas con su clasificación**

- Luminaria Cut – Off: su estructura impide la visión directa de la lámpara, suprime los rayos luminosos que formen con la vertical un ángulo de  $75^\circ$ . Por su tipo de distribución, la zona brillante es más focalizada. Consiguientemente, para mantener un nivel de uniformidad adecuado, se debe reducir la interdistancia entre luminarias.
- Luminaria Semi – Cut - Off: los rayos luminosos son transmitidos hasta un ángulo no mayor de  $80^\circ$  u  $85^\circ$  con la vertical. La zona brillante de este tipo de luminarias, abarca más área hacia los lados que la anterior. En consecuencia, la interdistancia de instalación puede ser mayor.
- Luminaria Non – Cut – Off: su principal desventaja es el alto nivel de deslumbramiento, por ser su dirección de intensidad máxima mayor a  $85^\circ$ . Se determina esta característica, porque esas son las direcciones de luz que influyen perniciosamente en el confort y condición visual del usuario. La zona brillante que se proyecta sobre la calzada, tiene

forma de T, lográndose una mayor extensión a ambos lados del poste. En comparación con las luminarias anteriores, las instalaciones se pueden separar aun más.

**Tabla II. Clasificación de la C.I.E. de 1965 (15)**

Tipo de luminaria	Valor máximo permitido de intensidad emitida a un ángulo de elevación de 80°	Valor máximo permitido de intensidad emitida a un ángulo de elevación de 80°	Dirección de intensidad máxima menor de
Cut - off	30 cd / 1000 lm	10 cd / 1000 lm	65°
Semi cut - off	100 cd / 1000 lm	50 cd / 1000 lm	76°
Non cut - off	Cualquiera	***	***

La nueva clasificación de la C.I.E., que reemplazó la previamente mencionada, se fundamenta en tres propiedades básicas de las luminarias: (15) (17)

1. Alcance de la luminaria: es la extensión que abarca la luz de la luminaria, a lo largo de una calzada. El alcance está definido por el ángulo ( $\gamma_{\max}$ ) que forma el eje del haz con al vertical que va hacia abajo. El eje del haz está definido por la dirección a mitad de camino entre las dos direcciones de 90%  $I_{\max}$  en el plano vertical de intensidad máxima.
2. Apertura de la luminaria: está definida por la posición de la línea, que corre paralela al eje del camino y que apenas toca el lado más alejado del contorno del 90%  $I_{\max}$  en el camino. La posición de ésta línea está definida por el ángulo  $\gamma_{90}$ . (Ver Fig. 7)

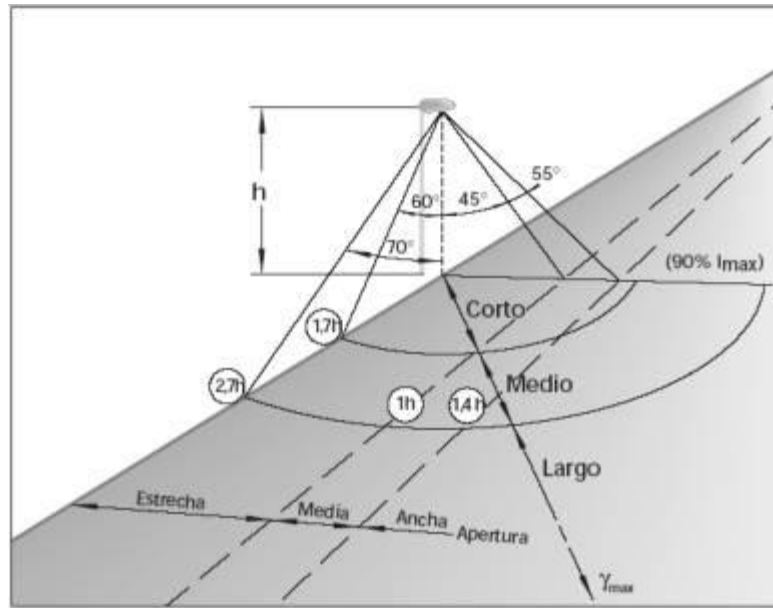


Figura 7. Grados de alcance y apertura de una luminaria definidos por la C.I.E. (15)

3. Control de deslumbramiento: el control está definido por el índice específico de la luminaria, SLI. Este es parte de las marca G (p.46) de control de deslumbramiento que esta determinada solo por la propiedades de la luminaria. (Ver Tabla III)

$$SLI = 13,84 - 3,31 \cdot \log\left(\frac{I_{80}}{I_{88}}\right)^{0,5} - 0,08 \cdot \log\left(\frac{I_{80}}{I_{88}}\right) + 1,29 \cdot \log(F) + C$$

$I_{80}$  = Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 80° en dirección paralela al eje del camino (cd)

$\left(\frac{I_{80}}{I_{88}}\right)$  = Relación entre intensidad luminosa a 80° y 88°

$F$  = Área emisora de luz de las luminarias ( $m^2$ ) proyectadas en la dirección de elevación de 76°

$C$  = Factor de color, variable de acuerdo al tipo de lámpara: sodio de baja presión: + 0,4, otros: 0

**Tabla III. Sistema de clasificación actual, por alcance, apertura y control de deslumbramiento, de la C.I.E.**

(15)

Alcance	Apertura	Control
Corto $\gamma_{\max} < 60^\circ$	Estrecha $\gamma_{\max} < 60^\circ$	Limitado $SLI < 2$
Media $70^\circ \geq \gamma_{\max} \geq 60^\circ$	Media $70^\circ \geq \gamma_{\max} \geq 60^\circ$	Moderado $4 \geq SLI \geq 2$
Largo $\gamma_{\max} > 70^\circ$	Ancha $\gamma_{\max} > 70^\circ$	Estricto $SLI > 4$



### 3.3.1.2. Según normas de seguridad y protección:

La Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC), en 1989, publicó el sistema de clasificación IP (International Protection) (26), el cual cataloga a las luminarias de acuerdo al grado de protección que poseen contra el ingreso de cuerpos extraños, polvo y humedad.

El método de codificación consiste en la identificación del equipo con dos dígitos, el primero indica el grado de protección contra la entrada de elementos sólidos extraños o polvo (en una escala de 0 al 6) y el segundo, el grado de protección que impide la entrada de agua (en una escala de 0 a 8). (Véase Tabla IV)

**Tabla IV. Clasificación IEC 529 (1989) de luminarias de acuerdo a su grado de protección contra polvo (\*)**

(15) (17)

Primer número característico	Breve descripción	Símbolo
0	No protegida.	No tiene
1	Protegida contra objetos sólidos mayores de 50 mm.	No tiene
2	Protegida contra objetos sólidos mayores de 12'5 mm.	No tiene
3	Protegida contra objetos sólidos mayores de 2'5 mm.	No tiene
4	Protegida contra objetos sólidos mayores de 1 mm.	No tiene
5	Protegida contra polvo.	
6	Hermética al polvo.	

**Tabla V. Clasificación IEC 529 (1989) de luminarias de acuerdo a su grado de protección contra humedad. (\*)**

(15) (17)

Segundo número característico	Breve descripción	Símbolo
0	No protegida.	No tiene
1	Protegida contra gotas de agua en caída vertical.	
2	Protegida contra caída de agua verticales con una inclinación máxima de 15° de la envolvente.	No tiene
3	Protegida contra el agua en forma de lluvia fina formando 60° con la vertical como máximo.	
4	Protegida contra proyecciones de agua en todas las direcciones.	
5	Protegida contra chorros de agua en todas las direcciones.	
6	Protegida contra fuertes chorros de agua en todas las direcciones.	No tiene
7	Protegida contra efectos de inmersión temporal en agua.	
8	Protegida contra la inmersión continua en agua.	

(\*) Desde Noviembre de 1982 las estipulaciones, con leves modificaciones, se describen en DIN VDE 0470 parte 1: "Clases de protección en relación con las cubiertas (Código IP)". Este estándar constituye la versión alemana del Estándar Europeo EN 60 529. También fue emitido como publicación de IEC 529 (1989).

### 3.3.1.3. Información fotométrica que acompaña a las luminarias de alumbrado público

**Diagrama de curvas de distribución polar:** estas curvas generalmente se suelen representar la intensidad luminosa en cualquier dirección, para sistemas de coordenadas  $C-\gamma$  (GM) (Ver Fig.

8). Como existen infinitos, se dan en general tres planos C representados, que son: (15)

- El plano transversal ( $C=90^\circ$  y  $C=270^\circ$ ). Este plano sería, en una luminaria para la iluminación viaria, perpendicular aleje de la carretera.
- El plano longitudinal ( $C=0^\circ$  y  $C=180^\circ$ ). Este plano sería, en una luminaria para la iluminación viaria, paralelo al eje de la carretera.
- El plano donde se encuentra la intensidad máxima. Este plano generalmente es denominado plano vertical principal. ( $C=45^\circ$ )

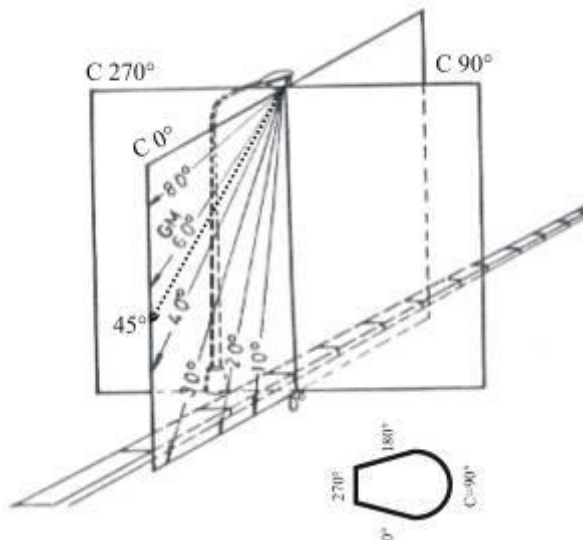


Figura 8. Diagrama de curvas de distribución polar (24)

Las curvas de distribución polar están definidas en **cd** por 1000 lúmenes de flujo emitido por la lámpara y se representa por cd/1000lm o cd/Klm. Estas curvas las proveen los fabricantes de las luminarias y lámparas. Entre sus aplicaciones, se encuentra, el determinar los coeficientes de utilización para calcular el nivel de iluminación promedio sobre un área en general.

**Diagrama de curvas isolux o isoluminancia:** conocer las iluminancias sobre la superficie de la calzada y la distribución total de las luminarias, son dos aspectos de gran importancia al momento de desarrollar un proyecto de alumbrado. Las curvas isolux, contenidas en las hojas fotométricas, facilitan la determinación de estos datos. Los valores de cada línea isolux se dan en porcentajes de  $E_{\max}$ , la más alta alcanza el 100%. La cuadrícula sobre la cual están dibujadas las líneas isolux está dimensionada en términos de la altura de montaje  $h$  de la luminaria. Debajo del diagrama se indica un factor para la luminaria en uso ( $fl$  ó  $\phi$ ), que es facilitada por el fabricante, (Ver Fig. 9). La iluminancia máxima se calcula mediante la siguiente expresión: (15) (16)

$$E_{\max} = \frac{fl \cdot \phi}{h^2}, \text{ donde } fl = \text{factor de la luminaria en uso}$$

$\phi$  = flujo luminoso de la lámpara

$h$  = altura del montaje

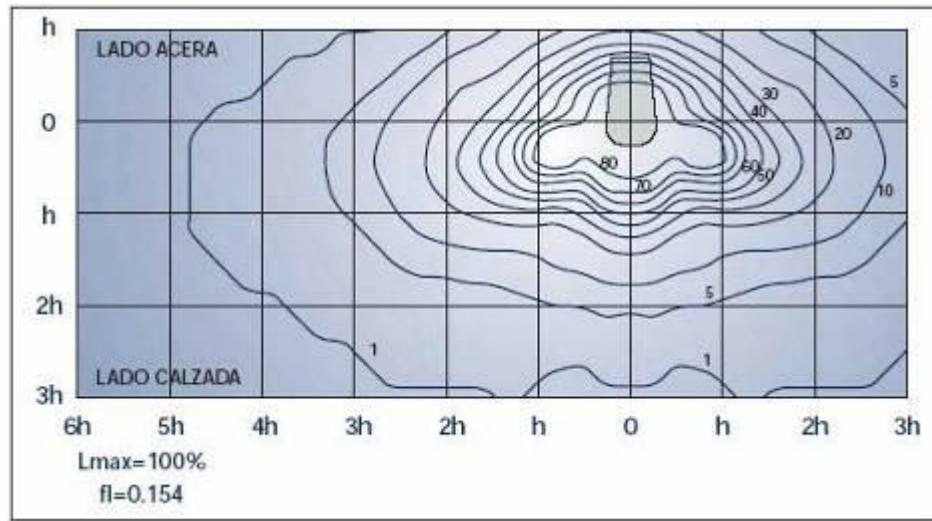


Figura 9. Diagrama isolux sobre la superficie a iluminar (15)

**Factor de utilización:** se conoce como la relación entre el flujo luminoso recibido sobre la calzada y el flujo total de la luminaria. Las curvas del factor de utilización para una luminaria se dan como una función de las distancias transversales, medidas en términos de  $h$  (altura de montaje) sobre la superficie del camino, desde el centro de la luminaria hasta cada una de las dos curvas. Entre sus aplicaciones, se encuentra el cálculo de la iluminancia media  $E_{med}$  de un camino recto de longitud infinita. (Ver Fig. 10) (15) (17)

$$E_{med} = \frac{(\eta \cdot \phi \cdot n)}{(w \cdot s)}, \text{ donde } \eta = \square \text{ factor de utilización,}$$

$\phi = \square$  flujo luminoso de la lámpara,

$n =$  número de lámparas,

$w =$  ancho de la vía,

$s =$  interdistancia entre luminarias

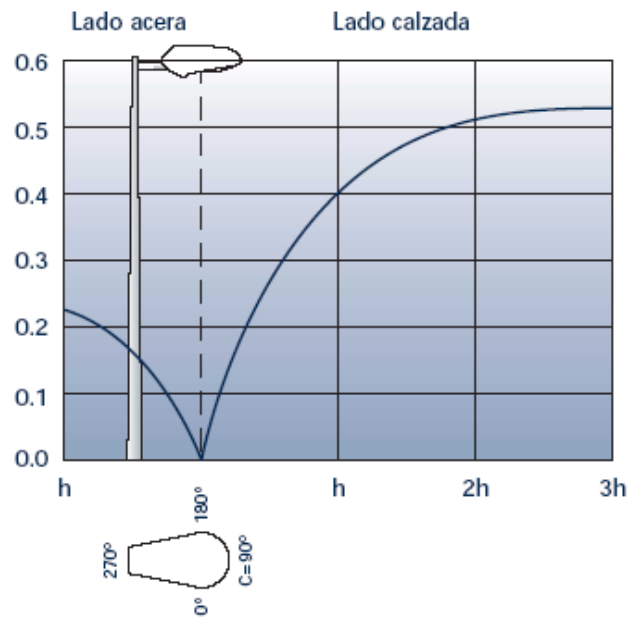


Figura 10. Curva de factor de utilización (15)

### 3.3.2 Otros tipos de clasificaciones e información

#### Clasificación

- Clasificación por el I.E.S.N.A.
- Clasificación de acuerdo a su curva horizontal o lateral
- Clasificación empleada por el B.S.I.

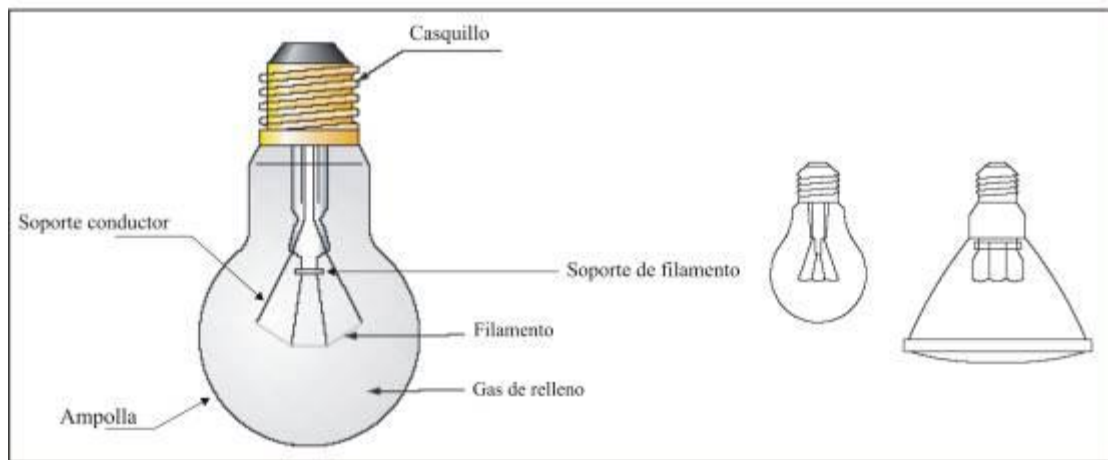
#### Información

- Diagrama Isocandela
- Diagrama isoluminancia
- Rendimiento en luminancias
- Clasificación de la luminaria por el grado de protección contra contactos eléctricos
-

### 3.4. Fuentes de Luz.

#### Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente funciona como un radiador térmico: un filamento de tungsteno, al ser una elevada resistencia eléctrica, se calienta cuando circula corriente eléctrica a través de él, convirtiendo la energía eléctrica en energía de radiación, una parte de la cual es visible como luz. Su desventaja es la baja eficacia luminosa y su duración de vida relativamente corta. Por otro lado, tiene una excelente reproducción cromática. (Ver Fig. 11)

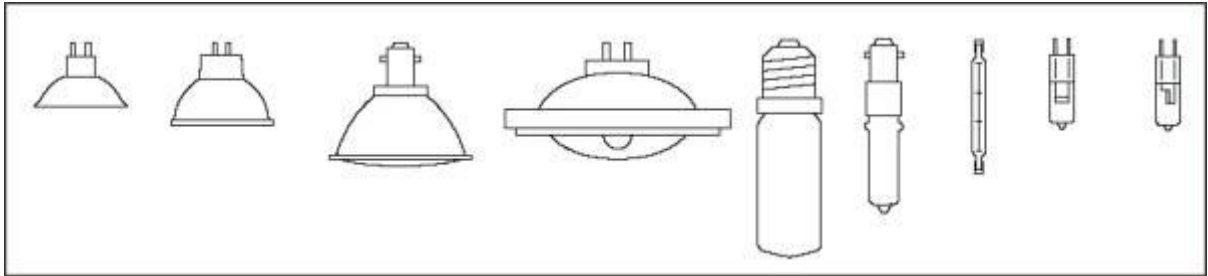


**Figura 11. Partes constitutivas y tipos de lámparas incandescentes (15) (18)**

#### Lámparas halógenas

Su principio de funcionamiento es similar al de las lámparas incandescentes, con la diferencia, que para evitar la pérdida de material del filamento, se aplica la técnica de la adición de halógenos para el llenado de gas. Entre sus ventajas con respecto a las lámparas

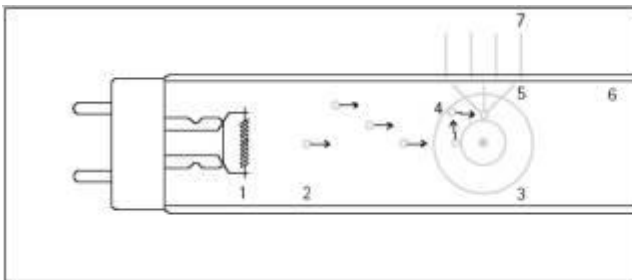
incandescentes están: mayor durabilidad, mayor eficiencia luminosa y menor tamaño. (Ver Fig.12)



**Figura 12. Modelos de lámparas halógenas (18)**

### Lámparas fluorescentes

Es una lámpara de descarga que trabaja con vapor de mercurio de baja presión. El interior del tubo de descarga está recubierto con sustancias emisoras fluorescentes, que transforman la radiación ultravioleta, que emite el vapor, en luz visible. Para su encendido, es necesario el uso de un balasto y un cebador. Entre sus características, se destacan: una vida útil elevada, una buena reproducción cromática y bajo consumo de energía. (Ver Fig. 13)



Los electrones (2) que salen del electrodo (1) impactan con los átomos de mercurio (3). Con ello se estimulan los electrones del átomo de mercurio (4), que emiten entonces la radiación-UV (5). La radiación-UV se transforma en luz visible (7) a través del recubrimiento fluorescente (6).

**Figura 13. Principio de funcionamiento lámpara fluorescente (18)**

### Lámparas fluorescentes compactas

Estas lámparas tienen en principio las mismas propiedades y modo de funcionar de las lámparas fluorescentes convencionales. Una elevada eficacia luminosa y una larga duración de vida las caracterizan. No obstante, su potencia luminosa es limitada, debido al pequeño volumen del tubo de descarga. Algunas vienen equipadas con cebador y/o reactancia electrónica, según el tipo de casquillo. Dentro de este tipo de fuente de luz, se encuentran las lámparas de ahorro energético, las cuales ofrecen un desempeño similar a las fluorescentes convencionales, pero su consumo energético es entre un 60%-80% menor. (Ver Fig. 14)

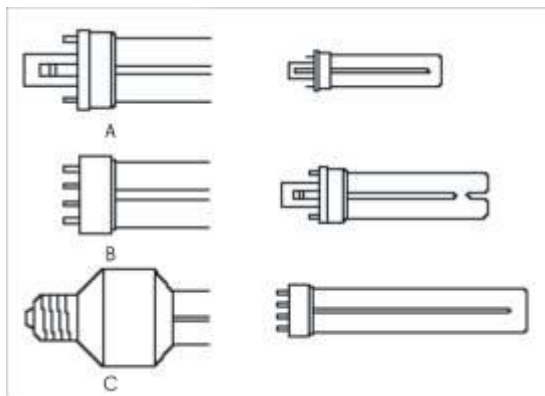
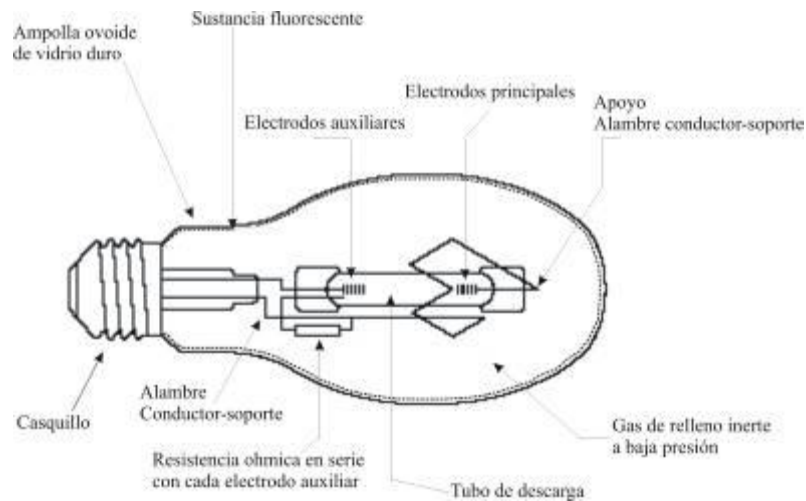


Figura 14. Modelos y tipos de casquillos de lámparas fluorescentes compactas (18)

### Lámpara de vapor de mercurio de alta presión

Son aquellas lámparas que disponen de un tubo de descarga corto de vidrio de cuarzo, que contiene una mezcla de gas noble y mercurio. En ambos extremos del tubo están dispuestos los electrodos, muy cerca de uno de los cuales se encuentra un electrodo auxiliar adicional para el encendido de la lámpara, lo que hace innecesaria la presencia de un cebador. No obstante, para su funcionamiento es imprescindible el uso de un balasto y un condensador para mejorar su factor

de potencia. Tiene una eficacia luminosa menor que las lámparas fluorescentes y compactas, sin embargo, su promedio de vida útil llega a ser hasta el doble en comparación con las fuentes de luz antes mencionadas (Ver Tabla V, p.34). Por ser una fuente luminosa compacta, su luz se puede orientar con medios ópticos. La luz de estas lámparas tiene un color blanco azulado. (Ver Fig. 15)

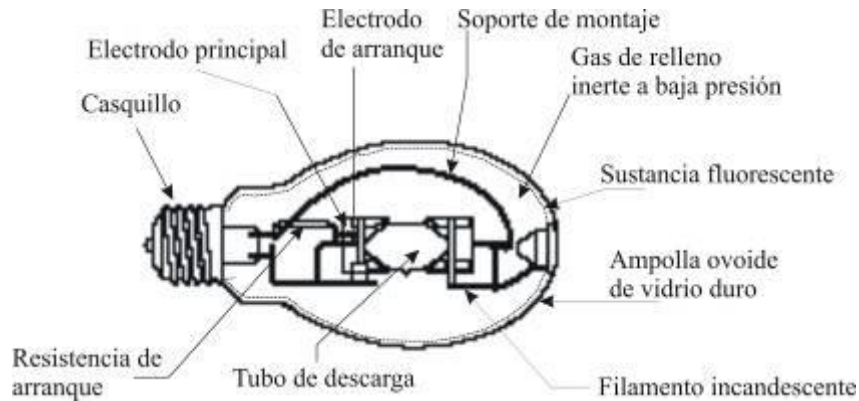


**Figura 15. Partes constitutivas de lámpara de vapor de mercurio de alta presión (8) (18)**

### **Lámparas de luz mixta**

Las lámparas de luz mixta derivan, en su estructura, a las de vapor de mercurio de alta presión, pero disponen de un filamento incandescente adicional, conectado en serie con el tubo de descarga. El uso de balasto es innecesario, debido a que el filamento juega el papel de un limitador de corriente. Generalmente, las lámparas están provistas de sustancias luminosas adicionales para la mejora del color de la luz y la eficacia luminosa, Entre sus ventajas, se encuentran que pueden conectarse directamente a la red, debido a que no poseen un equipo

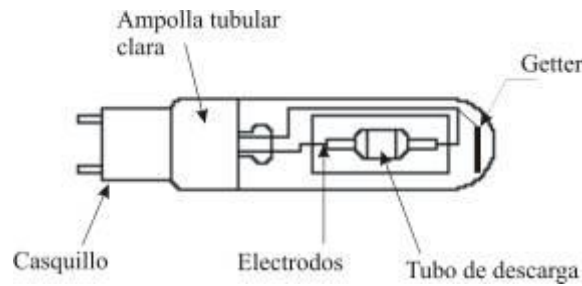
auxiliar de encendido (balasto, ignitor, condensador) y tienen una vida útil similar las lámparas de mercurio de alta presión. (Ver Fig. 16)



**Figura 16. Partes constitutivas de lámpara de luz mixta (8) (16)**

### **Lámparas de halogenuros metálicos (Metal Halide)**

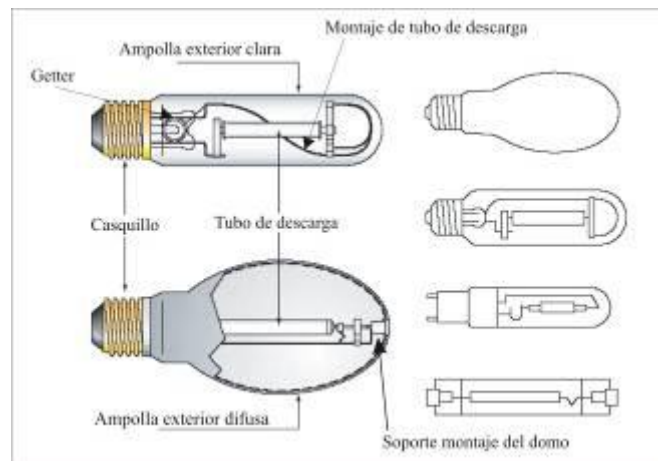
Se conoce que la tecnología de estas lámparas fue posterior a las de vapor de mercurio de alta presión, por ende, su similitud en construcción y funcionamiento. La característica que los diferencia es, la presencia de halogenuros metálicos además del mercurio. Debido a la inserción de estos componentes, se aumenta la eficacia luminosa, mejorando considerablemente la reproducción cromática de los objetos iluminados. No obstante, debido a la presencia de halógenos dentro de la lámpara, no puede hacerse uso de electrodos auxiliares como dispositivos de encendido. Por ello, estas lámparas utilizan balasto, ignitor y condensador. (Ver Fig. 17)



**Figura 17. Partes constitutivas de lámpara de halogenuros metálicos (18)**

### **Lámparas de vapor de sodio de alta presión**

Tienen como característica principal la presencia de un exceso de sodio, en el tubo de descarga, para garantizar un espectro casi continuado, que mejora las propiedades de reproducción de color. Este tipo de bombillo se considera como prioridad en los criterios de diseño para iluminación de exteriores, en relación a las fuentes de luz de metal halide y mercurio de alta presión, por su capacidad de acentuar los objetos iluminados y su prolongada vida útil (Ver Tabla V, p 34). Para el encendido de las lámparas, es necesario el uso de equipos auxiliares (balasto, arrancador o ignitor y un condensador). La luz que produce los bombillos es de color amarillento y puede variar hasta blanco cálido. (Ver Fig. 18)



**Figura 18. Partes constitutivas y modelos de lámparas de vapor de sodio de alta presión (15) (18)**

**Tabla VI. Características más importantes de las lámparas (15)**

Tipo de Lámpara		Temperatura de Color (°K)	Eficacia luminosa (lm/W)	Promedio de vida útil (horas)	Tiempo de encendido (min)
Incandescentes	Con gas	2500	10. - 20	1.000	-
	Al vacío	2100	7,5 - 11	1.000	-
Halógenas		3100	18 - 22	2.000	-
Fluorescentes		4100	38 - 91 (*)	12.500	2 - 3 seg
Compactas		2700 - 4100	50 - 82	10.000	1 seg
Mercurio Alta Presión		4000 - 4500	40 - 63 (*)	24.000	5 - 7 min
Metal Halide		4800 - 6500	75 - 95 (*)	12.000	4 - 6 min
Luz Mixta		3600	19 - 28 (*)	12.000	3 - 4 min
Sodio Baja Presión		1800	100 - 183 (*)	18.000	2 - 4 min
Sodio Alta Presión		2100	70 - 130 (*)	24.000	3 - 4 min

(\*) Utilizan equipos auxiliares (Balastos, Condensadores e Ignitores)

### 3.5. Equipos Auxiliares (Equipos de estabilización y control)

En el servicio de instalaciones de iluminación se requieren a menudo equipos adicionales, que son necesarios para el funcionamiento de numerosos tipos de lámparas de descarga. Los dispositivos que conforman el equipo de encendido de una lámpara de descarga son los siguientes:

- Balastos
- Arrancador (Ignitor)
- Condensadores

#### Balastos

Es un dispositivo diseñado para el debido funcionamiento de las lámparas de descarga, ya que los bombillos de este tipo no pueden ser conectados directamente al voltaje de alimentación. En algunos casos, vienen integrados en la lámpara, por ejemplo, las fuentes de luz mixta. Entre sus características, se encuentran (17) (18):

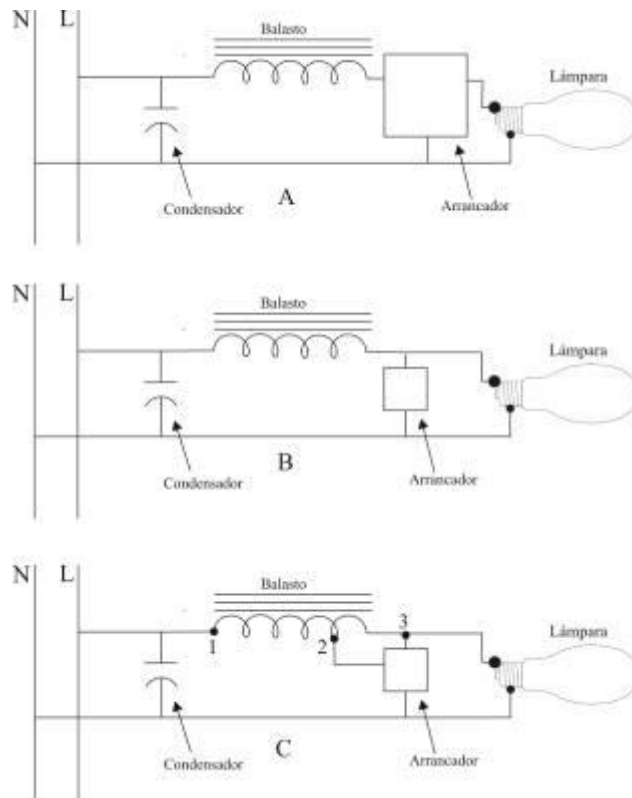
- Los equipos de estabilización, que aparte de su función como limitadores de corriente, se ocupan del encendido y de un funcionamiento más efectivo de la lámpara.
- Posibilitan el reencendido inmediato de las lámparas después de cortes de servicio eléctrico
- Su factor de potencia se aproxima a la unidad.
- Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema. Al mismo tiempo, se reducen las pérdidas en el equipo.

### **Arrancador (Ignitores)**

Debido a la tensión que maneja el balasto, la cual no es suficiente para el encendido de una lámpara de descarga, se hace uso del arrancador o ignitor. Su función es producir el pico de tensión necesario para el encendido de una lámpara de descarga de alta intensidad (HID), que la red que lo alimenta no es capaz de proporcionar. Este pulso de energía variará en amplitud, forma y frecuencia, para garantizar el encendido de cada tipo de lámpara.

Existen 3 tipos principales de arrancadores (15) (Ver Fig. 19):

- Serie (A)
- Paralelo (B)
- Semi-Paralelo (C)



**Figura 19. Tipos principales de arrancadores**

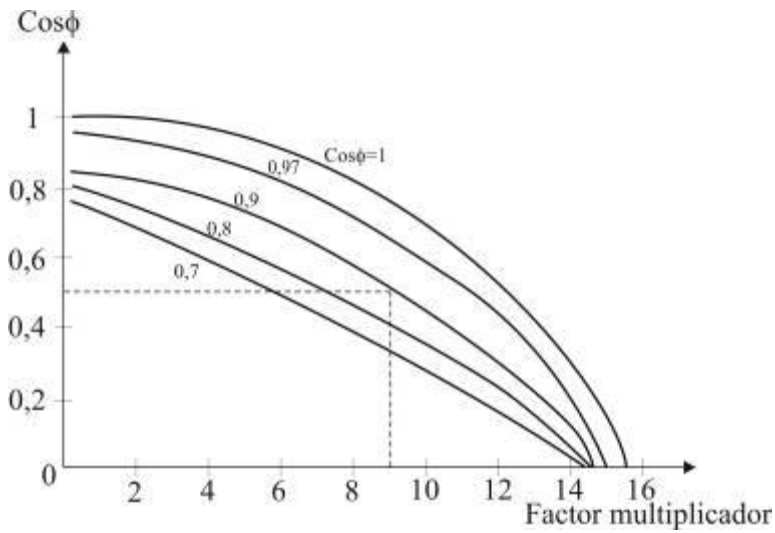
## Condensadores

En general, los balastos utilizados son de tipo inductivo y su factor de potencia tiene un valor alrededor de 0,5. Las normas especifican que un equipo (balasto-lámpara) debería tener un factor de potencia mayor o igual a 0,85 (16). Por lo tanto, para aumentar y corregir dicho valor, se conecta uno o un grupo de condensadores, según sea el caso, en paralelo al circuito de entrada de la lámpara. Cuanto más próximo a la unidad sea el factor de potencia, mayor utilización se estará haciendo de la energía tomada de la red.

A través del diagrama que se muestra en la figura 17, se puede determinar de forma práctica el valor del condensador necesario para elevar un circuito a un determinado factor de potencia. Por ejemplo, si se tiene una lámpara con las siguientes especificaciones (16):

- Corriente de lámpara: 1,5 A
- f.p. sin corrección = 0,5
- f.p. a obtener = 0,9
- $C = \text{corriente.de.lámpara} \times \text{factor.de.corrección.}(\mu F)(*)$

Con estos valores se procede a localizar el f.p sin corrección en el eje vertical, se dibuja una línea horizontal hasta el punto donde corte con la curva que representa el valor f.p. a obtener = 0,9. De ese punto, se traza una línea que corte perpendicularmente al eje horizontal (Ver Fig. 20). Una vez obtenido el factor de multiplicador, se sustituye en la fórmula (\*) obteniendo el valor del condensador.



**Figura 20. Diagrama usado para la determinación del valor del condensador necesario para obtener un grado específico de corrección del factor de potencia (16)**

### 3.6. Normativa Nacional (Norma COVENIN)

Al comenzar el diseño de un sistema de alumbrado público para cualquier área es necesario conocer los niveles mínimos de iluminancia, luminancia y uniformidad que la normativa venezolana establece. Para tal fin se consulta la norma COVENIN 3290:1997 (35) que establece los lineamientos necesarios para la elaboración de proyectos de Alumbrado Público. Igualmente plantea recomendaciones generales con el fin de lograr los niveles de iluminación de acuerdo con el tipo de zona y de vía, así como la selección de la disposición de las luminarias en la misma.

La norma parte del criterio que vías de características similares pueden iluminarse de la misma forma, por lo que clasifica las vías según la velocidad y el volumen del tráfico que circulan en ella. La tabla VII plantea los criterios para esta clasificación, siguiendo la misma se puede clasificar el tráfico nocturno en el campus de la USB como reducido según la velocidad de tráfico y muy reducido según el volumen del mismo.

**Tabla VII. Criterios para la clasificación del alumbrado público (35)**

	Según la velocidad de tráfico	Según el Volumen de tráfico
Muy importante	Mayor de 90 Km/h	Mayor de 1000 veh/h
Importante	Entre 60 y 90 Km/h	Entre 500 y 1000 veh/h
Media	Entre 30 y 60 Km/h	Entre 250 y 500 veh/h
Reducida	Menor a 30 Km/h	Entre 100 y 250 veh/h
Muy reducido	Al paso	Menos de 100 veh/h

Partiendo de esto y tomando en cuenta que la norma sólo considera cuatro tipos de calidad de iluminación de vías, las cuales son A1, A2, B1 y B2 se puede escoger el tipo de iluminación que mejor se adapta a las condiciones presentes en las vías de la USB. La clasificación según el

tipo de iluminación se presenta en la tabla VIII, según la cual se puede clasificar las vías de la universidad como tipo IV (B1), que si bien no cumplen con todas las características de este tipo es el que mejor se adapta a las condiciones de las vías en estudio.

**Tabla VIII. Tipos de alumbrado público (35)**

Tipo	Criterio	Muy Importante	Importante	Medio	Reducido	Muy Reducido
I (A1)	Velocidad de Circulación					
	Volumen de Tránsito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de Colores					
II (A2)	Velocidad de Circulación					
	Volumen de Tránsito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de Colores					
III (A3)	Velocidad de Circulación					
	Volumen de Tránsito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de Colores					
IV (A4)	Velocidad de Circulación					
	Volumen de Tránsito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de Colores					
V (B2)	Velocidad de Circulación					
	Volumen de Tránsito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de Colores					

La tabla IX presenta el detalle de las características de las vías con menor volumen de tránsito vehicular, se observa que las características de las vías secundarias y las vías locales son muy similares, cuya principal diferencia es la consideración que tiene ante el tráfico de peatones y la reproducción del color como se mostró en la tabla VIII.

**Tabla IX. Características de clasificación de las vías de tránsito (35)**

Criterio		Vías secundarias (B1)	Vías locales (B2)
U S O	Tránsito	Local principal	Local secundario
	Velocidad de circulación	Menos de 45 Km./h	Menos de 40 Km./h
	Longitud del tramo principal	Menos de 1,5 Km.	Menos de 0,8 Km.
A C C E S O	Volumen de tránsito	Alto o bajo	Bajo
	Control	Ninguno	Ninguno
	Cruce con calles secundarias	a nivel	a nivel
	Cruce con calles principales	Intercepción a nivel	Intercepción a nivel
	Control de tráfico para cruce o giro a nivel	Señales de pare o semáforos	Señales de pare generalmente
	Tipo de acceso	Normal o con ensanchamiento	Normal
	Vías laterales	Normalmente	No
	Isla central	Normalmente no	No
	Central de cruce de peatones	Paso de peatones	A veces paso de peatones
	Canal de estacionamiento	Posible	Posible
	Hombrillo	No	No
Distancia de visibilidad	60 m	50 m	

Una vez definida la calidad de iluminación necesaria para el área se debe determinar el tipo de zona para poder establecer los niveles mínimos de luminancia e iluminancia. Particularmente a la universidad se le puede clasificar como tipo C (Residencial) debido al número escaso de peatones y vehículos.

Luego de determinar este parámetro se consulta la norma para ubicar los niveles mínimos de diseño que regirán el proyecto de alumbrado de las vías de tráfico vehicular en el campo universitario. En la tabla X, se observan los niveles mínimos recomendados para las distintas

áreas. Esta establece la luminancia media y sus niveles de uniformidad (media, general y longitudinal), así como la iluminancia media y los niveles de uniformidad (media y general).

**Tabla X. Características de iluminación de vías urbanas. (35)**

Clasificación			Luminancia				Iluminancia			Índice de deslumbramiento
Calidad de iluminación	Tipo de vía	Tipo de zona	Lm (cd/m <sup>2</sup> )	Um	Ug	Ul	Em (lux)	U1	U2	
A1	Autopistas	Todas	2	0,4	0,3	0,7	25-30	0,4	0,3	7
	Vías expresas									
A2	Vías principales y Recolectoras	A	2	0,4	0,3	0,7	25-30	0,4	0,3	7
		B					20-25			
		C	1,8	0,33	0,25		15-20	0,3	0,3	6
B1	Vías secundarias	A	1,5	0,33	0,25	0,6	15-20	0,3	0,2	5
		B					15			
		C	1	0,3	0,2		10	0,3	0,2	
B2	Vías locales	A	-	-	-	-	Oct-15	0,3	0,2	5
		B					10			
		C	6	0,3	0,1					

Nota: Los valores indicados en esta tabla son valores mínimos recomendados con factores de mantenimiento de 0.8 y para pavimentos claros. En caso de pavimentos oscuros deben suministrarse los valores de L y E en un 30% al menos.  
 Ug: Uniformidad general  
 Um: Uniformidad media  
 Ul: Uniformidad longitudinal

En la tabla anterior se resaltan los niveles que serán utilizados como referencia para el diseño de las propuestas en las áreas de tránsito vehicular de la USB.

Adicionalmente, la norma también presenta una tabla que especifica los arreglos recomendados según el ancho de la vía (Tabla XI) y otra en la cual se establecen como referencia las inter- distancias máximas dependiendo de la altura de montaje de las luminarias (Tabla XII), estos criterios serán tomados en cuenta para la evaluación del sistemas existente y posteriormente para la elaboración de las propuestas de rediseño.

Tabla XI. Arreglos recomendados según el ancho de la calzada (35)

Ancho de la calzada (A) en múltiplos de la altura de montaje (H)	Arreglo recomendado	
$A \leq H$ (ver nota 1)	Central	4
$A \geq H$ (ver nota 2)	Unilateral	1
$H < A \leq 1,5*H$	Tresbolillo	3
$A > 1,5*H$	Bilateral opuesta	2

Notas:

- 1) En vías muy urbanizadas este arreglo puede ser el más recomendado, en vías anchas es imprescindible
- 2) Este arreglo resulta prácticamente obligado cuando se hace uso de postes de distribución en líneas aéreas

Tabla XII. Separación máxima entre luminarias (35)

Tipo de distribución longitudinal de la luminaria	Relación entre la ínter distancia y la altura de montaje
Corta y muy corta	4 : 1
Media	4,5 : 1
Larga	5 : 1

Nota: Esta tabla solo sirve como guía indicadora, la ínterdistancia se debe determinar de acuerdo con las características de iluminación.

Las áreas de caminerías son estudiadas por medio de la tabla XIII en donde se observa la clasificación de las mismas considerando el tipo de área y de zona. En esta se resaltan los niveles que se tomaron como referencia para el diseño de la iluminación de las caminerías en el campus.

Tabla XIII. Características de iluminación de vías y áreas públicas de circulación de peatones (35)

Calidad de iluminación	ÁREA			Em (lux)	U1
	Uso	Tipo	Zona		
C1	Vías de peatones	Acera	A1	15	0,2-0,3
			B2	10	0,2
			C3	5	0,2
		Veredas	A1	25	0,2
			B2	15	
			C3	10	
		Puentes y pasarelas	A1	25	0,2
			B2	15	
			C3	10	
		Túneles y pasajes cubiertos	A1	80	0,2
			B2		
			C3		
C2	Parques y plazas	Área de circulación	A1	25	0,15
			B2	15	
			C3		
		Zona verde accesible		10	
C3	Terminales de pasajeros	Pasajeros y carga		250 220	0,2
		Vías		25	0,2

Finalmente el tercer tipo de área en estudio son los estacionamientos de la universidad para los cuales se hace referencia a la tabla XIV, donde se establecen los niveles mínimos de iluminancia y de uniformidad media, para estacionamientos exteriores sin acomodadores. Estos serán utilizados como referencia para el diseño de los sistemas de iluminación para las estas áreas.

Tabla XIV. Características de iluminación en áreas públicas para estacionamientos de vehículos y áreas (35)

Calidad de Iluminación	Tipo de área		Em (lux)	U1	
D1	Estacionamiento	Exterior	Con acomodador	25	0,2
			Sin acomodador	15	0,2
	(ver nota 1)	Interior	Entradas (nota 3)	550	0,2
			Circulacion	120	0,15
D2	Estación de servicio y miradores (ver nota 4)	Accesos y salidas (ver nota 1)		20 (40)	0,2
		Vias		20 (60)	0,15
		Isla de la bomba		250 (350)	0,2
		Zona de servicio		35 (75)	0,2
		Fachadas de edificios si no son de vidrios (ver nota 2)		110 (320)	0,2
					0,2
D3	Plazas de peaje	Cabinas		350	0,2
		Zona de pago		250	0,2
		Zona de acceso		30	0,15
D4	Alcabalas	Zona de control		150	0,2
		Zona de acceso		25	0,15

Notas:

- 1) Los accesos y salidas deben tener un nivel igual a 2 veces el de la vía en que se encuentren.
- 2) Iluminancia vertical.
- 3) Este nivel es el mínimo recomendado para el puesto de control; en la entrada se deben tomar las medidas necesarias para evitar el efecto de entrada oscura.
- 4) Los valores entre paréntesis se deben usar cuando los alrededores estén iluminados, los otros cuando no lo están.

### 3.7. Criterios de Calidad y Diseño

#### 3.7.1 Objetivos de un Sistema de Alumbrado Público

En la actualidad, la función de una instalación del alumbrado público es brindar al usuario las condiciones visuales necesarias que permitan una visión rápida, segura y confortable. (16)

Un sistema de iluminación adecuado debe proporcionar tanto para conductores como peatones, la visibilidad suficiente que garantice su seguridad y confort. Asimismo, está destinado

a aumentar la comodidad del peatón, al brindarle un ambiente óptimo, que facilite una circulación clara y agradable.

Un sistema de alumbrado público cubre 4 importantes necesidades que son: (16)

1. Movimiento seguro del tráfico.
2. Seguridad Personal.
3. Ambiente cómodo y placentero.
4. Imagen de una ciudad.

### **3.7.2 Criterios de Calidad**

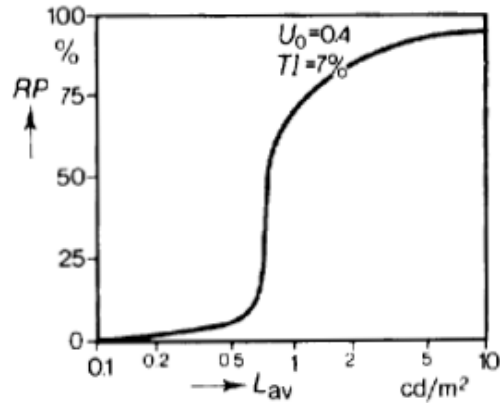
Los criterios de calidad más importantes en un sistema de alumbrado, desde el punto de vista de confort y capacidad visual, son: (17)

- Nivel de luminancia.
- Uniformidad de luminancia
- Grado de límite del deslumbramiento.
- Espectro de la lámpara.
- Efectividad de la guía visual.

#### **3.7.2.1. Nivel de luminancia**

El nivel de luminancia sobre una calzada influye directamente sobre la capacidad visual del conductor, debido a que se ve alterada la sensibilidad a los contrastes del ojo del conductor y sobre el contraste de los obstáculos, en la carretera con respecto a su fondo. La variación de la

luminancia, influye en la percepción de los objetos, definido como: RP – Revealing Power, que es el porcentaje de detección de objetos en vía. (Ver Fig. 21) (17)



**Figura 21. Poder revelador RP para un grupo determinado de objetos en la parte más oscura del camino, como una función de la luminancia media de la superficie del camino  $L_{med}$ , para una uniformidad total ( $U_0 = 0,4$ ) y una restricción del deslumbramiento**

### 3.7.2.2. Uniformidad de la Luminancia

El factor de uniformidad ( $U_b$ ), que rige el criterio de uniformidad con respecto a la capacidad visual. Según la fig. 22, es la relación entre el porcentaje de percepción de objetos (RP), con respecto al grado de uniformidad general (p. 42). Sin embargo, aun cuando se cumpla con los estándares de uniformidad, no necesariamente implica una distribución cómoda. Por ello, debe considerarse, el criterio de confort visual. El cual se ve ligado directamente con el factor de uniformidad longitudinal, es decir, la relación  $L_{min}/L_{max}$  y la interdistancia entre luminarias. (Ver Fig. 23) (17)

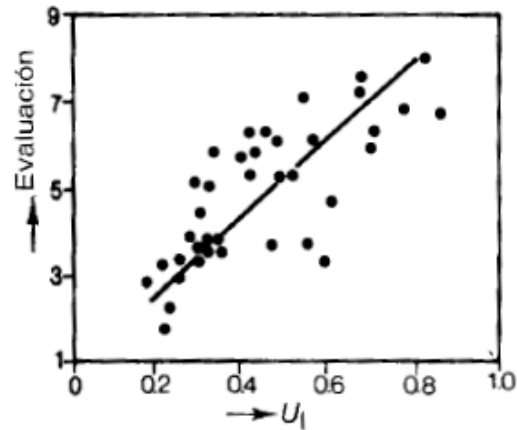


Figura 22. Evaluación del alumbrado como una función de la uniformidad longitudinal  $U_l$  determinada para caminos principales y secundarios (17)

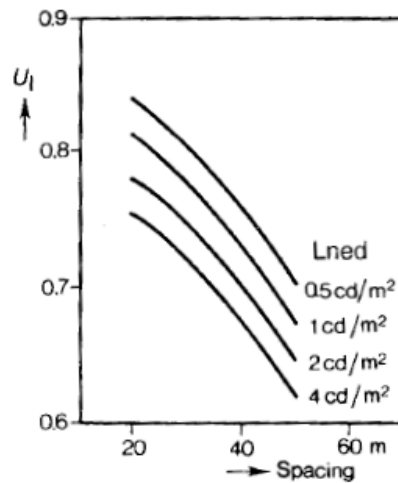


Figura 23. Uniformidad longitudinal  $U_l$  miniaceptable como una función del espaciado de las luminarias para cuatro valores de la luminancia media de la superficie del camino  $L_{ned}$  (17)

### 3.7.2.3. Grado de Límite del Deslumbramiento

Existen dos criterios con relación al deslumbramiento: fisiológico y psicológico:

- Deslumbramiento fisiológico: es el efecto que produce la disminución de la capacidad visual, a consecuencia de la dispersión de luz que se produce dentro del

ojo. La luz de las fuentes de deslumbramiento dispersada, que incide sobre la imagen nítida del espacio frente al observador.

- Deslumbramiento psicológico: luego de haber realizado pruebas, en varias instalaciones de alumbrado, a un gran número de observadores. El grupo de investigación del Laboratorio de Luminotecnia de Philips en Eindhoven, Holanda, elaboró una fórmula empírica que determina el índice de deslumbramiento G: (Ver Tabla XV)

$$G = 1384 - 3.31 \cdot \log I_{80} + 1.3 \cdot \left( \log \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \cdot \log \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.29 \cdot \log F + 0.97 \cdot \bar{L} + 4.41 \cdot \log h' - 1.46 \cdot \log p + c$$

$I_{80}$  = Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 80° en dirección paralela al eje del camino (cd - candela)

$\left( \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)$  = Relación entre intensidad luminosa a 80° y 88°

$F$  = Área emisora de luz de las luminarias (m<sup>2</sup>) proyectadas en la dirección de elevación de 76°

$C$  = Factor de color, variable de acuerdo al tipo de lámpara: - sodio de baja presión: + 0,4, otros: 0

$\bar{L}$  = Luminancia media en la superficie de la vía

$p$  = Número de luminarias por kilómetro

$h'$  = Altura entre el nivel del ojo y las luminarias

**Tabla XV. Escala utilizada para evaluar el deslumbramiento psicológico G (17) (32) (33)**

Índice	Deslumbramiento	Evaluación
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Apenas admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Imperceptible	Excelente

#### **3.7.2.4. Espectros de la lámpara**

La disposición del espectro de luz que emite una lámpara, determina en primer lugar, la apariencia de color de la lámpara, y por otro lado, la forma en que esa lámpara reproducirá los colores de los objetos que ilumina.

Por lo tanto, se conoce como influye la composición espectral sobre la agudeza visual (distancia de visibilidad de los objetos) y el deslumbramiento psicológico (p.45).

#### **3.7.2.5. Guía Visual**

Son aquellas disposiciones que deben tener las luminarias, en un trayecto determinado, en función de brindar un panorama rápidamente reconocible, que contribuya a su confianza y comodidad. (Ver Fig. 24)



**Figura 24. Guía Visual**

### **3.7.2.6. Otros criterios de diseño:**

#### **Espaciamiento entre luminarias o distancia intercostal:**

Existe una relación directa entre la interdistancia entre luminarias y su altura de montaje, con respecto a la uniformidad de la iluminación que se logra en una calzada. Para obtener una uniformidad elevada, la relación debe ser menor. Evidentemente, a medida que la separación sea menor, el costo de inversión será mayor.

#### **Factor de mantenimiento:**

En todo proyecto de alumbrado público, se debe tener en cuenta, que las instalaciones tienen una depreciación del flujo luminoso, a causa del envejecimiento de la lámpara y de la luminaria; igualmente, una pérdida de luz por la acumulación de suciedad sobre ambos componentes (Ver Tabla XVI) (8) (16) (17). La expresión que define el mantenimiento es:

$F_m = F.D.F + F.D.S.$ , siendo  $F_m$  = factor de mantenimiento

F.D.F.= factor de depreciación del flujo

F.D.S = factor de depreciación por suciedad

Estos valores, deben ser aportados por los fabricantes de los equipos, en caso contrario, se puede referir a la siguiente tabla XVI:

**Tabla XVI. Factor de mantenimiento (16)**

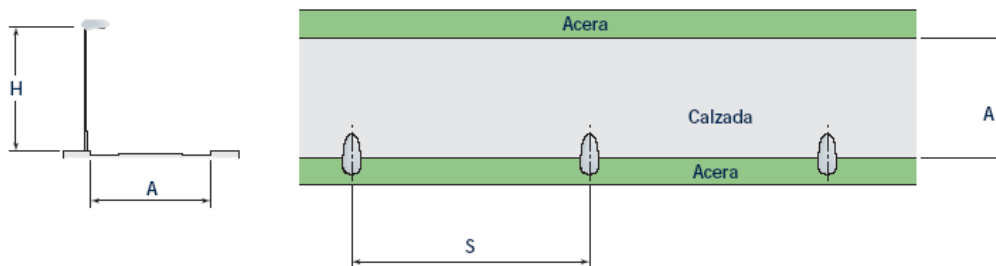
<b>Factores de depreciación de algunas lámparas</b>	
<i>Tipo de lámpara</i>	<i>Factor orientativo</i>
Incandescentes	0,8
Luz mixta	0,75
Mercurio a alta presión	0,8
Sodio a alta presión	0,8
<b>Factores de depreciación por suciedad</b>	
<i>Tipo de luminaria</i>	<i>Factor recomendado</i>
Hermética	0,87 a 0,80
Ventilada	0,80 a 0,75
Abierta	0,75 a 0,65

### 3.7.3 Disposición del Alumbrado Público Vial

#### 3.7.3.1. Camino o tramo recto

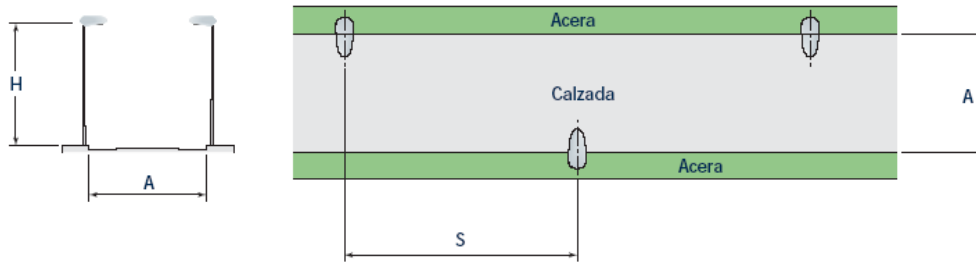
Disposición unilateral: todas las luminarias están ubicadas a un solo lado del camino.

Generalmente, se usa cuando el ancho  $A$  de la calzada, es menor o igual a la altura  $H$  de montaje de las luminarias. (Ver Fig. 25)



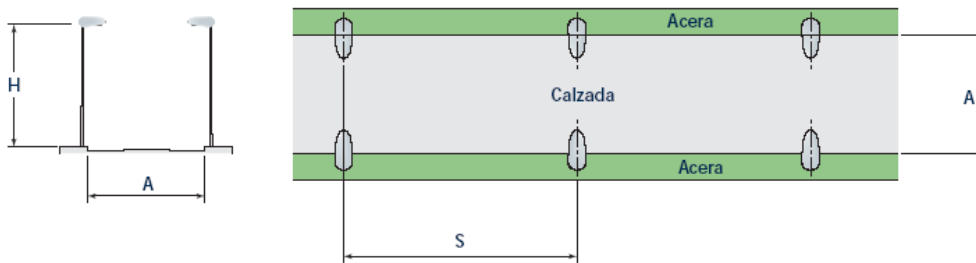
**Figura 25. Disposición unilateral (15)**

Disposición tresbolillo o zig-zag: consiste en colocar las luminarias en ambos lados de la calzada en forma de tresbolillo o zig – zag, ver fig. 26. Se usa cuando el ancho  $A$  de la vía, está entre 1 y 1,5 veces la altura  $H$  de montaje de las luminarias. Se debe considerar una interdistancia ajustada de los postes, para mantener una uniformidad confortable sobre la superficie del camino.



**Figura 26. Disposición tresbolillo o zig-zag (15)**

Disposición enfrentada o bilateral pareada: las luminarias se colocan en ambos lados de la vía, una opuesta a la otra, cuando el ancho de la calzada es mayor a 1,5 veces la altura del montaje. Ver Fig. 27.



**Figura 27. Disposición enfrentada o bilateral pareada (15)**

### 3.7.3.2. Autopistas y caminos con 2 sentidos de circulación

Disposición central de brazos dobles: en este caso, la vía presenta una isla central que divide los 2 sentidos de circulación. Aun cuando las disposiciones previamente mencionadas son apropiadas para este tipo de vías, existen otras posibilidades, determinadas por el ancho de la isla central. Estas se muestran en las Tablas XVII y Fig. 28

Tabla XVII. Resumen de disposiciones según ancho de la calzada

Ancho de isla (b)	Tipo de disposición
$1 < b < 3\text{m}$	Central
Cualesquiera	Axial

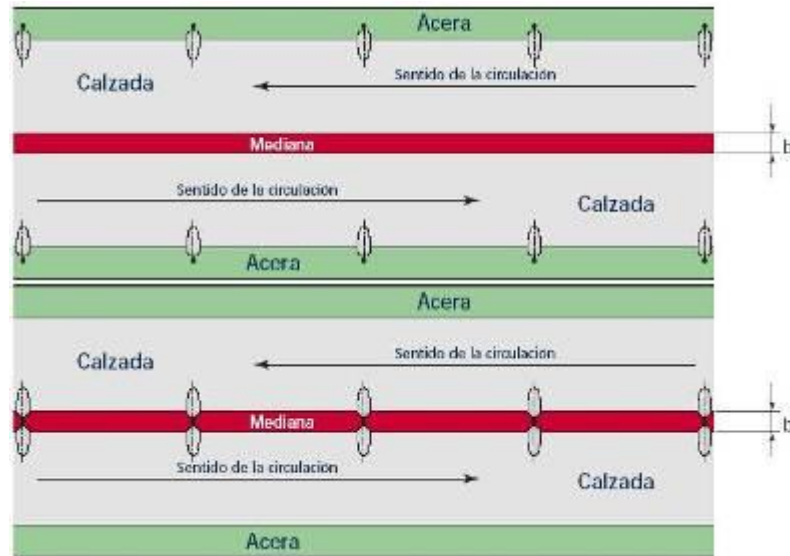


Figura 28. Disposición central de brazos dobles (15)

### 3.7.3.3. Empalmes de Caminos

Se debe hacer una consideración especial cuando se presentan en un punto del trayecto: caminos transversales, redomas y salidas. Se debe permitir que los empalmes se vean claramente desde una distancia segura. Para ello, se debe lograr:

- Un mayor nivel de luminancia en el área que comprende el empalme
- Luminarias en diferentes disposiciones para los caminos principales y secundarios, ver fig. 29. A continuación se pueden apreciar varios ejemplos:

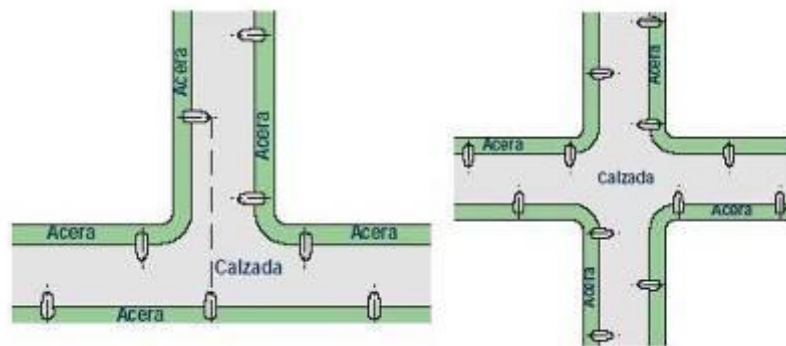


Figura 29. Disposiciones de alumbrado público para diferentes tipos de empalmes

### 3.7.3.4. Curvas

Para curvas de radio grande (en el orden de los 300m) se pueden considerar las disposiciones para caminos rectos y colocar las luminarias según los esquemas previamente expuestos (p.44-47). Por otro lado, para curvas de radio pequeño, corresponde el garantizar una adecuada luminancia e la superficie del camino y una efectiva guía visual. Para ello, se tiene como regla general, que la interdistancia entre postes será de 0,5 y 0,75 veces el de un tramo recto. (Ver Fig. 30) (8) (15) (17)

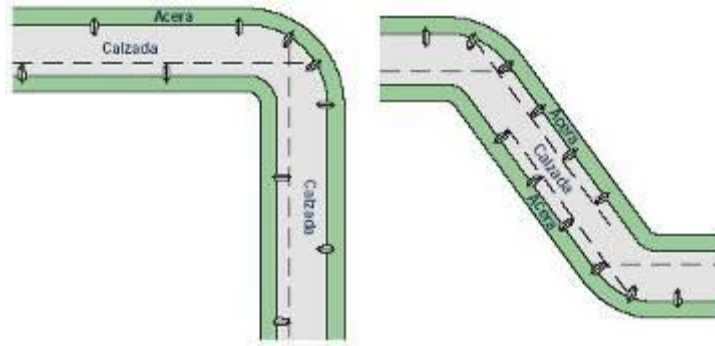


Figura 30. Disposición de curvas

**3.7.3.5. Con Vegetación**

Cuando se presenta el caso de un sistema de iluminación en presencia de vegetación, se debe tener en cuenta que ninguno debe obstruir la labor o función que desempeña el otro. Como medida de prevención, para evitar o en su defecto, minimizar cualquier problema entre el alumbrado y la vegetación, es preciso podar los árboles periódicamente. A continuación presenta recomendaciones para la colocación de postes en caso de vegetación: (8) (15)

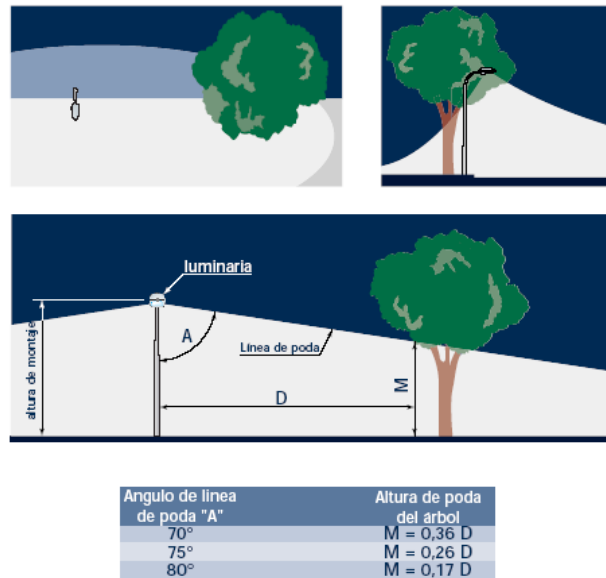
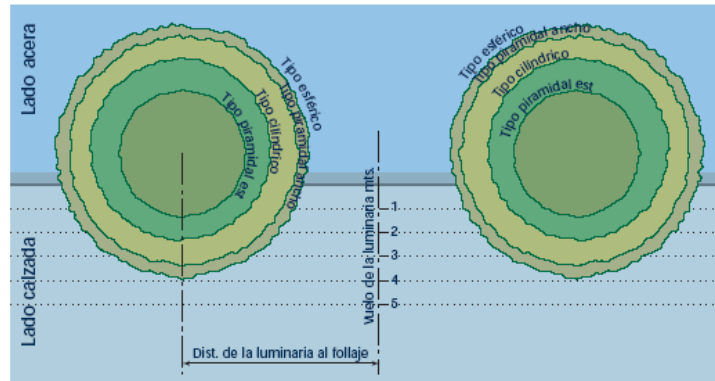


Figura 31. Criterios con presencia de vegetación, ángulos de poda de árbol



**Figura 32. Criterios de instalación en presencia de vegetación (8) (15)**

### 3.7.3.6. Selección de Conductores

La selección de conductores del circuito ramal se hará tomando en consideración criterios de capacidad térmica y máximas caídas de tensión (1)

Para el primer criterio, el valor de la corriente se obtiene a partir de la potencia total de las luminarias instaladas en el circuito, tomando en cuenta la tensión de la red y el factor de potencia. Mediante las tablas (36), se obtiene el calibre del conductor.

El método de selección de conductores por caída de tensión, es aplicado de la siguiente manera:

1. Partiendo del análisis de un circuito con impedancia de línea  $Z = R + jX$ , de longitud  $L$ , donde habrá una caída de tensión  $\Delta V$  ante el paso de la corriente que alimenta una carga  $P$  en KW, factor de potencia ( $\cos\alpha$ ). Tensión de salida  $V_o$  y llegada  $V_i$ . Observando la figura 33 y 34 y el desarrollo de la fórmula (p. 52) se tiene que :  $\Delta V\% = K \cdot KVA \cdot L$ ,

Donde:

$\Delta V\%$  = Caída de tensión máxima permitida

$K$  = Constante de Distribución

En sistemas trifásicos:

$$K = \frac{r \cdot \cos(\phi) + x \cdot \sin(\phi)}{10(kV)^2}$$

- El  $\Delta V\%$  se fija en 2% para el caso de caminerías y 3% para el caso de vías y estacionamientos. La longitud se obtiene de los planos y los KVA de la característica de la carga. El valor “K” se obtiene de los gráficos ábacos o tablas (36) en base al factor definido como **capacidad de distribución**:  $Cd = K \cdot KVA \cdot L$
- Una vez calculado el valor de  $Cd$ , y en base al  $\Delta V\%$  máximo permitido, se refiere a las tablas (36) y se obtiene el calibre del conductor adecuado para cada sector en estudio.

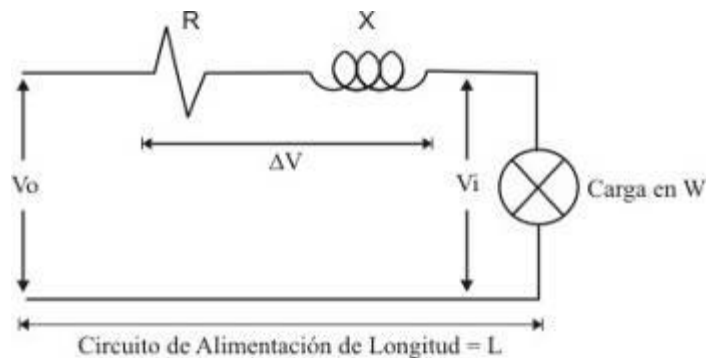


Figura 33 Circuito de alimentación a una carga

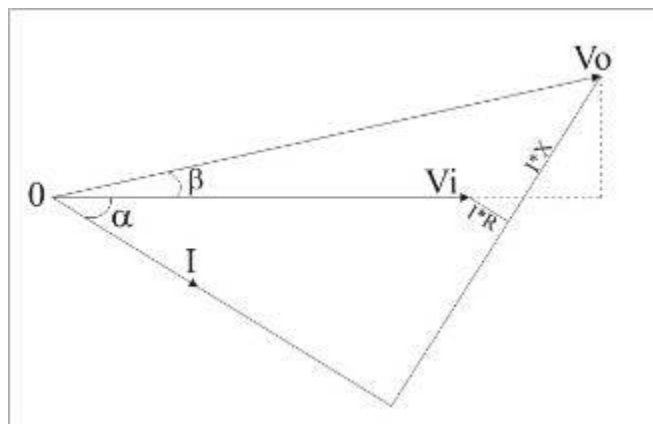


Figura 34 Diagrama vectorial para líneas cortas

De éstas figuras se deduce lo siguiente:

$$\Delta V = V_0 - V_i$$

Donde:

$V_0$  = Se asume la tensión de salida en un tablero.

$V_i$  = Tensión de llegada a la carga.

Considerando que en líneas cortas, como lo son estos circuitos en instalaciones eléctricas residenciales o similares, se desprecia la capacitancia, el diagrama vectorial queda como se indica en la figura 34. Del mismo se deduce que:

$$V_0 = \sqrt{(V_i + IR \cos \alpha + IX \sin \alpha)^2 + (IX \cos \alpha - IR \sin \alpha)^2} \quad (a)$$

El segundo término se puede despreciar cuando IR e IX no exceden el 10%. Luego:

$$\Delta V = IL (r \cos \alpha + x \sin \alpha) \quad (4)$$

Expresando en tanto por ciento de  $V_0$  resulta:

$$\Delta V\% = \frac{IL}{V_0} (r \cos \alpha + x \sin \alpha) 10^2 \quad (5)$$

o bien

$$\Delta V\% = \frac{V_0 IL}{V_0^2} (r \cos \alpha + x \sin \alpha) 10^2 \quad (6)$$

Introduciendo el concepto de KVA y KV en la anterior queda:

$$\Delta V\% = KVA. L. \left( \frac{r \cos \alpha + x \sin \alpha}{10 (KV_0)^2} \right) \quad (7)$$

Se puede considerar que en (7):

$$K = \frac{r \cos \alpha + x \sin \alpha}{10 (KV_0)^2} \quad (8)$$

Por consiguiente reemplazando en (7) resulta:

$$\boxed{\Delta V\% = KVA. L. K} \quad (9)$$

La expresión (9) también es válida en función de la corriente, haciendo la variación de K, quedando de la forma siguiente:

$$\boxed{\Delta V\% = IL K} \quad (10)$$

Se define como capacidad de distribución a la expresión deducida de la (9) y (10).

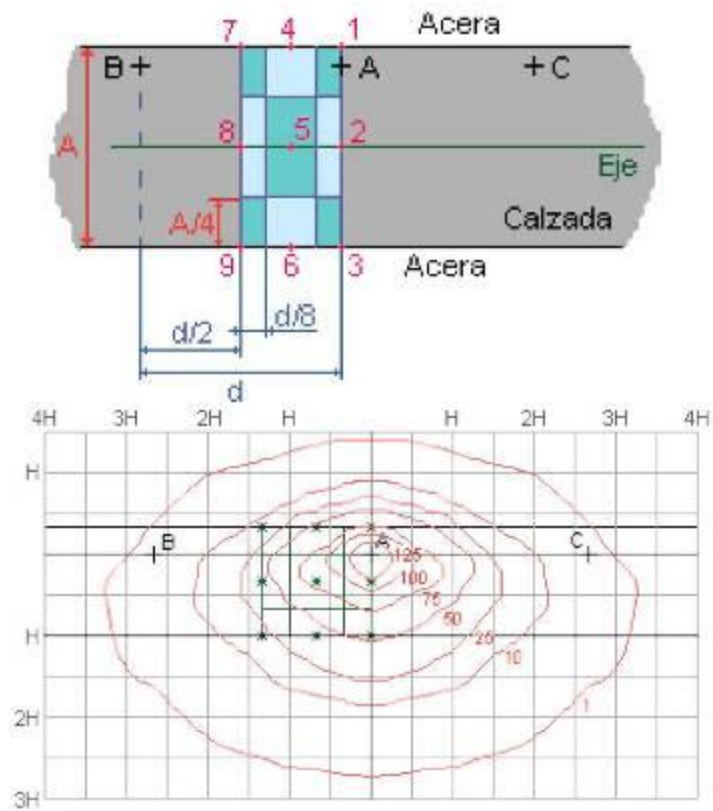
$$CD = KVA.L = \frac{\Delta V\%}{K} \quad (11)$$

$$CD = IL = \frac{\Delta V\%}{K} \quad (12)$$

Luego de haber conseguido el calibre del conductor mediante los dos criterios, por capacidad térmica y caída de tensión, la solución definitiva será aquella que exprese la condición más desfavorable, es decir, la que presente el mayor calibre de conductor.

### 3.7.3.7. Método de los nueve (9) puntos

Es un método práctico que permite al usuario calcular los niveles de iluminación promedio de la calzada en un tramo de la vía. Para su aplicación se ha de utilizar la curva isolux de la luminaria suministrada por el fabricante. Primero, se ha delimitar una “zona de estudio” de la calzada en 9 dominios. Luego se deben identificar las proyecciones de los centros fotométricos de las luminarias sobre la superficie de la calzada. Cabe resaltar, que el plano de la calzada debe dibujarse a la misma escala a la que fue elaborada la curva isolux. (Ver. Fig. 35) (29)



**Figura 33. Diagrama método de los nueve (9) puntos (29)**

Una vez demarcada el área del plano, se superponen la curva isolux sobre una de las luminarias para ver la proyección de las curva sobre la calzada. Se procede a anotar los valores relativos que cruzan por los puntos identificados previamente en la zona de estudio. (Ver tabla XVIII)

Tabla XVIII. Ejemplo de tabla de resultados de método de nueve (9) puntos (29)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
$\sum E_{i \text{ curva}}$									
$E_{i \text{ real}}$									

Se repite el proceso con las luminarias adyacentes, trasladando la curva a cada punto de referencia, para incluir la contribución que hacen ellas sobre la calzada.

Por último, se suman las contribuciones individuales, obteniendo sus iluminancias

relativas. Con estos valores, se emplea la expresión  $E_{H_{\text{real}}} = E_{\text{curva}} \cdot \frac{\Phi_{L_{\text{real}}}}{1000} \cdot \frac{1^2}{H^2}$ , para calcular los valores reales, en cada punto de la zona de estudio.

$$E_m = \frac{E_1 \cdot S_1 + E_2 \cdot S_2 + \dots + E_9 \cdot S_9}{S_1 + S_2 + \dots + S_9} = \frac{\sum_{i=1}^9 E_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^9 S_i}$$

$$S_1 = S_3 = S_7 = S_9 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{32} = S_1$$

$$S_2 = S_8 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_4 = S_6 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_5 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{8} = 4S_1$$

con:

$$\text{Uniformidad media: } U_{med} = \frac{E_{\min}}{E_m}$$

$$\text{Uniformidad extrema: } U_{ext} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

## **4. CAPÍTULO. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Situación Actual del Alumbrado Público en la Universidad Simón Bolívar**

La Universidad Simón Bolívar es una Institución pública de Educación Superior, fundada el 18 de julio de 1967 y comenzó sus labores el 19 de enero de 1970, se ha distinguido por ser formadora de emprendedores de alta calidad profesional. Su estructura dinámica ha facilitado el proceso de transformación y adaptación de las nuevas tendencias en los sistemas de enseñanza, de investigación y administración educativa.

La comunidad universitaria, comprometida con la excelencia, se ha caracterizado por ser innovadora, participativa, productiva y plural, manteniendo los más altos principios y valores éticos.

En aras de preservar estos ideales y seguir aportando soluciones y respuestas a las exigencias de la sociedad, nace la necesidad de ofrecer a su comunidad una infraestructura que permita la realización de todas las actividades pautadas durante el día y la noche. (37)

Desde hace varios años, en la universidad, se han venido desarrollando una serie de actividades relacionadas con la mejora del servicio eléctrico, de las cuales se destaca el plan de Ahorro Energético. En donde resalta, la constante búsqueda del uso eficiente de la energía, para lograr una reducción considerable en los montos de la factura y a su vez brindar una mejor calidad de servicio.

La participación activa de la comunidad universitaria, desde el inicio del plan, ha ayudado a crear conciencia y a impulsar la visualización de nuevas áreas de oportunidad, para elaborar estrategias que busquen el aumento de la eficiencia del servicio, en el caso de la presente investigación, los sistemas de iluminación.

Entre los servicios básicos que debe tener una infraestructura se encuentra el alumbrado público, el cual juega un papel muy importante, pues genera una base propicia para el desenvolvimiento de actividades de la comunidad en diversas áreas, tales como caminerías, vías, estacionamientos, entre otras. Una inquietud se ha originado en este ámbito, la cual parte del nivel de calidad del servicio de alumbrado público.

Por medio de la observación directa, se pudo detectar una oportunidad para desarrollar un proyecto que rediseñase y distribuyese adecuadamente las luminarias en el campus, ya que en algunos casos se pudo notar la ineficiencia, o en otros la carencia del servicio de alumbrado, según los criterios básicos de diseño del mismo. Los resultados de esta investigación permitirán la evaluación de acciones necesarias para ofrecer un servicio adecuado de alumbrado público en las instalaciones de la Universidad Simón Bolívar.

#### **4.2. Caso U.C.V.**

Un caso similar se presentó en la Universidad Central de Venezuela. Siendo esta institución declarada patrimonio mundial de la cultura por la UNESCO, el 2 de diciembre del año 2000, presentaba un evidente deterioro en el sistema de iluminación. Luego de haber sido sometida a evaluación, se concluyó que no se cumplía con los criterios fundamentales de diseño,

o no se cubrían los aspectos necesarios que deben proporcionar un adecuado sistema de alumbrado público. (38)

De este modo, en el 2001, se dio inicio, en conjunto con la Electricidad de Caracas, el proyecto de modernización del servicio de alumbrado de la Ciudad Universitaria de Caracas. Actualmente, es evidente la ampliación de las instalaciones del sistema de iluminación, creando un ambiente propicio para el desarrollo de las actividades, tanto diurnas como nocturnas.

#### **4.3. Levantamiento de la Información de Campo**

Una vez iniciadas las actividades de la investigación. Se procedió a realizar un estudio y evaluación del escenario existente en las instalaciones de la Universidad Simón Bolívar.

Durante el proceso de levantamiento y recolección de datos, fue contactada la unidad de sector público de la Electricidad de Caracas y al Departamento de Planta Física de la Universidad Simón Bolívar, donde fueron solicitados los planos eléctricos del circuito de baja tensión que alimenta el sistema de alumbrado público. Sin embargo, no existía ningún registro de la información requerida; únicamente, fue facilitada la ubicación y el número de referencia de los postes instalados por parte del Ing. Richard Dávila de la unidad de sector público.

Por consiguiente, se procedió a hacer un recorrido, que comprendía las vías que presentaban instalaciones de alumbrado. De esta manera, fue registrada la distribución de los circuitos, así como la ubicación de postes, sótanos de transformación y cajas de control.

No obstante, por falta de información referente a estos servicios, fue nuevamente requerida la asistencia de la Electricidad de Caracas, por parte de una cuadrilla, para completar la fase de ubicación y activación de las cajas de control, delimitar la extensión de los circuitos, los postes asociados a cada control y los puntos de transformación a los cuales esta conectado cada control. Simultáneamente, fue elaborado un reporte de las luminarias que requerían de mantenimiento o sustitución, el cual fue enviado a la Unidad de Comercialización - Clientes del Sector Público. Posteriormente, personal de la Electricidad de Caracas se presentó en la universidad y realizaron las respectivas labores de mantenimiento.

#### **4.4. Mediciones**

Como parte del estudio y evaluación del desempeño del servicio de alumbrado, fue necesario hacer un estudio de los niveles de iluminación existentes, con el propósito de ser comparados con los niveles de iluminación recomendados por las distintas normas nacionales e internacionales.

##### **4.4.1 Sistema de Fotometría Móvil del Laboratorio de Luminotecnia de la Electricidad de Caracas**

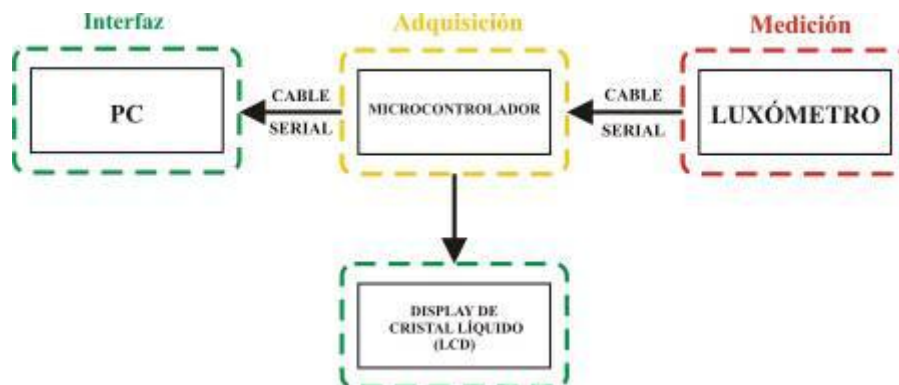
Para la medición de los niveles de iluminación que presenta el sistema vial de la Universidad Simón Bolívar, fue contactado el Grupo de Ingeniería y Desarrollo del Laboratorio de Luminotecnia de la EDC. Se solicitó su colaboración, para el estudio del estado actual del sistema de alumbrado público, mediante las pruebas de fotometría móvil.

### **Descripción del sistema portátil para realizar mediciones fotométricas basadas en instrumentación virtual**

Es un conjunto de sistemas transportables que permite realizar mediciones fotométricas en las vías rápidas, es decir, en calles principales, avenidas principales y distribuidores, con el fin de obtener los niveles de iluminación presentes en dichas áreas, sin poner en riesgo la integridad física del personal que realice dichas mediciones, lo cual permitirá a la C.A. La Electricidad de Caracas generar las acciones correctivas y preventivas necesarias para mantener el buen funcionamiento en sus sistemas de iluminación vial. (34)

El sistema consta de tres módulos (Ver Fig. 36):

1. Equipo de Medida: constituido por un luxómetro, el cual permite medir los niveles de iluminación presentes en un área en particular.
2. Sistema de Adquisición de Datos: conformado por un microcontrolador, el cual se encarga de adecuar los valores enviados por el equipo de medida, a través del puerto serial para que puedan ser procesados por la computadora.
3. Software de Aplicación: basado en instrumentación virtual que, además de proveer la interfaz de hombre-máquina, permite el procesamiento de los datos obtenidos para generar los resultados de las condiciones actuales relacionadas con los niveles de iluminación presentes en el área objeto de estudio



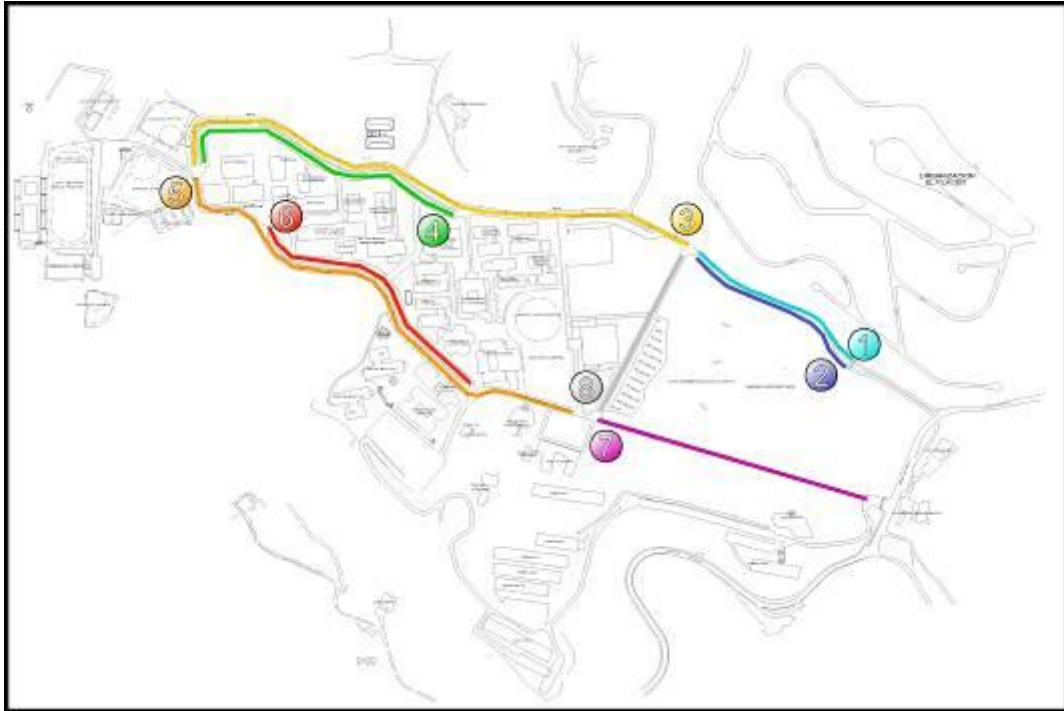
**Figura 34. Diagrama de bloques del sistema portátil para realizar mediciones fotométricas basado en instrumentación virtual (34)**

Las pruebas realizadas en el sistema vial de la universidad, fueron estructuradas de la siguiente manera. En primer lugar, se definieron 7 trayectos o recorridos, que fueron las siguientes, (Ver Fig. 37):

1. Entrada U.S.B. hasta Calle Inglesa, canal derecho.
2. Entrada U.S.B. hasta Calle Inglesa, canal izquierdo.
3. Calle Inglesa hasta entrada Complejo Deportivo, vía externa.
4. Edificio Estudios Generales (EGE) hasta entrada Complejo Deportivo, vía interna.
5. Entrada Complejo Deportivo hasta Calle Inglesa, vía externa.

Observación: Desde el edificio Comunicaciones (COM) hasta la Calle Inglesa no hay luminarias.

6. Entrada Complejo Deportivo hasta Comedor del edificio Matemáticas y Sistemas (MYS), vía interna.
7. Calle Inglesa hasta salida U.S.B.



**Figura 35. Trayectos realizados para las pruebas de fotometría móvil en la Universidad Simón Bolívar**

Cabe destacar, que aquellas otras rutas, que forman parte del sistema vial de la universidad que no fueron incluidas en las pruebas, no presentan ningún tipo de sistema de iluminación.

Una vez que se definieron los recorridos, fue instalado el equipo de medición en la parte superior del vehículo y procedieron a transitar por las diferentes vías, mientras el luxómetro registraba los niveles de iluminación. Culminadas las pruebas, el equipo de trabajo del Laboratorio de Luminotecnia procesó los datos recolectados, generando un informe de resultados (ver Anexo Informe Resultados Pruebas Fotometría Móvil) que posteriormente fue entregado a los autores de la investigación. En dicho informe, expresaron que en las zonas que presentaban

instalaciones de alumbrado público, los niveles de iluminación alcanzados eran aceptables. No obstante, en las otras áreas se hace necesario la elaboración de un proyecto donde se consideren los niveles mínimos que las normas estipulan. (ver Anexo Informe Resultados Pruebas Fotometría Móvil). (Ver. Tabla XIX).

**Tabla XIX. Resultados de pruebas de Fotometría Virtual**

Zona	L prom cd/m2	Eprom lux	Emin lux	Emax	U1	U2
1	3	37	5	179	0,15	0,03
2	2	27	3	154	0,12	0,02
3	3	38	0	117	0	0
4	0	3	0	30	0	0
5	2	27	0	146	0	0
6	0	1	0	5	0,19	0,04
7	0	2	0	8	0,1	0,03
8	0	4	0	112	0	0

#### **4.4.2 Método de los nueve (9) puntos, adaptación vías de acceso Biblioteca U.S.B**

Como parte de la evaluación de las zonas donde se presta el servicio de alumbrado, se requirió hacer las mediciones de los niveles de iluminación para analizar la situación actual en las vías de acceso de la Biblioteca. Debido a las características de la zona, no era posible hacer las pruebas con el equipo de fotometría móvil. Por lo tanto, se procedió a realizar las mediciones mediante la aplicación del método de los nueve (9) puntos, sin embargo, en este caso se delimitó un área de estudio que constaba de más de nueve puntos para hacer una evaluación más detallada.

Se trazó en un tramo de la caminería, una serie de puntos equidistantes entre si, formando una especie de “malla”. En cada punto, se midió, a través del luxómetro los niveles de iluminación y se tabularon en un plano descriptivo de la superficie estudiada.

Una vez recolectado los datos de la caminería, se evaluaron para ver si cumplían con los niveles de iluminación y uniformidad que establecen las normas (Ver Tabla X). Arrojando como resultado que no se alcanzan los valores estipulados por la normativa (p.118)

#### **4.5. Simulaciones (Software de Iluminación)**

Para el desarrollo de las propuestas de rediseño, en las diferentes zonas de estudio en la Universidad Simón Bolívar, fueron empleados, como herramienta de evaluación, diversos software para proyectos de diseño de iluminación. Estos programas, mediante un ambiente amigable y sencillo, sirven de gran ayuda en la tarea de seleccionar y evaluar sistemas de alumbrado, para sus diversas aplicaciones (vial, exteriores Ej.; estacionamientos y caminerías).

Una de las características más importantes de estos programas, es que ofrecen la posibilidad de simular situaciones reales de iluminación, y analizar diversas opciones hasta conseguir las mejores alternativas que se ajusten a los requerimientos técnicos, económicos y estéticos, que el usuario defina.

Entre sus ventajas, se encuentran:

- La posibilidad de usar la base de datos de las empresas fabricantes de productos de iluminación, lo que conlleva, a una simulación que se aproxime al caso real, en caso de instalar un determinado equipo.
- Información detallada sobre los equipos utilizados, resultados del cálculo (iluminancia, luminancia, factores de uniformidad, líneas isolux)

- Especificar la posición, ángulo de orientación, distribución de las luminarias, configuración de la zona de estudio.
- Están desarrollados cumpliendo las normas internacionales de diseño de sistemas de iluminación

Los programas de proyectos de iluminación que se emplearon para generar las propuestas de rediseño, fueron los siguientes:

- Calculux Viario, Versión 6.0.2, Philips Lighting.
- Calculux Área, Version 6.0.2, Philips Lighting.
- ALADAN<sup>TM</sup> + PLUS, Lighting Design Program, GE Lighting Systems, Inc.
- DIALux, Version 3.1.5.2, DIAL GmbH

## 5. CAPÍTULO. ESTUDIO DETALLADO POR ÁREAS

### 5.1. VIALES

#### 5.1.1 Salida U.S.B

##### Descripción de la zona

La zona en estudio es el tramo de vía comprendido entre la Calle Inglesa y el portón de salida de la USB. Tiene una longitud total de 450 metros de longitud por 7 metros de ancho. Presenta dos canales de circulación vehicular sin acera ni isla de división. En la figura 36, aparece resaltado, en color amarillo, la vía en estudio.

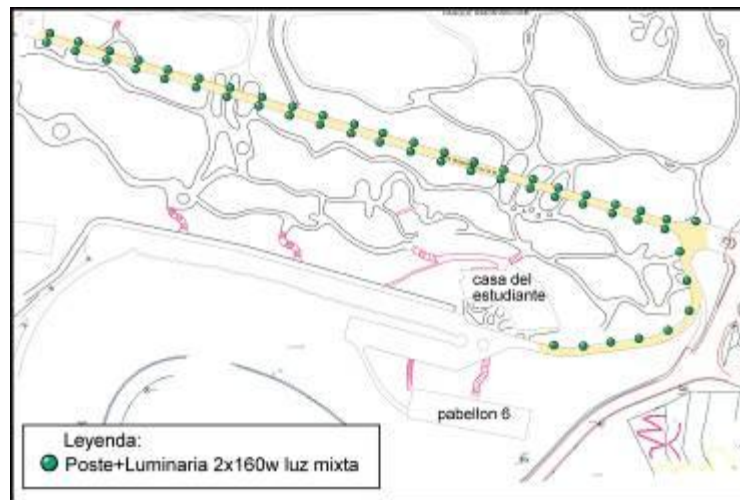


Figura 36. Estado actual tramo 4.1.1.

Esta vía cuenta con un sistema de iluminación compuesto por 46 postes, de 3,6 metros de altura, en la vía principal en configuración enfrentada y una interdistancia promedio de 20

metros, adicionalmente existen 7 postes en configuración unilateral instalados a la derecha de la vía que da acceso a la Casa del Estudiante. Cada poste es de doble brazo con luminaria ornamental y dos lámparas de 160 vatios de luz mixta. La figura 35 presenta una fotografía de la luminaria.



**Figura 37. Poste + luminaria ornamental USB**

De los circuitos de alumbrado público esta vía es la que cuenta con el mayor consumo de toda la universidad, como lo evidencia la tabla XX. Inclusive es mayor al consumo del circuito 1 y 2 de alumbrado público sumados, los cuales brindan iluminación a la mayor parte de la vía principal del campus de la USB.

Tabla XX. Resumen de la capacidad instalada del tramo 4.1.1.

Ubicación	Ctad.	Tipo de luminaria	Pot. (W)	Pot. Total (Kw)
En la vía	53	Luminaria luz mixta 2x160w	320	16,96
<b>Potencia Total instalada</b>				16,96

### Planteamiento del problema

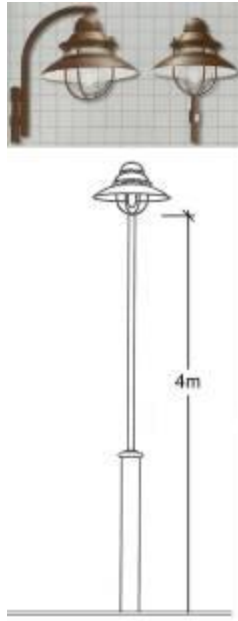
La evaluación de este tramo con el uso del sistema de fonometría móvil de la EDC arrojó los datos presentados en la tabla XXI. Se observa como los niveles se encuentran muy por debajo de los mínimos recomendados; siendo inclusive el valor de Emax inferior al valor promedio que especifica la norma. Esto quiere decir que además de ser la vía con el mayor consumo registra los niveles más bajos de iluminación de la USB.

Tabla XXI. Resumen de la evaluación fotométrica del tramo 4.1.1.

Zona	Lprom cd/m <sup>2</sup>	Eprom lux	Emin lux	Emax lux	U1 min/med	U2 min/max
7	0	2	0	8	0,1	0,03

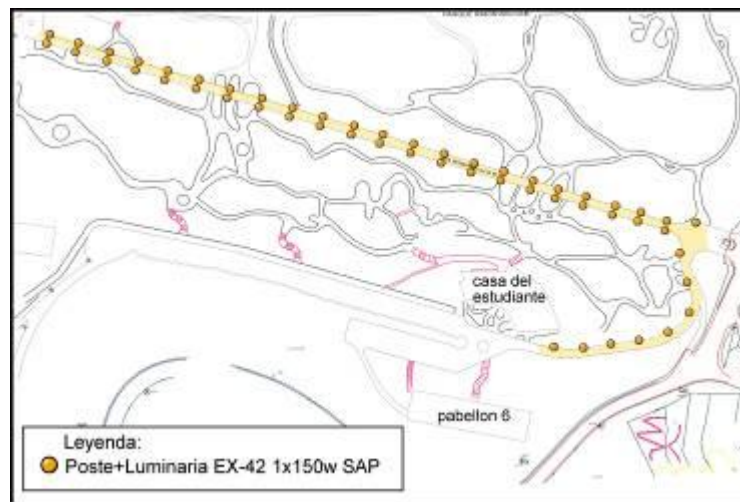
### Propuesta

Para mejorar los niveles de iluminación se propone la sustitución de las luminarias existentes por luminaria EX-42 de la marca Obralux con lámpara de 150w de vapor de sodio, manteniendo la configuración enfrentada por razones estéticas. En la figura 38 se presenta un esquema de la luminaria propuesta.



**Figura 40. Luminaria EX-42 Obralux**

En la figura 39 se muestra la instalación propuesta donde se aprecia que se mantiene la misma configuración existente y solo se realiza el reemplazo del poste y su luminaria. De esta se aprovechan las bases y canalizaciones existentes, reduciendo así significativamente el costo de inversión debido a los cambios propuestos.



**Figura 41. Instalación propuesta tramo 4.1.1.**

El cambio propuesto además de mejorar los niveles de iluminación reduciría en casi un 50% el consumo total de la zona, esto gracias al uso de la lámpara de sodio la cual es mucho más eficiente que la lámpara de luz mixta empleada por el sistema actual. En la tabla XXII se muestra el consumo esperado por la instalación propuesta.

**Tabla XXII. Resumen instalación propuesta 4.1.1.**

Ubicación	Ctad.	Tipo de luminaria	Pot. (W)	Pot. Total (Kw)
En la vía	53	EX42 1x150 SAP 208/240	166	8,798
<b>Potencia Total instalada</b>				8,798

## Resultados

Se realizó la simulación en ALADAN<sup>TM</sup> + PLUS, con una luminaria, General Electric, de características similares a la propuesta de Obralux. Se alcanzaron los niveles que la norma estipula. (Ver Tabla XXIII)

**Tabla XXIII. Resumen de los valores obtenidos con la simulación, tramo 4.1.1.**

Lprom cd/m <sup>2</sup>	Eprom lux	U1 min/med	U2 min/max
1,56	20,4	0,48	0,27

En el material anexo se encuentra la simulación completa con todos los resultados y detalles en el archivo Informe Salida U.S.B. ALADAN.PDF

## Cálculos

Se calculó la capacidad en KVA.m de la instalación (ver Fig. 40.), para lo cual se simplificó el circuito ya que las cargas se encuentran uniformemente distribuidas con una ínter distancia de 20 metros (ver Fig. 41.):

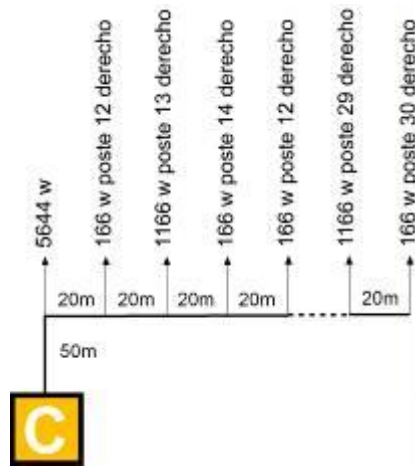


Figura 42. Diagrama unifilar del ramal

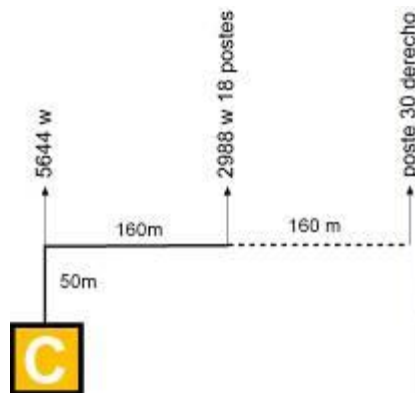


Figura 43. Diagrama unifilar del ramal simplificado

$$\begin{aligned}
 \text{KVA} \times \text{L} &= 50 \times 8632 + 160 \times 2988 \\
 &= 431600 + 478080 \\
 &= \mathbf{910 \text{ KVA.m}}
 \end{aligned}$$

La capacidad a ser instalados en este ramal corresponde a 910 KVA.m. Para 3 % de caída de tensión, el conductor AWG calibre 4 posee una capacidad de distribución en KVA.m de 1363 (ver tabla XXIV). Por lo que la caída de tensión en este tramo resulta inferior al 2 %.

**Tabla XXIV. Capacidad de distribución en KVA.m para cables monopolares de cobre con aislamiento TW, en ductos no magnéticos para 60 ciclos y 60° C, temperatura del conductor.**

AWG O MCM	$\Delta v = 2 \%$					$\Delta v = 3 \%$				
	Cos $\theta$					Cos $\theta$				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7	1	0,95	0,9	0,8	0,7
4	868	878	909	991	1099	1302	1317	1363	1486	1648
1/0	2594	2105	2133	2242	2406	3891	3157	3199	3363	3609

### Capacidad Térmica

En base a los KVA instalados para iluminación, la carga de este ramal es de 9,6 kVA, lo que equivale 41,5 A, por consiguiente el conductor de calibre 4 AWG cuya capacidad es de 75 A queda cargado al 55 %

### Cómputos métricos

**Tabla XXV. Cómputos Métricos - Salida U.S.B.**

Descripción	Ud.	Cantd.
<b>SALIDA USB</b>		
EX-42 POSTE Luminaria para exteriores construidas en aluminio fundido acabado al horno en texturizado, de diámetro. Pantalla reflectora en aluminio repujado acabado al horno y difusor lumínico de vidrio traslúcido. Con equipo de sodio de 150W - 208/240V, con sócate E40.	Ud.	53
Poste Clásico de 4,0 Mts de doble sección tubular con base de transición de fundición construido con un acabado fondeado anticorrosivo de zinc y esmaltado en color negro, con juego de pernos de 1".	Ud.	53
Cable Act. 1p BT AL-PLT-PVC 4	HM	4,2
Fusible A.P. 250 V. 10 A.	Ud.	106
Portafusible hermético Tron	Ud.	106
Cable CU-PVC 1P 600 V Nro. 12	HM	6,5
Conect. Crimp. AL-CU Nro. 4 A12	Ud.	106
Bombillo vapor de sodio 160w	Ud.	53
Cinta aislante plástica 3/4 Plg.	M	6
Cinta aislante goma B.T. 3/4 Plg.	M	24

## 5.2. Estacionamientos

### 5.2.1 Estacionamiento DACE (Formula SAE)

#### Descripción de la zona

El área de estacionamiento se dividió en 3 zonas de estudio. La primera comprende un área de 800m<sup>2</sup> aproximadamente, destinada a servir de estacionamiento al personal académico y administrativo. La segunda y tercera zona corresponde al área de estacionamiento de los estudiantes, y es donde se encuentran sus dos vías de acceso. Ellas provienen de la calle que se comunica con la Casa del Profesor y con el Edificio de Comunicaciones, respectivamente. (Ver Fig. 42)

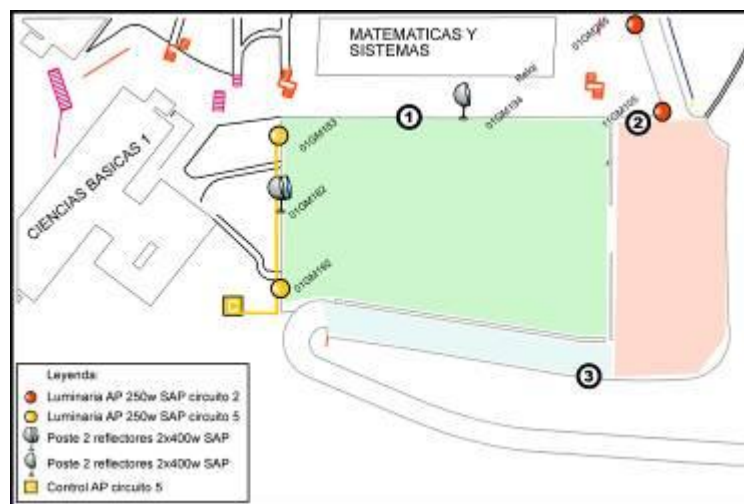


Figura 44. Estado actual estacionamiento DACE

#### Planteamiento del problema

Entre las actividades que se realizan en la universidad durante la noche, se puede destacar las pruebas que se practican al automóvil de carrera de fórmula SAE en el estacionamiento del edificio CB1. Este vehículo es diseñado y construido por los estudiantes con el apoyo en conjunto de los profesores y diversas empresas del sector privado, para competir anualmente en una carrera tipo fórmula en la ciudad Pontiac, Michigan, EE.UU.

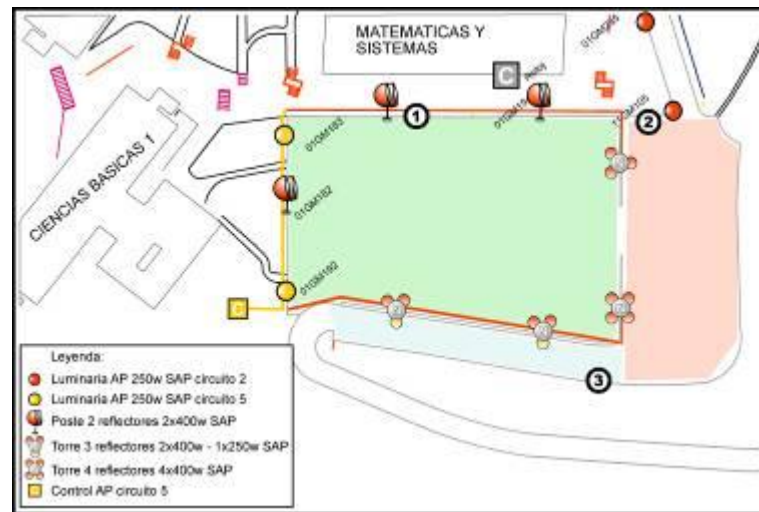
Luego de realizado el estudio fotométrico en el área del estacionamiento, se registraron los niveles de iluminación que muestran resultados muy por debajo de los establecidos por las Normas Covenin para iluminación de estacionamientos. El problema radica en la cantidad de luminarias instaladas; no se alcanza el número de unidades suficientes para las dimensiones del área que se busca iluminar según los criterios de diseño de alumbrado público.

### **Propuesta**

Dividir en 2 circuitos el sistema de iluminación. El primero, proporcionará la iluminación adecuada durante la noche para el tránsito regular de vehículos y peatones. El segundo, estará destinado a aportar un mayor nivel de iluminación y uniformidad, con el objeto de ofrecer un ambiente que se adecue a las exigencias de las pruebas del vehículo de Fórmula SAE, cuando éstas se efectúen. (Ver Fig.44)

- Reubicar el poste que tiene 1 un solo reflector y agregar otro, aprovechando la existencia de una cruceta que permite instalar una luminaria adicional.
- Instalación de 5 postes hexagonales de 10m c/u, con las siguientes especificaciones (Ver Fig.43):

- 3 postes tendrán instalados 2 reflectores a una altura de 10m dirigidos hacia el área central del estacionamiento, a su vez, a una altura de 8 m se colocará un tercer reflector apuntando en dirección opuesta a los dos reflectores superiores con el fin de iluminar las vías de acceso al estacionamiento.
- 1 poste tendrá 2 reflectores a 10m como los antes mencionados y 2 reflectores con la misma disposición de los primeros pero orientados en forma opuesta y su instalación es a 8m de altura
- 1 poste con 2 reflectores a 10m proyectados al área central



**Figura 45. Instalación propuesta para el estacionamiento**

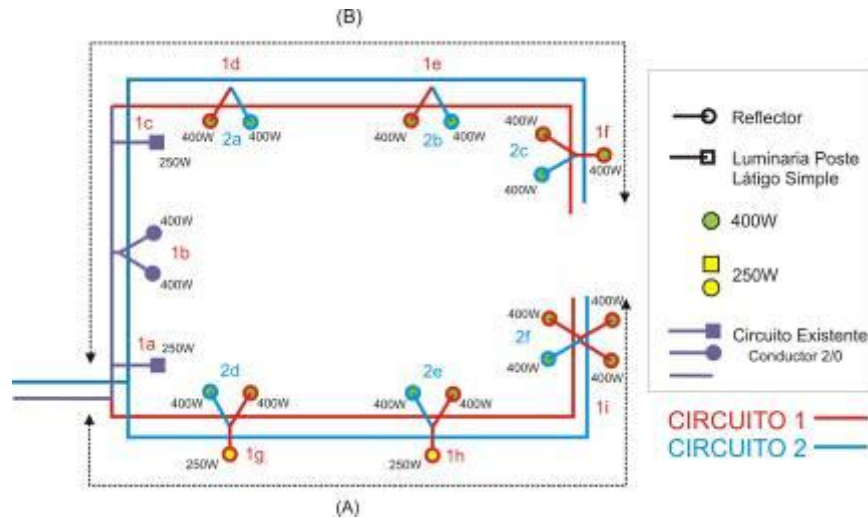


Figura 46. Esquema de los circuitos

## Resultados

Los niveles arrojados por la simulación cuando el sistema de iluminación esté funcionando en su totalidad, cumplirá satisfactoriamente con las normas que rigen los criterios de diseño para instalaciones de alumbrado. (Ver Tabla I y Tabla II de las normas)

Tabla XXVI. Resultados con el sistema completo funcionando

Zona	Iluminancia Media	U1 min/med	U2 min/max
1	38.4	0.36	0.14
2	17.9	0.11	0.02
3	26.8	0.20	0.05

Como era de esperarse, los niveles de iluminación y los factores de uniformidad se ven disminuidos al no estar encendido el circuito para las pruebas de Fórmula SAE. Sin embargo, la iluminación media sigue alcanzando valores que entran en la normativa. En cuanto a los factores de uniformidad, estos quedan por debajo de lo establecido, pero no se consideran prioridad en el

criterio de diseño, debido al reducido tránsito de vehículos y peatones en el área, a partir de determinada hora de la noche. (Ver Tabla XXVII)

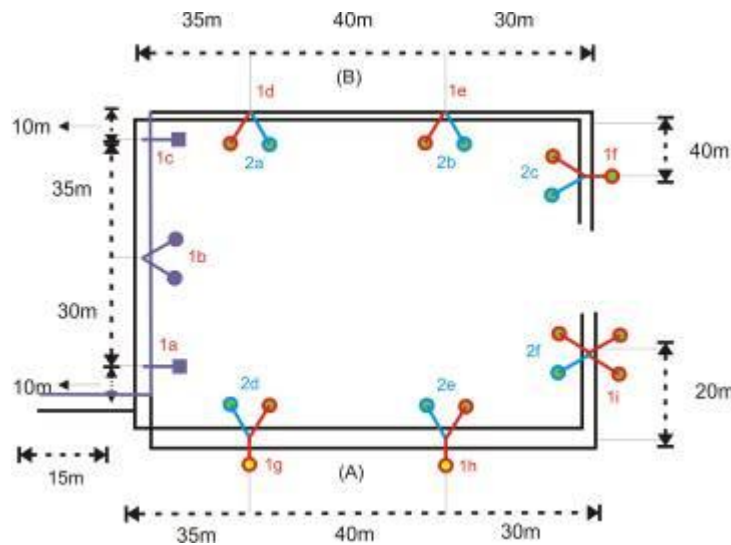
**Tabla XXVII. Resultados con el circuito para pruebas de fórmula SAE desconectado**

Zona	Iluminancia Media	U1 min/med	U2 min/max
1	21.6	0.13	0.03
2	17.5	0.12	0.02
3	18.4	0.14	0.03

### Caída de Tensión

### Cálculos

Se calculo la capacidad en KVA.m de la instalación (ver figura 45):



**Figura 47. Esquema de los circuitos con distancias**

### CIRCUITO 1:

$$\% \Delta V = L * KVA = 15 * 5400 + 35 * 2500 + 40 * 1850 + 50 * 1200 =$$

(A)

$$= 81000 + 87500 + 74000 + 60000$$

$$= \mathbf{302 \text{ KVA.m}}$$

$$\% \Delta V = L * KVA = 15 * 5400 + 10 * 2900 + 30 * 2650 + 35 * 1850 + 40 * 1600 + 40 * 1200 +$$

(B)

$$70 * 800$$

$$= 81000 + 29000 + 79500 + 64750 + 64000 + 48000 + 56000$$

$$= \mathbf{430 \text{ KVA.m}}$$

### CIRCUITO 2:

$$\% \Delta V = L * KVA = 15 * 2400 + 35 * 1200 + 40 * 800 + 50 * 400 =$$

(A)

$$= 36000 + 42000 + 32000 + 20000$$

$$= \mathbf{130 \text{ KVA.m}}$$

$$\% \Delta V = L * KVA = 15 * 2400 + 10 * 2900 + 30 * 2650 + 35 * 1850$$

(B)

$$= 36000 + 120000 + 32000 + 28000$$

$$= \mathbf{216 \text{ KVA.m}}$$

El circuito con mayor capacidad a ser instalada es el circuito 1 (A) con 302 KVA.m. Para 3 % de caída de tensión de un conductor AWG calibre 4 la capacidad en KVA.m es de 681, por lo que se selecciona este conductor para esta instalación de alumbrado público.

En toda la instalación se empleará calibre 4 AWG, con excepción del segmento que actualmente se encuentra cableado con conductor 1/0.

**Tabla XXVIII. Capacidad de distribución en KVA.m para cables monopolares de cobre con aislamiento TW, en ductos no magnéticos para 60 ciclos y 60 o C, temperatura del conductor.**

AWG O MCM	Corrección Sist Bifásico									
	$\Delta v = 3 \%$					$\Delta v = 3 \%$				
	Cos $\theta$					Cos $\theta$				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7	1	0,95	0,9	0,8	0,7
4	1302	1317	1363	1486	1648	651	658,5	681,5	743	824
1/0	3891	3157	3199	3363	3609	1946	1579	1600	1682	1805

### Capacidad Térmica

En base a los KVA instalados para iluminación la carga de este ramal es de 6,75 kVA, lo que equivale 25,96 A, por consiguiente el conductor de calibre 1/0 AWG cuya capacidad es de 125 A queda cargado al 20,76 %

### Cómputos métricos

**Tabla XXIX. Cómputos métricos estacionamiento DACE**

Descripción	Ud.	Cantd.
<b>Estacionamiento A. DACE (Formula SAE)</b>		
R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	Ud.	2
Bombillo sodio tubular 250w philips	Ud.	2
R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de	Ud.	15
Bombillo sodio tubular 400w philips	Ud.	15
Tanquilla empate y deriv.bt tapa fundida 30x40cm.	Ud.	6
Base de concreto para caja de control de alumbrado	Ud.	6
Tubería Rin n/metálica en zanja 1-2" BT -A BASE AP	M2	200
Cable Act. 1P BT AL-PLT-PVC 4	HM	15
Fusible A.P. 250 V. 10 A.	Ud.	12
Portafusible hermético Tron	Ud.	12
Cable CU-PVC 1P 600 V Nro. 12	HM	5
Conect. Crimp. AL-CU Nro. 4 A12	Ud.	34
Cinta aislante plástica 3/4 Plg.	M	2
Cinta aislante goma B.T. 3/4 Plg.	M	8

### 5.3. Caminerías

#### 5.3.1 Caminería A. LAB C – FYE1 – FYE2

##### Descripción de la zona

El área estudiada esta constituida por el paso entre el edificio FYE1 y FYE2 (zona 1), boulevard entre los edificios de FYE1, FYE2 y el laboratorio de electrónica (Zona 2), los accesos al edificio FYE1 (zona 3 y 4) y el acceso al edificio de FYE2 (zona 5). En la figura 46, se muestra un esquema del área donde se resaltan las 5 zonas en las que fue dividida para facilitar el estudio.

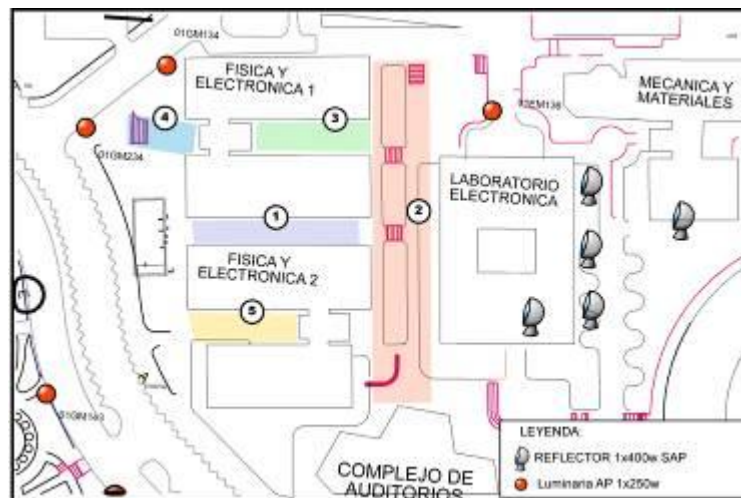


Figura 38. Caminería A – Zonas de Estudio

La zona 1 es un paso tipo boulevard de aproximadamente 55 metros de longitud, la zona 2 esta conformada por una acera a nivel que va desde el Edif. FYE1 hasta FYE2, tres jardineras, tres escaleras y una rampa que es paralela a la acera a nivel. La rampa presenta una diferencia de

nivel entre sus extremos de aproximadamente 1.8 metros. En el caso de las zonas 3, 4 se refiere a los accesos del edificio de FYE1 los cuales no presentan ninguna característica que resaltar excepto la escalera que da acceso a la zona 4 desde el nivel de la calle hasta la entrada del edificio. Finalmente la zona 5 es la que brinda acceso al edificio FYE2, no presenta ninguna característica especial que resaltar.

### **Planteamiento del problema**

Se realizó la inspección del área y se observó que la misma no cuenta con ningún sistema de alumbrado, la poca luminosidad proviene de los edificios cercanos y depende del grado de ocupación de los mismos. Se debe resaltar que esta área presenta un rampa y varias escaleras las cuales pueden resultar peligrosas para los usuarios al no contar con una adecuada (en este caso ninguna) iluminación.

### **Propuesta**

Para realizar la propuesta de iluminación se ejecutó el levantamiento del área, en el cual se verificó tanto la longitud de los edificios como su altitud, con el fin de construir un modelo del área para la simulación.

El programa utilizado fue Calculux Área v.6.0.2 con el cual luego de definir el área de trabajo y sobre la cual se especificaron las zonas de estudio, se realizó la simulación. En la figura 47 y 48 se presentan dos de las vistas que permite el programa para la visualización del área en estudio.

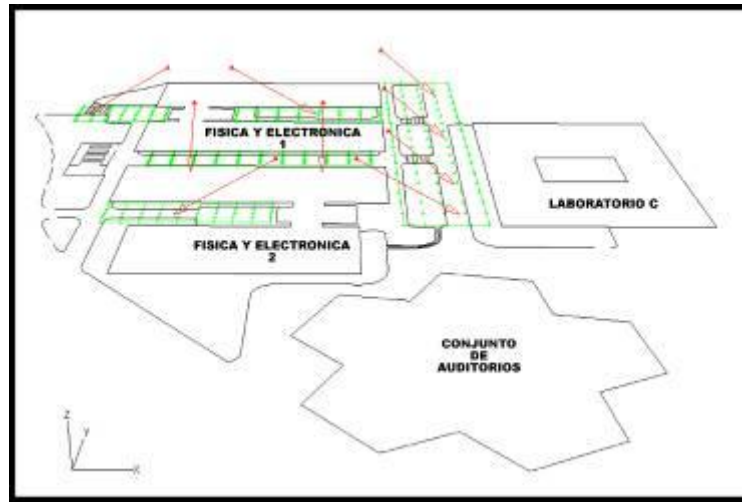


Figura 49. Vista 3-D del área

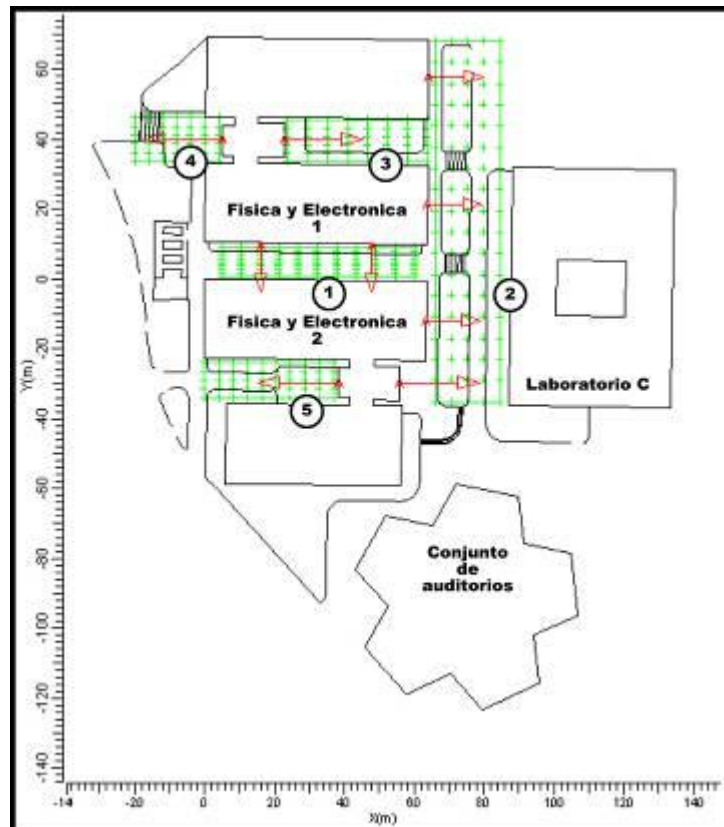
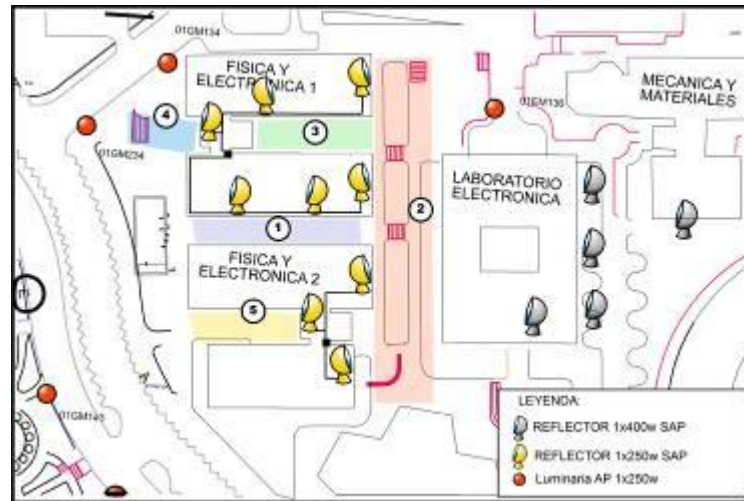


Figura 50. Vista superior

Se realizaron pruebas con la luminaria SWF330 S con lámparas de sodio de alta presión (SON) de 250w y 400w. Posteriormente, se escogió la lámpara de 250w ya que lograba cumplir con los niveles de iluminación deseados con un menor consumo. En la figura 49 se observa la ubicación de los reflectores propuestos para la iluminación del área, en la tabla XXX, se resume la ubicación y el consumo total de la instalación. El grupo de reflectores ubicados en el edificio FE1 será alimentado por el tablero ubicado en el 3er piso, frente a la Coordinación de Ingeniería Electrónica. De igual manera, los tres reflectores ubicados en el edificio FE2 serán alimentados desde el tablero ubicado en el tercer piso del edificio.



**Figura 51. Ubicación de los reflectores propuestos**

**Tabla XXX. Cuadro resumen, caminería A**

Ubicación	Ctad.	Tipo de luminaria	Pot. (W)	Pot. Total (Kw)
FE1	6	SWF330 S 1xSON-T250W	274	1,644
FE2	3	SWF330 S 1xSON-T250W	274	0,822
			<b>Potencia Total</b>	<b>2,466</b>

## Resultados

Se puede apreciar, a través de la tabla de resultados, que en las 5 áreas definidas como zonas de estudio; se lograron los niveles de iluminación adecuados. El plano que refleja las curvas isolux del arreglo de las luminarias propuestas (Ver fig. 50), describe de una forma más clara la distribución del espectro de la lámpara a lo largo del espacio en cuestión. Los valores arrojados se encuentran por encima de los valores de la norma (Véase tabla XII, p. 36), obteniendo niveles de iluminancia media que brindan un ambiente confiable y agradable. (Ver Tabla XXXI y Tabla XXXII)



Figura 52. Curvas isolux sombreadas de los reflectores propuestos

Tabla XXXI. Resultados de valores obtenidos con la simulación, caminería A

Zona	Iluminancia Media	U1 min/med	U2 min/max
1	23.8	0.28	0.09
2	14.6	0.24	0.07
3	11.5	0.23	0.06
4	18.7	0.34	0.12
5	17.6	0.22	0.07

Tabla XXXII. Datos de instalación para caminería A

Reflector #	Posición			Apuntamiento:Angulos		
	X [m]	Y [m]	Z [m]	Rot.	Inclin90	Inclin0
1	5.26	40.00	13.20	-90.00	0.00	60.00
2	16.00	9.50	13.20	0.00	0.00	45.00
3	22.80	40.00	13.20	90.00	0.00	60.00
4	38.20	-30.00	13.20	-90.00	0.00	60.00
5	48.00	9.50	13.20	0.00	0.00	45.00
6	55.75	-30.00	13.20	90.00	0.00	60.00
7	63.42	-12.00	13.20	90.00	0.00	50.00
8	63.80	21.20	13.20	90.00	0.00	50.00
9	64.10	57.50	13.20	90.00	0.00	50.00

En el material anexo se encuentra la simulación completa con todos los resultados y detalles en el archivo CAMINERIA\_A.PDF

### Caída de Tensión

#### Cálculos

Se calculo la capacidad en KVA.m de la instalación:

#### Conductor calibre 4 AWG

$KVA \times L = 15 \times 1500 = 225 \text{ KVA.m}$  lo que equivale a un  $\Delta V\% = 1,03\%$

#### Conductor calibre 10 AWG

$$\text{KVA} \times \text{L} = 50 \times 750 + 17 \times 500 + 25 \times 250$$

$$= 52,25 \text{ KVA.m lo que equivale a un } \Delta V\% = 0,96\%$$

$\Delta V\%$  total= 2%

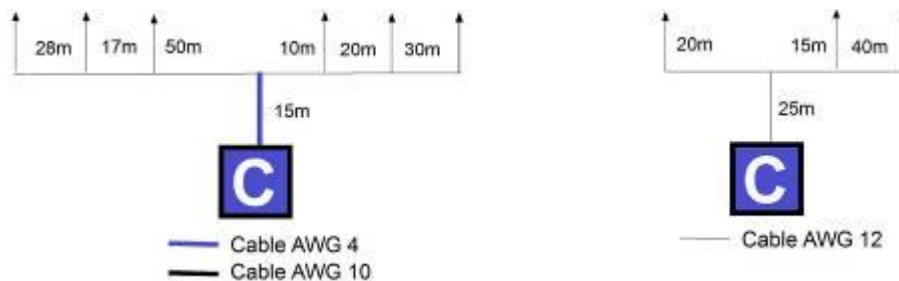
### Conductor calibre 10 AWG

$$\text{KVA} \times \text{L} = 25 \times 750 + 15 \times 500 + 40 \times 250$$

$$= 36,25 \text{ KVA.m lo que equivale a un } \Delta V\% = 1,07\%$$

### Capacidad Térmica

En base a los KVA instalados para iluminación la carga de este ramal es de 1667kVA, lo que equivale 8 A, por consiguiente los conductores de cobre calibre 4 y 10, cuyas capacidades son de 70 A y 30 A, respectivamente, cumplen con los criterios de selección.



**Figura 53. Diagrama unifilar del Edificio FE1 y FE2**

La capacidad a ser instalados en el circuito del Edificio FE1, corresponde a 225 KVA.m, para el tramo del conductor #4, y para el ramal con la peor condición, es de 52,25 KVA.m, para un conductor #10. Según el criterio de 2 % de caída de tensión de un conductor AWG calibre 4 y

uno calibre 10, la capacidad en KVA.m es de 434 y 108, respectivamente, por lo que se seleccionan estos calibres para la alimentación del sistema.

Para el caso del Edificio FE2 la capacidad a ser instalada es de 18,75 KVA.m, y el ramal con la peor condición tiene instalado 17,5 KVA.m. Por ende, si escogemos un conductor AWG #12, cuya capacidad es de 67,5 KVA.m. Se cumple satisfactoriamente el criterio de 2% para caída de tensión. (Ver Tabla XXXIII)

**Tabla XXXIII. Capacidad de distribución en KVA.m para cables monopolares de cobre con aislamiento TW, en ductos no magnéticos para 60 ciclos y 60 grados del conductor.**

AWG O MCM	Corrección Sist Bifásico									
	$\Delta v = 2\%$					$\Delta v = 2\%$				
	Cos $\theta$					Cos $\theta$				
	1	0,95	0,9	0,8	0,7	1	0,95	0,9	0,8	0,7
12	135	142	149	167	189	67,5	71	74,5	83,5	94,5
10	216	225	235	263	297	108	112,5	117,5	131,5	148,5
4	868	878	909	991	1099	434	439	454,5	495,5	549,5

## Cóputos métricos

Tabla XXXIV. Cóputos métricos caminería A

Descripción	Ud.	Cantd.
<b>Estacionamiento Laboratorio de Conversión Energía Mecánica</b>		
R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrigantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	Ud.	6
BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	Ud.	6
Fusible A.P. 250 V. 10 A.	Ud.	6
Portafusible hermético Tron	Ud.	6
Cable CU-PVC 1P 600 V Nro. 4	HM	0,6
Cable CU-PVC 1P 600 V Nro. 10	HM	3,2
Cable CU-PVC 1P 600 V Nro. 12	HM	2
Cinta aislante plástica 3/4 Plg.	M	2
Cinta aislante goma B.T. 3/4 Plg.	M	4

Como fue mencionado en un primer momento, el total de áreas evaluadas fue de veintidós (22), sin embargo, por motivos de publicación, únicamente fueron incluidas tres (3) estudios detallados (1 vial, 1 estacionamiento y 1 caminería). En el material anexo se encuentra todas las áreas evaluadas en los archivos: **5.1.2.pdf; 5.1.3.pdf; 5.1.4.pdf; 5.1.5.pdf; 5.1.6.pdf; 5.1.7.pdf; 5.1.8.pdf; 5.1.9.pdf; 5.1.10.pdf; 5.2.2.pdf; 5.2.3.pdf; 5.2.4.pdf; 5.2.5.pdf; 5.2.6.pdf; 5.3.2.pdf; 5.3.3.pdf; 5.3.4.pdf; 5.3.5.pdf; 5.3.6.pdf.**

## 6. CAPÍTULO. CÓMPUTOS MÉTRICOS

EdeC	Descripción	Ud.	Cantd.
<b>CALLE INGLESA</b>			
L357S	POSTE LAT. SIMPLE 9,45M LUM. M-400 250W NA F-N 208-240	UD	7
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	1,69
<b>CALLE INGLESA - ENE</b>			
L367S	POSTE LAT. DOBLE 9,45M LUMINARIA 250W NA F-N 208-240	UD	4
E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	4
E199C	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	4
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)S/PZOLITE	M2	125
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	125
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	1,3
<b>QYP - ENTRADA COMPLEJO DEPORTIVO</b>			
L367S	POSTE LAT. DOBLE 9,45M LUMINARIA 250W NA F-N 208-240	UD	15
E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	15
E199C	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	15
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)S/PZOLITE	M2	550
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	550
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	5,5
<b>ENTRADA COMPLEJO DEPORTIVO – RETORNO FE2</b>			
	Reubicacion poste AP	UD	5
E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	5
E199C	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	5
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)S/PZOLITE	M2	165
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	165
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	1,65
<b>FE1 - COMUNICACIONES</b>			
0	Reubicacion poste AP	UD	6
E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	6
E199C	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	6
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)S/PZOLITE	M2	230
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	230
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	2,3
<b>COMUNICACIONES - CALLE INGLESA</b>			
L357S	POSTE LAT. SIMPLE 9,45M LUM. M-400 250W NA F-N 208-240	UD	4
E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	4
E199C	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	4
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)S/PZOLITE	M2	200
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	200
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	2
<b>SALIDA USB</b>			
	EX-42 POSTE Luminaria para exteriores construidas en aluminio fundido acabado al horno en texturizado, para ser instalada en poste de 1 1/4" de diámetro. Pantalla reflectora en Poste Clásico de 4,0 Mts de doble sección tubular con base de transición de fundición construido con un acabado fondeado anticorrosivo de zinc y esmaltado en color negro, con	UD	53
	Cableado	UD	53
		M2	
<b>CASA DEL ESTUDIANTE - PABELLON 5</b>			
0	Reubicacion poste AP	UD	6
E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	6
E199C	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	6
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)S/PZOLITE	M2	230
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	230
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	2,3
<b>PABELLON 5 - ESTACIONAMIENTO DACE</b>			
	POSTE HEXAGONAL DE 6,0 MTS DE ALTURA, Elaborado en hierro, base de 28 X 28 LUMINARIA EX-39 SODIO 70W 220V. Luminaria de exteriores, construída en aluminio acabado al horno, para ser colocado en poste con bbrazo de 1 1/2", reflector de aluminio anodizado con difusor lumínico de vidrio templado. Cuerpo basculante con gancho para	UD	12
E199C	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	12
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)S/PZOLITE	M2	600
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	600
C532B	3 CABLES ACT. 1P BT AL-PLT-PCV 4	HM	6

EdeC	Descripción	Ud.	Cantd.
<b>Estacionamiento A. DACE (Formula SAE)</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	9
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a BOMBILLO SODIO TUBULAR 400W PHILIPS	UD	9
E119A	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	0
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/S/PZOLITE	M2	0
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	0
	Cable 10 AWG	M	
<b>Estacionamiento B. Rectorado y biblioteca</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	10
	POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	UD	10
	JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 CRUCETA DE 80 CMS	UD	2
		UD	10
E119A	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	2
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/S/PZOLITE	M2	30
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	30
	Cable 10 AWG	M	100
<b>Estacionamiento C. Estacionamiento de Profesores (ENE)</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	10
	POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	UD	10
	JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 CRUCETA DE 80 CMS	UD	5
		UD	5
E119A	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	5
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/S/PZOLITE	M2	250
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	250
	Cable 10 AWG	M	700
<b>Estacionamiento D. Pabellón 5 (Arquitectura)</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	3
	POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	UD	3
	JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 CRUCETA DE 80 CMS	UD	2
		UD	2
E119A	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	2
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/S/PZOLITE	M2	150
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	150
	Cable 10 AWG	M	350
<b>Estacionamiento E. Laboratorio de Conversión de Energía</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	4
	POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	UD	4
	JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 CRUCETA DE 80 CMS	M2	1
		M2	1
E119A	TANQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	M2	1
A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/S/PZOLITE	UD	1
A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	50
	Cable 10 AWG	M2	50
		M	250
<b>Estacionamiento F. Laboratorio de Conversión Energía Mecánica</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	M2	2
		M2	2
	Cable 10 AWG	M	200

EdeC	Descripción	Ud.	Cantd.
<b>Caminería A. Lab C – FE1 – FE3</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	9
	BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	9
	Cable 10 AWG	M	700
<b>Caminería B. MEM – MEU – ENE – EGE</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	6
	BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	6
	Cable 10 AWG	M	400
<b>Caminería C. Caminería techada (Casa del estudiante – Pabellón 4A)</b>			
	LF-34 HERMETILUX 1 X 17 277V SUPERFICIAL. Lámpara Fluorescente Hermética para 1 tubo de 17W, difusor de Plástico acrílico transparente, con ganchos plásticos a presión, TUBO T-8 17W 4100 PHILIPS	UD	53
	TUBO T-8 17W 4100 PHILIPS	UD	53
	Cable 10 AWG	M	800
<b>Caminerías D. Accesos a la Biblioteca</b>			
	EX-42 POSTE Luminaria para exteriores construidas en aluminio fundido acabado al horno en texturizado, para ser instalada en poste de 1 1/4" de diámetro. Pantalla reflectora en Poste Clásico de 4,0 Mts de doble sección tubular con base de transición de fundición construido con un acabado fondeado anticorrosivo de zinc y esmaltado en color negro, con BOMBILLO SODIO TUBULAR 150W PHILIPS	UD	31
	POSTE Luminaria para exteriores construidas en aluminio fundido acabado al horno en texturizado, para ser instalada en poste de 1 1/4" de diámetro. Pantalla reflectora en Poste Clásico de 4,0 Mts de doble sección tubular con base de transición de fundición construido con un acabado fondeado anticorrosivo de zinc y esmaltado en color negro, con BOMBILLO SODIO TUBULAR 150W PHILIPS	UD	31
	BOMBILLO SODIO TUBULAR 150W PHILIPS	UD	31
<b>Caminería E. Laboratorio de Alta tensión – Laboratorio de Materiales</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	6
	BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	6
	R-02 Reflector de cuerpo rectangular construido en aluminio acabado al horno, marco de aluminio basculante. Reflector de aluminio texturizado y difusor lumínico de vidrio traslúcido BOMBILLO SODIO TUBULAR 150W PHILIPS	UD	6
	BOMBILLO SODIO TUBULAR 150W PHILIPS	UD	6
	Cable 10 AWG	M	600
<b>Caminería F. Procesos – Lab. Termodinámica y transferencia</b>			
	R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	16
	BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	16
	Cable 10 AWG	M	800

## 7. CAPÍTULO. ESTIMACIONES DE COSTO

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COMPUTO DE OBRA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Partida No	EdeC	Descripción	Ud.	Cantd.	Precio unitario			Total general Bs.
					Materiales Bs.	Mano de obra Bs.	Total Bs.	
<b>Estacionamiento A. DACE (Formula SAE)</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	9	185000,00			1665000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	9	29500,00			265500,00
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 400W.	UD	9	190000,00			1710000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 400W PHILIPS	UD	9	33000,00			297000,00
E119A		TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	0	350259,105	0	0	0,00
A924A		ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/SZPOLITE	M2	0	207251,5017	0	0	0,00
A1P		TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	0	178915,1912	0	0	0,00
		Cable 10 AWG	M					0,00
							<b>Sub-total</b>	<b>2.007.000,00</b>
<b>Estacionamiento B. Rectorado y biblioteca</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	10	185000,00			1.850.000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	10	29500,00			295.000,00
		POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	UD	2	383183,00			766.366,00
		JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 Mts de largo X 1" de Diámetro, Tuercas y Cubretuercas.	UD	2	48584,00			97.168,00
		CRUCETA DE 80 CMS	UD	10	37883,00			378.830,00
E119A		TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	2	350259,105	0	0	700.518,21
A924A		ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/SZPOLITE	M2	30	207251,5017	0	0	6.217.545,05
A1P		TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	30	178915,1912	0	0	5.367.455,74
		Cable 10 AWG	M	100	967,00			96.700,00
							<b>Sub-total</b>	<b>15.769.583,00</b>
<b>Estacionamiento C. Estacionamiento de Profesores (ENE)</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	10	185000,00			1850000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	10	29500,00			295000,00
		POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	UD	5	383183,00			1915915,00
		JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 Mts de largo X 1" de Diámetro, Tuercas y Cubretuercas.	UD	5	48584,00			242920,00
		CRUCETA DE 80 CMS	UD	5	37883,00			189415,00
E119A		TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	5	350259,105	0	0	1751295,525
A924A		ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/SZPOLITE	M2	250	207251,5017	0	0	51812875,42
A1P		TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	250	178915,1912	0	0	44728797,8
		Cable 10 AWG	M	700	967,00			676.900,00
							<b>Sub-total</b>	<b>103.463.118,75</b>
<b>Estacionamiento D. Pabellón 5 (Arquitectura)</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	3	185000,00			555.000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	3	29500,00			88.500,00
		POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	UD	2	383183,00			766.366,00
		JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 Mts de largo X 1" de Diámetro, Tuercas y Cubretuercas.	UD	2	48584,00			97.168,00
		CRUCETA DE 80 CMS	UD	2	37883,00			75.766,00
E119A		TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	2	350259,105	0	0	700.518,21
A924A		ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/SZPOLITE	M2	150	207251,5017	0	0	31.087.725,25
A1P		TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	150	178915,1912	0	0	26.837.278,68
		Cable 10 AWG	M	350	967,00			338.450,00
							<b>Sub-total</b>	<b>60.546.772,14</b>
<b>Estacionamiento E. Laboratorio de Conversión de Energía</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	4	185000,00			740.000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	4	29500,00			118.000,00
		POSTE HEXAGONAL DE 10 MTS DE ALTURA CON PELDAÑO, Elaborado en hierro, base de 32 X 32 Cms, pintado en Cromato de Zinc, con peldaños de acceso.	M2	1	383183,00			383.183,00
		JUEGOS DE ANCLAJES DE 1,00 MT X 1", Consta de 4 Pernos en forma de "L" de 1,00 Mts de largo X 1" de Diámetro, Tuercas y Cubretuercas.	M2	1	48584,00			48.584,00
		CRUCETA DE 80 CMS	M2	1	37883,00			37.883,00
E119A		TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA ESTRIADA 30X40CM.	UD	1	350259,105	0	0	350.259,11
A924A		ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0,20M)/SZPOLITE	M2	50	207251,5017	0	0	10.362.575,08
A1P		TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	50	178915,1912	0	0	8.945.759,56
		Cable 10 AWG	M	250	967,00			241.750,00
							<b>Sub-total</b>	<b>21.227.993,75</b>
<b>Estacionamiento F. Laboratorio de Conversión Energía Mecánica</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	M2	2	185000,00			370000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	M2	2	29500,00			59000,00
		Cable 10 AWG	M	200	967,00			193.400,00
							<b>Sub-total</b>	<b>622.400,00</b>
							<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>203.636.867,64</b>

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COMPUTO DE OBRA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Partida No	EdeC	Descripción	Ud.	Cantd.	Precio unitario			Total general Bs.
					Materiales Bs.	Mano de obra Bs.	Total Bs.	
<b>Caminería A. Lab C – FE1 – FE2</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	9	185000,00			1665000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	9	29500,00			265500,00
		Cable 10 AWG	M	700	967,00			676.900,00
<b>Sub-total</b>								<b>2.704.100,00</b>
<b>Caminería B. MEM – MEU – ENE – EGE</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	6	185000,00			1110000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	6	29500,00			177000,00
		Cable 10 AWG	M	400	967,00			386.800,00
<b>Sub-total</b>								<b>1.673.800,00</b>
<b>Caminería C. Caminería techada (Casa del estudiante – Pabellón 4A)</b>								
		LF-34 HERMETILUX 1 X 17 277V SUPERFICIAL. Lámpara Fluorescente Hermética para 1 tubo de 17W, difusor de Plástico acrílico transparente, con ganchos plásticos a presión, Sócates de Seguridad, Balasto Electrónico 277V. Garantía de 5 años.	UD	53	87597,00			4.642.641,00
		TUBO T-8 17W 4100 PHILIPS	UD	53	4200,00			222.600,00
		Cable 10 AWG	M	800	967,00			773.600,00
<b>Sub-total</b>								<b>5.638.841,00</b>
<b>Caminerías D. Accesos a la Biblioteca</b>								
		EX-42 POSTE Luminaria para exteriores construidas en aluminio fundido acabado al horno en texturizado, para ser instalada en poste de 1 1/4" de diámetro. Pantalla reflectora en aluminio repujado acabado al horno y difusor lumínico de vidrio traslúcido. Con equipo de sodio de 150W - 208/240V, con sócate E40.	UD	31	465000,00			14415000,00
		Poste Clásico de 4,0 Mts de doble sección tubular con base de transición de fundición construido con un acabado fondeado anticorrosivo de zinc y esmaltado en color negro, con juego de pernos de 1".	UD	31	260000,00			8060000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 150W PHILIPS	UD	31	28000,00			868000,00
<b>Sub-total</b>								<b>23.343.000,00</b>
<b>Caminería E. Laboratorio de Alta tensión – Laboratorio de Materiales</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	6	185000,00			1110000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	6	29500,00			177000,00
		R-02 Reflector de cuerpo rectangular construido en aluminio acabado al horno, marco de aluminio basculante. Reflector de aluminio texturizado y difusor lumínico de vidrio traslúcido templado.	UD	6	0,00			0,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 150W PHILIPS	UD	6	0,00			0,00
		Cable 10 AWG	M	600	967,00			580.200,00
<b>Sub-total</b>								<b>1.867.200,00</b>
<b>Caminería F. Procesos – Lab. Termodinámica y transferencia</b>								
		R-15 Reflector para Exteriores elaborado en aluminio inyectado, pintado al horno en color negro, con Difusor en Aluminio martillado abrillantado y vidrio templado resistente a choques térmicos y mecánicos, Sócate de Porcelana Rosca E-40, con equipo de Sodio de 250W-277V, para bombillo Sodio de 250W.	UD	16	185000,00			2960000,00
		BOMBILLO SODIO TUBULAR 250W PHILIPS	UD	16	29500,00			472000,00
		Cable 10 AWG	M	800	967,00			773.600,00
<b>Sub-total</b>								<b>4.205.600,00</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>								<b>39.432.541,00</b>

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
COMPUTO DE OBRA DE ALUMBRADO PÚBLICO

Partida No	EdeC	Descripción	Ud.	Cantd.	Precio unitario			Total general Bs.
					Materiales Bs.	Mano de obra Bs.	Total Bs.	
<b>CALLE INGLESA</b>								
	L357S	POSTE LAT. SIMPLE 9,45M LUM. M-400 250W NA F-N 208-240	UD	7	652984,0175	6,42	211601,444	6.052.098,23
		Cable	M					0,00
<b>Sub-total</b>								<b>6.052.098,23</b>
<b>CALLE INGLESA - ENE</b>								
	L367S	POSTE LAT. DOBLE 9,45M LUMINARIA 250W NA F-N 208-240	UD	4	1004734,507	7,42	244561,188	4.997.182,78
	E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	4	464795,7648	0	0	1.859.183,06
	E199C	TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	4	337524,7353	0	0	1.350.098,94
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	125	207251,5017	0	0	25.906.437,71
	A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	125	178915,1912	0	0	22.364.398,90
		Cable						0,00
<b>Sub-total</b>								<b>56.477.301,40</b>
<b>QYP - ENTRADA COMPLEJO DEPORTIVO</b>								
	L367S	POSTE LAT. DOBLE 9,45M LUMINARIA 250W NA F-N 208-240	UD	15	1004734,507	7,42	244561,188	18.739.435,44
	E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	15	464795,7648	0	0	6.971.936,47
	E199C	TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	15	337524,7353	0	0	5.062.871,03
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	550	207251,5017	0	0	113.988.325,93
	A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	550	178915,1912	0	0	98.403.355,16
		Cable						0,00
<b>Sub-total</b>								<b>243.165.924,03</b>
<b>ENTRADA COMPLEJO DEPORTIVO - RETORNO FE1</b>								
		Reubicacion poste AP	UD	5				0,00
	E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	5	464795,7648	0	0	2.323.978,82
	E199C	TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	5	337524,7353	0	0	1.687.623,68
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	165	207251,5017	0	0	34.196.497,78
	A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	165	178915,1912	0	0	29.521.006,55
<b>Sub-total</b>								<b>67.729.106,83</b>
<b>FE1 - COMUNICACIONES</b>								
	0	Reubicacion poste AP	UD	6	0	0	0	0,00
	E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	6	464795,7648	0	0	2.323.978,82
	E199C	TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	6	337524,7353	0	0	1.687.623,68
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	230	207251,5017	0	0	47.667.845,39
	A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	230	178915,1912	0	0	41.150.493,98
<b>Sub-total</b>								<b>92.829.941,87</b>
<b>COMUNICACIONES - CALLE INGLESA</b>								
	L357S	POSTE LAT. SIMPLE 9,45M LUM. M-400 250W NA F-N 208-240	UD	4	652984,0175	6,42	211601,444	3.458.341,85
	E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	4	464795,7648	0	0	1.859.183,06
	E199C	TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	4	337524,7353	0	0	1.350.098,94
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	200	207251,5017	0	0	41.450.300,34
	A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	200	178915,1912	0	0	35.783.038,24
<b>Sub-total</b>								<b>83.900.962,43</b>
<b>SALIDA USB</b>								
		EX-42 POSTE Luminaria para exteriores construidas en aluminio fundido acabado al horno en texturizado, para ser instalada en poste de 1 1/4" de diámetro. Pantalla reflectora en aluminio repujado acabado al horno y difusor lumínico de vidrio traslúcido. Con equipo de sodio de 150W - 208/240V, con sócate E40.	UD	53	465000,00			24645000,00
		Poste Clásico de 4,0 Mts de doble sección tubular con base de transición de fundición construido con un acabado fondeado anticorrosivo de zinc y esmaltado en color negro, con juego de pernos de 1".	UD	53	260000,00			13780000,00
		Cableado	M2					
<b>Sub-total</b>								<b>38.425.000,00</b>
<b>CASA DEL ESTUDIANTE - PABELLON 4</b>								
	0	Reubicacion poste AP	UD	6	0	0	0	0,00
	E802B	BASE PARA POSTE DE HIERRO9,6M A.P.	UD	6	464795,7648	0	0	2.788.774,59
	E199C	TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	6	337524,7353	0	0	2.025.148,41
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	230	207251,5017	0	0	47.667.845,39
	A1P	TUBRIA RIG N/METALIC EN ZANJA 1-2" BT -A BASE AP	M2	230	178915,1912	0	0	41.150.493,98
<b>Sub-total</b>								<b>93.632.262,37</b>
<b>PABELLON 5 - ESTACIONAMIENTO DACE</b>								
		POSTE HEXAGONAL DE 6,0 MTS DE ALTURA, Elaborado en hierro, base de 28 X 28 Cms. pintado en Cromato de Zinc.	UD	12	151949	0	0	1.823.388,00
		LUMINARIA EX-39 SODIO 70W 220V. Luminaria de exteriores, construida en aluminio acabado al horno, para ser colocado en poste con brazzo de 1 1/2", reflector de aluminio anodizado con difusor lumínico de vidrio templado. Cuerpo basculante con gancho para cierre. Posee sócate de porcelana con equipo de sodio 70W 220V.	UD	12	160000	0	0	1.920.000,00
	E199C	TAMQUILLA EMPATE Y DERIV.BT TAPA FUNDIDA 30X40CM.	UD	12	337524,7353	0	0	4.050.296,82
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	600	207251,5017	0	0	124.350.901,01
	A924A	ROTURA-REPARACION-ACABADO CALLE(ESP.0.20M)/SPZOLITE	M2	599	207251,5017	0	0	124.143.649,51
		CABLEADO	M	0	0	0	0	0,00
<b>Sub-total</b>								<b>256.288.235,35</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>								<b>938.500.832,50</b>

## **8. CAPÍTULO. Conclusiones y Recomendaciones**

### **8.1. Conclusiones**

Se concretó la realización del estudio de la situación actual del sistema de Alumbrado Público en la Universidad Simón Bolívar, y se realizó el proyecto de rediseño del mismo.

Luego de haber analizado los datos recolectados en el levantamiento de campo, se comprobó la necesidad de ejecutar labores de modernización del sistema de alumbrado público en el campus universitario, ya que sólo el XX % de las vías presentaban un sistema de iluminación adecuado. Por otro lado, en el caso de las caminerías y estacionamientos, el sistema de iluminación actual no llega a los niveles recomendados por la normativa nacional o simplemente es inexistente.

El Grupo de Ingeniería y Desarrollo del Laboratorio de Luminotecnia de la Electricidad de Caracas, luego de analizados los resultados obtenidos en la pruebas de fotometría móvil, recomendaron la creación de un proyecto para acondicionar las instalaciones de alumbrado de la universidad, para el desarrollo de las actividades en un ambiente seguro y confortable.

Aun cuando las áreas de estudio, que fueron delimitadas en la investigación, no clasifican en las categorías y criterios que las normativas de iluminación aplicadas al diseño de alumbrado público. Las propuestas mostradas en las diversas zonas llegan a cumplir con los niveles de iluminación y uniformidad que estipulan dichas normas. De este modo se está presentando la

posibilidad que tiene la Universidad Simón Bolívar de ofrecer a la comunidad universitaria un servicio de iluminación que proporcione condiciones visuales adecuadas.

La iluminación puede jugar diferentes papeles, de acuerdo a los intereses del área de aplicación. En el caso de la Universidad Simón Bolívar, además de proporcionar un ambiente seguro, debe existir una integración con el ambiente donde va a ser empleado. Se puede lograr resaltar su imagen e identidad histórica o ser un factor que influya y promueva futuros emprendimientos, desarrollando de esta forma actividades económicas, sociales, culturales o deportivas.

Asimismo se considera el aporte que la presente investigación ofrece a futuros trabajos de grado – en el aspecto teórico – con respecto al estudio y rediseño de sistemas de alumbrado público, y los beneficios que esto trae a la sociedad/comunidad.

No se encontraron los planos eléctricos de los circuitos que alimentan el sistema de Alumbrado Público de la USB, lo que dificultó el levantamiento y evaluación del mismo.

El sistema de alumbrado público, carece de un plan adecuado de mantenimiento que garantice su buen funcionamiento, lo que repercute en la calidad de un ya ineficiente sistema de iluminación.

Existen varios tipos de luminarias y lámparas en el sistema de alumbrado público de la Universidad Simón Bolívar, lo que incide directamente en la uniformidad de la iluminación.

Actualmente, algunas áreas de caminería de la universidad solo cuenta con la poca iluminación que obtienen del sistema de alumbrado interno de los edificios cercanos, siendo esta la forma más ineficiente de iluminar este tipo de áreas.

La escogencia del sistema de iluminación (Luminaria y Lámpara) es fundamental en un proyecto de alumbrado, porque influye directamente en la eficiencia del servicio. Evidencia de esto, es el sistema de alumbrado del tramo ubicado la Calle Inglesa y la salida de la universidad, siendo el mismo el de mayor consumo energético y presentando, al mismo tiempo, los niveles más bajos de iluminación.

Mejorar el sistema AP supone un incremento en la factura y un costo de inversión

## 8.2. Recomendaciones

- Tomando el costo de inversión con que cuenta la implementación de este proyecto de iluminación. Se recomienda, la ejecución por etapas del mismo. Las cuales podrían ser:
  - 1era. Etapa: Caminería C. Caminería techada (Casa del estudiante – Pabellón 4A) y Estacionamiento A. DACE (Formula SAE)
  - 2da. Etapa: Estacionamientos y Caminerías
  - 3era. Etapa: Sistema Vial, en el siguiente orden:
    - Calle Inglesa
    - Desde el edificio de Comunicaciones hasta la Calle Inglesa
    - Desde la Casa del Estudiante hasta el Pabellón 4A
    - Salida U.S.B.
    - Entrada principal entre la Calle Inglesa y ENE
    - Desde FE1 hasta Comunicaciones
    - Desde el edificio de QYP hasta la Entrada Complejo Deportivo
    - Desde la Entrada complejo deportivo hasta el Retorno FE1
    - Desde el Pabellón 5 hasta el Estacionamiento DACE
  
- Solicitar presupuestos para la ejecución a los distintos proveedores y contratistas
  
- Para la ejecución del proyecto tomar en cuenta la supervisión por parte del grupo de Ahorro Energético

- Realizar una agenda/esquema/estrategia para un servicio de mantenimiento del sistema de alumbrado público de forma periódica. Con el fin de conservar el servicio óptimo
- Incentivar a los estudiantes la investigación del desarrollo de equipos estabilizadores reductores, los cuales además de proteger las instalaciones de AP, permitan la reducción del consumo de energía eléctrica.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Penissi, O. A.  
“Experiencias en canalizaciones eléctricas y subterráneas, políticas de mantenimiento para alumbrado público”  
Publicación – Seminario Internacional de Tecnología, Regulación y Mantenimiento en Sistemas de Alumbrado Público, Caracas, 2004
- (2) Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P.  
“Metodología de la Investigación”  
McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. México, (3era. ED.). 2004
- (3) “Manual Calculux Viario, Versión 5.0”  
LIDAC Madrid, Lighting Application Center, Philips, 2002
- (4) “Manual Calculux Area, Versión 5.0”  
LIDAC Madrid, Lighting Application Center, Philips, 2002
- (5) “Manual Calculux Road, Versión 6.1”  
LIDAC Central, Lighting Application Center, Eindhoven, Philips, 2004
- (6) “Manual Calculux Área, Versión 6.1”  
LIDAC Central, Lighting Application Center, Eindhoven, Philips, 2004

- (7) Ereú, M.G.  
“Mejoras en el sistema de iluminación de la red alumbrado público en la zona metropolitana de Caracas”  
Trabajo no publicado. Especialización en Instalaciones Eléctricas, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, 1996
- (8) Kaufman, J.; Christensen, J.  
“IES Lighting Handbook”  
Illuminating Engineering Society, New York, (5ta. ED.), 1972
- (9) “Catálogo Luminarias 2002/2003”  
Industrias Venezolanas Philips, S.A., Caracas, 2002
- (10) “Catálogo de producto: Philips SON-TPlus con tecnología PIA”  
Industrias Venezolanas Philips, S.A., Caracas, 2002
- (11) “Catálogo SAIEN – 1991”  
Industria SAIEN, Caracas, (4ta. Ed.), 1991
- (12) “Catálogo General de Luminarias - WEMCA”  
Planta WEMCA – Westinghouse Metalmecánica, Santa Teresa del Tuy,  
Venezuela

- (13) “Lamp Products Catalog 2004”  
GE Lighting Systems Inc., EE.UU. , 2004
- (14) “Product Selection Guide”, Catálogo  
GE Lighting Systems Inc., EE.UU. , 2003
- (15) INDAL, S.L.  
“Manual de Luminotecnia”  
INDALUX, Madrid, 2002
- (16) Ereú, M. G.  
“Alumbrado Público: Criterios, Diseños y Recomendaciones”  
Caracas, 2004
- (17) “Manual de Iluminación”  
Philips Argentina S.A., Argentina, 1995
- (18) Ganslandt, R.; Hofmann, H.  
“Manual - ¿Cómo planificar con luz?”  
ERCO Leuchten GMBH, Editorial Vieweg, España
- (19) “Catálogo Profesional de Lámparas, Luminarias y Postes, 2005-2007”  
Obralux, Venezuela, 2004

- (20) “Laboratorio de Luminotecnia” – Folleto.

La Electricidad de Caracas C.A., Empresas AES

- (21) Lighting Associations [en línea]

Disponible en: <http://www.mts.net/~william5/links1.htm>

- (22) Luminotecnia: Iluminación de interiores y exteriores [en línea]

Disponible en: <http://edison.upc.es/curs/llum/indice0.html>

- (23) Alumbrado de Exteriores [en línea]

Disponible en: <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-4.htm>

- (24) Representación de las Características Luminosas de las Lámparas y Luminarias [en línea]

Disponible en: <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-3.htm>

- (25) BASE de DATOS DE INGENIERIA.

Universidad de Zaragoza.- Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Transporte e Instalaciones Eléctricas [en línea]

Disponible en: <http://bdd.unizar.es/>

- (26) Introducción a las Normativas IEC-60079 [en línea]

Disponible en: <http://www.texca.com/basicex.htm>

(27) Type of Protection [en línea]

Disponible en:

[http://www.light-worlds.com/light-dictionary/en/Litec\\_enType\\_of\\_Protection.html](http://www.light-worlds.com/light-dictionary/en/Litec_enType_of_Protection.html)

(28) Libros Enrique Sabino, Metodología de la Investigación [en línea]

Disponible en: <http://paginas.ufm.edu/sabino/PI.htm>

(29) Método de los Nueve Puntos [en línea]

Disponible en: <http://edison.upc.es/curs/llum/exterior/calculos.html#9ptos>

(30) Apuntes de Iluminación Enrique Piraino Davidson [en línea]

Disponible en: <http://www.cursos.ucv.cl/eie54200/>

(31) Luzpublica.com Alumbrado Público en Colombia [en línea]

Disponible en: <http://www.luzpublica.com/alumbrado.htm>

(32) [en línea]

Disponible en: <http://www.lsa.com.au/LabNotes/LabNot10.pdf>

(33) [en línea]

Disponible en: <http://www.cs.ubbcluj.ro/~hfpop/lec/journal/2001-07/32.pdf>

- (34) Gómez, M. J.; Ereú, M. G.  
“Sistema Portátil Para Realizar Mediciones Fotométricas Basado en Instrumentación Virtual”  
Publicación – Seminario Internacional de Tecnología, Regulación y Mantenimiento en Sistemas de Alumbrado Público, Caracas, 2004
- (35) Norma venezolana COVENIN 3290:1997, Tablas 2, 5, 8, 10, 11, 15, 17 (p. 32-40)
- (36) Rodríguez, C. A.; Lima de Sa, C. A.; Mendoza, A.; Martín, H.  
“Manual de Normas y Criterios Para Proyectos Instalaciones Eléctricas” Tomo II  
Epsilon, Editorial Arte, Caracas, 1967, Tablas extraídas de los Apéndices A, C (p. 365 – 385,p. 415 – 475).
- (37) Universidad Simón Bolívar Web Site [en línea]  
Disponible en: <http://www.usb.ve>
- (38) Guía N° 8: “Patrimonios Culturales”, Profesora: Violeta Attias, U.C.V.