

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL
CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE INGENIERÍA”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**ELABORADO POR:
ROLANDO TEOFILLO SEGAMA SALVATIERRA**

**ASESOR
Ing. JOSÉ CARLOS REYES ALVA**

**LIMA – PERÚ
2017**

INDICE

LISTA DE GRAFICOS.....	V
LISTA DE TABLAS.....	VIII
PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. ALCANCE Y LIMITACIONES	5
1.4.1. Alcance.....	5
1.4.2. Limitaciones	5
1.5. JUSTIFICACIÓN	5
1.6. MARCO METODOLÓGICO	6
1.6.1. Estructura General.....	6
CAPÍTULO II. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	9
2.1. ESQUEMA DE FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y MATRIZ DE CONSISTENCIA	9
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	12
3.1. ALUMBRADO PÚBLICO	12
3.1.1. Concepto de alumbrado público	12
3.1.2. Conceptos generales sobre alumbrado público	13
3.1.3. Fuentes de luz en alumbrado público.....	24
3.2. ASPECTOS LEGALES, NORMATIVOS Y MEDIOAMBIENTAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO.....	40
3.2.1. Aspectos legales y normativos.....	40
3.2.2. Norma técnica del alumbrado público	41
3.2.3. Dióxido de carbono equivalente y el mix de generación eléctrica.....	42
3.2.4. Contaminación lumínica	44
3.3. TECNOLOGÍA DEL ALUMBRADO PÚBLICO INTELIGENTE	44
3.3.1. Soluciones tecnológicas dentro del alumbrado público inteligente	45
3.3.2. Ahorro de energía según tipo de alumbrado inteligente.....	58
3.3.3. Mejoras operativas con la implementación de la telegestión de alumbrado público 59	

CAPÍTULO IV. CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS.....	62
4.1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNI.....	62
4.1.1. Equipos de alumbrado público dentro del campus universitario.....	62
4.1.2. Eficiencia energética del alumbrado público del campus.....	64
4.1.3. Estado de las instalaciones de alumbrado público del campus	66
4.1.4. Calidad del servicio de alumbrado público	76
4.2. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PROPUESTA.....	85
4.2.1. Ubicación del proyecto.....	85
4.2.2. Descripción del proyecto.....	87
4.3. VALIDACIÓN DE LUMINARIAS LED EN CAMPO Y SIMULACIÓN DE LUMINARIAS ELEGIDAS PARA EL PROYECTO	90
4.4. ANÁLISIS DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	96
4.4.1. Calculo consumo de energía con la tecnología actual.....	97
4.4.2. Calculo consumo de energía con la tecnología LED (ALTERNATIVA 1).....	97
4.4.3. Calculo consumo de energía con la tecnología LED telegestión (ALTERNATIVA 2).....	98
4.4.4. Resumen.....	99
4.5. CALCULO DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO	100
4.6. ANÁLISIS DEL AHORRO ECONÓMICO	100
4.6.1. Supuestos y consideraciones generales.....	101
4.6.2. Equipos de alumbrado público.....	101
4.6.3. Flujo de caja de las alternativas	101
4.7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	105
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	111
5.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	111
5.2. MEJORA EN LA GESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO	112
5.3. AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	112
5.4. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES INVERNADERO.....	113
5.5. AHORRO ECONÓMICO	114
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	120

ANEXO N° 1. EVOLUCIÓN E INCREMENTO TARIFAS ELÉCTRICAS.....	122
ANEXO N° 2. SIMULACIÓN LUMINARIA VÍAS PRINCIPALES AL 100% DE POTENCIA.....	123
ANEXO N° 3. SIMULACIÓN LUMINARIA VÍAS PRINCIPALES AL 50% DE POTENCIA.....	138
ANEXO N° 4. SIMULACIÓN LUMINARIA VÍAS PRINCIPALES AL 25% DE POTENCIA.....	153
ANEXO N° 5. SIMULACIÓN LUMINARIA PEATONAL AL 100% DE POTENCIA....	168
ANEXO N° 6. SIMULACIÓN LUMINARIA PEATONAL AL 50% DE POTENCIA.....	178
ANEXO N° 7. SIMULACIÓN LUMINARIA PEATONAL AL 25% DE POTENCIA.....	188
ANEXO N° 8. COSTOS DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS	198
ANEXO N° 9. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 1	199
ANEXO N° 10. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 2	200
ANEXO N° 11. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 3	201
ANEXO N° 12. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 4	202
ANEXO N° 13. PLANO ELÉCTRICO DEL ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	203

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico N° 1.1 Metodología por etapas para desarrollo de tesis.....	7
Gráfico N° 2.1 Esquema de formulación Causa- Efecto.....	10
Gráfico N° 3.1 Flujo luminoso.....	13
Gráfico N° 3.2 Intensidad luminosa.....	14
Gráfico N° 3.3 Iluminancia.....	15
Gráfico N° 3.4 Iluminancia horizontal y vertical.....	15
Gráfico N° 3.5 Medición de iluminancia por el método de grilla.....	16
Gráfico N° 3.6 Luminancia.....	16
Gráfico N° 3.7 Deslumbramiento	17
Gráfico N° 3.8 Luminancia de velo equivalente.....	19
Gráfico N° 3.9 Representación gráfica curva C-Gamma para alumbrado público.....	20
Gráfico N° 3.10 Representación gráfica de los componentes de la gráfica C-Gamma.	21
Gráfico N° 3.11 Curva Isolux	21
Gráfico N° 3.12 Curvas Isoluminancia.....	22
Gráfico N° 3.13 Diagrama cromático de la CEI.....	23
Gráfico N° 3.14 Imagen comparativa IRC.....	24
Gráfico N° 3.15 Luminaria tipo Cut-Off	25
Gráfico N° 3.16 Luminaria Semi Cut- Off	26
Gráfico N° 3.17 Luminaria Non Cut- Off.....	27
Gráfico N° 3.18 Alcance de una luminaria.....	28
Gráfico N° 3.19 Límites del alcance y apertura de las luminarias.....	29
Gráfico N° 3.20 Lámpara de halogenuro metálico	32
Gráfico N° 3.21 Lámpara de vapor de sodio de baja presión	32
Gráfico N° 3.22 Lámpara de vapor de sodio de alta presión	33
Gráfico N° 3.23 Diodo de LED de iluminación.....	34
Gráfico N° 3.24 Luminaria de alumbrado público LED.....	34
Gráfico N° 3.25 Rango medición coeficiente alrededores.....	35
Gráfico N° 3.26 Evolución de tecnologías de alumbrado.....	36
Gráfico N° 3.27 Comparativo según rendimiento luminoso.....	37
Gráfico N° 3.28 Vida útil según tecnología de iluminación	38
Gráfico N° 3.29 Dispersión del flujo luminoso vapor de sodio y LED	39
Gráfico N° 3.30 Generación de energía por tipo de generación	43
Gráfico N° 3.31 Contaminación lumínica ciudad de Lima.....	44

Gráfico N° 3.32 Driver control individual de la luminaria	46
Gráfico N° 3.33 Luminaria con driver programable.....	46
Gráfico N° 3.34 Control grupal de luminarias	47
Gráfico N° 3.35 Control del alumbrado presencial.....	48
Gráfico N° 3.36 Funcionamiento del control presencial.....	48
Gráfico N° 3.37 Sistema de funcionamiento sistema de telegestión de alumbrado público.	51
Gráfico N° 3.38 Clasificación protocolos de comunicación inalámbrica	52
Gráfico N° 3.39 Funcionamiento del sistema de Telegestión.....	55
Gráfico N° 3.40 Módulo LCU	55
Gráfico N° 3.41 Módulo de comando WSN.....	56
Gráfico N° 3.42 Gateway Ethernet	57
Gráfico N° 3.43 Centro de control.....	58
Gráfico N° 3.44 Nivel de ahorro vs nivel de control del alumbrado	59
Gráfico N° 3.45 Reporte de fallas sistema telegestión.....	60
Gráfico N° 3.46 Gestión operativa del alumbrado en tiempo real.....	61
Gráfico N° 3.47 Control del alumbrado público utilizando telegestión.....	61
Gráfico N° 4.1 Alumbrado público UNI con lámparas de vapor de sodio	63
Gráfico N° 4.2 Alumbrado exterior tipo farola.....	63
Gráfico N° 4.3 Luminaria tipo esférica.....	64
Gráfico N° 4.4 Calzada vehicular facultad Ingeniería Económica, Estadística y Ciencias Sociales	64
Gráfico N° 4.5 Fotografía zona ingreso puerta N° 3.....	65
Gráfico N° 4.6 Pasaje facultad Ingeniería Industrial y Sistemas	65
Gráfico N° 4.7 Calzada principal zona de ingreso puerta N° 5	66
Gráfico N° 4.8 Ubicación Subestación N° 14.....	67
Gráfico N° 4.9 Tablero de alumbrando público subestación N° 14.....	68
Gráfico N° 4.10 Llave de alumbrado público subestación N° 10.....	68
Gráfico N° 4.11 Luminaria descolgada.....	69
Gráfico N° 4.12 Farola sin difusor.....	69
Gráfico N° 4.13 Poste sin luminaria y con cables expuestos.....	70
Gráfico N° 4.14 Iluminación calzada Facultad Ingeniería de Geológica, Minera y Metalúrgica	71
Gráfico N° 4.15 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Química	71
Gráfico N° 4.16 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Civil.....	72

Gráfico N° 4.17 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Eléctrica y Electrónica	72
Gráfico N° 4.18 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Textil	73
Gráfico N° 4.19 Iluminación calzada coliseo UNI	73
Gráfico N° 4.20 Iluminación calzada loza deportiva pericos	74
Gráfico N° 4.21 Iluminación pabellón J	74
Gráfico N° 4.22 Iluminación calzada pabellón I.....	75
Gráfico N° 4.23 Iluminación pasaje peatonal Facultad de Arquitectura	75
Gráfico N° 4.24 Medición iluminancia 1.....	76
Gráfico N° 4.25 Medición iluminancia 2.....	78
Gráfico N° 4.26 Medición iluminancia 3.....	80
Gráfico N° 4.27 Medición iluminancia 4.....	82
Gráfico N° 4.28 Efecto cebra iluminación vehicular.....	85
Gráfico N° 4.29 Mapa de la Universidad Nacional de Ingeniería	86
Gráfico N° 4.30 Esquema de la vía vehicular.....	88
Gráfico N° 4.31 Disposición de las luminarias vías vehiculares	88
Gráfico N° 4.32 Esquema de la vía peatonal	89
Gráfico N° 4.33 Disposición de las luminarias vías peatonales.....	89
Gráfico N° 4.34 Luminaria instalada con 10° de inclinación	91
Gráfico N° 4.35 Encendido de luminarias prueba	91
Gráfico N° 4.36 Imágenes de la medición de iluminancia.....	92
Gráfico N° 4.37 Simulación luminaria prueba.....	93
Gráfico N° 4.38 Nivel de iluminación por hora con telegestión.....	99
Gráfico N° 4.39 Análisis de modificación del VAN ante variaciones en los materiales	106
Gráfico N° 4.40 Análisis de modificación del VAN ante variaciones en la tarifa eléctrica	108
Gráfico N° 4.41 Análisis de modificación del VAN ante variaciones en el consumo de energía eléctrica proyectada para la telegestión.....	110
Gráfico N° 5.1 Nivel de iluminación al reducir la potencia de las luminarias.....	113

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1 Matriz de consistencia del problema de investigación	11
Tabla N° 3.1 Clasificación del nivel de deslumbramiento.....	17
Tabla N° 3.2 Grupos de rendimiento de color según el CEI.....	24
Tabla N° 3.3 Clasificación de luminarias según CIE.....	25
Tabla N° 3.4 Nueva clasificación de luminarias según CIE	29
Tabla N° 3.5 Grados de protección IP contra agentes sólidos	30
Tabla N° 3.6 Grados de protección IP contra agua.....	31
Tabla N° 3.7 Comparación de la distorsión armónica	39
Tabla N° 3.8 Comparación del índice de rendimiento de color	40
Tabla N° 3.9 Clasificación de vías y tipo de alumbrado.....	41
Tabla N° 3.10 Niveles permitidos de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento.....	42
Tabla N° 3.11 Factor de emisión de CO2 por el SEIN al 2015	43
Tabla N° 3.12 Zigbee vs otras tecnologías de comunicación inalámbrica.....	54
Tabla N° 4.1 Información de la medición de iluminancia medición 1	77
Tabla N° 4.2 Información de la medición de iluminancia medición 2	78
Tabla N° 4.3 Información de la medición de iluminancia medición 3	80
Tabla N° 4.4 Información de la medición de iluminancia medición 4	82
Tabla N° 4.5 Indicadores de calidad del alumbrado público de la UNI	84
Tabla N° 4.6 Datos de la medición de iluminancia facultad ciencias.....	90
Tabla N° 4.7 Valores de medición luminaria prueba.....	92
Tabla N° 4.8 Resultados simulación luminaria peatonal	94
Tabla N° 4.9 Resultados simulación luminaria vehicular.....	95
Tabla N° 4.10 Consumo energía eléctrica luminarias VSAP	97
Tabla N° 4.11 Consumo energía eléctrica luminarias LED.....	98
Tabla N° 4.12 Consumo de energía eléctrica LED TELEGESTIÓN	99
Tabla N° 4.13 Resumen evaluación del consumo de energía eléctrica.....	100
Tabla N° 4.14 Calculo de emisión de dióxido de carbono equivalente	100
Tabla N° 4.15 Tiempo de vida de los equipos para la iluminación	101
Tabla N° 4.16 Flujo de caja Alternativa 1	103
Tabla N° 4.17 Flujo de caja Alternativa 2	104
Tabla N° 4.18 Resumen evaluación económica de alternativas	105

Tabla N° 4.19 Análisis de sensibilidad ante variaciones en costos de materiales del proyecto	106
Tabla N° 4.20 Análisis de sensibilidad ante variaciones en la tarifa de electricidad.....	107
Tabla N° 4.21 Análisis de sensibilidad ante variaciones en el consumo de energía eléctrica proyectada para la telegestión.....	109
Tabla N° 5.1 Análisis económico comparativo entre las alternativas.....	115

PRÓLOGO

La presente tesis desarrolla una investigación del tipo propuesta tecnológica, en el que se aborda una alternativa de solución tecnológica para mejorar la calidad del servicio de alumbrado público del campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Se ha identificado un inadecuado y deficiente servicio de alumbrado público en el campus universitario, el cual consiste en una baja calidad del servicio eléctrico validada por una encuesta de percepción de los alumnos y por la visita realizada a las instalaciones y equipos del sistema de alumbrado público de la UNI.

En ese sentido, la presente tesis propone la mejora del servicio de alumbrado público del campus a través de la implementación de la tecnología de telegestión. El cual consiste en una herramienta para el control y la gestión del alumbrado.

Se partió con la hipótesis de que al implementar la telegestión se podrá mejorar la gestión del servicio de alumbrado público, ahorrar energía eléctrica y ahorrar económicamente.

La tesis presenta los siguientes objetivos de estudio:

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del alumbrado público del campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería;
- Seleccionar los equipos de iluminación y la tecnología a implementar;
- Calcular el ahorro de energía eléctrica al implementar la tecnología de telegestión de alumbrado público;
- Calcular la reducción de las emisiones de dióxido de carbono equivalente;
- Y desarrollar una evaluación económica de la implementación de la propuesta.

Durante la revisión de la literatura se comparó las distintas tecnologías de iluminación existentes en el mercado, así como también se hizo una comparación entre las luminarias de vapor de sodio y las luminarias LED.

Además se revisó los aspectos legales, normativos y medioambientales del alumbrado público en el país, así como se describió el estado actual del mix de generación eléctrica y el factor de emisiones de CO₂ por el SEIN.

Asimismo, se desarrolló el concepto de alumbrado público inteligente y los 4 tipos de control de iluminación existentes: alumbrado público con control individual, alumbrado público con control grupal, alumbrado público presencial y alumbrado público con telegestión

Finalmente, luego de las evaluaciones y análisis de resultados, se concluye que la implementación de la tecnología de telegestión es técnica, operativa y económicamente factible sustentado en lo siguiente:

- De la comparación de tecnologías para el control del alumbrado público, la tecnología de telegestión con comunicación wireless es la herramienta más completa. Esto gracias a sus múltiples aplicaciones como el *control individual de las luminarias* y la *gestión preventiva del mantenimiento*.
- Con la implementación de la tecnología LED con telegestión se puede obtener 194.5% más de ahorro de energía eléctrica que solo instalar luminarias LED
- En la evaluación económica para un horizonte de 18 años, se demuestra que el VAN al implementar la telegestión asciende a S/. 461,220.3, la TIRE es de 34%, la cual resulta superior al costo de oportunidad para proyecto de inversión de 12%, mientras que el periodo de recuperación de la inversión se concibe en 3 años.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se exponen los antecedentes, objetivos, alcance, limitaciones, justificación y marco metodológico de la investigación. Esta información será relevante para la comprensión de la propuesta de tesis.

1.1. ANTECEDENTES

El sistema de alumbrado público es un servicio fundamental e importante, ya que permite la libre movilidad de los habitantes de un lugar durante la noche. El consumo de energía eléctrica para el alumbrado público constituye el 15% del consumo total de energía a nivel mundial (4-traders, 2017).

En el proceso de generación eléctrica, principalmente por la quema de combustibles fósiles, se emiten a la atmosfera partículas contaminantes que son representados por el CO₂-e¹. En el Perú, el 46% de la generación eléctrica nacional proviene de las centrales termoeléctricas (El Comercio , 2017).

Para reducir el consumo de energía eléctrica y por consiguiente reducir las emisiones de CO₂, la revista 4-traders (2017) afirma que cambiar la tecnología actual de alumbrado público por la tecnología LED puede reducir el consumo de energía en

¹ El término dióxido de carbono equivalente (CO₂-e) es utilizado para comparar las emisiones de los diversos gases de efecto invernadero sobre su potencial de calentamiento global

más del 80%. Por otra parte, la cantidad de población que reside en la zona urbana incrementa anualmente y se espera que para el 2050 más del 70% de las personas a nivel mundial vivan en las ciudades (Electronicproducts, 2017).

En este contexto, las ciudades del futuro requieren soluciones que les permitan optimizar el consumo de energía y con ello ser sostenibles en el tiempo. Es ahí que surge la necesidad de implementar tecnologías como la iluminación inteligente.

Las iluminación inteligentes cuenta con equipo como las luminarias con telegestión que consumen menos energía eléctrica durante su funcionamiento (en su mayoría son equipos con tecnología LED); tienen mayor tiempo de vida y pueden ser controlados inalámbricamente a distancia.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad técnica, operativa y económica de la implementación de un sistema de telegestión del alumbrado público para el campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del alumbrado público de la Universidad Nacional de Ingeniería
- Seleccionar los equipos de iluminación y la tecnología a implementar
- Calcular el ahorro de energía eléctrica al implementar la tecnología de telegestión de alumbrado público
- Calcular la reducción de las emisiones de dióxido de carbono equivalente
- Desarrollar una evaluación económica de la implementación de la propuesta

1.4. ALCANCE Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcance

La presente tesis propone la implementación de un sistema de telegestión para el alumbrado público para el campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.4.2. Limitaciones

- La selección de luminarias (desarrollado en el capítulo IV *contenido de la investigación y resultados*) se ha realizado a través de simulaciones en el software Dialux y considerando los catálogos de los principales proveedores de iluminación exterior.
- Del registro de los niveles fotométricos del alumbrado público del campus universitario de la UNI (desarrollado en el capítulo IV *contenido de la investigación y resultados*), solo se analizaron los niveles fotométricos de iluminancia.

1.5. JUSTIFICACIÓN

- Existe una tendencia a nivel mundial por lograr eficiencia en el consumo de la energía eléctrica y, al mismo tiempo, reducir las emisiones de dióxido de carbono que se produce en el proceso de generación de la electricidad. Esto se puede evidenciar por los diversos tratados y compromisos firmados por los

países. Uno de los principales es el *Acuerdo de París*² (2015) que compromete a los países a reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

- El costo del servicio eléctrico regulado por OSINERGMIN se ha incrementado en los últimos años. (Ver Anexo N° 1)
- Solo el 59.8% de estudiantes de la UNI considera que las condiciones del servicio eléctrico es adecuado y un 69.58% afirma que existe presencia de fallas en el servicio eléctrico (SACS Ingenieros, 2013)³

1.6. MARCO METODOLÓGICO

El plan de tesis está organizado en un documento estándar que responde a lo convencionalmente aceptado en el campo científico y tecnológico, pues cuenta con una definición del problema a investigar, hipótesis de la solución y el sustento que valida el estudio.

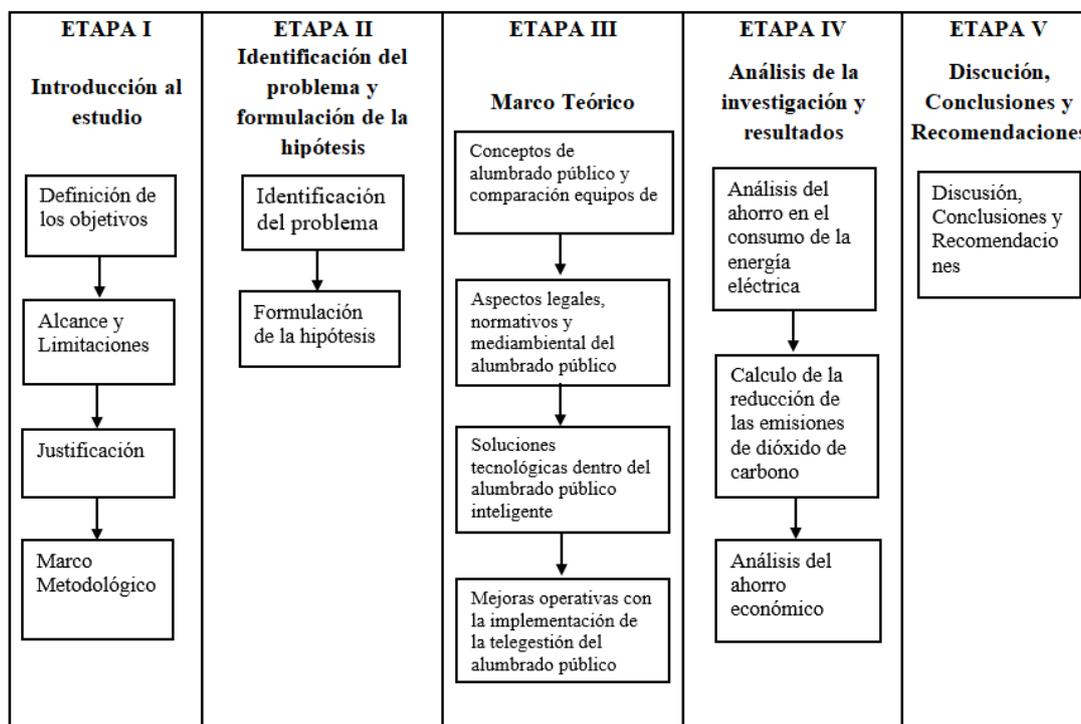
1.6.1. Estructura General

Se ha estructurado el desarrollo de la tesis de tal forma permita realizar un efectivo análisis de las actividades, sobre la base de cinco etapas (ver Gráfico N° 1.1).

² Proyecto presentado durante la Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

³ Proyecto de inversión pública " Mejoramiento del servicio del sistema eléctrico en media tensión de la UNI" (2013)

Gráfico N° 1.1 Metodología por etapas para desarrollo de tesis



Fuente y Elaboración: Autor de la tesis

En la **primera etapa** se mencionara la parte introductoria del estudio como es la definición de los **objetivos, alcance, limitaciones, justificación** y el **marco metodológico** a seguir.

En la **segunda etapa** se identificará el **problema de investigación**. Para este análisis de utilizará la herramienta del árbol de problemas, el cual compara las causas con los efectos para después identificar la situación negativa. Luego se realizará la **formulación de la hipótesis** de investigación.

En la **tercera etapa** se desarrollará el **marco teórico** con el que se sustenta la investigación. Se revisará los tipos de alumbrado existentes en el mercado, así como la tecnología que lo acompaña.

En la **cuarta etapa** se realizará el análisis del ahorro del consumo de energía eléctrica y con esta información se calculará la reducción de las

emisiones de dióxido de carbono. Asimismo se realizara el análisis de viabilidad económica de la propuesta de tesis.

Finalmente, en la **quinta etapa** se discutirá sobre los resultados de la investigación, así como se brindará las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO II.

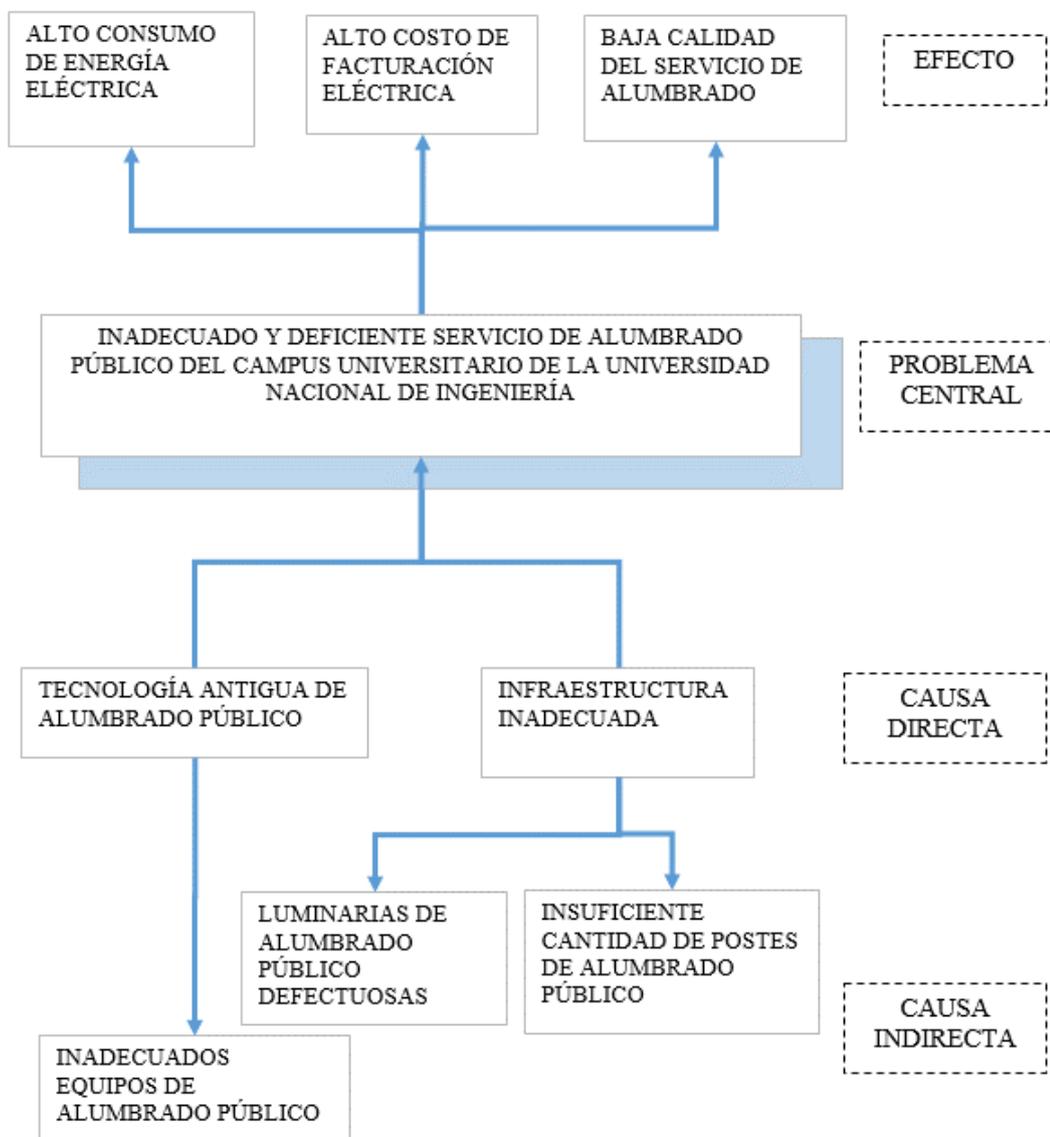
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En este capítulo se identificará el problema de investigación a través de un esquema de correlación causa efecto, luego se concluirá con la matriz de consistencia de la investigación.

2.1. ESQUEMA DE FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y MATRIZ DE CONSISTENCIA

En el Gráfico N° 2.1 se muestra el esquema de formulación del problema central a investigar y en la Tabla N° 2.1 se muestra la matriz de consistencia de la tesis, dentro del cual se encuentra la hipótesis de la investigación.

Gráfico N° 2.1 Esquema de formulación Causa- Efecto



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 2.1 Matriz de consistencia del problema de investigación

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES	METODO EMPLEADO
				DEPENDIENTES	INDEPENDIENTES		
¿Cómo mejorar el servicio de alumbrado público del campus universitario de la UNI (Universidad Nacional de Ingeniería)?	<p>O. General: Evaluar la viabilidad técnica, operativa y económica de la implementación de un sistema de telegestión del alumbrado público para el campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería.</p>	<p>Antecedentes a nivel internacional</p> <p>COLOMBIA: <i>Suárez, Antonio</i> (2010). <i>Tesis de grado. Marco teórico de la telegestión del alumbrado público.</i></p> <p>COLOMBIA: <i>Pinto, J. A.</i> (2010). <i>Tesis de grado. Proyecto Piloto de telegestión del servicio de. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.</i></p> <p>ESPAÑA: <i>Elejoste et al</i> (2013) . Paper. <i>"An Easy to Deploy Street light control system based on wireless communication and LED Technology"</i></p> <p>BRASIL: <i>Costa da Fonceca, Palucci, Brandao</i> (2014). Paper. <i>"Public street lighting remote operation and supervision system"</i></p> <p>CHINA: <i>Cui y Qi</i> (2014). Paper. <i>"Research and Design of Urban LED Street Lamp Wireless Management System"</i></p>	<p>La implementación del sistema de telegestión del alumbrado público en el campus universitario de la UNI permitirá mejorar la calidad del servicio de alumbrado público, reducir el consumo de energía eléctrica y generar un ahorro económico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Mejora en la calidad del servicio ● Ahorro en el consumo de energía eléctrica ● Ahorro económico 	<ul style="list-style-type: none"> ● Herramienta para el control y la gestión remota del alumbrado público (telegestión de alumbrado público) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Consumo de energía eléctrica ● Cantidad monetaria ● Efectividad del sistema de telegestión. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mediciones en campo ● Análisis del consumo de energía eléctrica anual ● Información comercial de empresas de tecnología ● Análisis económico de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III.

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollará todo lo concerniente al marco teórico de la investigación. La teoría expuesta en el siguiente capítulo será de vital importancia para el entendimiento de la presente tesis.

Primero, se revisará los conceptos sobre alumbrado público, luego se realizará un comparativo entre la tecnología de alumbrado público convencional y la tecnología LED.

Segundo, se desarrollará el marco regulatorio alrededor del alumbrado público y el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono en el proceso de generación de la electricidad en el país.

Para finalizar, se desarrollará el concepto de alumbrado público inteligente, así como el desarrollo del concepto de telegestión de alumbrado público.

3.1. ALUMBRADO PÚBLICO

3.1.1. Concepto de alumbrado público

El alumbrado público es un servicio que consiste en proveer la iluminación mínima necesaria en los espacios públicos y vialidades, de forma que se garantice la seguridad de peatones y vehículos

(Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2015). Así mismo forma parte de la arquitectura de las ciudades o centros urbanos como parte del alumbrado exterior.

3.1.2. Conceptos generales sobre alumbrado público

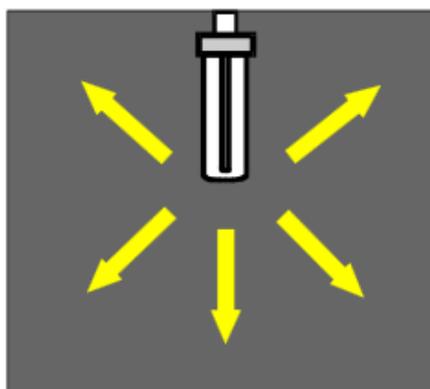
3.1.2.1. Términos fotométricos

a. Flujo luminoso

Según el Manual de iluminación eficiente⁴, el flujo luminoso es el flujo radiante emitido por una fuente luminosa, el mismo que se encuentra dentro del rango de luz visible para el ojo humano (ver Gráfico N° 3.1). Su unidad de medida es el lumen (lm). La fórmula del flujo luminoso es el siguiente:

Flujo luminoso	Símbolo: Φ
	Unidad: lumen (lm)

Gráfico N° 3.1 Flujo luminoso



Fuente: Manual de iluminación eficiente (2006)

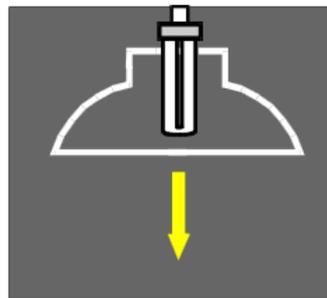
⁴ Manual de iluminación eficiente, 2016. Argentina. Editorial: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

b. Intensidad luminosa

Es el flujo luminoso registrado en una dirección determinada (ver Gráfico N° 3.2). Su unidad de medida es la candela (cd). La fórmula de la intensidad luminosa es la siguiente:

Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

Gráfico N° 3.2 Intensidad luminosa



Fuente: Manual de iluminación eficiente (2006)

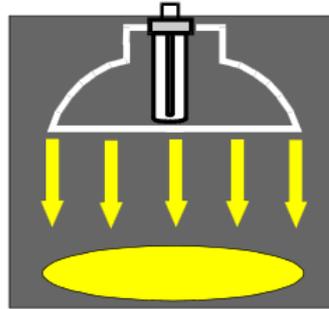
c. Iluminancia

Según el Manual de iluminación eficiente⁵, la iluminancia es el registro del flujo luminoso sobre una superficie definida (ver Gráfico N° 3.3). Su unidad de medida es el lux (lm/m²). La fórmula de la iluminancia es la siguiente:

Iluminancia $E = \frac{\Phi}{S}$	Símbolo: E	$\text{lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$
	Unidad: lux (lx)	

⁵ Manual de iluminación eficiente, 2016. Argentina. Editorial: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

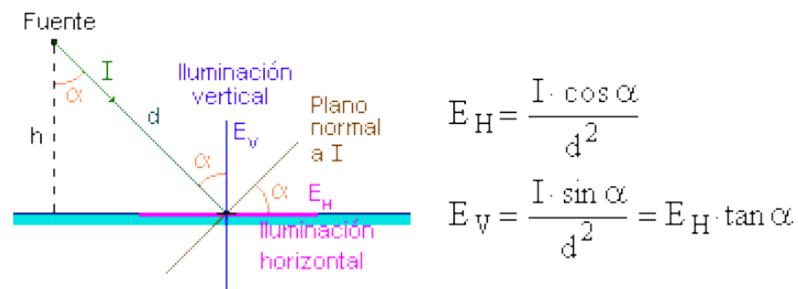
Gráfico N° 3.3 Iluminancia



Fuente: Manual de iluminación eficiente (2006)

Cuando la iluminación no es perpendicular se debe descomponer la iluminancia recibida en una componente horizontal y otra vertical a la superficie como se muestra en el Gráfico N° 3.4.

Gráfico N° 3.4 Iluminancia horizontal y vertical



Fuente: Alumbrado vía públicas. Universidad Politécnica de Catalunya

Por otro lado, en el Gráfico N° 3.5 se muestra un ejemplo de la medición de la iluminancia a través del “método de grilla”, el cual consiste en medir la iluminancia en distintos puntos, simétricamente divididos, sobre una superficie determinada, el equipo utilizado para realizar estas mediciones es el Luxómetro.

Gráfico N° 3.5 Medición de iluminancia por el método de grilla



Fuente: Philips

d. Luminancia

Es la intensidad luminosa reflejada sobre una superficie en dirección al ojo del observador (ver Gráfico N° 3.6). Su unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m²). La fórmula del cálculo de la luminancia es la siguiente:

Luminancia

$$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

Símbolo: L

Unidad: cd/m²

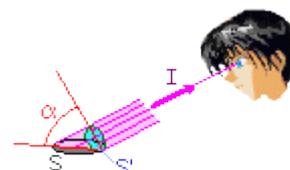
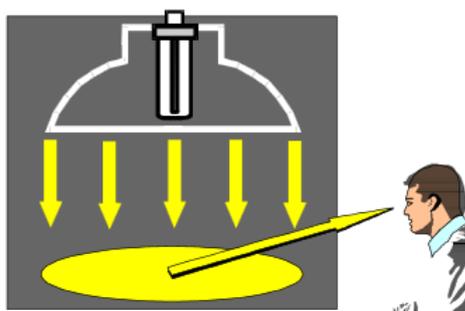


Gráfico N° 3.6 Luminancia



Fuente: Manual de iluminación eficiente (2006)

e. **Deslumbramiento**

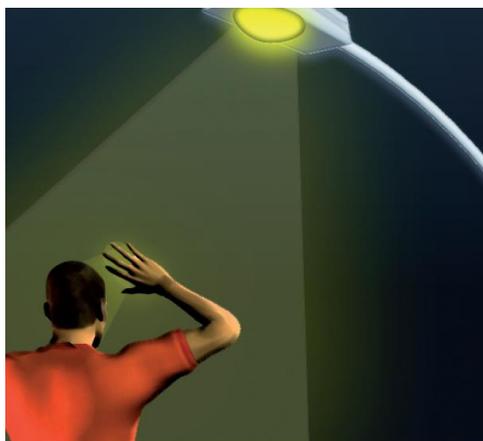
Se produce cuando la luminancia en una determinada zona es superior o inferior y genera molestias, incomodidad y pérdida temporal de la visibilidad del observador (ver Gráfico N° 3.7). En la Tabla N° 3.1 se muestra la clasificación del nivel de deslumbramiento según el índice de control de deslumbramiento G (también llamado deslumbramiento molesto).

Tabla N° 3.1 Clasificación del nivel de deslumbramiento

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

Fuente: Universidad Politécnica de Catalunya (García Fernández & Boix Aragonez, 2004)

Gráfico N° 3.7 Deslumbramiento



Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Colombia

Tomando como referencia la teoría expuesta por García & Boix (1999) de la Universidad Politécnica de Catalunya, El **deslumbramiento molesto (G)** está definido por la siguiente fórmula:

$$G = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \log \left(\frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.29 \log F + 0.97 \log L_m + 4.41 \log h' - 1.46 \log p + c$$

Donde:

- I_{80} es la intensidad luminosa emitida por la luminaria con un ángulo de elevación $\gamma = 80^\circ$ en el plano $C=0$.
- I_{88} es la intensidad luminosa en el caso de $\gamma = 88^\circ$.
- F es la superficie aparente de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° .
- c es un factor de corrección del color que vale:

Tipo de lámpara	c
Sodio a baja presión	0.4
Otras	0

- L_m es la luminancia media de la superficie de la calzada.
- h' es la altura entre el nivel de los ojos y la luminaria.
- p es el número de luminarias por kilómetro.

Esta fórmula sólo es válida en el siguiente intervalo:

$$5 \leq h' \leq 20 \text{ m}$$

$$20 \leq p \leq 100$$

$$50 \leq I_{80} \leq 7000 \text{ cd}$$

$$1 \leq I_{80}/I_{88} \leq 50$$

$$0.007 \leq F \leq 0.4 \text{ m}^2$$

$$0.37 \leq L_m \leq \text{cd/m}^2$$

Por otro lado, por debajo del deslumbramiento molesto se encuentra el **deslumbramiento perturbador**, el cual origina una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. Este indicador

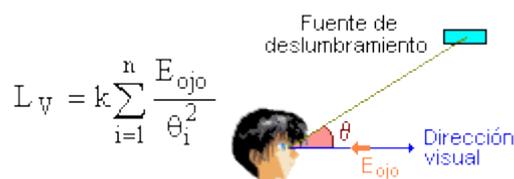
es considerado en las evaluaciones de deslumbramiento a través del porcentaje TI (incremento de umbral)

La fórmula del porcentaje de TI es el siguiente:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0.5}}$$

Donde L_v es la luminancia de velo equivalente (ver Gráfico N° 3.8) y L_m es la luminancia media de la calzada.

Gráfico N° 3.8 Luminancia de velo equivalente



Fuente: Universidad Politécnica de Catalunya (García Fernández & Boix Aragonez, 2004)

Donde:

- K es una constante que depende de la edad del individuo cuyo valor usual es 10 grados o $3 \cdot 10^{-3}$ rad.
- E_{ojo} es la iluminancia sobre el ojo en el plano perpendicular a la dirección visual.
- θ es el ángulo formado por la dirección visual y el rayo de luz procedente de la fuente de luz deslumbrante. Solo se tendrán en cuenta las fuentes deslumbradoras cuyo ángulo θ sea mayor que 20° .

En la presente tesis solo se considerará el indicador de deslumbramiento perturbador siempre y cuando se encuentre dentro de los valores estándar.

f. Deslumbramiento

Es la relación existente entre el flujo luminoso de una fuente de luz y la potencia eléctrica que se consume para producirla. Su unidad de medida es el lumen por watts (lm/w). Por medio de este indicador se puede comparar la variedad de fuentes luminosas según su eficiencia de consumo eléctrico. La fórmula del rendimiento luminoso es la siguiente:

$$\text{Rendimiento luminoso} = \frac{\Phi}{W}$$

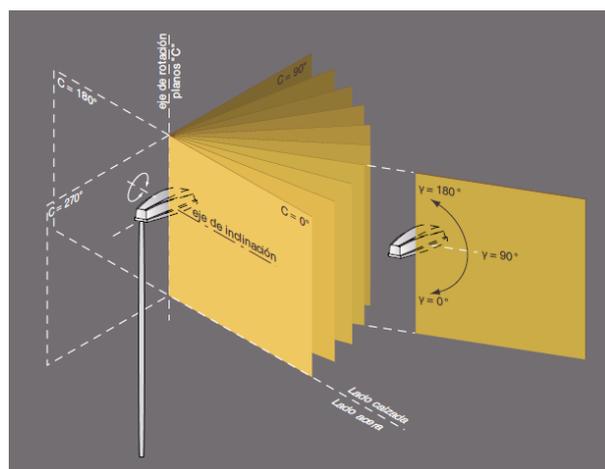
Símbolo: η
Unidad: lm / W

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$$

3.1.2.2. Representación gráfica de las curvas fotométricas

Las curvas fotométricas de iluminación pueden ser representadas a través de las coordenadas C y Gamma (ver Gráfico N° 3.9), también llamado diagrama polar. Esta información propia de cada luminaria es proporcionada por el fabricante.

Gráfico N° 3.9 Representación gráfica curva C-Gamma para alumbrado público

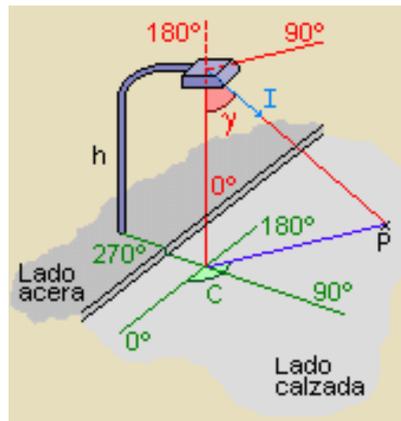


Fuente: *Manual de iluminación INDALUX (2002). Elaboración: Propia*

En los gráficos C- Gamma la intensidad luminosa se representa en tres coordenadas (I, C y γ): I representa la intensidad luminosa en candelas e indica

el valor del vector; C indica el plano de referencia y γ mide el ángulo de inclinación respecto al eje vertical (ver Gráfico N° 3.10)

Gráfico N° 3.10 Representación gráfica de los componentes de la gráfica C-Gamma.

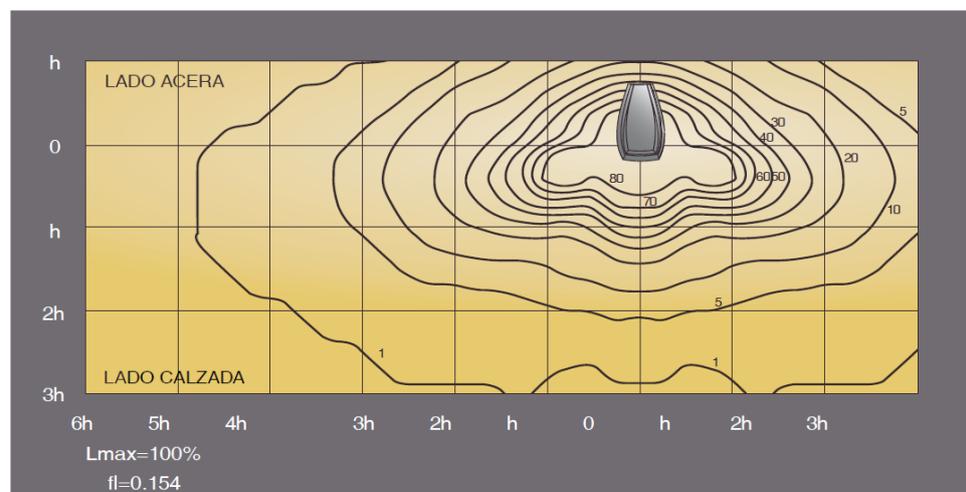


Fuente: Universidad Politécnica de Catalunya

a. Curvas Isolux

Las curvas Isolux vienen a ser la proyección de los puntos de igual iluminancia sobre una superficie determinada (ver Gráfico N° 3.11). La unidad de medida es el lux (lx).

Gráfico N° 3.11 Curva Isolux

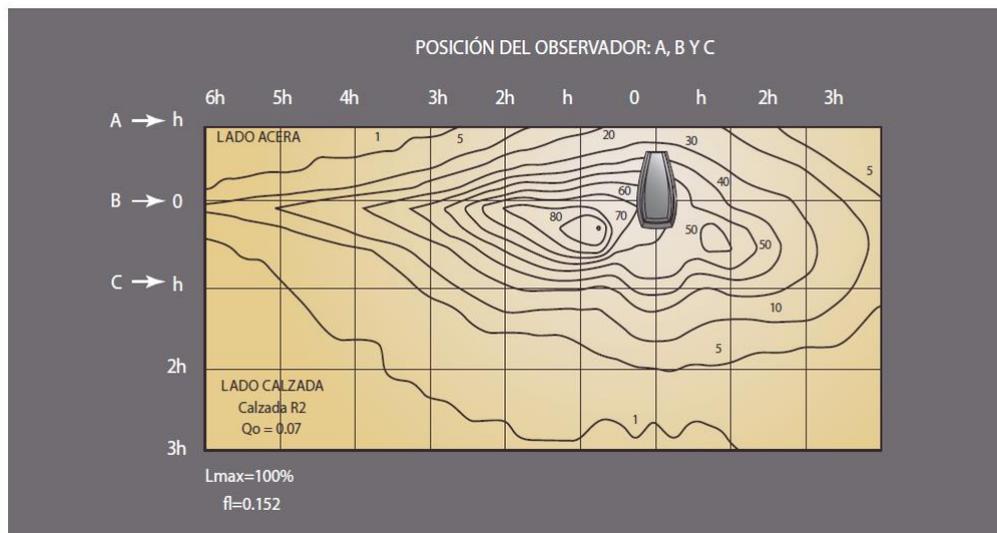


Fuente: Manual de iluminación vial (2015)

b. Curvas Isoluminancia

Las curvas Isoluminancia vienen a ser la proyección de los puntos de medición de igual luminancia sobre una superficie determinada (ver Gráfico N° 3.12).

Gráfico N° 3.12 Curvas Isoluminancia



Fuente: *Manual de iluminación vial (2015)*

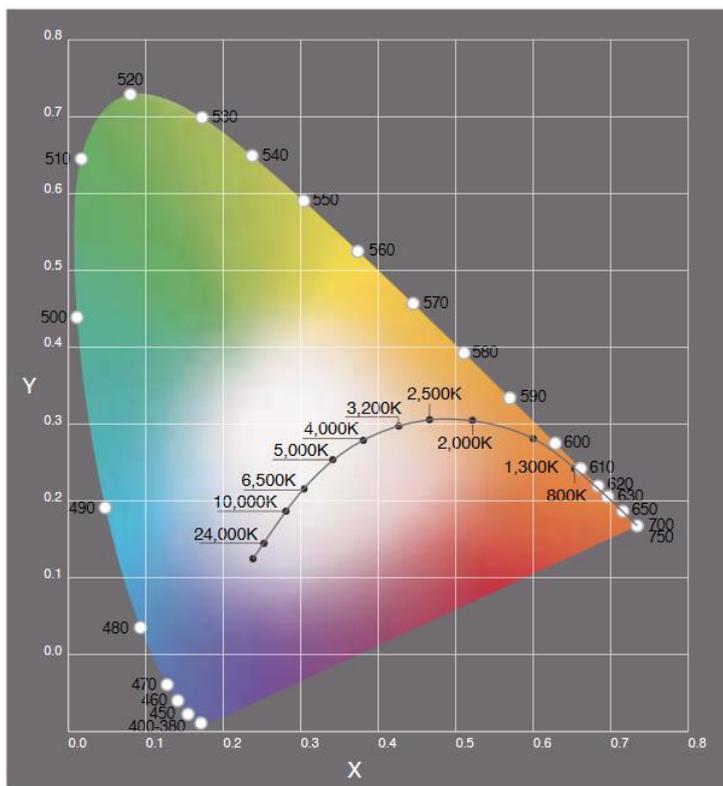
3.1.2.3. Términos colorimétricos

a. Temperatura de color

Es un parámetro cromático relacionado con la tonalidad de la luz emitida por una fuente luminosa, su unidad de medida es el kelvin (K). En el Gráfico N° 3.13 se muestra el diagrama cromático definido por la comisión internacional de iluminación (CEI)⁶. La **luz es cálida** para temperaturas menores a 3300K; la **luz es neutra** para temperaturas entre 3300K y 5000K; y la **luz es fría** para temperaturas mayores a 5000K.

⁶ CEI son las iniciales de *Commission internationale de l'éclairage* es la autoridad internacional en luz, iluminación, color y espacios de color.

Gráfico N° 3.13 Diagrama cromático de la CEI



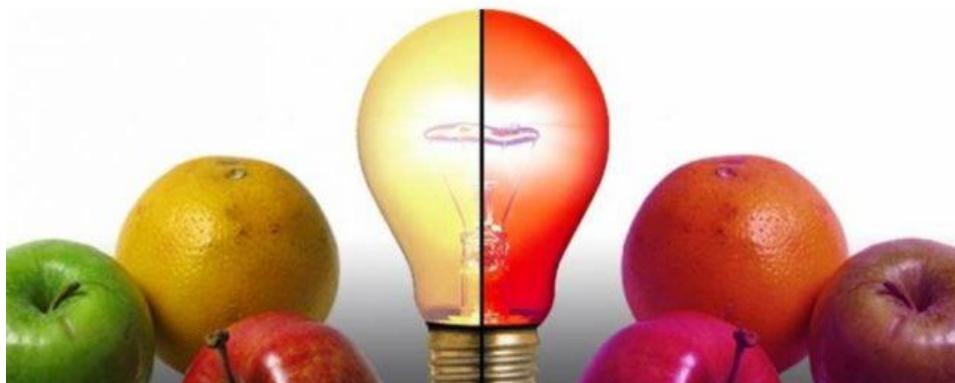
Fuente: Comisión internacional de iluminación

b. Índice de reproducción cromática (IRC)

Es la medida cuantitativa propia de cada fuente luminosa que indica la capacidad de reproducir fielmente los colores de los objetos. El índice varía entre 0 y 100, siendo 100 el valor de la fuente de luz patrón⁷. En el Gráfico N° 3.14 se puede observar que la iluminación de lado izquierdo tiene mayor IRC.

⁷ Se considera luz patrón a la iluminación natural emitida por el sol

Gráfico N° 3.14 Imagen comparativa IRC



Fuente: Portal voltaico

En la Tabla N° 3.2 se muestra la clasificación del IRC, según la comisión internacional de iluminación, por su color y utilidad. Se observa que para el alumbrado público exterior el IRC está entre 20 y 60.

Tabla N° 3.2 Grupos de rendimiento de color según el CEI

Grupo rendimiento en color	Rango de rendimiento en color (IRC)	Apariencia de color	Ejemplos para uso preferible	Ejemplos para uso aceptable
1	IRC	Cálido Intermedio Frío	Igualaciones de color, exploraciones clínicas, galerías de arte	Exposiciones
1B	90 \geq 90	Cálido Intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, escuelas	Telares
		Intermedio Cálido	Imprentas, industria de pintura y textiles	
2	80 $>$ IRC \geq 60	Cálido Intermedio Frío	Trabajo Industrial	Oficinas, escuelas
3	60 $>$ IRC \geq 40	Cálido	Industrias grandes	Automotriz
4	40 $>$ IRC \geq 20	Cálido	Vialidades	Carreteras

Fuente: Comisión Internacional de Iluminación

3.1.3. Fuentes de luz en alumbrado público

3.1.3.1. Clasificación de las luminarias según el CIE

La CIE⁸ clasifica a las luminarias según el grado de deslumbramiento aceptado. Estas son las siguientes: luminarias con repartición Cut-Off,

⁸ Comisión Internacional de Iluminación

luminarias con repartición Semi Cut-off y luminarias Non Cut-Off. En la Tabla N° 3.3 se muestra la clasificación de las luminarias según los valores de intensidad emitida.

Tabla N° 3.3 Clasificación de luminarias según CIE

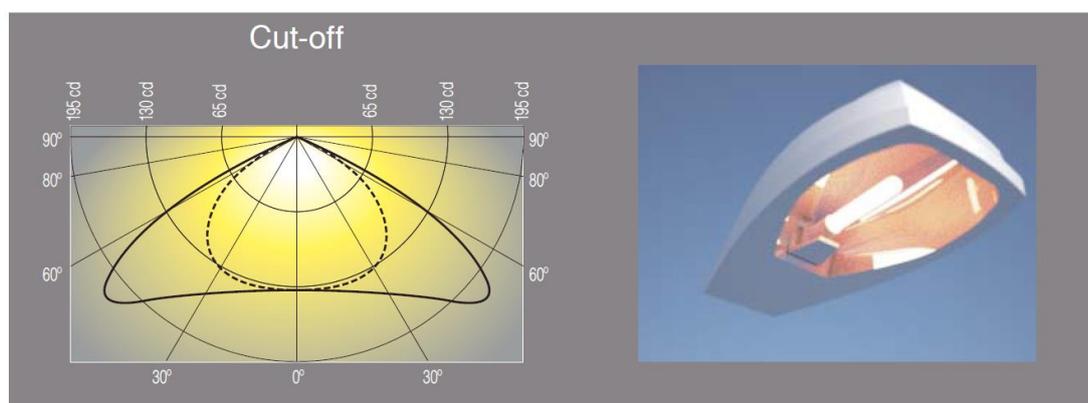
Tipo de luminaria	Valor máximo permitido de intensidad emitida a un ángulo de elevación de 80°	Valor máximo permitido de intensidad emitida en un ángulo de elevación de 90°	Dirección de la intensidad máxima menor de
Cut - off	30 cd / 1000 lm	10 cd / 1000 lm	65°
Semi cut - off	100 cd / 1000 lm	50 cd / 1000 lm	76°
Non cut - off	Cualquiera		-

Fuente: Manual de iluminación (2015)

a. **Luminarias con repartición Cut-Off**

Es aquella luminaria que emite intensidad luminosa debajo del rango de 65° respecto a la vertical ascendente, sin embargo este valor puede variar entre países y llegar hasta 80°. En el Gráfico N° 3.15 se muestra la imagen de una luminaria tipo Cut- Off y su curva polar. Esta luminaria es reconocida porque el difusor es del tipo horizontal.

Gráfico N° 3.15 Luminaria tipo Cut-Off

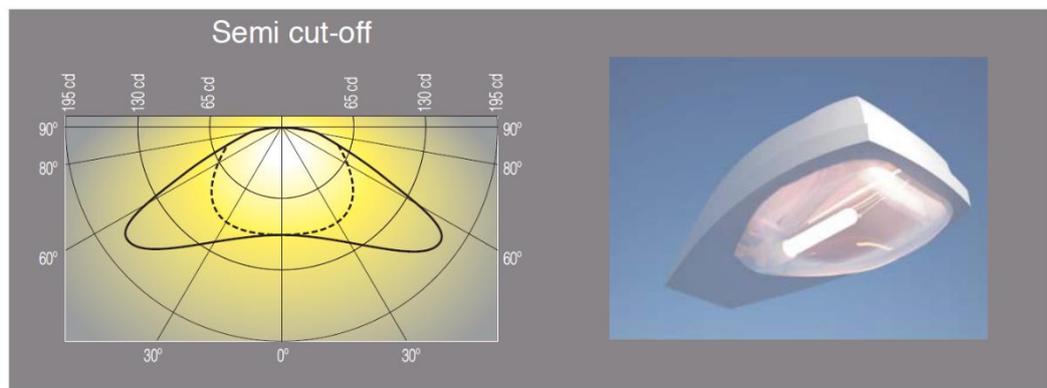


Fuente: Manual de iluminación (2015)

b. Luminarias con repartición Semi Cut-Off

Es aquella luminaria que emite intensidad luminosa superior a 80° respecto a la vertical ascendente y menor a la horizontal (90°). En el Gráfico N° 3.16 se muestra la imagen de una luminaria tipo Semi Cut- Off y su curva polar. Esta luminaria es reconocida porque el difusor es ovalado.

Gráfico N° 3.16 Luminaria Semi Cut- Off

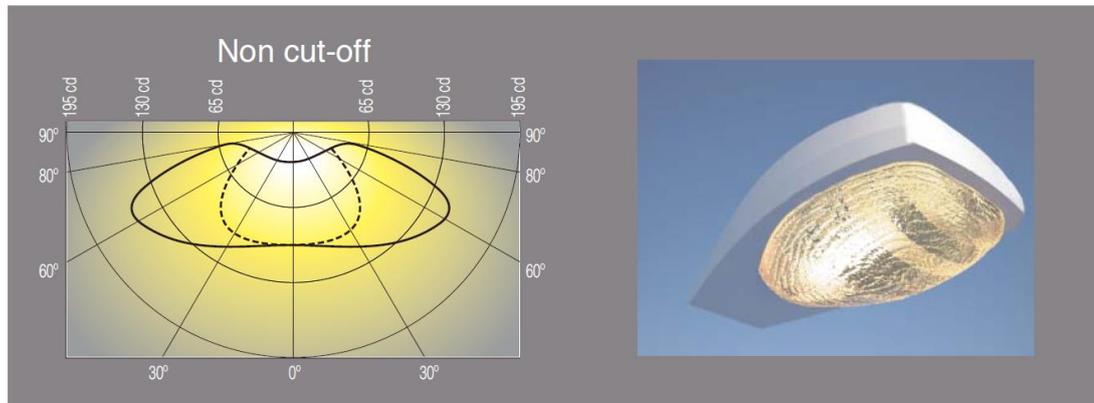


Fuente: Manual de iluminación (2015)

c. Luminarias con repartición Non Cut- Off

Es aquella luminaria que emite intensidad luminosa superior a 90° respecto a la horizontal ascendente. En el Gráfico N° 3.17 se muestra la imagen de una luminaria tipo Non Cut-Off y su curva polar. Esta luminaria es reconocida porque su difusor es muy abultado.

Gráfico N° 3.17 Luminaria Non Cut- Off



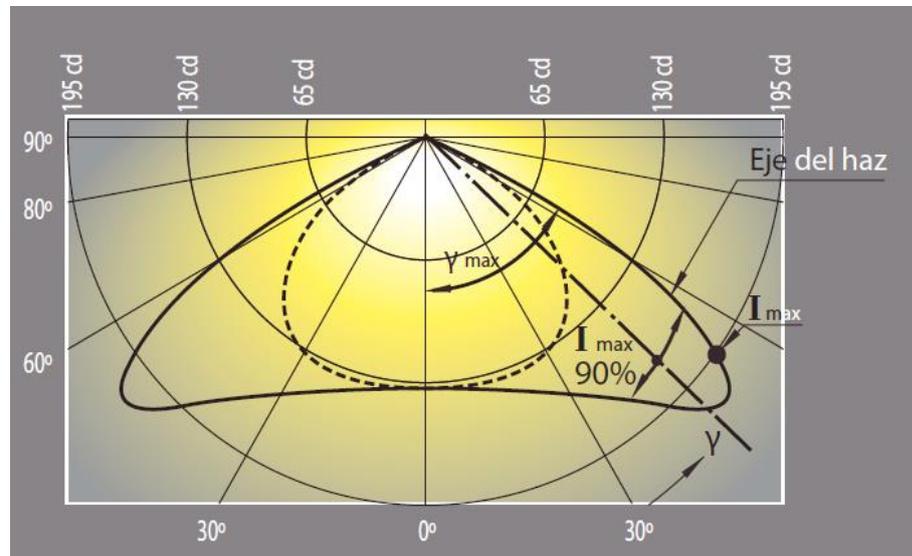
Fuente: Manual de iluminación (2015)

3.1.3.2. Nueva clasificación de las luminarias según el CIE

La nueva clasificación de luminarias según el estándar del CIE indica que las luminarias están definidas por su Alcance, Apertura y Control de deslumbramiento.

a. Alcance

Está determinado por el ángulo Y_{max} , el cual indica la capacidad del equipo de iluminar en forma longitudinal a la calzada. El ángulo se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de I_{max} dentro del plano donde la luminaria presenta el nivel máximo de intensidad luminosa. En el Gráfico N° 3.18 se muestran los ejes de la curva que forman el Y_{max} .

Gráfico N° 3.18 Alcance de una luminaria

Fuente: *Manual de iluminación (2015)*

b. Apertura

La apertura está determinada por la proyección del haz luminoso en forma paralela al eje de la calzada limitado por el lado más alejado del 90% I_{max} . La posición de esta línea está definida por el ángulo Y_{90} (ver Gráfico N° 3.19)

c. Control de deslumbramiento

Este indicador se define por el índice específico de la luminaria (SLI). Este índice forma parte de la fórmula de control de deslumbramiento molesto y es propia de cada luminaria.

$$SLI = 13.84 - 3.31 \cdot \log I_{80} + 1.3 \cdot \log \left(\frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \cdot \log \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.29 \cdot \log F + C$$

Donde:

I_{80} : Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 80° en un plano paralelo al eje de la calzada en candelas.

I_{80}/I_{88} : Relación de intensidades luminosas para 80° y 88°

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

C: Factor de color, variable de acuerdo al tipo de lámpara (+0.4 para sodio alta presión y 0 para las demás)

d. Indicadores de Alcance, Apertura y Control de deslumbramiento

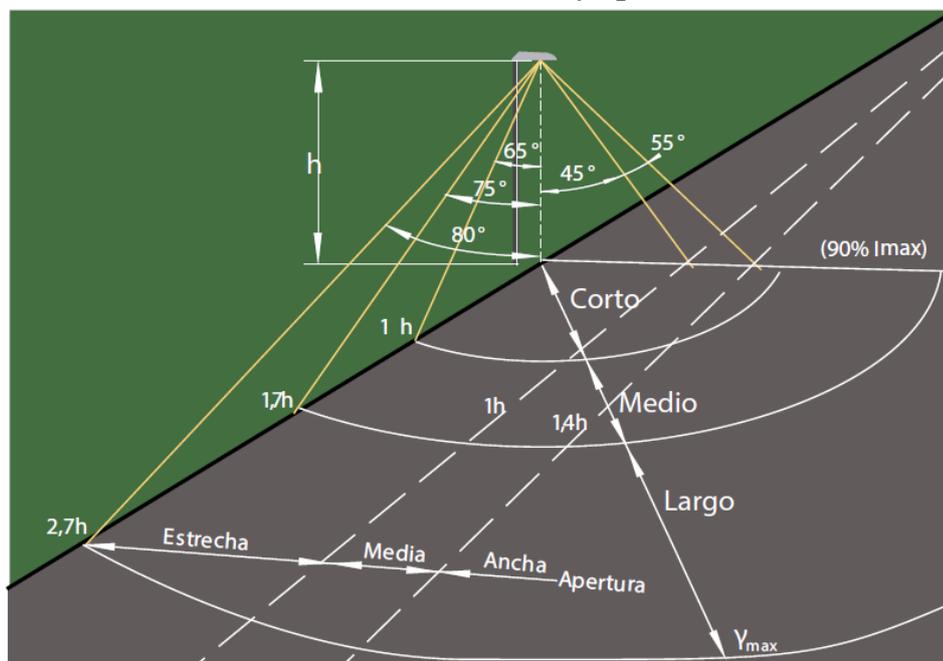
En la Tabla N° 3.4 se muestra la clasificación de los indicadores de Alcance, Apertura y Control de deslumbramiento según la CIE. Asimismo, en el Gráfico N° 3.19 se puede observar gráficamente los límites de los indicadores de Alcance y Apertura.

Tabla N° 3.4 Nueva clasificación de luminarias según CIE

ALCANCE	APERTURA	CONTROL
Corto $Y_{max} < 65^\circ$	Estrecha $Y_{90} < 45^\circ$	Limitado $SLI < 2$
Medio $60^\circ \leq y_{max} \leq 70^\circ$	Media $45^\circ \leq y_{90} \leq 55^\circ$	Moderado $2 \leq SLI \leq 4$
Largo $Y_{max} > 70^\circ$	Ancha $y_{90} > 55^\circ$	Estricto $SLI > 4$

Fuente: Manual de iluminación (2015)

Gráfico N° 3.19 Límites del alcance y apertura de las luminarias



Fuente: Manual de iluminación (2015)

3.1.3.3. Índice de protección de luminarias IP

Este indicador clasifica a las luminarias según el nivel de protección con el que cuentan los equipos eléctricos contra agentes externos tales como penetración de cuerpos sólidos y/o penetración de agua.

Según la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)⁹, el índice de protección está formado por la sigla IP seguido de dos valores (IPxy). En la Tabla N° 3.5 se muestran los valores de la protección contra agentes sólidos (x) y en la Tabla N° 3.6 se muestran los valores de la protección contra agua (y).

Tabla N° 3.5 Grados de protección IP contra agentes sólidos

Valor x	Grado de Protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	Sin protección	Sin protección particular
1	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm
2	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm
3	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 2.5 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2.5 mm
4	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 1 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm
5	Protección contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Con total protección contra el polvo	Ninguna entrada de polvo

Fuente: Manual de iluminación vial (2015)

⁹ La CEI es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Al año 2017 cuenta con 83 países miembros entre miembros plenos y asociados.

Tabla N° 3.6 Grados de protección IP contra agua

Valor y	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	Sin protección.	Sin protección particular
1	Protección contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberá tener efectos perjudiciales.
2	Protección contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente esta inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal.
3	Protección contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales.
4	Protección contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales.
5	Protección contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales.
6	Protección contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con agua de mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales.
7	Protección contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerja la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales.
8	Protección contra la inmersión prolongada	El equipo adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante. Nota: Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente sellado. No obstante para ciertos tipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero sólo de manera que no produzca efectos perjudiciales.

Fuente: Manual de iluminación vial (2015)

3.1.3.4. Tipos de lámparas para alumbrado público

a. Lámparas de halogenuros o aditivos metálicos

Estas lámparas están constituidas por vapor de mercurio a alta presión y halogenuros como el Dysprosio (Dy), Holmio (Ho) y el Tulio (Tm). Durante el funcionamiento de la lámpara los halogenuros son vaporizados y ello facilita la dispersión de la luz. En el Gráfico N° 3.20 se muestra la imagen de una lámpara de halogenuro metálico.

Gráfico N° 3.20 Lámpara de halogenuro metálico



Fuente: Alumbrado público exterior. Ministerio de energía y minas Colombia

b. Lámpara de sodio de baja presión

Estas lámparas están entre los más eficientes en el consumo de energía eléctrica, no obstante, tienen bajos niveles de IRC. Se produce la radiación visible luego de la descarga eléctrica en el interior del tubo, en general en forma de U, que contiene vapor de sodio a baja presión y otros gases. En el Gráfico N° 3.21 se muestra la imagen de una lámpara de vapor de sodio de baja presión.

Gráfico N° 3.21 Lámpara de vapor de sodio de baja presión



Fuente: sparksdirect

c. Lámpara de vapor de sodio de alta presión

Estas lámparas, a diferencia de las lámparas de vapor de sodio de baja presión, tienen condiciones de funcionamiento más exigentes: temperatura alta

(1000°), presión alta y agresiones químicas producidas por el sodio dentro del tubo de descarga. En el Gráfico N° 3.22 se muestra la imagen de una lámpara de vapor de sodio de alta presión.

Gráfico N° 3.22 Lámpara de vapor de sodio de alta presión



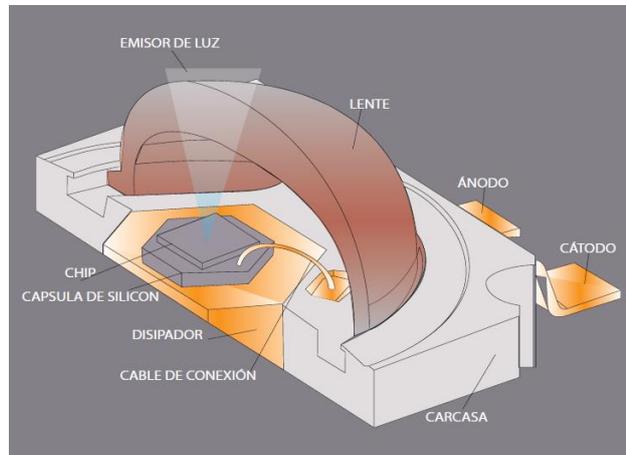
Fuente: Alumbrado público exterior. Ministerio de energía y minas Colombia

d. Alumbrado público tipo LED

El LED¹⁰ está constituido por materiales semiconductores que al ser atravesados por la corriente eléctrica liberan energía luminosa en forma de fotones. En el Gráfico N° 3.23 se muestra un corte transversal del diodo de LED y se identifican sus componentes.

¹⁰ Denominación en inglés que significa diodo emisor de luz “Light Emitting Diode”

Gráfico N° 3.23 Diodo de LED de iluminación



Fuente: Manual de iluminación vial (2015)

Actualmente, existe mucha variedad de equipos de alumbrado público LED en el mercado. En el Gráfico N° 3.24 se muestra una luminaria LED de la marca PHILIPS INDAL, la cual tiene como característica principal que el conjunto de diodos LED pueden ser reemplazados independiente de los otros componentes que conforma las luminaria.

Gráfico N° 3.24 Luminaria de alumbrado público LED



Fuente: Philips Indal (2017)

3.1.3.5. Criterios de calidad de la instalación de alumbrado público

a. Coeficiente de Uniformidad

Es el coeficiente que indica la regularidad del nivel de iluminación de una determinada zona. La evaluación se realiza en base al coeficiente de uniformidad media/global (U_0) y al coeficiente de uniformidad longitudinal (U_L).

$$U_0 = L_{\min} / L_m \qquad U_L = L_{\min} / L_{\max}$$

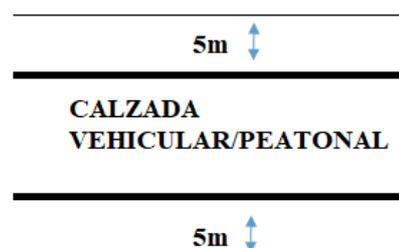
b. Deslumbramiento (TI)

TI son las siglas de “incremento del umbral”, el cual esta expresado en tanto por ciento. Este indicador permite evaluar el nivel de deslumbramiento perturbador.

c. Coeficiente de iluminación de los alrededores (SR)

SR son las siglas de “Surround Ratio”, el cual es una medida de iluminación de las zonas limítrofes de la vía (vereda, retiro, etc). Este indicador permite asegurar que los objetos, peatones o vehículos sean visibles para los conductores. El coeficiente SR se obtiene calculando la iluminancia promedio de una franja de 5 metros de ancho a cada lado de la calzada (ver Gráfico N° 3.25).

Gráfico N° 3.25 Rango medición coeficiente alrededores



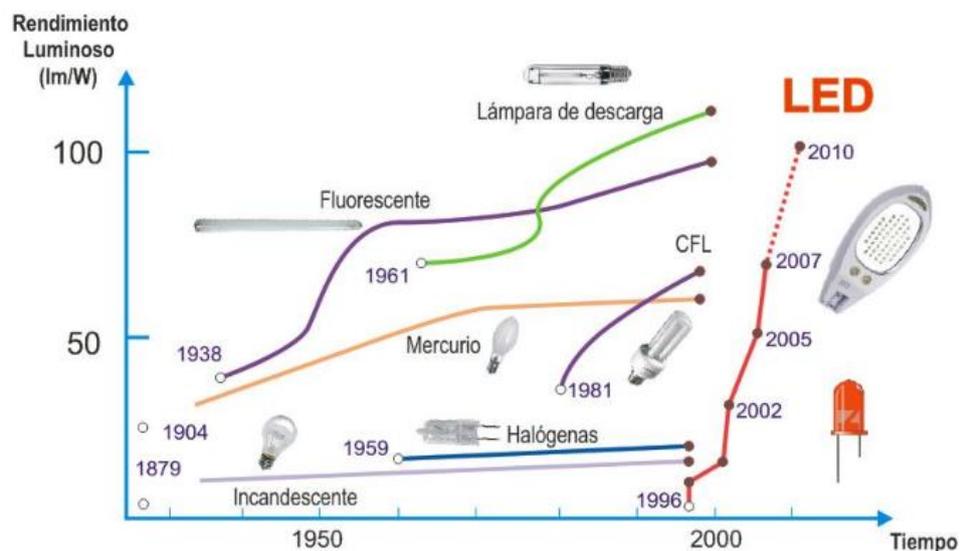
Fuente: Elaboración propia

3.1.3.6. Diferencia entre iluminación LED y convencional

a. Desarrollo tecnológico

Las tecnologías disponibles para el alumbrado público se han desarrollado en las últimas décadas y han logrado incrementar su rendimiento luminoso. En el caso del LED, la evolución fue acelerada como se puede apreciar en el Gráfico N° 3.26.

Gráfico N° 3.26 Evolución de tecnologías de alumbrado

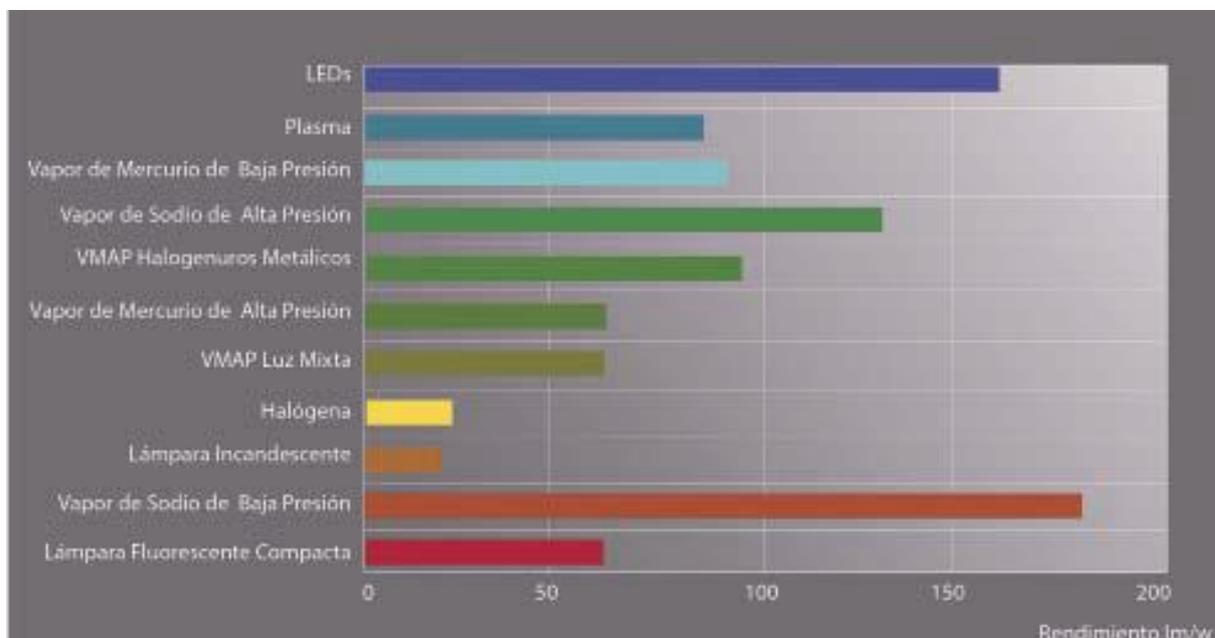


Fuente: Foro eficiencia y nuevas tecnologías. Osinergmin (2013)

b. Eficiencia según rendimiento luminoso

En el Gráfico N° 3.27 se muestra un cuadro comparativo según el rendimiento luminoso de cada tecnología disponible en el mercado. Se puede observar que las luminarias de vapor de sodio de baja presión y las luminarias LED tienen mejores índices de rendimiento luminoso que las demás. Esto quiere decir que ambas luminarias son eficientes en el consumo de energía eléctrica.

Gráfico N° 3.27 Comparativo según rendimiento luminoso

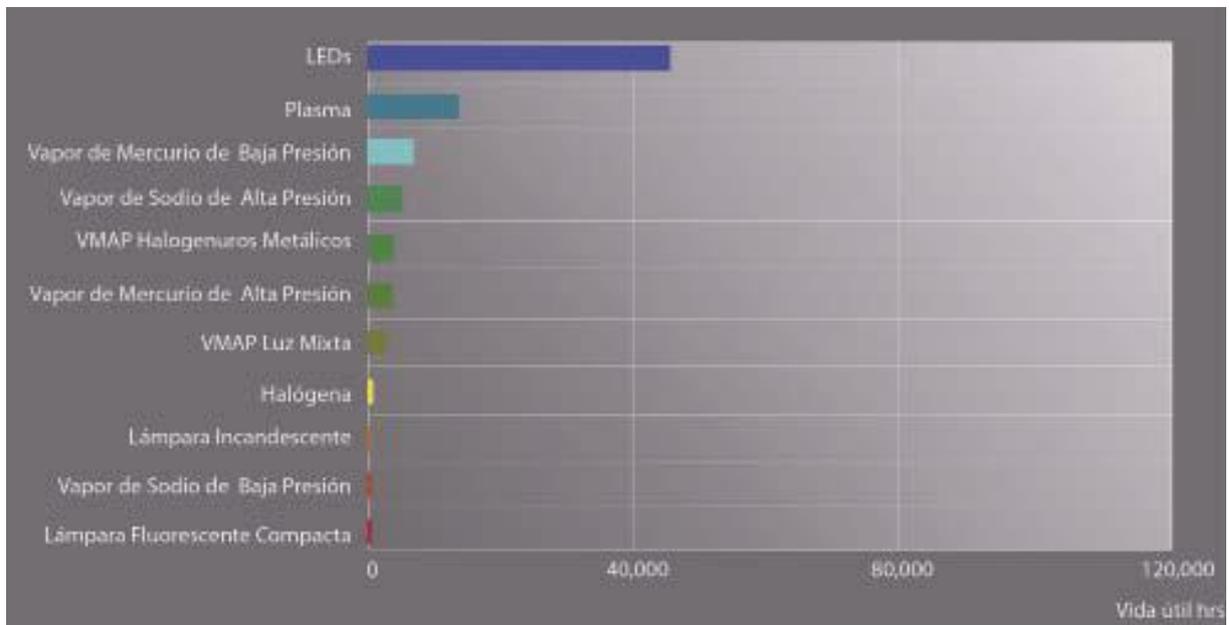


Fuente: Manual de iluminación vial (2015)

c. **Tiempo de vida**

Con respecto al tiempo de vida de los diferentes equipos, en el Gráfico N° 3.28 se muestra el comparativo entre tecnologías según el tiempo de vida operativo, es decir, se considera el tiempo de vida antes que presenten fallas o reduzcan su flujo luminoso. Se puede apreciar que la tecnología LED supera a las demás con más de 50 mil horas de funcionamiento.

Gráfico N° 3.28 Vida útil según tecnología de iluminación



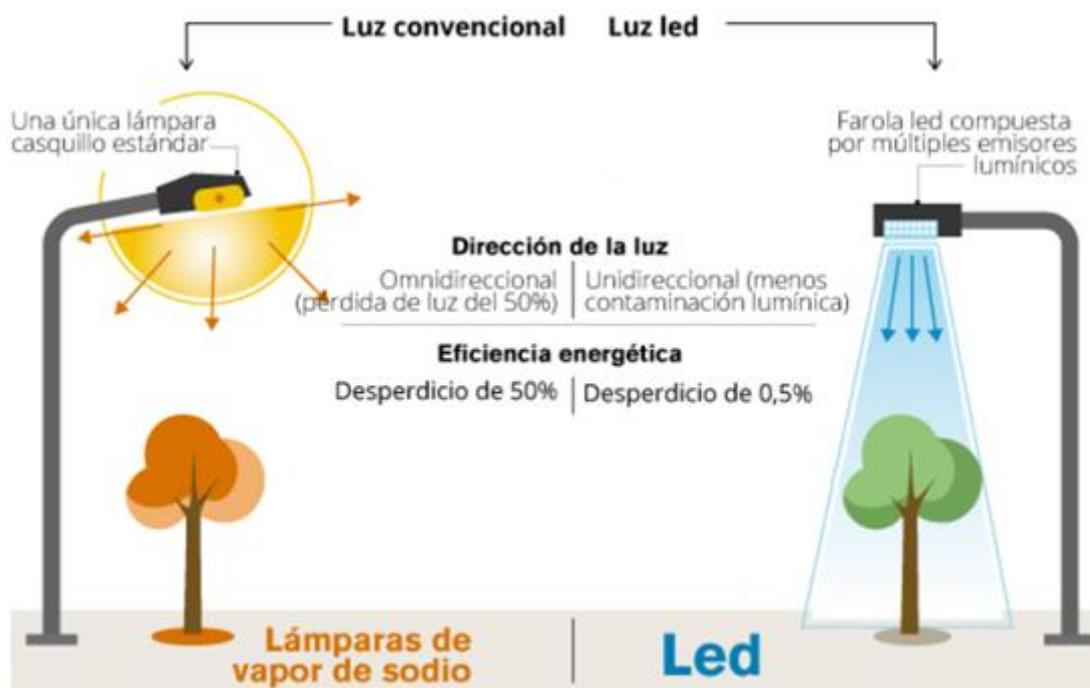
Fuente: Manual de iluminación vial (2015)

d. Dispersión del flujo luminoso

En el Gráfico N° 3.29 se puede observar la diferencia entre la tecnología de vapor de sodio y LED en cuanto al flujo luminoso producido.

La primera tiene una dispersión del flujo luminoso mayor y en múltiples direcciones lo que genera contaminación lumínica en el cielo nocturno, así como un uso ineficiente del flujo luminoso. En contraste, la iluminación con LED tiene un flujo luminoso uniforme y localizado lo que permite utilizar eficientemente el flujo luminoso producido.

Gráfico N°3.29 Dispersión del flujo luminoso vapor de sodio y LED



Fuente: Diario la Nación (2017)

e. Distorsión Armónica

En la Tabla N° 3.7 se muestran los niveles de distorsión armónica por tecnología. La generación armónica de la tecnología LED es menor, pues cuenta con filtros incorporados que permiten reducir sus efectos.

Tabla N° 3.7 Comparación de la distorsión armónica

	Distorsión armónica (%)
Vapor de sodio de alta presión	≤35%
Led	<10%

Fuente: Revista Técnica Energía (2015)

f. Índice de rendimiento de color

La iluminación con LED tiene mejor índice de rendimiento de color que la tecnología convencional de vapor de sodio. En la Tabla N° 3.8 se muestra se muestra los índices de rendimiento de color de la tecnología LED y la de vapor de sodio de alta presión.

Tabla N° 3.8 Comparación del índice de rendimiento de color

	Índice de rendimiento de color
Vapor de sodio de alta presión	60
Led	75

Fuente: Revista Técnica Energía (2015)

3.2. ASPECTOS LEGALES, NORMATIVOS Y MEDIOAMBIENTAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO

3.2.1. Aspectos legales y normativos

El Organismo Supervisor de la inversión en Energía y Minería en su norma técnica DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución" define para cada tipo de vía el tipo de alumbrado y sus características. En la Tabla N° 3.9 se muestra la clasificación de vías definido por Osinergmin.

Tabla N° 3.9 Clasificación de vías y tipo de alumbrado

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez -Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)	-Flujo vehicular ininterrumpido. - Cruces a desnivel. -No se permite estacionamiento. -Alta velocidad de circulación, mayor a 60 km/h. -No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal. -No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial.
Arterial	II	-Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.	-No se permite estacionamiento. -Alta y media velocidad de circulación, entre 60 y 30 km/h. -No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal. -Volumen importante de vehículos de transporte público.
Colectora 1	II	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica. -Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.
Colectora 2	III	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos. -Tienen 1 o 2 calzadas principales pero no tienen calzadas auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.
Local Comercial	III	Permite el acceso al comercio local	-Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30 km/h. -Se permite estacionamiento. -No se permite vehículos de transporte público. - Flujo peatonal importante.
Local Residencial 1	IV	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado reducido. -Vías con calzadas asfaltadas pero sin veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Local Residencial 2	V	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas sin asfaltar. -Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Vías peatonales	V	Permite el acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal	- Tráfico exclusivamente peatonal.

Fuente: Osinergmin. Norma técnica DGE¹¹. (2002)

3.2.2. Norma técnica del alumbrado público

En cuanto a la norma técnica aplicada al presente estudio, se considera los indicadores fotométricos de luminancia e iluminancia definidos por Osinergmin según el tipo de alumbrado.

Para el desarrollo de la presente tesis, se ha considerado a la UNI como un circuito cerrado con **tipo de alumbrado III**, pues dentro de la universidad existen vías vehiculares de doble carril, así como flujo peatonal importante.

¹¹ Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución"

En la Tabla N° 3.10 se muestra la clasificación de los niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento.

Tabla N° 3.10 Niveles permitidos de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco (cd/m ²)	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento (G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	≥ 6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 - 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 - 6
IV		2 – 5	5 – 10	4 - 5
V		1 – 3	2 – 6	4 - 5

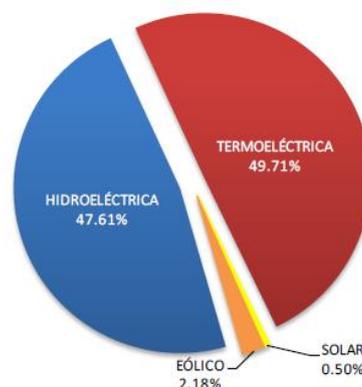
Fuente: Osinergmin. Norma técnica DGE. (2002)

Nota: Calzada oscura corresponde a la superficie con revestimiento de asfalto y calzada clara corresponde a las superficie con revestimiento de concreto/tierra.

3.2.3. Dióxido de carbono equivalente y el mix de generación eléctrica

Durante el proceso de generación eléctrica se emite a la atmosfera gases contaminantes representados por el CO₂-e¹². La generación eléctrica efectiva en el país está compuesta por generación hidráulica (47.61%), térmica (49.71%), eólica (2.18%) y solares 0.5% según el último reporte de COES en el 2016. En el Gráfico N° 3.30 se muestra la composición de la matriz de generación eléctrica del país.

¹² El termino CO₂-e (dióxido de carbono equivalente) es utilizado para comparar las emisiones de los diversos gases de efecto invernadero sobre su potencial de calentamiento global.

Gráfico N° 3.30 Generación de energía por tipo de generación

Fuente: COES SINAC (2016)

Según el *Marco de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio* (2017)¹³ la cantidad estimada de toneladas de CO₂-e emitidas a la atmósfera por cada unidad de MWh de energía eléctrica generada por el sistema interconectado nacional (SEIN) es de 0.4483 TCO₂/MWh. En Tabla N° 3.11 se muestran los resultados de la evaluación del factor de emisión de CO₂ según el informe de la Naciones Unidas.

Tabla N° 3.11 Factor de emisión de CO₂ por el SEIN al 2015

Data / Parameter:	EF _{grid(SEIN),CM,2015}
Data unit:	tCO ₂ /MWh
Description:	Combined Margin CO ₂ emission factor for SEIN in year y, calculated using the last version of the "Tool to calculate the emission factor for an electricity system".
Source of data:	Calculated by the CME as described above, based on information provided by the COES
Value(s) applied	0.4564 tCO ₂ /MWh for wind and solar power generation projects; 0.4483 tCO ₂ /MWh for all other power generation projects; Ex-ante value calculated using information from the three most recent years available (2013, 2014, 2015)
Choice of data or Measurement methods and procedures:	Calculation as per the "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" (version 05.0).
Purpose of data	Calculation of baseline emissions
Additional comment:	Calculated as a weighted average of the OM and BM factors. Both OM and BM factors have been defined as ex-ante.

Fuente: Naciones Unidas (2017)

¹³ El Mecanismo de desarrollo limpio es un acuerdo suscrito en el Protocolo de Kioto establecido en su artículo 12, que permite a los gobiernos de los países industrializados y a las empresas suscribir acuerdos para cumplir con metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Naciones Unidas

3.2.4. Contaminación lumínica

La contaminación lumínica es generada por el exceso de iluminación dentro de una superficie determinada. En el Gráfico N° 3.31 se puede observar la contaminación lumínica existente sobre la ciudad de Lima, se presenta en forma de una capa atmosférica iluminada.

La contaminación lumínica genera los siguientes problemas:

- Deslumbramiento en el cielo nocturno
- Dificultad para el tráfico aéreo y marítimo
- Daños a los ecosistemas nocturnos

Gráfico N° 3.31 Contaminación lumínica ciudad de Lima



Fuente: mapio.net

3.3. TECNOLOGÍA DEL ALUMBRADO PÚBLICO INTELIGENTE

La implementación de los equipos inteligentes en alumbrado público se encuentra en desarrollo a nivel mundial. Consiste en automatizar los equipos de iluminación con la finalidad de lograr un uso eficiente de la energía, prolongar el

tiempo de vida de los equipos y controlar el nivel de iluminación según las necesidades.

3.3.1. Soluciones tecnológicas dentro del alumbrado público inteligente

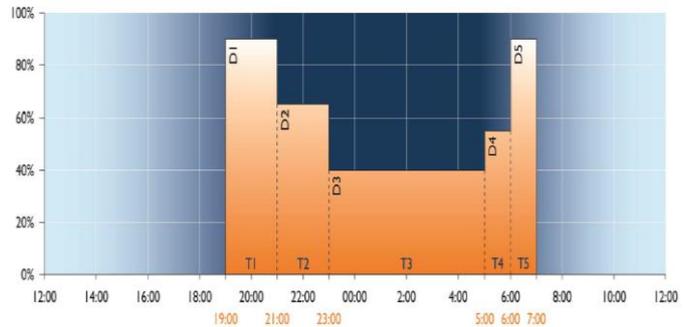
En el siguiente acápite se describen los principales equipos de iluminación inteligente existente en el mercado: alumbrado público con control individual, alumbrado público con control grupal, alumbrado público presencial y alumbrado público con telegestión.

3.3.1.1. Alumbrado público con control individual

Este tipo de alumbrado inteligente cuenta con un dispositivo controlador “driver” en el cual se puede programar el rango horario de operación de las luminarias (hora de encendido, apagado, horas de operación), así como el nivel de iluminación durante su operación (iluminación al 100%, 50%, etc.).

Estos equipos pueden ser programados durante su fabricación o también pueden ser programados durante la instalación. En el Gráfico N° 3.32 se muestra la imagen de un driver que está siendo programado por un usuario a través del software del proveedor.

Gráfico N° 3.32 Driver control individual de la luminaria



Fuente: Philips (2015)

Luego de la programación los drivers son instalados dentro de las luminarias (ver Gráfico N° 3.33).

Gráfico N° 3.33 Luminaria con driver programable

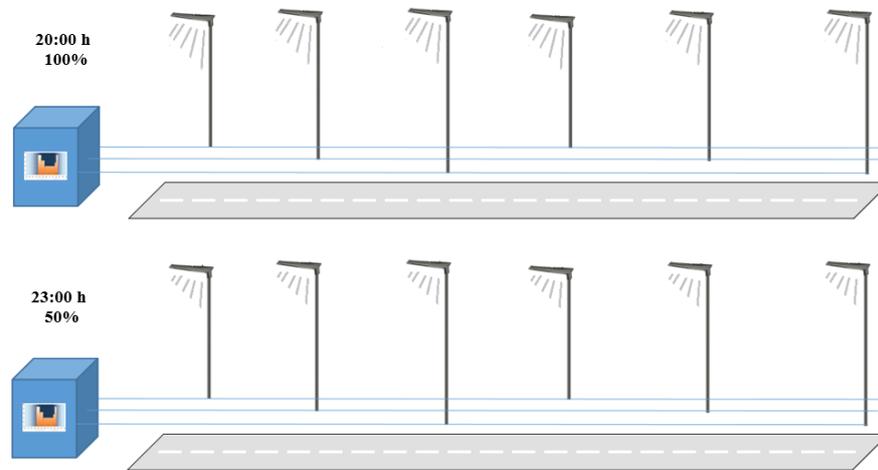


Fuente: Philips

3.3.1.2. Alumbrado público con control grupal

En este tipo de alumbrado inteligente el driver puede ser instalado en ramales de un circuito eléctrico o desde la subestación que alimenta el alumbrado público. Similar al alumbrado público con programación individual, en estas instalaciones se puede programar la hora de encendido, apagado y el nivel de iluminación de los equipos. En el Gráfico N° 3.34 se muestra un ejemplo del funcionamiento de este sistema.

Gráfico N° 3.34 Control grupal de luminarias



Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3. Alumbrado público presencial

Consiste en el encendido del alumbrado público solo cuando es necesario. Esta tecnología es adecuada para lugares de poco tránsito nocturno de peatones y vehículos como en los parques, pasajes, zonas de parqueo, zonas residenciales, entre otros.

Utiliza sensores para detectar la presencia de personas y/o vehículos que se encuentren dentro de un radio de 20 metros de longitud (ver Gráfico N° 3.35). Para que el sistema detecte a los vehículos estos deben circular a menos de 30Km/h.

Gráfico N° 3.35 Control del alumbrado presencial



Fuente: Philips

Es preciso mencionar que se puede programar el encendido, apagado y los niveles de iluminación según las necesidades. En el Gráfico N° 3.36 se muestra el funcionamiento de esta tecnología.

Gráfico N° 3.36 Funcionamiento del control presencial



3.3.1.4. Alumbrado público con telegestión

a. Concepto de telegestión

Según el portal *Twenergy* (2013)¹⁴ la Telegestión “es el conjunto de productos basados en las tecnologías informáticas, electrónicas y de telecomunicaciones, que permiten el control a distancia de instalaciones técnicas aisladas o distribuidas geográficamente”

La telegestión ofrece numerosas aplicaciones y herramientas como las siguientes:

Telealarma: Sirve para alertar automáticamente en caso de avería o de fallo de funcionamiento de una instalación.

Telecontrol: Sirve para el controlar permanentemente y a distancia los equipos de una instalación.

Telemando: Sirve para actuar a distancia sobre los equipos instalados, así como gestionar a distancia el funcionamiento de las instalaciones.

Telegestión: Ayuda a registrar las informaciones con el fin de analizarlas y optimizarlas.

b. Sistema de comunicación de la telegestión de alumbrado público

El sistema de telegestión es lo último en tecnología inteligente para el control del alumbrado público. Los principales medios de comunicación que utiliza esta tecnología son la comunicación vía PLC¹⁵ y comunicaciones inalámbricas como Radio, WIFI, telefonía celular (GPRS/3G)¹⁶.

¹⁴ Artículo “La Telegestión energética: Su funcionamiento y ventajas”

¹⁵ Power Line Communication. Permite transmitir la información de un controlador a través del mismo cable conductor de la electricidad.

¹⁶ Proyecto Piloto de telegestión del servicio de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga, Colombia (Pinto, 2010)

Sistema de comunicación por onda portadora o Power Line Communications (PLC)

El sistema de comunicación PLC aprovecha el cable eléctrico para transmitir información y comunicarse con los puntos de luz. Esta forma de comunicación es eficiente, pues no requiere de ninguna instalación eléctrica adicional. La transmisión de información se encuentra en el rango de 100kHz a 400kHz.¹⁷

En el Gráfico N° 3.37 se muestra un esquema de operación del sistema de telegestión utilizando la comunicación Power Line Communication de la empresa CIRCUITOR. El cual está conformado por las siguientes partes:

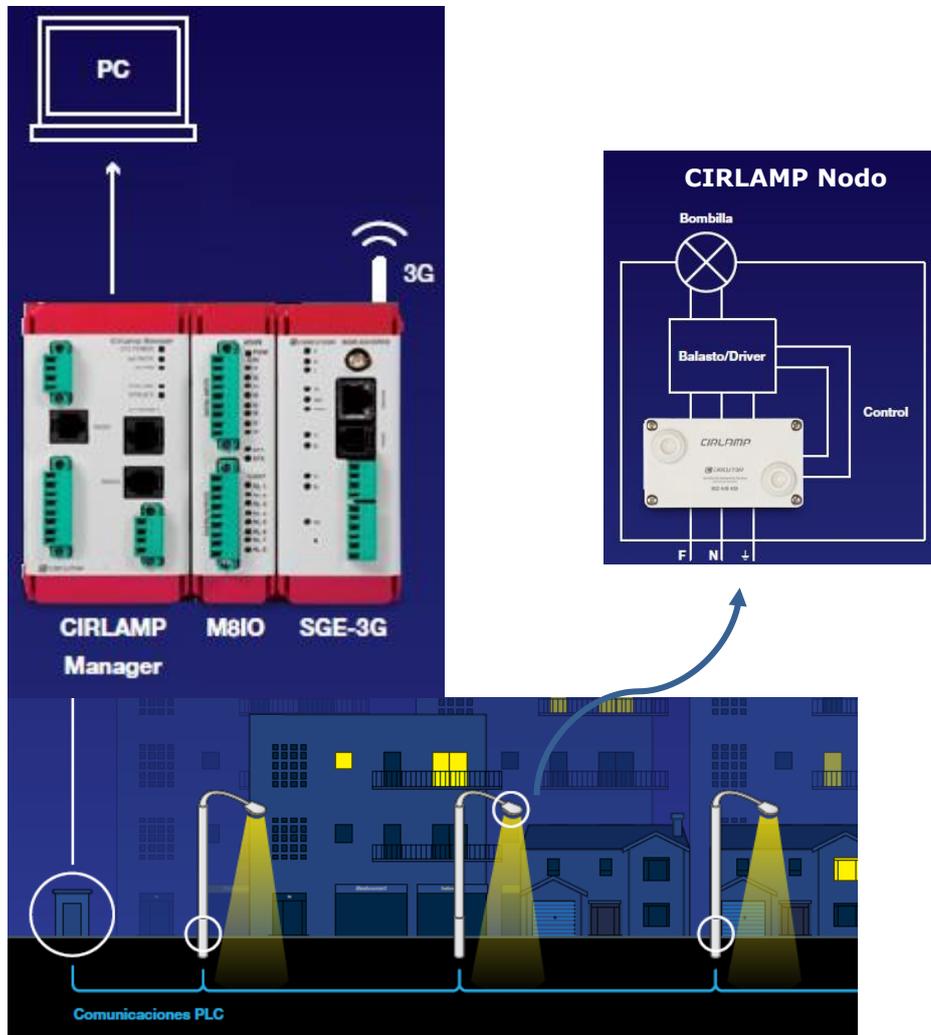
Cirlamp manager que es el gestor del sistema y comunica con los CIRLAMP Nodo por los cables de baja tensión con protocolo PLC DCSK.

M810 es un módulo de 8 entradas y 8 salidas que permite conectar al CIRLAMP MANAGER abriendo y cerrando las diferentes salidas del relé según el momento del día y la programación.

SGE-3G es un dispositivo que permite una aplicación de forma local o redes de internet a través de conexiones IP. Este sistema se conecta a las redes UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

¹⁷ Marco teórico de la telegestión del servicio de Alumbrado Público, Colombia.2010

Gráfico N° 3.37 Sistema de funcionamiento sistema de telegestión de alumbrado público

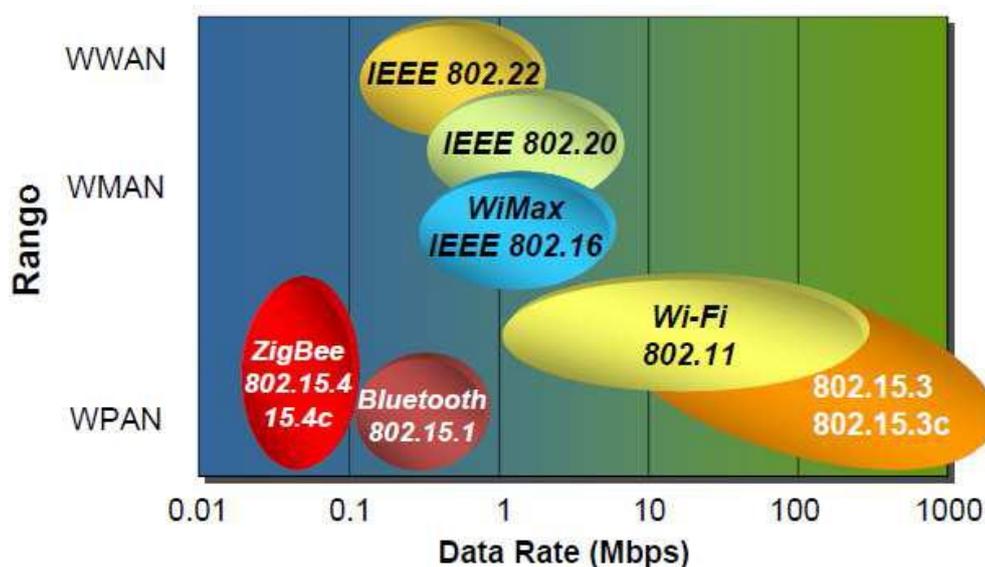


Fuente: Sistema CIRLAMP. Circuiton., 2013.

Sistema de comunicación inalámbrica

A continuación se muestra la clasificación de las diferentes categorías de protocolos de comunicación inalámbrica y sus rangos de velocidad de transmisión de datos (ver Gráfico N° 3.38).

Gráfico N° 3.38 Clasificación protocolos de comunicación inalámbrica



Fuente: Marco teórico de la telegestión del servicio de Alumbrado Público. Colombia

Para la comunicación en malla que utiliza la telegestión, se encuentran los protocolos WPAN que corresponde a las redes de área personal, WMAN que corresponde a redes de área metropolitana y WWAN que corresponden a redes de áreas más extensas.¹⁸

Comunicación Zig Bee

Que corresponde a la comunicación IEEE 802.15.4 utiliza la banda ISM (Industrial Scientific and Medical) que son bandas reservadas para el uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica (868 MHz en Europa, 915 MHz en estados unidos y 2.4 GHz en todo el mundo.¹⁹

El nodo ZigBee requiere solo el 10% del hardware de un nodo de Bluetooth o Wi-Fi promedio. Sin embargo, el tamaño del código es aproximadamente el 50% del tamaño del Bluetooth y puede alcanzar una

¹⁸ Marco teórico de la telegestión del servicio de Alumbrado Público, 2010. Colombia

¹⁹ Marco teórico de la telegestión del servicio de Alumbrado Público, 2010. Colombia

velocidad de transferencia de 250kb/seg con un alcance máximo de 100 metros. Así mismo, la velocidad de datos es casi 10 veces mayor a una línea eléctrica de comunicación libre de interferencias.²⁰

El funcionamiento más común del Zigbee es en forma de malla lo que permite que un nodo del Zigbee esté conectado con otros nodos de la misma red. Esto garantiza la comunicación entre nodos, pues en caso de caída de uno de ellos, se tendrán otros caminos alternativos y siempre dirigidos por el nodo coordinador.

En el Tabla N° 3.12 se muestra un cuadro comparativo del protocolo de comunicación Zigbee versus el WIFI y el Bluetooth, el cual ha sido extraído del estudio de Leccese & Leonowicz (2012)²¹

²⁰ Marco teórico de la telegestión del servicio de Alumbrado Público, 2010. Colombia

²¹ Extraído de la publicación “Intelligent wireless street lighting system”. 11th International Conference on Environment and Electrical Engineering.2012

Tabla N° 3.12 Zigbee vs otras tecnologías de comunicación inalámbrica

	ZIGBEE	WI-FI	BLUETOOTH
IEEE standard	802.15.04	802.11bgn	802.15.01
Main application	Control	Broadband	Mobile devices
Number of network devices	Up to 65000	32	7
Bit rate	20 - 250 kb/s	11/54/300 Mb/s	720 kb/s
Range	100 m	100 m	10 m
Battery life	100 - 1000 days	1 - 5 days	1 - 7 days

Fuente: Intelligent wireless street lighting system, 2012

3.3.1.5. Funcionamiento del sistema de telegestión

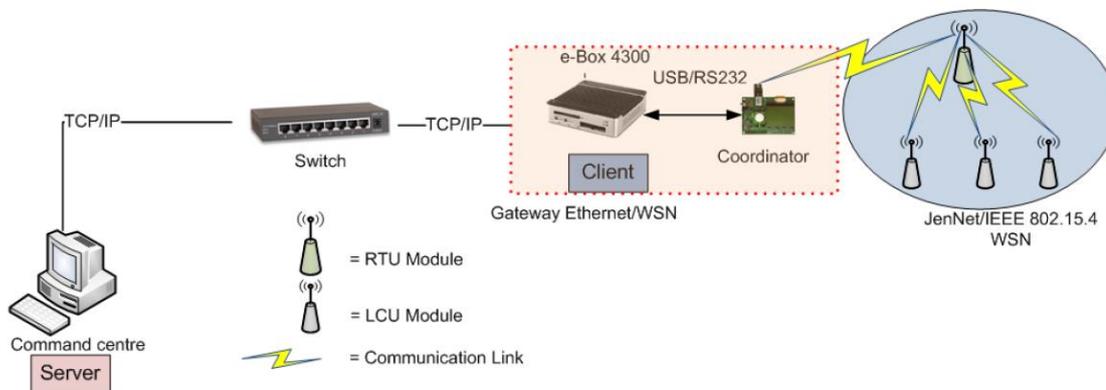
Según información obtenida del estudio de Lavric, Popa, & Sfichi (2014),²² la información de cada luminaria es transmitida de forma inalámbrica hasta un punto recolector. Luego, el recolector transfiere la información al Gateway Ethernet (WSN).

Finalmente la comunicación se realiza según los protocolos TCP/IP²³, el cual permite la comunicación. En el Gráfico N° 3.39 se muestra el esquema de un sistema de telegestión propuesto en el mismo estudio de Lavric, Popa, & Sfichi (2014).

²² Estudio “Street Lighting Control System Based On Large- Scale WSN: A Step Towards A Smart City” expuesto en el *International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering*

²³ Protocolos de comunicación entre ordenadores pertenecientes a una misma red. TCP: Protocolo de control de transmisión/ IP: Protocolo de internet.

Gráfico N° 3.39 Funcionamiento del sistema de Telegestión



Fuente: Street Lighting Control System Based On Large-Scale WSN: A Step Towards A Smart City (2014)

a. Módulo LCU (Unidad de control de la luz)

Corresponde al punto de control de la iluminación instalado en cada luminaria. Está compuesto por el módulo de comando conformado por sensores inalámbricos WSN, el mismo que transmite información entre el controlador de la lámpara (lamp driver) y el módulo de control RTU. En el Gráfico N° 3.40 se muestra el módulo LCU instalado en una luminaria de prueba.

Gráfico N° 3.40 Módulo LCU



Fuente: Street Lighting Control System Based On Large-Scale WSN: A Step Towards A Smart City (2014)

Red de sensores inalámbricos WSN (Wireless sensor networks)

Las redes inalámbricas de sensores (WSN) se basan en dispositivos de bajo costo y consumo (nodos) que son capaces de obtener información de su entorno, procesarla localmente, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación.²⁴

Las WSN Tienen la capacidad de auto- restauración, pues si se avería un nodo, la red encontrará nuevas vías para encaminar el paquete de datos. De esta forma la red sobrevivirá en su conjunto aunque haya nodos individuales que pierdan potencia o se destruyan.²⁵

En el Gráfico N° 3.41 se muestra el módulo de control WSN instalado sobre una luminaria de prueba.

Gráfico N° 3.41 Módulo de comando WSN



Fuente: Street Lighting Control System Based On Large-Scale WSN: A Step Towards A Smart City (2014)

²⁴ Fuente: Wireless Sensor Network, Manuel Fernández, Universidad de Cádiz. España

²⁵ Fuente: Wireless Sensor Network, Manuel Fernández, Universidad de Cádiz. España

b. Módulo RTU (Unidad remota de telecontrol)

El RTU es un dispositivo electrónico diseñado para tomar o enviar datos de un proceso por medio de entradas y salidas (analógicos y digitales)²⁶

c. Gateway Ethernet (puertas de enlace)

Es un dispositivo que sirven para acceder a una red exterior desde una red local (LAN). Para este fin, se colocan arquitecturas y protocolos disímiles conformados por hardware y software. En el Gráfico N° 3.42 se muestra un modelo de Gateway utilizado en la transmisión de información, el cual contiene un módulo de coordinación de la red inalámbrica (JN5148); una mini computadora (e-Box 4300) y la salida en conexión tipo TCP/IP.

Gráfico N° 3.42 Gateway Ethernet



Fuente: Street Lighting Control System Based On Large-Scale WSN: A Step Towards A Smart City (2014)

²⁶ Fuente: Control real.com

d. Command centre (Modulo de commando central)

Este módulo está constituido por una computadora con una conexión de TCP/IP integrada. En el Gráfico N° 3.43 se muestra un modelo de centro de control.

Gráfico N° 3.43 Centro de control

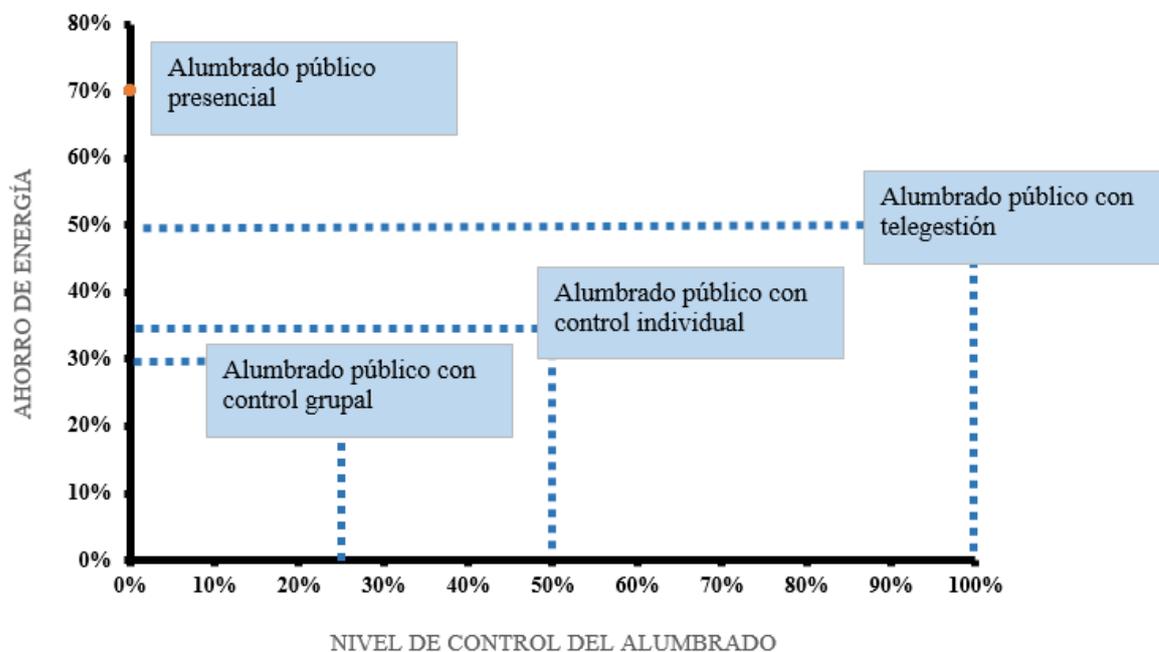


Fuente: Street Lighting Control System Based On Large-Scale WSN: A Step Towards A Smart City (2014)

3.3.2. Ahorro de energía según tipo de alumbrado inteligente

Se ha estimado el ahorro de energía eléctrica que se puede obtener al utilizar cada una de las tecnologías en base a estudios de diferentes proveedores. En el Gráfico N° 3.44 se muestra el nivel de ahorro de energía versus el nivel de control del alumbrado por tecnología.

Gráfico N° 3.44 Nivel de ahorro vs nivel de control del alumbrado



Fuente: Elaboración propia

Cada una de las tecnologías tiene sus ventajas y desventajas. Dependerá del uso que se le dé para elegir la más adecuada. Por ejemplo, el alumbrado presencial puede generar, en promedio, 70% de ahorro de energía; sin embargo, una vez instalada no se puede tener un control sobre el mismo.

Para la presente tesis se ha considerado la implementación de la telegestión de alumbrado público por ser la tecnología más completa, ya que permite el control individual de las luminarias y la gestión del alumbrado.

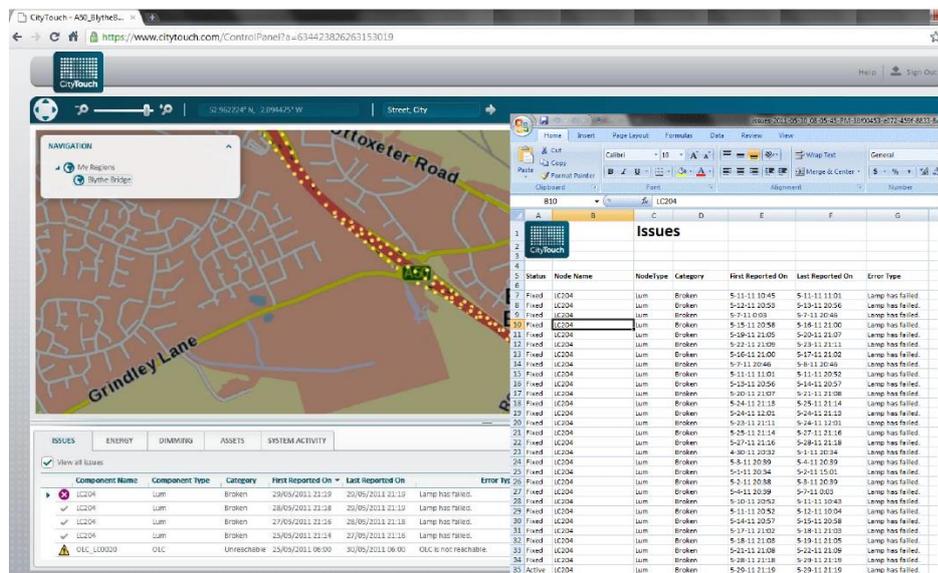
3.3.3. Mejoras operativas con la implementación de la telegestión de alumbrado público

En la actualidad, para identificar un equipo de alumbrado público en mal estado, debe realizar una inspección de los equipos “in situ” lo cual no resulta ser eficiente desde el punto de vista económico (pues se destina personal

para dicho trabajo) y desde el punto de vista operativo, ya que no se puede elaborar un programa de mantenimiento anticipado.

Frente a este problema, el sistema de telegestión permite obtener reportes y alarmas del estado de cada unidad de alumbrado público. De esta manera se puede programar el mantenimiento de los equipos con antelación. En el Gráfico N° 3.45 se muestra una imagen del reporte que se puede obtener utilizando este sistema.

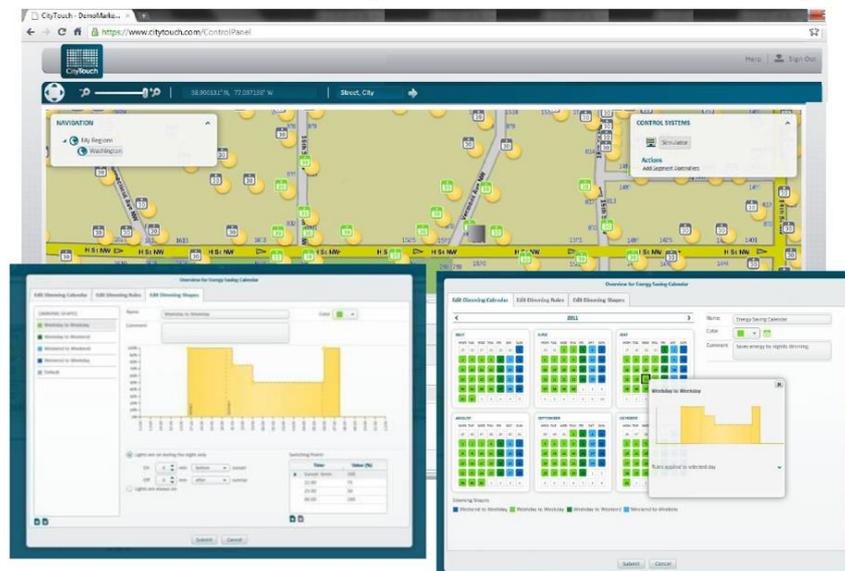
Gráfico N° 3.45 Reporte de fallas sistema telegestión



Fuente: Philips

Asimismo, a través del registro georeferencial se puede ubicar cada unidad de alumbrado público dentro del mapa. Luego, se puede gestionar el encendido, apagado, regular el nivel de iluminación entre otras funciones operativas. Este registro en tiempo real permite asegurar el correcto estado de los equipos en todo momento. En el Gráfico N° 3.46 se muestra algunas imágenes de la plataforma de operación del sistema de telegestión del proveedor Philips.

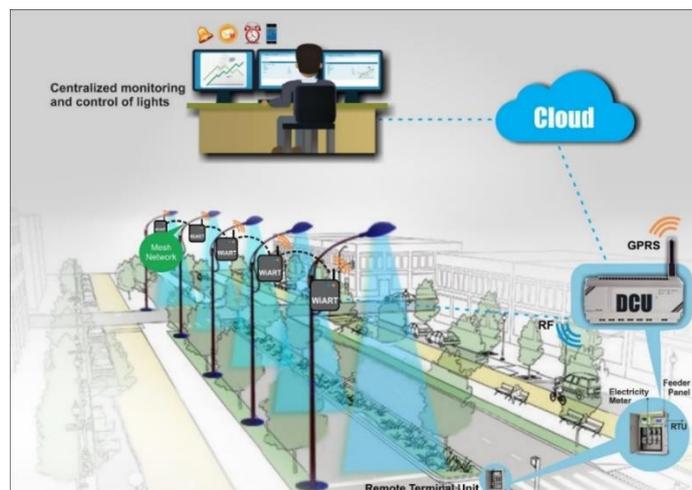
Gráfico N° 3.46 Gestión operativa del alumbrado en tiempo real



Fuente: Philips

Actualmente, los proveedores del servicio de telegestión utilizan el registro de la información a través de la nube²⁷. Esta gestión a distancia lo vuelve más versátil, ya que el usuario puede ejercer el control del alumbrado desde una computadora, tablet, teléfono móvil u otro equipo digital. En el Gráfico N° 3.47 se muestra un sistema de telegestión tipo wireless.

Gráfico N° 3.47 Control del alumbrado público utilizando telegestión



Fuente: Automatización del alumbrado público. Marven (2017)

²⁷ Es el almacenamiento que se da a través de internet y de forma remota.

CAPÍTULO IV.

CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrollará el contenido de la investigación y el análisis de los datos obtenidos. Primero, se obtendrá el diagnóstico del alumbrado público del campus universitario, luego se realizará el cálculo del ahorro de la energía eléctrica y reducción de las emisiones de dióxido de carbono equivalente, finalmente, se realizará el análisis económico de la propuesta tecnológica.

4.1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNI

4.1.1. Equipos de alumbrado público dentro del campus universitario

Actualmente, el sistema de alumbrado público del campus está constituido por luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión (Ver Gráfico N° 4.1).

Las vías principales cuentan con UAP²⁸ de 150W de potencia las cuales están instaladas en postes de 11 metros de altura.

²⁸ Unidad de alumbrado público

Gráfico N° 4.1 Alumbrado público UNI con lámparas de vapor de sodio



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

También se puede encontrar UAP del tipo farolas y esféricas, las cuales se encuentran en los pasajes y parques de cada facultad. Estas unidades de alumbrado público están instaladas en postes de 7 metros de altura y consumen una potencia de 70 watts (ver Gráfico N° 4.2 y 4.3)

Gráfico N° 4.2 Alumbrado exterior tipo farola



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.3 Luminaria tipo esférica



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

4.1.2. Eficiencia energética del alumbrado público del campus

Se ha identificado que la universidad no cuenta con ningún sistema de optimización de energía para el alumbrado público. Razón por la cual, se observa que el alumbrado permanece encendido al 100% de potencia durante toda la noche. En el Gráfico N°4.4, 4.5, 4.6 y 4.7 se muestra algunas fotografías del campus universitario tomadas a partir de las 23 horas.

Gráfico N° 4.4 Calzada vehicular facultad Ingeniería Económica, Estadística y Ciencias Sociales



Fuente: Imagen tomada por el auto de la tesis

Gráfico N° 4.5 Fotografía zona ingreso puerta N° 3



Fuente: Imagen tomada por el auto de la tesis

Gráfico N° 4.6 Pasaje facultad Ingeniería Industrial y Sistemas



Fuente: Imagen tomada por el auto de la tesis

Gráfico N° 4.7 Calzada principal zona de ingreso puerta N° 5



Fuente: Imagen tomada por el auto de la tesis

Al no existir ninguna iniciativa de eficiencia energética dentro del campus, la energía eléctrica consumida por el alumbrado público se utiliza innecesariamente, dado que ilumina al 100% de potencia en horas donde no existe tránsito vehicular ni peatonal.

4.1.3. Estado de las instalaciones de alumbrado público del campus

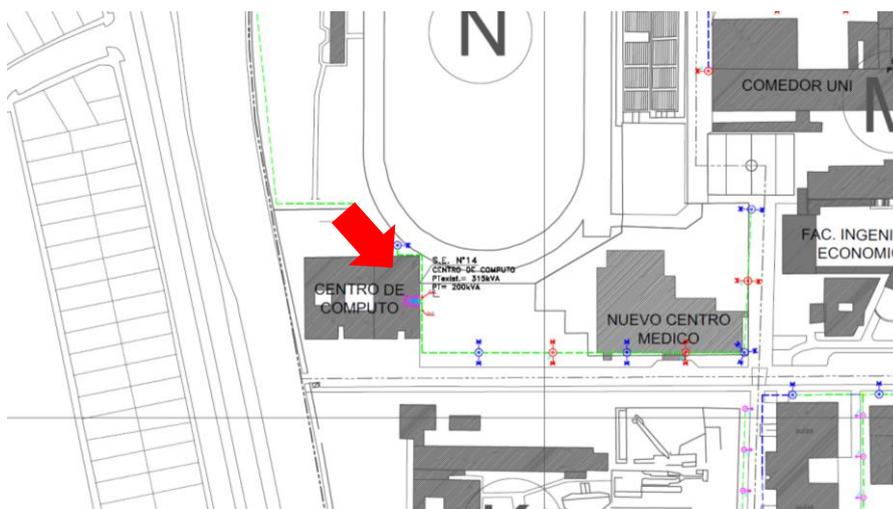
Con el fin de elaborar un diagnóstico del estado de la red de alumbrado público del campus, se realizó una visita a las subestaciones de la universidad, así como se verificó el estado de las unidades de alumbrado público durante el día y la noche.

Primero, se visitó las subestaciones con el fin de identificar la salida del alumbrado público y determinar el estado actual de las instalaciones eléctricas.

Durante esta visita se identificó que algunos tableros de baja tensión todavía utilizan llaves de apertura y cierre manual. Como es el caso de la subestación N° 14 donde se ha comprobado que la llave que alimenta al alumbrado público es del tipo FMG²⁹. Se debe mencionar que este tipo de llaves son cada vez menos utilizados, pues existe la tecnología que permite concentrar las llaves en tableros encapsulados que aseguran una mayor protección eléctrica.

En el Gráfico N° 4.8 se muestra la ubicación de la subestación dentro de la UNI y en el Gráfico N° 4.9 se muestra el tablero de AP visitado.

Gráfico N° 4.8 Ubicación Subestación N° 14



Fuente: Oficina central de infraestructura universitaria (2013)

²⁹ Llave de baja tensión que cuenta con un manubrio aislado. Esta llave se instala por fases en el tablero eléctrico.

Gráfico N° 4.9 Tablero de alumbrado público subestación N° 14



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

En otra visita realizada a la subestación N° 10 se encontró que la llave de alumbrado público no se encuentra correctamente instalada como se puede observar en el Gráfico N° 4.10.

Gráfico N° 4.10 Llave de alumbrado público subestación N° 10



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Posteriormente, se realizó una inspección a las unidades de alumbrado público del campus. Durante la visita se encontró algunas condiciones inseguras, que representan un peligro para los transeúntes, como son las luminarias descolgadas (ver Gráfico N° 4.11) y las luminarias sin difusor (Ver Gráfico N° 4.12).

Gráfico N° 4.11 Luminaria descolgada



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.12 Farola sin difusor



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Otra deficiencia detectada son los postes sin luminarias y que tienen polos eléctricos expuestos (ver Gráfico N° 4.13). Este tipo de deficiencias pueden originar un electrizamiento en el poste.

Gráfico N° 4.13 Poste sin luminaria y con cables expuestos



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

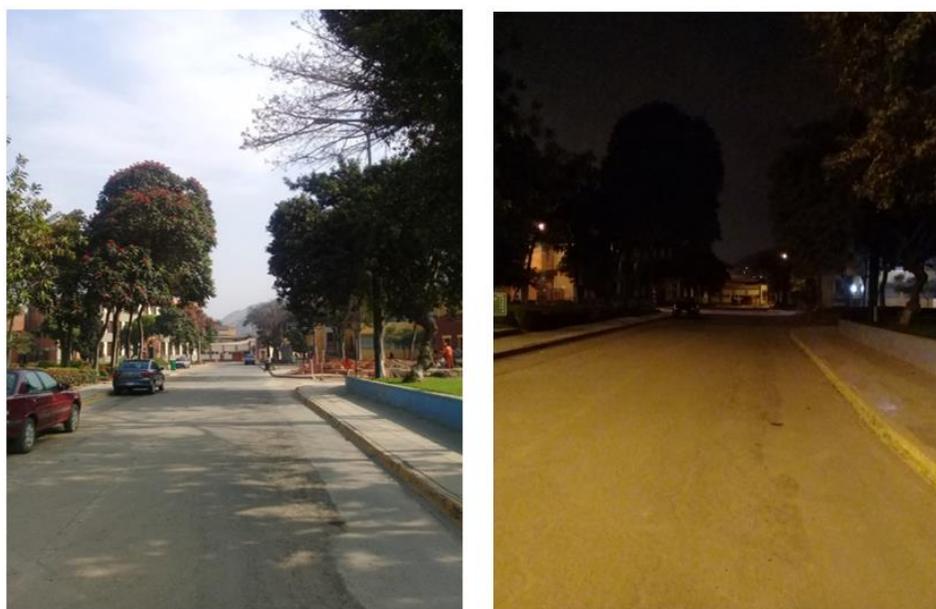
Por otra parte, en relación a la operatividad de los equipos, se encontró muchas luminarias inoperativas por todo el campus universitario, así como zonas totalmente oscuras. En los Gráficos N° 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 se muestran el registro fotográfico de la inspección realizada.

**Gráfico N° 4.14 Iluminación calzada Facultad Ingeniería de Geológica,
Minera y Metalúrgica**



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.15 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Química



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.16 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Civil



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.17 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Eléctrica y Electrónica



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.18 Iluminación calzada Facultad Ingeniería Textil



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.19 Iluminación calzada coliseo UNI



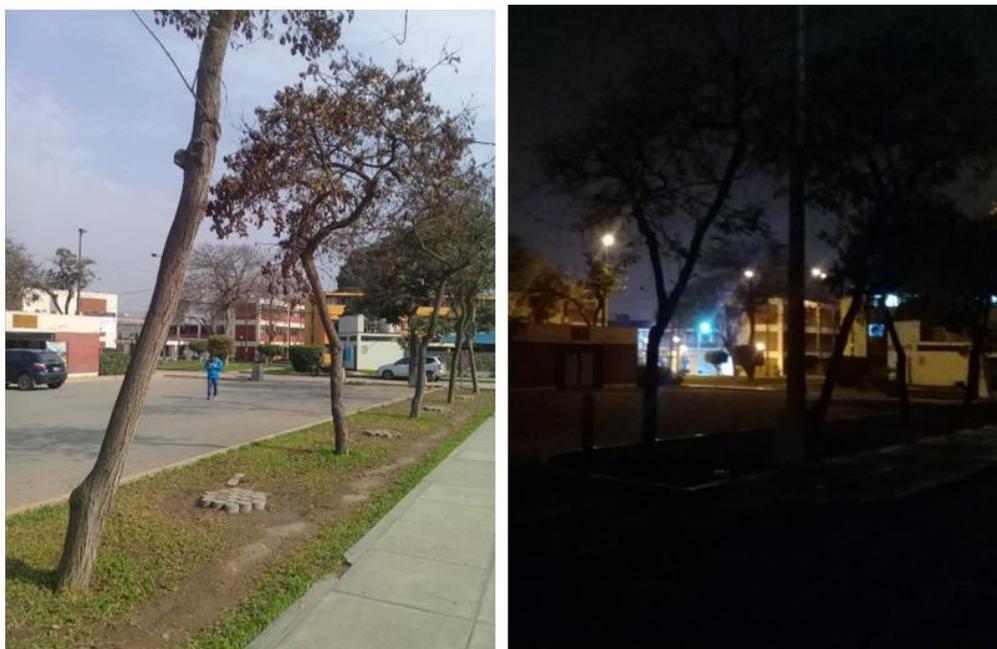
Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.20 Iluminación calzada loza deportiva pericos



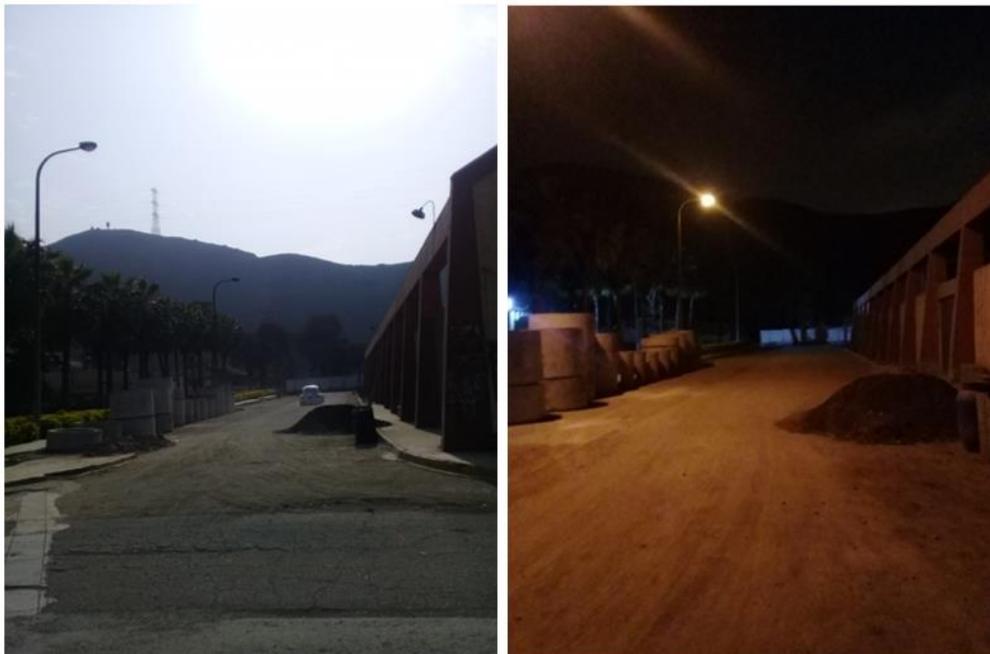
Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.21 Iluminación pabellón J



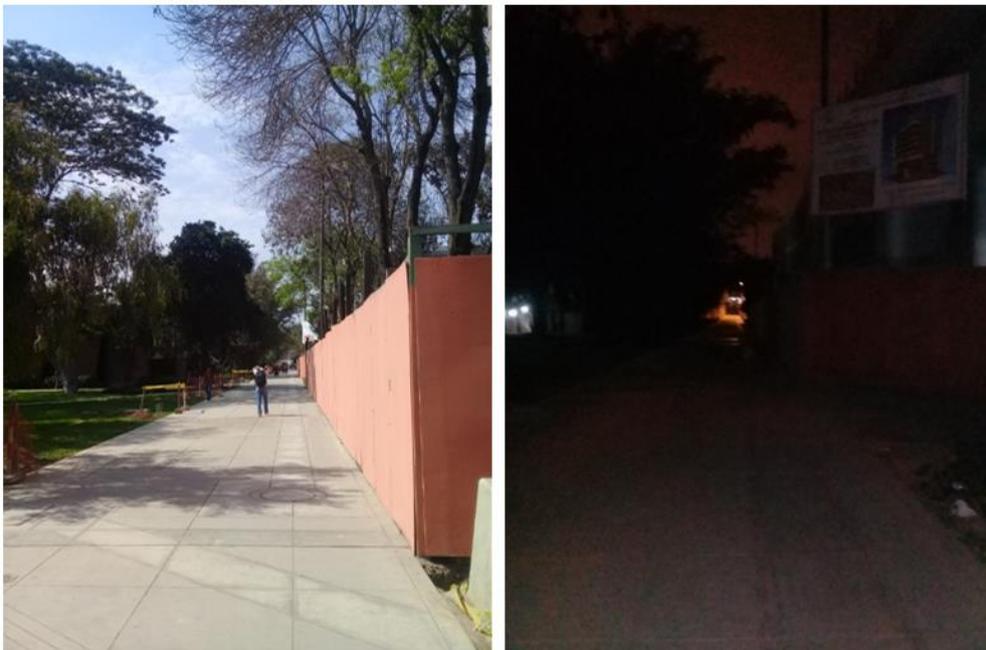
Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.22 Iluminación calzada pabellón I



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.23 Iluminación pasaje peatonal Facultad de Arquitectura



Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

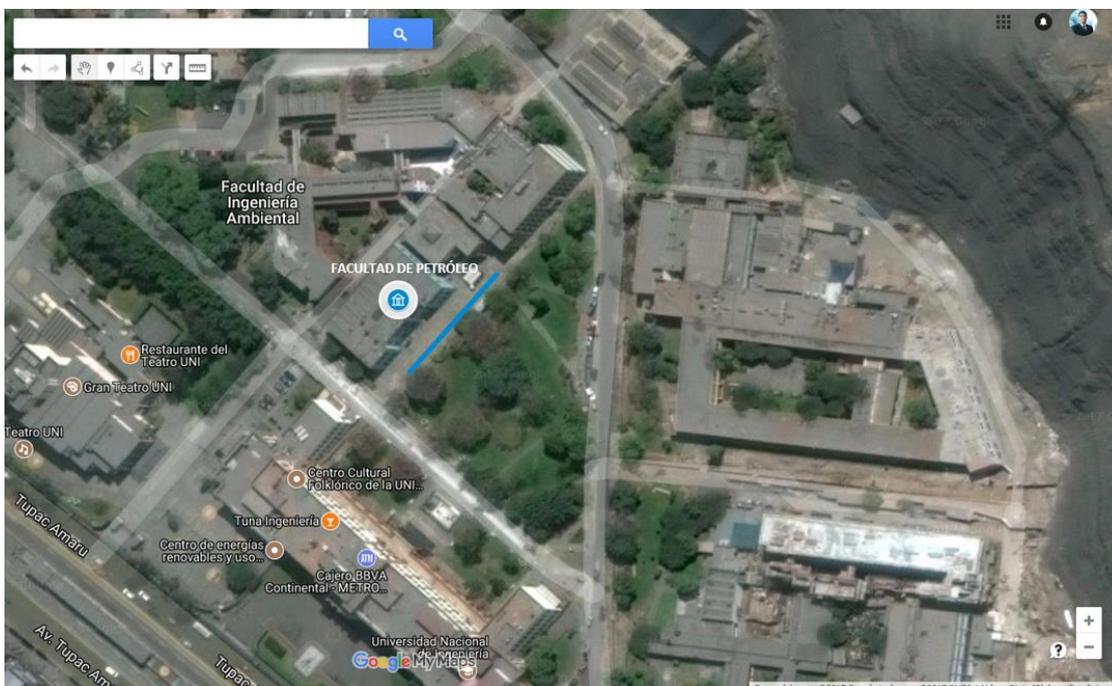
4.1.4. Calidad del servicio de alumbrado público

En este acápite se evalúa la calidad del servicio de alumbrado público tomando en referencia la norma de calidad de servicio de Osinergmin. Con este objetivo, se ha realizado el registro del nivel de iluminancia en 4 vías referenciales del campus universitario: Facultad de Petróleo, Facultad de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil y Facultad Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Medición 1: Facultad de Ingeniería de Petróleo

En el Gráfico N° 4.24 se muestra la ubicación de la zona de medición, luego en la Tabla N° 4.1 se presentan los datos de la medición de iluminancia y los resultados obtenidos.

Gráfico N° 4.24 Medición iluminancia 1

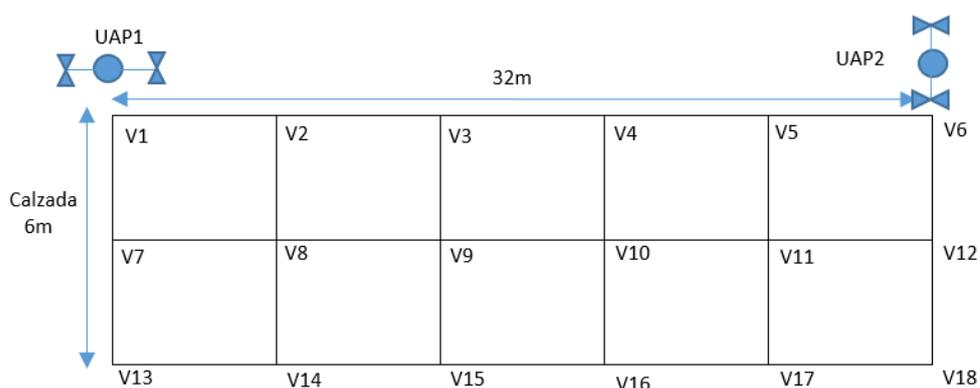


Fuente: Google maps

Elaboración: propia

Tabla N° 4.1 Información de la medición de iluminancia medición 1

DATOS DE EQUIPO DE MONITOREO				FECHA DE MONITOREO		
Equipo	Luxómetro digital	Marca	Konica Minolta	Fecha	1/10/2017	
Modelo	T-10	Serie	31821015	Hora	7:00 p.m.	
OBSERVACIONES UAP 1			OBSERVACIONES UAP 2			
N° de Luminarias instaladas		2		N° de Luminarias instaladas		2
Condición de Luminarias	Bueno X	Malo	Condición Luminarias		Bueno X	Malo
Altura de montaje	10m		Altura de montaje		10m	
Tipo de pastoral	concreto		Tipo de pastoral		concreto	
Tipo de luminaria	Vapor de sodio		Tipo de luminaria		Vapor de sodio	
Potencia luminaria	150W		Potencia luminaria		150W	



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
Valor 1	24.9	Valor 8	20.8	Valor 15	15.57
Valor 2	19.8	Valor 9	16.15	Valor 16	21.17
Valor 3	17.3	Valor 10	19.27	Valor 17	45.9
Valor 4	6.4	Valor 11	49.2	Valor 18	87.1
Valor 5	42.8	Valor 12	102.1	Valor 19	
Valor 6	88.3	Valor 13	22.24	Valor 20	
Valor 7	21.2	Valor 14	18.34	Valor 21	

E_{med}	E_{min}	$E_{máx}$	U_0^{30}	U_L^{31}
36.4	6.4	102.1	0.18	0.062

Fuente: Elaboración propia

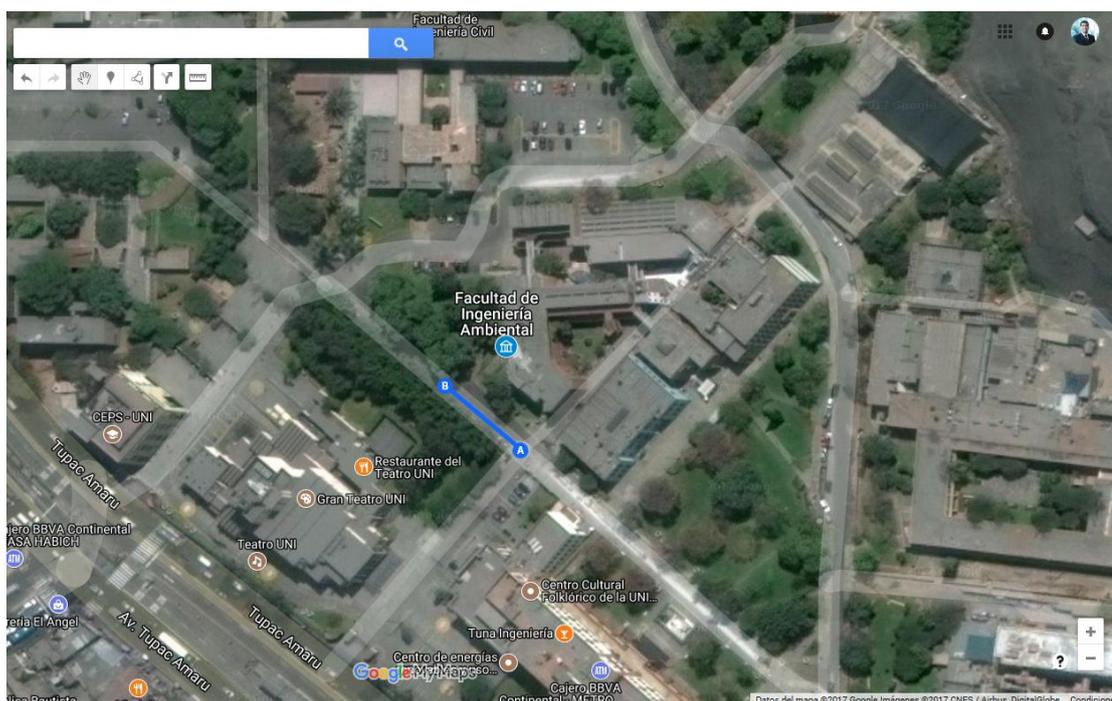
³⁰ Factor de uniformidad media: E_{min}/E_{med}

³¹ Factor de uniformidad extrema: $E_{min}/E_{máx}$

Medición 2: Facultad de Ingeniería Ambiental

En el Gráfico N° 4.25 se muestra el mapa de la ubicación de la zona de medición, luego en la Tabla N° 4.2 se presenta toda la información con respecto a la medición de iluminancia y los resultados obtenidos.

Gráfico N° 4.25 Medición iluminancia 2

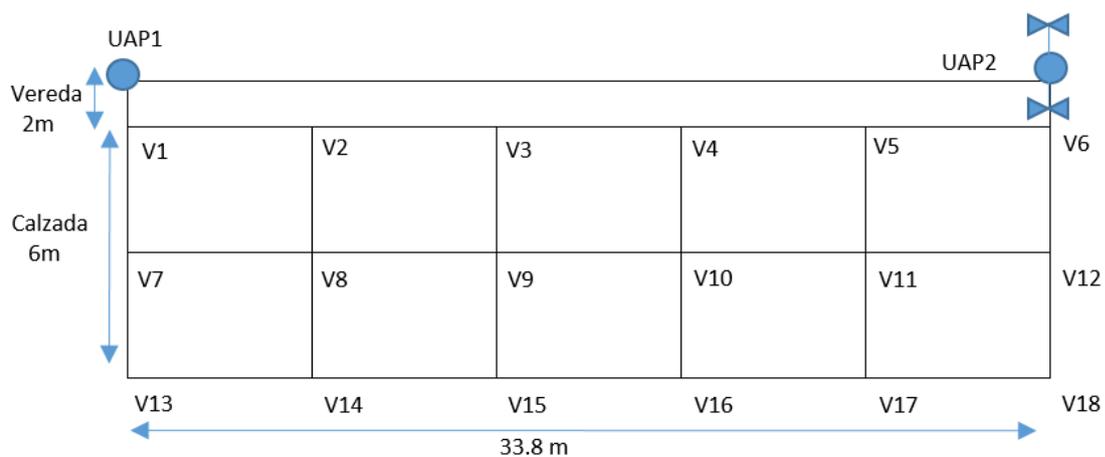


Fuente: Google maps

Elaboración: propia

Tabla N° 4.2 Información de la medición de iluminancia medición 2

DATOS DE EQUIPO DE MONITOREO				FECHA DE MONITOREO		
Equipo	Luxómetro digital	Marca	Konica Minolta	Fecha	1/10/2017	
Modelo	T-10	Serie	31821015	Hora	8:00 p.m.	
OBSERVACIONES UAP 1			OBSERVACIONES UAP 2			
N° de Luminarias instaladas		0	N° de Luminarias instaladas		2	
Condición de Luminarias	Bueno	Malo X	Condición Luminarias		Bueno X	Malo
Altura de montaje	10m		Altura de montaje	11m		
Tipo de pastoral	NA		Tipo de pastoral	concreto		
Tipo de luminaria	NA		Tipo de luminaria	Vapor de sodio		
Potencia luminaria	NA		Potencia luminaria	150W		



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
Valor 1	2.14	Valor 8	5.12	Valor 15	12.21
Valor 2	2.7	Valor 9	10.26	Valor 16	20.6
Valor 3	8.17	Valor 10	17.12	Valor 17	39.4
Valor 4	16.3	Valor 11	32.8	Valor 18	63.7
Valor 5	17.6	Valor 12	64.3	Valor 19	
Valor 6	45.5	Valor 13	3.9	Valor 20	
Valor 7	3.16	Valor 14	6.74	Valor 21	

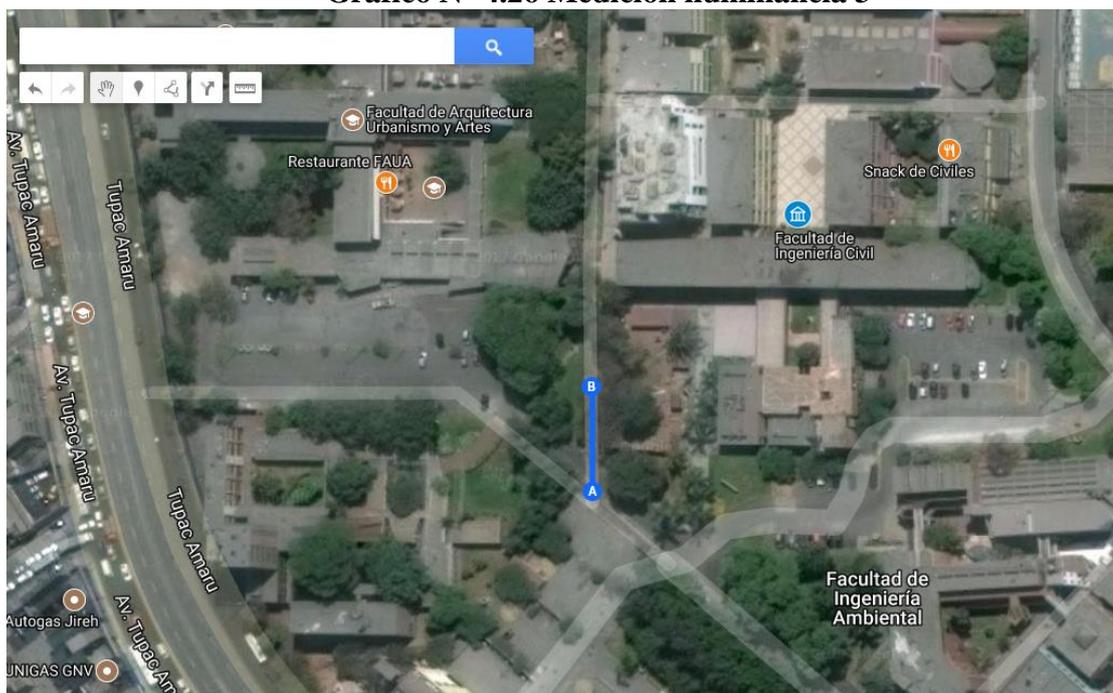
E_{med}	E_{min}	$E_{máx}$	U_o	U_L
22.55	2.14	64.3	0.095	0.033

Fuente: Elaboración propia

Medición 3: Facultad de Ingeniería Civil

En el Gráfico N° 4.26 se muestra el mapa de la ubicación de la zona de medición, luego en la Tabla N° 4.3 se presenta toda la información con respecto a la medición de iluminancia y los resultados obtenidos.

Gráfico N° 4.26 Medición iluminancia 3

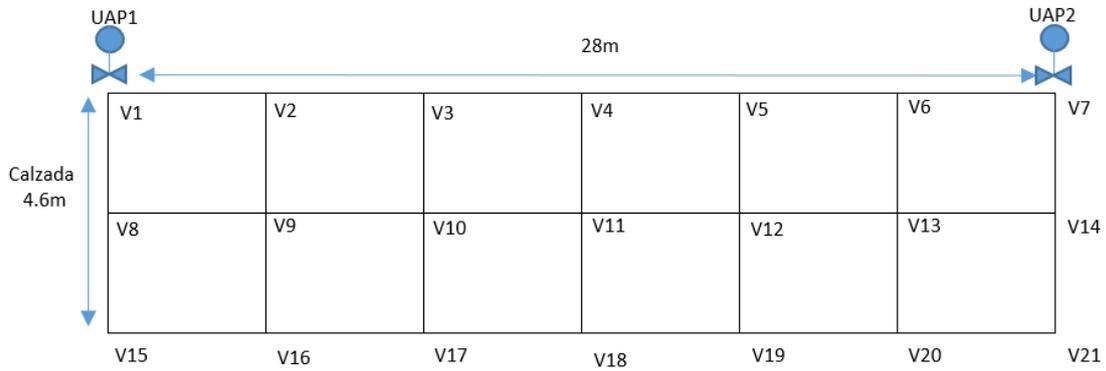


Fuente: Google maps

Elaboración: propia

Tabla N° 4.3 Información de la medición de iluminancia medición 3

DATOS DE EQUIPO DE MONITOREO				FECHA DE MONITOREO	
Equipo	Luxómetro digital	Marca	Konica Minolta	Fecha	1/10/2017
Modelo	T-10	Serie	31821015	Hora	8:30 p.m.
OBSERVACIONES UAP 1			OBSERVACIONES UAP 2		
N° de Luminarias instaladas		1	N° de Luminarias instaladas		1
Condición de Luminarias	Bueno X	Malo	Condición Luminarias		Bueno Malo X
Altura de montaje	10m		Altura de montaje		10m
Tipo de pastoral	concreto		Tipo de pastoral		concreto
Tipo de luminaria	Vapor de sodio		Tipo de luminaria		Vapor de sodio
Potencia luminaria	150W		Potencia luminaria		150W



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
Valor 1	21.82	Valor 8	18.7	Valor 15	16.09
Valor 2	18.23	Valor 9	17.26	Valor 16	13.9
Valor 3	9.67	Valor 10	9.96	Valor 17	8.19
Valor 4	2.96	Valor 11	4.87	Valor 18	3.58
Valor 5	2.84	Valor 12	2.3	Valor 19	2.12
Valor 6	1.79	Valor 13	1.12	Valor 20	1.09
Valor 7	1.46	Valor 14	1.6	Valor 21	1.19

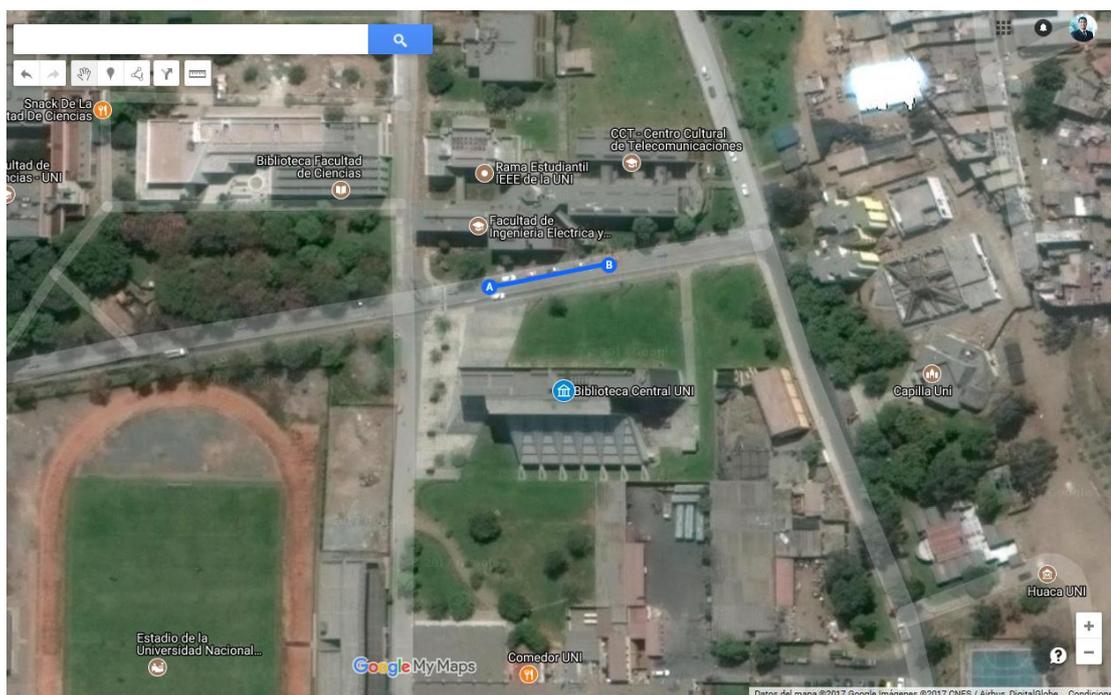
E_{med}	E_{min}	$E_{máx}$	U_0	U_L
7.65	1.12	21.82	0.146	0.051

Fuente: Elaboración propia

Medición 4: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

En el Gráfico N° 4.27 se muestra el mapa de la ubicación de la zona de medición, luego en la Tabla N° 4.4 se presenta toda la información con respecto a la medición de iluminancia y los resultados obtenidos.

Gráfico N° 4.27 Medición iluminancia 4

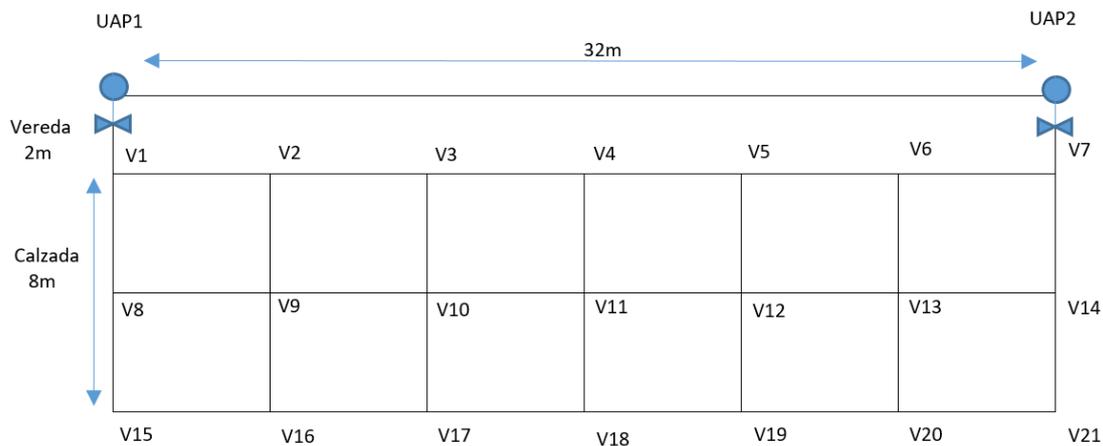


Fuente: Google maps

Elaboración: propia

Tabla N° 4.4 Información de la medición de iluminancia medición 4

DATOS DE EQUIPO DE MONITOREO				FECHA DE MONITOREO	
Equipo	Luxómetro digital	Marca	Konica Minolta	Fecha	1/10/2017
Modelo	T-10	Serie	31821015	Hora	9:15 p.m.
OBSERVACIONES UAP 1			OBSERVACIONES UAP 2		
N° de Luminarias instaladas		1	N° de Luminarias instaladas		1
Condición de Luminarias	Bueno X	Malo	Condición Luminarias	Bueno X	Malo
Altura de montaje	10.3m		Altura de montaje	10.3m	
Tipo de pastoral	fierro		Tipo de pastoral	fierro	
Tipo de luminaria	Vapor de sodio		Tipo de luminaria	Vapor de sodio	
Potencia luminaria	150W		Potencia luminaria	150W	



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
Valor 1	18.4	Valor 8	70.7	Valor 15	28.73
Valor 2	64.4	Valor 9	63.6	Valor 16	28.42
Valor 3	27.78	Valor 10	32.1	Valor 17	19.77
Valor 4	18.89	Valor 11	24.35	Valor 18	16.96
Valor 5	20.33	Valor 12	21.48	Valor 19	22.74
Valor 6	39.9	Valor 13	58	Valor 20	32.3
Valor 7	71.4	Valor 14	83.6	Valor 21	33.4

E_{med}	E_{min}	$E_{máx}$	U_0	U_L
37.96	16.96	83.6	0.447	0.203

Fuente: Elaboración propia

Resumen

De los resultados obtenidos en la medición de iluminancia, se encontró que tres de las cuatro mediciones cumplen con los niveles de iluminación (E_{med}) para el tipo de vía considerado en la presente tesis (tipo III), esto debido a que el nivel de luminancia supera el rango de 10-20 lux (Ver Tabla N° 4.5)

Tabla N° 4.5 Indicadores de calidad del alumbrado público de la UNI

Medición	Descripción	U0	UI	Em
Medición 1	Valor real calculado	0.18	0.062	36.4
	Valor nominal calculado	≥ 0.40	≥ 0.60	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✗	✗	✓
Medición 2	Valor real calculado	0.095	0.033	22.55
	Valor nominal calculado	≥ 0.40	≥ 0.60	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✗	✗	✓
Medición 3	Valor real calculado	0.146	0.051	7.65
	Valor nominal calculado	≥ 0.40	≥ 0.60	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✗	✗	✗
Medición 4	Valor real calculado	0.447	0.203	37.96
	Valor nominal calculado	≥ 0.40	≥ 0.60	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✓	✗	✓

Fuente: Elaboración propia

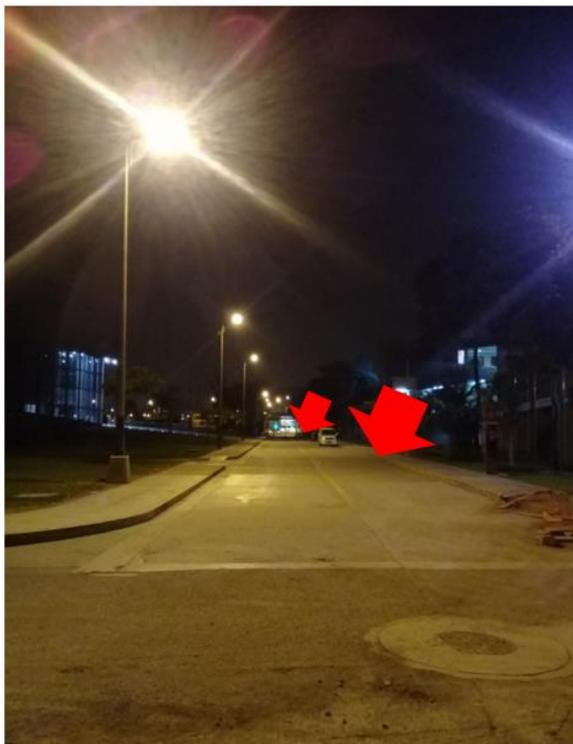
Sin embargo, en cuanto al indicador de uniformidad media (U_0), los valores obtenidos no cumplen con el estándar de 0.4³² para la uniformidad media/global y 0.6 para la uniformidad longitudinal. Esto quiere decir que el diseño de iluminación existente no ofrece una iluminación homogénea.

Los niveles de uniformidad media, en promedio, llegan a ser solo el 54% del nivel de uniformidad estándar. A su vez, los niveles de uniformidad longitudinal, en promedio, llegan a ser solo el 14.5% de la uniformidad estándar.

³² Estándar definido en la Norma Técnica DGE, Osinergmin

Así pues, se puede observar el efecto “cebra”, que está asociada a la iluminación desigual, a lo largo de las vías vehiculares del campus (ver Gráfico N° 4.28).

Gráfico N° 4.28 Efecto cebra iluminación vehicular



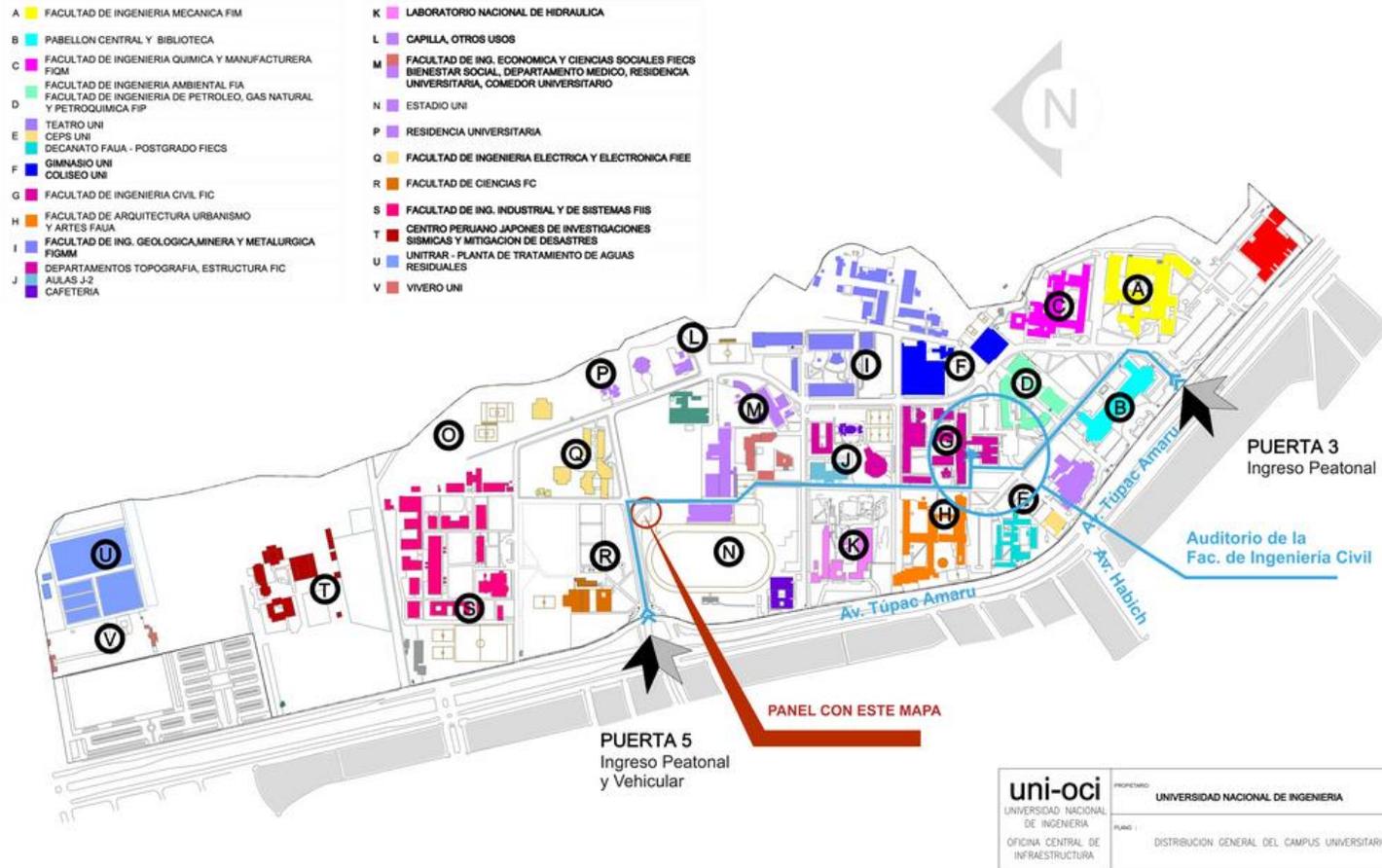
Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

4.2. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PROPUESTA

4.2.1. Ubicación del proyecto

El proyecto se realizará en el campus universitario de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**, ubicada en el distrito del Rimac, provincia de Lima y departamento de Lima.

Gráfico N° 4.29 Mapa de la Universidad Nacional de Ingeniería



Fuente: Oficina Central de Infraestructura UNI

4.2.2. Descripción del proyecto

4.2.2.1. Alumbrado Público campus UNI

El sistema eléctrico propuesto en la presente tesis está conformado de lo siguiente:

- **Desmontaje de pastorales y luminarias**

Se retirará las luminarias y pastorales existentes de los postes de 11m (postes de concreto) y 7 m (postes ornamentales), así como sus pastorales respectivos. Se mantendrán los postes existentes.

- **Suministro e instalación de pastorales**

Se utilizarán pastorales simple, doble y triple de fierro galvanizado con abrazaderas y accesorios para sujetarlos al poste.

- **Suministro e instalación de artefactos de alumbrado inteligente**

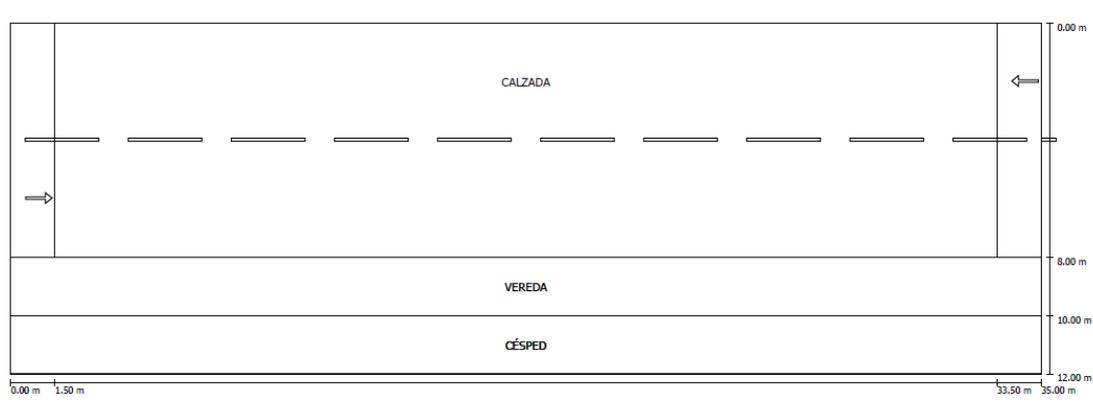
Se instalarán luminarias inteligentes de 102 W y 26W para los postes de concreto y ornamentales respectivamente.

- **Instalación de la cabina de control**

Se instalará una computadora con acceso al software de gestión del alumbrado público.

Las dimensiones consideradas para la vía vehicular se muestra en el Gráfico N° 4.30 y las características de la instalación se muestra en el Gráfico N° 4.31. Así mismo, las dimensiones consideradas para la vía peatonal se muestra en el Gráfico N° 4.32 y las características de la instalación se muestra en el Gráfico N° 4.33.

Gráfico 4.30 Esquema de la vía vehicular

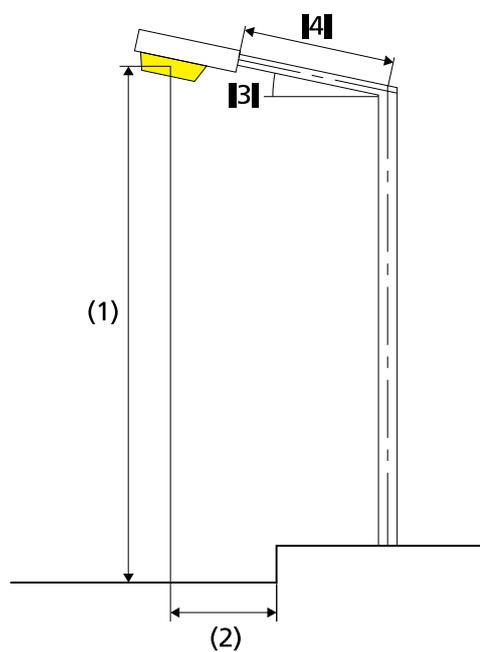


Fuente: Elaboración propia

CALZADA Anchura: 8.000 m

VEREDA Anchura: 2.000 m

Gráfico N° 4.31 Disposición de las luminarias vías vehiculares



Fuente: Elaboración propia

Distancia entre mástiles: 32.00 m

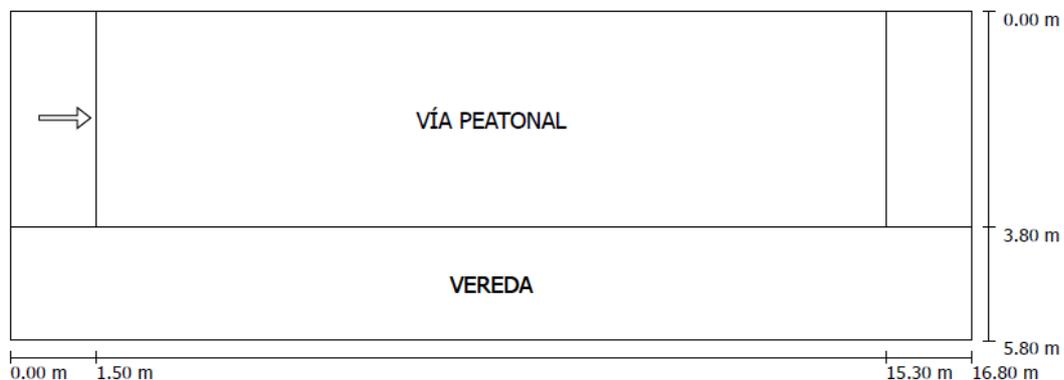
Inclinación del brazo (3): 10°

Longitud del brazo (4): 1m

Altura del punto de luz (1): 11 m

Saliente del punto de luz (2): 0 m

Gráfico N° 4.32 Esquema de la vía peatonal

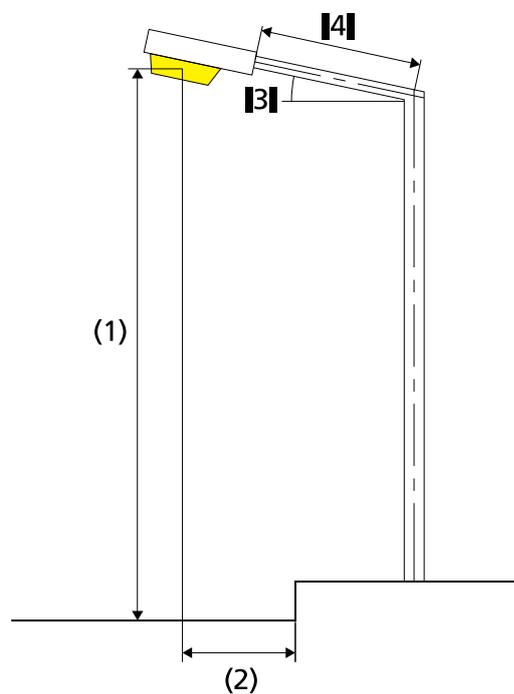


Fuente: Elaboración propia

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

VEREDA Anchura: 2.000 m

Gráfico N° 4.33 Disposición de las luminarias vías peatonales



Fuente: Elaboración propia

Distancia entre mástiles: 13.8 m

Inclinación del brazo (3): 10°

Longitud del brazo (4): 0.5 m

Altura del punto de luz (1): 6.5 m

Saliente del punto de luz (2): -1.5

4.3. VALIDACIÓN DE LUMINARIAS LED EN CAMPO Y SIMULACIÓN DE LUMINARIAS ELEGIDAS PARA EL PROYECTO

En el siguiente acápite se definirá el nivel de potencia de las luminarias y el diseño de instalación de los equipos (altura de montaje y ángulo de inclinación). Para este fin, se utilizará el software Dialux para las simulaciones del diseño elegido.

Primero, se realizará la instalación de luminarias LED dentro del campus universitario para verificar que los valores de iluminación recogidos en campo coincidan con los valores obtenidos en la simulación. Luego, utilizando el software Dialux, se definirá el nivel de potencia de las luminarias y los datos de la instalación tanto para las vías peatonales como para las vehiculares.

4.2.1. Prueba de Iluminación

Con la finalidad de verificar los valores de simulación con los reales, se realizó una prueba instalando luminarias LED en uno de los pasajes del campus universitario.

En la Tabla N° 4.6 se muestra los datos del equipo y de la instalación.

Tabla N° 4.6 Datos de la medición de iluminancia facultad ciencias

DATOS DE EQUIPO DE MONITOREO				FECHA DE MONITOREO	
Equipo	Luxómetro digital	Marca	Konica Minolta	Fecha	1/10/2017
Modelo	T-10	Serie	31821015	Hora	10:00 p.m.
OBSERVACIONES UAP 1			OBSERVACIONES UAP 2		
N° de Luminarias instaladas		1	N° de Luminarias instaladas		1
Condición de Luminarias	Bueno X	Malo	Condición Luminarias	Bueno X	Malo
Altura de montaje	4.5m		Altura de montaje	4.5m	
Tipo de pastoral	fierro		Tipo de pastoral	fierro	
Tipo de luminaria	LED		Tipo de luminaria	LED	
Potencia luminaria	27W		Potencia luminaria	27W	

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en los Gráficos N° 4.34 y 4.35 se muestran los equipos instalados y en funcionamiento respectivamente.

Gráfico N° 4.34 Luminaria instalada con 10° de inclinación

Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Gráfico N° 4.35 Encendido de luminarias prueba

Fuente: Imagen tomada por el autor de la tesis

Medición obtenida en campo

Luego de la instalación se registraron los valores de iluminancia utilizando el método de grilla. En el Gráfico N° 4.36 se muestra la fotografía de la medición.

Gráfico N° 4.36 Imágenes de la medición de iluminancia



Fuente: Imágenes tomadas por el autor de la tesis

Resultados medición en campo

Luego de la prueba, se pudo verificar que los valores obtenidos en campo son muy próximos a los valores proyectados en la simulación. Así pues, en la medición en campo se **obtuvo una iluminancia media de 25.4 lux y en la simulación una iluminancia de 26 lux.**

En la Tabla N° 4.7 se muestran los valores obtenidos luego de la medición en campo y en el Gráfico N° 4.37 se muestra el resultado de la simulación con el Dialux.

Tabla N° 4.7 Valores de medición luminaria prueba

Intensidad lumínica horizontal [lx]

5.167	16.9	19.4	24.4	24.4	19.4	16.9
3.9	24.4	27.0	30.4	30.4	27.0	24.4
2.633	27.3	25.8	33.1	33.1	25.8	27.3
m	1.15	3.45	5.75	8.05	0.72	0.57

Trama 6x3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Um	Ue
25.4	16.9	33.1	0.67	0.51

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.37 Simulación luminaria prueba

PRUEBA LUMINARIA PEATONAL 25/09/2017
UNI FACULTAD CIENCIAS

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Intensidad lumínica horizontal [lx]						
5.167	19	19	21	21	19	19
3.900	26	26	27	27	26	26
2.633	32	33	30	30	33	32
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

EAvg [lx]	EMin [lx]	EMax [lx]	g1	g2
26	19	33	0.725	0.574

Fuente: Elaboración propia

Por medio de esta prueba se pudo verificar los resultados lumínicos de la simulación con los reales, al mismo tiempo, la prueba proporcionó información para ajustar los valores de instalación y selección de luminarias del proyecto.

4.2.2. Simulación Dialux

Las simulaciones se han dividido en dos partes. La primera correspondiente a la simulación para las vías peatonales y la segunda para las vías vehiculares. En cada caso se ha obtenido reportes para los tres niveles de potencia de operación que propone la alternativa de telegestión según diversos proveedores de este servicio: nivel de potencia del 100%; nivel de potencia de 50% y nivel de potencia de 25%.

Simulación para las luminarias peatonales

En esta simulación se ha considerado la instalación de los equipos Luma de la marca Philips de 26W de potencia. Estos equipos tienen una vida útil de 100,000 horas y cuentan con el sistema de control a distancia.

En la Tabla N° 4.8 se muestran los valores de luminancia e iluminancia obtenidos después de la simulación. El resultado de toda la evaluación y los datos para la instalación se encuentran en los Anexos N° 4,5 y 6.

Tabla N° 4.8 Resultados simulación luminaria peatonal

Nivel de potencia luminaria	Descripción	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR	Em
100%	Valor real calculado	1.74	0.84	0.86	6	0.87	18
	Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50%	Valor real calculado	0.97	0.84	0.86	6	0.87	9.79
	Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓	✗
25%	Valor real calculado	0.48	0.84	0.86	6	0.87	4.90
	Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✗	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, hay cumplimiento de los estándares de nivel de luminancia (Lm), homogeneidad (U0 y UI), deslumbramiento (TI) y de iluminación de alrededores (SR) para los niveles de 100% y 50% por ciento.

Para el nivel de 25% de potencia hay cumplimiento de los estándares de homogeneidad, deslumbramiento y de iluminación de alrededores.

No se cumple con los estándares de iluminancia y luminancia para el nivel de 25% de potencia. Sin embargo, este incumplimiento no sería relevante,

puesto que la reducción de potencia se produce en horas de escaso tráfico peatonal.

Por otro lado, aunque los niveles de iluminancia para las potencias de 50% y 25% son menores al definido en la presente tesis, estos valores todavía son relevantes, puesto que se encuentran dentro de los niveles permitidos para iluminación pública (ver Capítulo V Discusión).

Simulación para las luminarias vehiculares

En esta simulación se ha considerado la instalación de los equipos Luma de la marca Philips de 102W de potencia. Estos equipos tienen una vida útil de 100,000 horas y cuentan con el sistema de control a distancia.

En la Tabla N° 4.9 se muestran los valores de luminancia e iluminancia obtenidos después de la simulación. El resultado de toda la evaluación y los datos para la instalación se encuentran en los Anexos N° 7,8 y 9.

Tabla N° 4.9 Resultados simulación luminaria vehicular

Nivel de potencia luminaria	Descripción	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR	Em
100%	Valor real calculado	1.77	0.72	0.65	6	0.8	18
	Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓	✓
50%	Valor real calculado	0.98	0.72	0.65	6	0.8	9.88
	Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓	✗
25%	Valor real calculado	0.49	0.72	0.65	6	0.8	4.94
	Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50	≥ 10
	Cumplido/No cumplido	✗	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, hay cumplimiento de los estándares de nivel de luminancia (Lm), homogeneidad (U0 y UI),

deslumbramiento (TI) y de iluminación de alrededores (SR) para los niveles de 100% y 50% por ciento.

Para el nivel de 25% de potencia hay cumplimiento de los estándares de homogeneidad, deslumbramiento y de iluminación de alrededores.

No se cumple con los estándares de iluminancia y luminancia para el nivel de 25% de potencia. Sin embargo, este incumplimiento no sería relevante, puesto que la reducción de potencia se produce en horas de escaso tráfico peatonal.

Por otro lado, aunque los niveles de iluminancia para las potencias de 50% y 25% son menores al definido en la presente tesis, estos valores todavía son relevantes, puesto que se encuentran dentro de los niveles permitidos para iluminación pública (ver Capítulo V Discusión).

4.4. ANÁLISIS DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En el siguiente acápite se desarrollará el cálculo de ahorro de energía que se obtiene luego de la implementación de la propuesta de tesis.

Primero, se calculará el consumo al utilizar luminarias de vapor de sodio, luego se proyectará el consumo utilizando la tecnología LED en sus dos alternativas (las simple y con telegestión).

En ese sentido, **se definirá ALTERNATIVA 1 para la instalación de luminarias LED sin telegestión y ALTERNATIVA 2 a la instalación de luminarias LED con el sistema de telegestión incluido.**

Finalmente, se concluirá con el resumen del cálculo de consumo de energía eléctrica para cada caso.

4.4.1. Cálculo consumo de energía con la tecnología actual

En la Tabla N° 4.10 se muestra el cálculo del consumo de energía eléctrica en el alumbrado público al utilizar las luminarias de vapor de sodio de alta presión.

Tabla N° 4.10 Consumo energía eléctrica luminarias VSAP

POTENCIA CONSUMO

<i>Datos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Potencia</i>
<i>Luminarias 150W</i>	251	37650.000
<i>Luminarias 70W</i>	69	4830.000
<i>Total potencia consumida (W)</i>		42480.000
Consumo en KW		42.480

ENERGÍA CONSUMO

<i>Horas punta diario (18:00-23:00)</i>	5
<i>Horas fuera de punta diario (23:00-06:00)</i>	7
<i>Energía activa anual punta (W)</i>	77526.000
<i>Energía activa anual fuera de punta (W)</i>	108536.400
Energía activa anual (KW.h)	186062.400
Energía reactiva anual (fdp 92%)	79262.250

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Cálculo consumo de energía con la tecnología LED (ALTERNATIVA 1)

En la Tabla N° 4.11 se muestra el cálculo del consumo de energía eléctrica en el alumbrado público al utilizar las luminarias LED.

Tabla N° 4.11 Consumo energía eléctrica luminarias LED

POTENCIA CONSUMO		
<i>Datos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Potencia</i>
<i>Luminarias 102W</i>	251	25602
<i>Luminarias 26W</i>	69	1794
<i>Total potencia consumida (W)</i>		27396
Consumo en KW		27.396
ENERGÍA CONSUMO		
<i>Horas punta diario (18:00-23:00)</i>		5
<i>Horas fuera de punta diario (23:00-06:00)</i>		7
<i>Energía activa anual punta (KW)</i>	100%	49997.7
<i>Energía activa anual fuera de punta (KW)</i>	100%	69996.78
Energía activa anual (KW.h)		119994.48
Energía reactiva anual (fdp 95%)		39440.27829

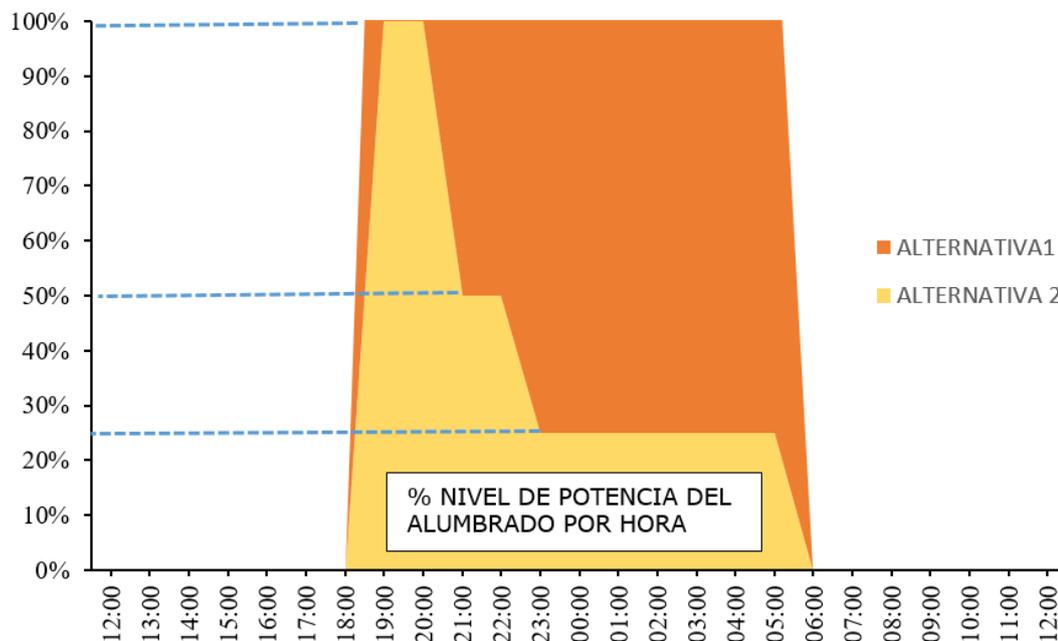
Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Cálculo consumo de energía con la tecnología LED telegestión (ALTERNATIVA 2)

La tecnología de telegestión hace posible la regulación de la potencia de consumo de energía en el alumbrado público. Para este proyecto de tesis se ha considerado que entre las 21:00h y 23:00h se reducirá la potencia al 50%, asimismo, a partir de las 23:00h se reducirá la potencia al 25%.

En el Gráfico N° 4.38 se muestra el porcentaje de iluminación según la hora y en el Tabla N° 4.12 se muestra el cálculo del consumo de energía eléctrica al implementar la telegestión de alumbrado público con luminarias LED.

Gráfico N° 4.38 Nivel de iluminación por hora con telegestión



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.12 Consumo de energía eléctrica LED TELEGESTIÓN

POTENCIA CONSUMO

Datos	Cantidad	Potencia
Luminarias 102W	251	25602
Luminarias 26W	69	1794
Total potencia consumida (W)		27396
Consumo en KW		27.396

ENERGÍA CONSUMO

Horas punta diario (18:00-23:00)		5
Horas fuera de punta diario (23:00-06:00)		7
Energía activa anual punta (KW)	100%	29998.6200
	50%	9999.5400
Energía activa anual fuera de punta (KW)	25%	17499.1950
Energía activa anual (KW.h)		57497.3550
Energía reactiva anual (fdp 95%)		18898.4667

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Resumen

Luego de las evaluaciones del consumo de la energía eléctrica para las alternativas 1 y 2, así como el consumo sin la implementación del proyecto, se muestra el resumen en el Tabla N° 4.13.

Tabla N° 4.13 Resumen evaluación del consumo de energía eléctrica

	KWh-mes	% Consumo
ACTUAL	15,505	100%
ALTERNATIVA 1	10,000	64%
ALTERNATIVA 2	4,791	31%

Fuente: Elaboración propia

4.5. CALCULO DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO

Considerando el porcentaje de emisiones según del sistema interconectado nacional descrito en el Capítulo III, el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono equivalente se muestra en la Tabla N° 4.14.

Tabla N° 4.14 Calculo de emisión de dióxido de carbono equivalente

	Reducción anual (MW.h)	Factor de emisión SEIN	Total emisión anual CO2 (tCO2)
ALTERNATIVA 1	66.1	0.4483	29.6
ALTERNATIVA 2	128.6	0.4483	57.6

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la cantidad de dióxido de carbono que se dejaría de emitir a la atmosfera al implementar la telegestión de alumbrado público sería de 57.6 toneladas anuales.

4.6. ANÁLISIS DEL AHORRO ECONÓMICO

En el siguiente acápite se desarrolla el análisis económico de la propuesta de tesis considerando la inversión, costos de operación y mantenimiento de los equipos que conforman las unidades de alumbrado público.

Se realizará una comparación del valor actual neto (VAN) y posterior elección de la mejor alternativa de inversión para las tres alternativas propuestas: **Alternativa**

1, implementar luminarias LED sin control de iluminación; **Alternativa 2**, implementar luminarias LED con telegestión de alumbrado público.

4.6.1. Supuestos y consideraciones generales

Para la realización de la evaluación se ha considerado lo siguiente:

- Se ha realizado una evaluación a 18 años
- No se considera variación del componente de la tarifa eléctrica “potencia de generación HP”
- La tasa de descuento es de 12%
- La evaluación se realiza a precios a privados y comparando la mejor alternativa según la evaluación del VAN económico.

4.6.2. Equipos de alumbrado público

En la Tabla N° 4.15 se muestra el listado de equipos que se consideran en la evaluación y el tiempo de vida considerado para cada uno de ellos. Los costos de los equipos evaluados se encuentran en el Anexo N° 8.

Tabla N° 4.15 Tiempo de vida de los equipos para la iluminación

TIEMPO DE VIDA CONSIDERADO

	FABRICA (Horas- años)		Tiempo de vida con factor de degradación	
LAMPARAS VSAP	24000	5 años	19000	4 años
CARCASA LUMINARIA	70000	15 años	56000	12 años
PASTORALES	-	15 años	-	12 años
LED LUMA	100000	22 años	80000	18 años
LED ECONÓMICO	50000	11 años	40000	9 años

Fuente: Elaboración propia

4.6.3. Flujo de caja de las alternativas

Se ha realizado la evaluación económica a través del flujo de caja de las siguientes tres alternativas: Alternativa 1, se implementa luminarias LED sin

control de iluminación (ver Tabla N° 4.16); Alternativa 2, se implementa luminarias LED con telegestión de alumbrado público (ver Tabla N° 4.17).

Los costos de operación son los costos que paga por el consumo de la energía eléctrica. Estos valores fueron calculados tomando en cuenta las tarifas eléctricas para media tensión. La evolución de la tarifa eléctrica se encuentra en el Anexo N° 1.

Por otro lado, se considera costos de mantenimiento al cambio de lámpara y limpieza de difusor para el caso de las luminarias de vapor de sodio, y para el caso de las luminarias LED solo se considera limpieza de difusor cada 3 años.

Tabla N° 4.16 Flujo de caja Alternativa 1

DESCRIPCIÓN	-	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18
AHORRO COSTOS DE OPERACIÓN	-	52,255	53,040	53,825	54,610	55,395	56,181	56,966	57,751	58,536	59,321	60,106	60,891	61,676	62,461	63,246	64,032	64,817	65,602
COSTO DE MANTENIMIENTO	-	-	-	57,631	-	-	57,631	-	-	57,631	-	-	16,549	-	-	57,631	-	-	-
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	-	52,255	53,040	111,456	54,610	55,395	113,811	56,966	57,751	116,167	59,321	60,106	44,342	61,676	62,461	120,877	64,032	64,817	65,602
COSTO MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90,872	-	-	90,872	-	-	-	-	-	-
COSTO MATERIAL	92,842	-	-	-	-	-	-	-	-	184,452	-	-	91,610	-	-	-	-	-	-
SUPERVISIÓN	3,249	-	-	-	-	-	-	-	-	9,636	-	-	6,387	-	-	-	-	-	-
VALOR RESIDUAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91,241
INVERSIÓN	96,091	-	-	-	-	-	-	-	-	284,960	-	-	188,869	-	-	-	-	-	-
FLUJO ALTERNATIVA 2	96,091	52,255	53,040	111,456	54,610	55,395	113,811	56,966	57,751	168,793	59,321	60,106	233,211	61,676	62,461	120,877	64,032	64,817	25,639

COK	12%
VAN	S/.345,993

PRI	2AÑOS
TIR	65%
B/C	4.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.17 Flujo de caja Alternativa 2

DESCRIPCIÓN	-	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18
AHORRO COSTOS DE OPERACIÓN	-	74,209	75,714	77,219	78,725	80,230	81,735	83,241	84,746	86,251	87,757	89,262	90,767	92,273	93,778	95,283	96,788	98,294	99,799
COSTO DE MANTENIMIENTO	-	-	-	57,631	-	-	57,631	-	-	57,631	-	-	16,549	-	-	57,631	-	-	-
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	-	74,209	75,714	134,850	78,725	80,230	139,366	83,241	84,746	143,882	87,757	89,262	74,218	92,273	93,778	152,914	96,788	98,294	99,799
COSTO MO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90,872	-	-	-	-	-	-
COSTO MATERIAL	263,036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91,610	-	-	-	-	-	-
SUPERVISIÓN	9,206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,387	-	-	-	-	-	-
VALOR RESIDUAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91,241
INVERSIÓN	272,242	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	188,869	-	-	-	-	-	91,241
FLUJO ALTERNATIVA 2	-	74,209	75,714	134,850	78,725	80,230	139,366	83,241	84,746	143,882	87,757	89,262	263,087	92,273	93,778	152,914	96,788	98,294	8,558

COK	12%
VAN	S/.461,220

PRI	3AÑOS
TIR	34%
B/C	2.7

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 4.18 se muestra el resumen de la evaluación económica de las alternativas. En ese sentido, se puede observar que la alternativa 2 tiene mayor VAN económico que la alternativa 1, en consecuencia, esta alternativa es viable económicamente.

Tabla N° 4.18 Resumen evaluación económica de alternativas

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE
ALTERNATIVAS

PROYECTO		VAN	TIR	B/C	PR	COK
ALTERNATIVA 1	LUMINARIAS LED	S/ 345,992.63	65%	4.6	2AÑOS	12%
ALTERNATIVA 2	LUMINARIAS LED + TELEGESTIÓN	S/ 461,220.38	34%	2.7	3AÑOS	12%
OTRO	LUMINARIAS LED VS LUMINARIAS LED + TELEGESTIÓN	S/ 12,468.28	13.1%	1.1	7.3 AÑOS	12%

Fuente: Elaboración propia

4.7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En este acápite se analizará cómo afectan los cambios de aumento o reducciones de las diferentes variables que afectan la rentabilidad del proyecto. En este caso, revisaremos la variación del VAN al cambiar las siguientes variables:

- Variable 1: Costo materiales tecnológicos
- Variable 2: Costo tarifas eléctricas
- Variable 3: Consumo eléctrico proyectado telegestión

Variable 1

Se realizó el análisis de sensibilidad sobre la variación del costo de los materiales cuando oscilan entre -30% y +30% del costo proyectado. En la Tabla N° 4.19 se puede observar que existe un mismo grado de afectación ante variaciones positivas y negativas del costo de materiales.

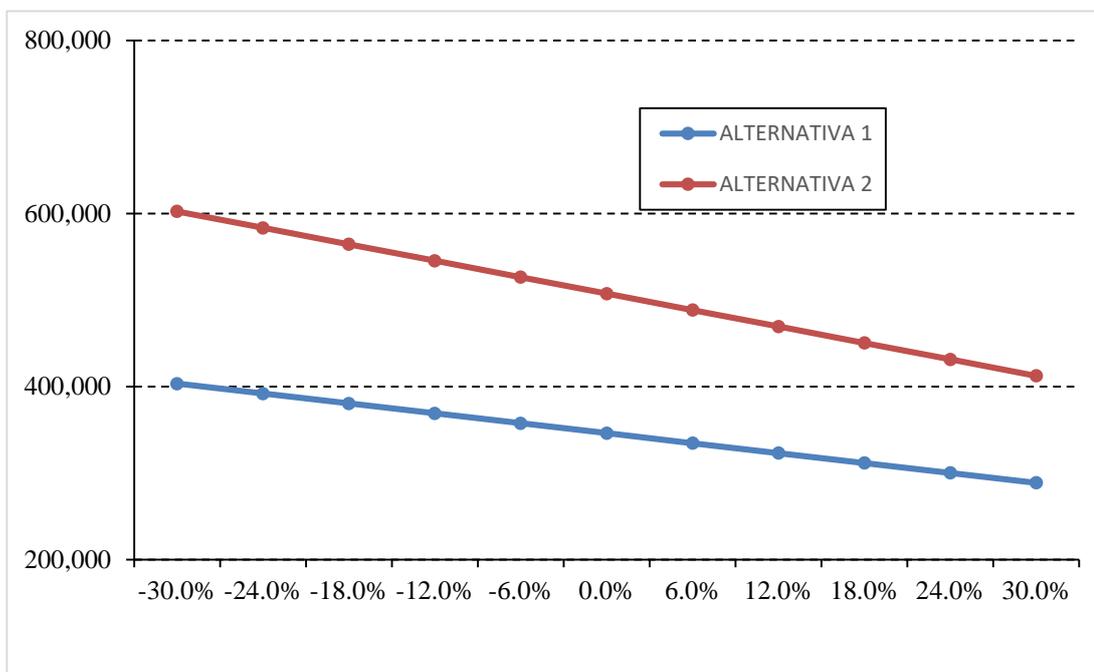
Tabla N° 4.19 Análisis de sensibilidad ante variaciones en costos de materiales del proyecto

	VARIACIÓN	COSTO DE MATERIALES		VAN	
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Var. Costo Equipos Tecnología	-30.0%	129,116	248,252	403,265	602,371
	-24.0%	140,183	269,531	391,810	583,372
	-18.0%	151,250	290,810	380,356	564,373
	-12.0%	162,317	312,088	368,902	545,375
	-6.0%	173,385	333,367	357,447	526,376
	0.0%	184,452	354,646	345,993	507,377
	6.0%	195,519	375,925	334,538	488,378
	12.0%	206,586	397,203	323,084	469,379
	18.0%	217,653	418,482	311,629	450,380
	24.0%	228,720	439,761	300,175	431,381
	30.0%	239,787	461,040	288,720	412,382

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico N° 4.39 se muestra el comportamiento del VAN ante variaciones oscilantes entre el -30% y el +30% en los materiales proyectados.

Gráfico N° 4.39 Análisis de modificación del VAN ante variaciones en los costos de los materiales



Fuente: Elaboración propia

Variable 2

Se realizó el análisis de sensibilidad sobre la variación de la tarifa de potencia en HP cuando oscilan entre -50% y +50% del costo proyectado. En la Tabla N° 4.20 se puede observar que existe el mismo grado de afectación ante variaciones positivas y negativas de la tarifa eléctrica.

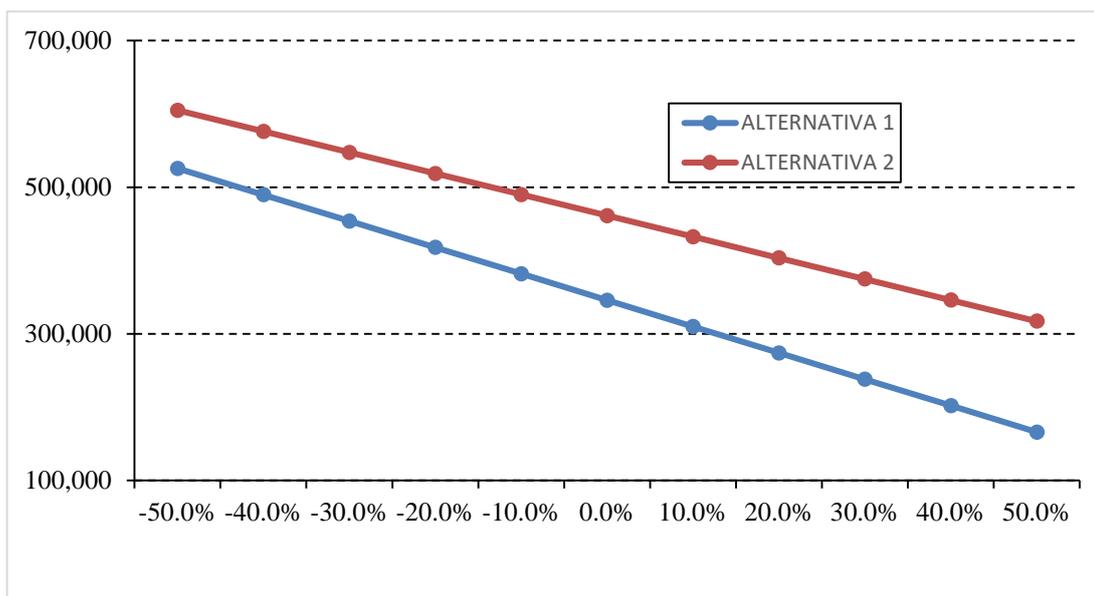
Tabla N° 4.20 Análisis de sensibilidad ante variaciones en la tarifa de electricidad

	VARIACIÓN	COSTO DE ELECTRICIDAD		VAN	
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Var. Tarifa Potencia Generación HP	-50.0%	24.81	24.81	525,812	605,076
	-40.0%	29.77	29.77	489,848	576,305
	-30.0%	34.73	34.73	453,885	547,534
	-20.0%	39.69	39.69	417,921	518,763
	-10.0%	44.65	44.65	381,957	489,992
	0.0%	49.61	49.61	345,993	461,220
	10.0%	54.57	54.57	310,029	432,449
	20.0%	59.53	59.53	274,065	403,678
	30.0%	64.49	64.49	238,101	374,907
	40.0%	69.45	69.45	202,137	346,136
	50.0%	74.42	74.42	166,173	317,365

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico N° 4.40 se muestra el comportamiento del VAN ante variaciones oscilantes entre el -50% y el +50% del costo de la tarifa eléctrica.

Gráfico N° 4.40 Análisis de modificación del VAN ante variaciones en la tarifa eléctrica



Fuente: Elaboración propia

Variable 3

Se realizó el análisis de sensibilidad sobre la variación del consumo de energía proyectado para la telegestión (50% de potencia, de 21-23horas; 25% de potencia, de 23horas en adelante) cuando oscilan entre -50% y +50% del consumo proyectado. En la Tabla N° 4.21 se puede observar mientras se gestione un menor consumo de energía la evaluación económica resulta más favorable para la alternativa 3.

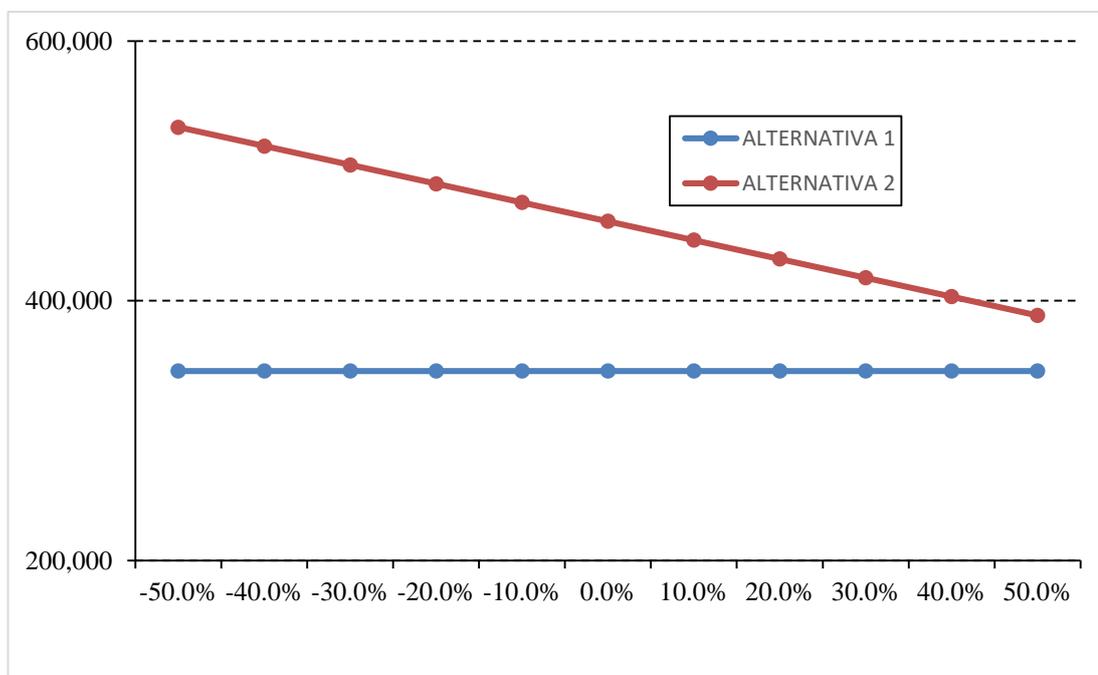
Tabla N° 4.21 Análisis de sensibilidad ante variaciones en el consumo de energía eléctrica proyectada para la telegestión

	VARIACIÓN	CONSUMO ELECTRICO PROYECTADO		VAN	
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Var. Consumo Eléctrico Proyectado	-50.0%	50.0%	-	345,993	533,642
	-40.0%	60.0%	-	345,993	519,158
	-30.0%	70.0%	-	345,993	504,673
	-20.0%	80.0%	-	345,993	490,189
	-10.0%	90.0%	-	345,993	475,705
	0.0%	100.0%	-	345,993	461,220
	10.0%	110.0%	-	345,993	446,736
	20.0%	120.0%	-	345,993	432,252
	30.0%	130.0%	-	345,993	417,767
	40.0%	140.0%	-	345,993	403,283
	50.0%	150.0%	-	345,993	388,799

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico N° 4.41 se muestra el comportamiento del VAN ante variaciones oscilantes entre el -50% y el +50% del consumo de energía proyectado para la telegestión.

Gráfico N° 4.41 Análisis de modificación del VAN ante variaciones en el consumo de energía eléctrica proyectada para la telegestión



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

En el presente capítulo se discutirá los resultados obtenidos en la investigación, específicamente, sobre la situación actual de las instalaciones del alumbrado público del campus universitario; oportunidades de mejora en la gestión del alumbrado público al implementar la telegestión; resultados de ahorro de energía y ahorro económico.

5.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO

Luego de las visitas a las instalaciones del alumbrado público del campus universitario se encontró que las instalaciones no cumplen con los estándares de calidad de servicio definidos en la Norma Técnica DGE, puesto que el nivel de uniformidad promedio U_0 es el 54% del nivel permitido y el nivel de uniformidad longitudinal U_L es el 15.4% del nivel permitido.

Asimismo, se encontró zonas enteras sin iluminación, luminarias sin difusores, luminarias descolgadas y equipos de alumbrado público con cables expuestos que pueden originar el electrizamiento del poste.

En ese sentido, es fundamental que la universidad reconozca la importancia del servicio de alumbrado para el correcto desempeño y aprendizaje de los estudiantes de la UNI.

5.2. MEJORA EN LA GESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO

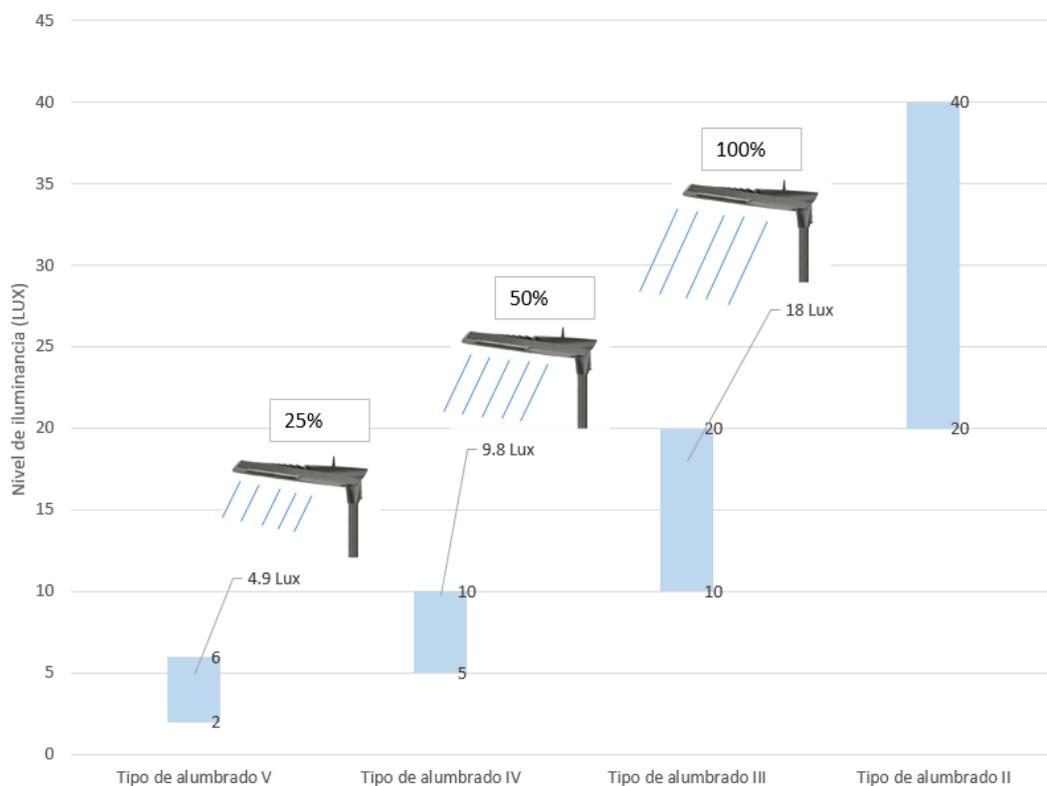
Como se ha revisado en el acápite de *mejoras operativas con la implementación de la telegestión de alumbrado público* (Capítulo III) los equipos pueden ser monitoreados a distancia e individualmente a través del software que proporcionan los proveedores de las luminarias. Esto permite verificar el correcto funcionamiento de los equipos en tiempo real.

Al implementar la telegestión, el monitoreo del sistema de alumbrado permitirá identificar las deficiencias anticipadamente y de esta manera mejorar la operación del servicio de alumbrado público.

5.3. AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

De los resultado obtenidos en el análisis de la implementación la tecnología de telegestión de alumbrado público en el campus universitario de la UNI, se puede obtener un ahorro en el consumo de energía eléctrica del 69% al implementar la tecnología de telegestión (ALTERNATIVA 2) y de 36% al implementar solo la tecnología LED (ALTERNATIVA 1).

Asimismo, la presente tesis propone una reducción del nivel de potencia de las luminarias en un 50% desde las 21:00h hasta las 23:00h y de una 75% a partir de las 23:00h. Esta reducción no afectaría la calidad de servicio, puesto que el nivel de iluminación quedaría dentro de las categorías de alumbrado tipo IV y V respectivamente (ver Gráfico N° 5.1).

Gráfico N° 5.1 Nivel de iluminación al reducir la potencia de las luminarias

Fuente: Elaboración propia

5.4. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES INVERNADERO

Se ha visto en el capítulo IV que al reducir el consumo de energía eléctrica, con la implementación de la telegestión, se puede reducir las emisiones de gases invernaderos en 57.6 toneladas anuales.

Según el portal Textoscientificos (2007) la captura de carbono por parte de los arboles es, en promedio, de 2.6 Toneladas de CO₂ por hectárea de plantación. En consecuencia, para reducir el total de CO₂ excedente (si se continua con la tecnología actual) es necesario contar con una plantación de 18.46 hectáreas.

Por otra parte, existe el mercado del carbono en donde se puede comercializar las toneladas de reducción de CO₂. En ese sentido, según el portal SENDECO³³ el precio de la tonelada de CO₂ es de 7,59 € (precio a noviembre del 2017). En consecuencia, con la reducción del dióxido de carbono se puede obtener un ingreso monetario de S/. 1,683.15 anualmente.

5.5. AHORRO ECONÓMICO

El gasto que se incurre en el servicio de alumbrado público es por el pago del servicio a la empresa concesionaria y por el mantenimiento y reemplazo de los equipos de iluminación. En ese sentido, la tecnología actual genera elevados gastos por el servicio de electricidad, esto debido a que la tecnología de vapor de sodio consume mayor potencia y, a su vez, tienen un tiempo de vida menor que las otras alternativas analizadas.

Luego del análisis de sensibilidad, se pudo observar que al implementar la tecnología de telegestión se obtiene un VAN de S/. 461,220.38, la TIR 34% y un periodo de recuperación de 3 años. En cambio, al implementar solo los equipos LED sin telegestión se obtiene un VAN de S/. 345,992.63, TIR 65% y periodo de recuperación de 2 años. En análisis comparativo se puede apreciar en la Tabla N° 5.1.

Por otro lado, es preciso mencionar que en la presente tesis se ha optado por elegir la alternativa que presenta el mayor VAN, puesto que este criterio es más aceptado en la evaluación de proyectos.

³³ SENDECO₂ son las siglas de “Sistema Europeo de Negociación de CO₂”. Es una empresa dedicada a la compra de derechos de emisión y al asesoramiento técnico de las instalaciones industriales sujetas a la Directiva de Comercio EU ETS (Sistema Europeo de Comercio de Emisiones)

Tabla N° 5.1 Análisis económico comparativo entre las alternativas

PROYECTO		VAN	TIR	B/C	PR	COK
ALTERNATIVA 1	LUMINARIAS LED	S/ 345,992.63	65%	4.6	2AÑOS	12%
ALTERNATIVA 2	LUMINARIAS LED + TELEGESTIÓN	S/ 461,220.38	34%	2.7	3AÑOS	12%
OTRO	LUMINARIAS LED VS LUMINARIAS LED + TELEGESTIÓN	S/ 12,468.28	13.1%	1.1	7.3 AÑOS	12%

Fuente: Elaboración propia

5.6. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos en los acápités anteriores, al implementar la telegestión se puede mejorar la gestión del servicio de alumbrado público y, de esa manera, mejorar la calidad del servicio. Asimismo, esta tecnología permite lograr reducir el consumo de energía eléctrica y generar un ahorro económico. En consecuencia, los puntos desarrollados responden a la hipótesis planteada en el presente estudio.

CONCLUSIONES

- 1 Se encontró que las instalaciones, del sistema de alumbrado público del campus universitario de la UNI, no cumplen con los estándares de calidad de servicio definidos en la Norma Técnica DGE, puesto que el nivel de uniformidad promedio U_0 es el 54% del nivel permitido y el nivel de uniformidad longitudinal U_L es el 15.4% del nivel permitido. Asimismo, se encontró zonas enteras sin iluminación, luminarias sin difusores, luminarias descolgadas y equipos de alumbrado público con cables expuestos que pueden originar el electrizamiento del poste.
- 2 De la comparación de tecnologías para el control del alumbrado público, la tecnología de telegestión con comunicación wireless es la herramienta más completa, pues permite realizar una mejor gestión del servicio del alumbrado público en comparación con las otras alternativas. Esto gracias a sus múltiples aplicaciones como el *control individual de las luminarias* y la *gestión preventiva del mantenimiento*.
- 3 A través de las simulaciones se diseñó la instalación de luminarias considerando la implementación de tecnología de telegestión de alumbrado público tanto para las vías vehiculares como para las peatonales. Para las vías vehiculares se considera la implementación de las luminarias tipo Cut-Off, 102 W de potencia, protección IP 66 y rendimiento lumínico de 140lm/W. Para las vías peatonales se considera la implementación de las luminarias tipo Cut-Off, 26 W de potencia, protección IP 66 y rendimiento lumínico de 135.7lm/W.

- 4 Con la implementación de la tecnología LED con telegestión en el campus universitario de la UNI, se puede obtener 194.5% más de ahorro de energía eléctrica que solo instalar luminarias LED.
- 5 Al implementar la tecnología de telegestión se puede reducir el consumo de energía eléctrica anual en 128.6 MW.h. lo que corresponde a una reducción de emisiones de dióxido de carbono equivalente de 57.6 toneladas anuales. En el mercado de carbono, estas cifras pueden generar ingresos de casi el 1.2% del costo actual de la operación del alumbrado público.
- 6 En la evaluación económica para un horizonte de 18 años, se demuestra que el VAN al implementar la telegestión asciende a S/. 461,220.3, la TIRE es de 34%, la cual resulta superior al costo de oportunidad para proyecto de 12%, mientras que el periodo de recuperación de la inversión se concibe en 3 años.
- 7 La propuesta de implementación de un sistema de telegestión de alumbrado público para el campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería es viable desde el punto de **vista técnico**, pues existen soluciones tecnológicas de fácil instalación y adecuadas para el servicio de alumbrado público; **operativa**, pues esta herramienta permite identificar las deficiencias anticipadamente y de esta manera mejorar la operación del servicio de alumbrado público; y **económico**, pues la implementación de la tecnología resulta conveniente económicamente a largo plazo.

RECOMENDACIONES

- 1 Se ha visto una baja preocupación por mantener el servicio de alumbrado público del campus en óptimas condiciones; en ese sentido, se recomienda que el departamento de mantenimiento eléctrico elabore un plan semestral de revisión del estado de las instalaciones de alumbrado público.
- 2 Actualmente se está realizando una reforma del alumbrado público como parte del proyecto de media tensión de la UNI. Sin embargo, el proyecto no ha contemplado la adopción de otras tecnologías actuales como la que propone la presente tesis. En ese sentido, se recomienda a la Universidad Nacional de Ingeniería implementar un departamento de eficiencia energética que vise este tipo de proyectos, ya que, como se pudo demostrar, el uso eficiente de la energía permite reducir la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂.
- 3 Se recomienda a la Universidad Nacional de Ingeniería, similar a la evaluación desarrollada en la presente tesis para el alumbrado público, evaluar la implementación de tecnología actual que permita optimizar el uso de energía en la iluminación interior del campus universitario. Por ejemplo, automatizar la iluminación de los salones de clase, pasillos, bibliotecas, entre otros ambientes.
- 4 En la visita a las subestaciones eléctricas, se identificó que algunos tableros de baja tensión utilizan llaves de apertura y cierre manual. Como es el caso de la subestación N° 14 donde se ha comprobado que la llave que alimenta al alumbrado público es del tipo FMG. Se recomienda a la UNI considerar el cambio de este tipo de llaves, pues existe la tecnología que permite concentrar

las llaves en tableros encapsulados que aseguran una mayor protección eléctrica.

- 5 Luego de la implementación de la propuesta de tesis, es importante que se evalúe la operación del sistema de iluminación con la finalidad de optimizar aun más el ahorro del consumo de la energía como se observó en el análisis de sensibilidad

BIBLIOGRAFÍA

- 1 4-traders. (17 de 07 de 2017). Obtenido de <http://www.4-traders.com/PHILIPS-LIGHTING-27862555/news/Philips-Lighting-Smart-LED-Lighting-and-City-Data-could-help-cities-reduce-CO2-emissions-by-over-6-24769142/>
- 2 4-traders. (17 de 07 de 2017). *4-traders*. Obtenido de <http://www.4-traders.com/PHILIPS-LIGHTING-27862555/news/Philips-Lighting-Smart-LED-Lighting-and-City-Data-could-help-cities-reduce-CO2-emissions-by-over-6-24769142/>
- 3 COES SINAC. (2016). *Estadísticas operacionales 2016*.
- 4 Colombo, e., & ODonnell, B. (2006). *Manual de iluminación eficiente*. Argentina: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.
- 5 Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (06 de 10 de 2015). Obtenido de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipios-alumbrado-publico>
- 6 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (06 de 03 de 2017). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de <https://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/index.html>
- 7 Costa da Fonseca, C., Palucci Pantoni, R., & Brandao, D. (2014). Public street lighting remote operation and supervision system. *Computer Standards & Interfaces*, 25-34.
- 8 Diario la Nación. (07 de 01 de 2017). Obtenido de http://www.nacion.com/tecnologia/avances/CNFL-cambiar-alumbrado-publico-bombillas_0_1608239164.html
- 9 El Comercio . (26 de abril de 2017). *El Comercio*. Obtenido de <http://elcomercio.pe/economia/generacion-electricidad-energias-renovables-peru-422813>
- 10 Electronicproducts. (08 de 03 de 2017). Obtenido de http://www.electronicproducts.com/Education/Design/Smart_lighting_leading_the_way_to_smarter_cities.aspx
- 11 Elejoste, P., Angulo, I., Perallos, A., Chertudi, A., Garcia Zuacola, I., Moreno, A., . . . Villadangos, J. (2013). An Easy to Deploy Street Light Control System Based on Wireless Communication and LED Technology. *Sensors*, 6492-6523.
- 12 Garcia Fernandez, J., & Boix Aragonéz , O. (10 de 2004). *Alumbrado en vías públicas*. Obtenido de Recursos CITSEA Universidad Politécnica de Catalunya: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/graficos.html#isocl>
- 13 INDALUX. (2002). Manual de Iluminación. En *Manual de Iluminación* .
- 14 J.Z., M., Fang, S., Hu, L., Liu, J., & Chen, D. (2014). Research and Design of Urban LED Street Lamp Wireless Management System. *Advanced Manufacturing and Information Engineering, Intelligent*, 2894-2897.
- 15 Lavric, A., Popa, V., & Sfichi, S. (2014). Street Lighting Control System Based On Large- Scale WSN: A Step Towards A Smart City. *International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering*, 16-18.
- 16 Leccese, F., & Leonowicz, Z. (2012). Intelligent wireless street lighting system. *11th International Conference on Environment and Electrical Engineering* .

- 17 Marven. (2017). Obtenido de <http://www.monitormymeter.com/lighting-automation.html>
- 18 Naciones Unidas. (12 de 12 de 2015). *Convención Marco sobre el cambio climático*.
- 19 Naciones Unidas. (2017). *Marco de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio*. Obtenido de <https://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/index.html>
- 20 Oficina central de infraestructura universitaria. (2013). Mejoramiento del servicio del sistema eléctrico en media tensión de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- 21 OSINERGMIN. (2002). *Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución"*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- 22 Osinergmin. (2013). Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoIca/1/2%20Avances%20Tecnologicos%20LEDs%20AP%20-%20J.Manuico.pdf>
- 23 Philips Lighting. (2015). *Soluciones de control y monitorización*. España.
- 24 Pinto, J. A. (2010). *Proyecto Piloto de telegestión del servicio de*. Bogota : Universidad Nacional de Colombia.
- 25 Rivadeneira, M., & Zaldumbide, E. (2015). Plan de Mejoramiento del Alumbrado Público de las Principales Avenidas de la ciudad de Quito. *Revista técnica energía*, 108-115.
- 26 SACS Ingenieros. (2013). Proyecto de inversión pública " Mejoramiento del servicio del sistema eléctrico en media tensión de la UNI". 87.
- 27 Secretaria de comunicaciones y transporte. (2015). *Manual de Iluminación Vial*. México DF: Dirección general de comunicación social.
- 28 Suárez Acevedo, A. (2010). *Marco Teórico de la Telegestión del servicio de Alumbrado Público*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- 29 Textoscientíficos. (20 de 08 de 2007). *Textoscientificos.com*. Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/node/887>
- 30 Twenergy. (18 de 02 de 2013). Obtenido de <http://www.twenergy.com>

ANEXOS

ANEXO N° 1

ANEXO N° 1. EVOLUCIÓN E INCREMENTO TARIFAS ELÉCTRICAS

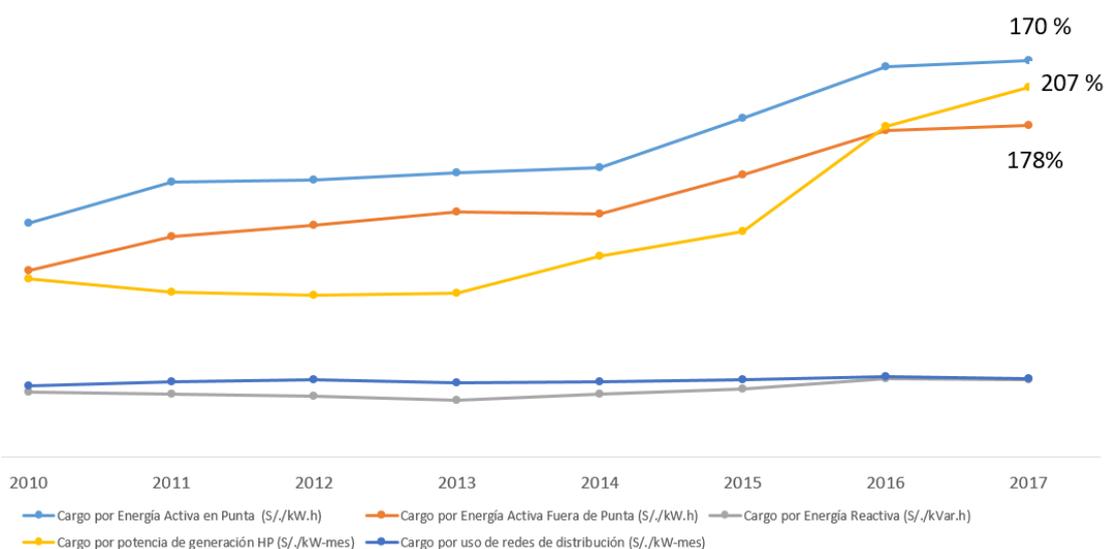
TARIFA MT3:

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cargo por Energía Activa en Punta (S./kW.h)	0.1308	0.1542	0.1553	0.1593	0.1621	0.1898	0.2183	0.2219
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta (S./kW.h)	0.1044	0.1234	0.1297	0.1370	0.1359	0.1579	0.1827	0.1856
Cargo por Energía Reactiva (S./kVar.h)	0.0364	0.0354	0.0343	0.0321	0.0354	0.0383	0.0438	0.0435
Cargo por potencia de generación HP (S./kW-mes)	23.9300	22.1900	21.7900	22.0900	26.9800	30.3400	44.4700	49.6100
Cargo por uso de redes de distribución (S./kW-mes)	9.6100	10.1200	10.3600	10.0000	10.1400	10.4200	10.8200	10.5700

Fuente: Osinergmin

Elaboración: propia

Gráfico N° 1.1 Evolución e incremento tarifas eléctricas – tarifa MT3



Fuente: Osinergmin

Elaboración: propia

ANEXO N° 2

ANEXO N° 2. SIMULACIÓN LUMINARIA VÍAS PRINCIPALES AL 100% DE POTENCIA

POTENCIA)

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PRINCIPALES UNI (100% POTENCIA) / Descripción del proyecto

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PRINCIPALES UNI (100% POTENCIA)

CÁLCULO DE PARÁMETROS LUMÍNICOS DE LAS VÍAS PRINCIPALES DE LA UNI - TESIS TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO 2017

Cliente: Proyecto elaborado por:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROLANDO SEGAMA
INGENIERÍA SALVATIERRA

r.segama.s@gmail.com

Philips Lighting BGP623 T25 1 xLED159-4S/757 DM10 1 xLED159-4S/ 757



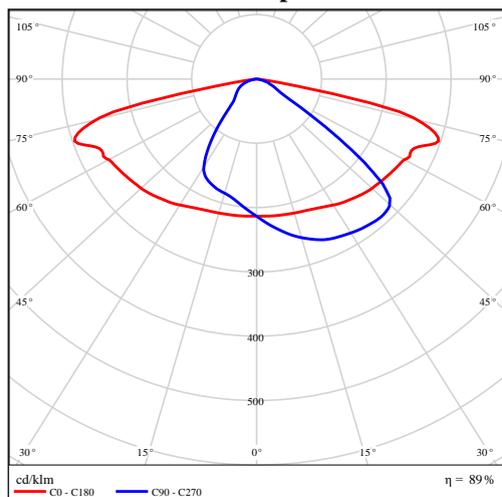
Flujo luminoso de lámparas: 16000 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 14317 lm
 Potencia: 102.0 W
 Rendimiento lumínico: 140.4 lm/W

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente.

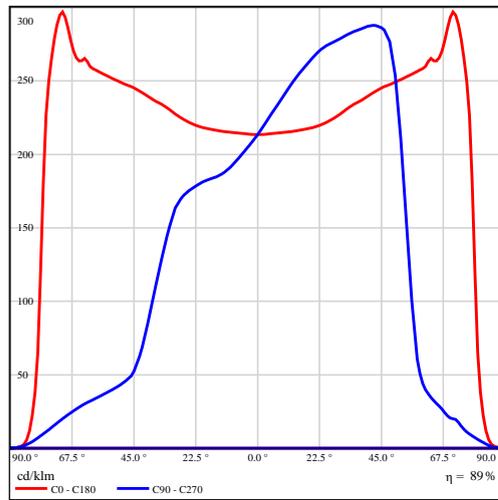
Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se

Grado de eficacia de funcionamiento: 89.48% puede ajustar fácilmente durante la instalación.

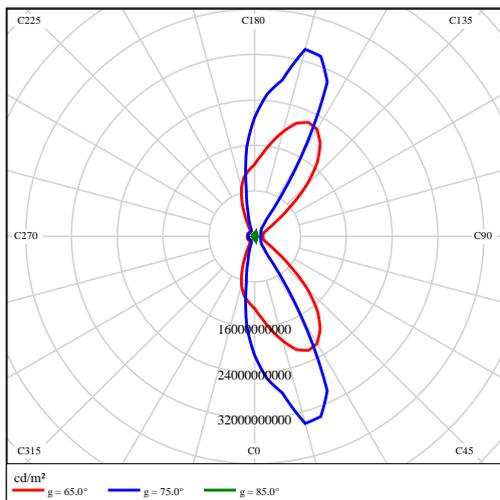
Emisión de luz 1 / CDL polar



Emisión de luz 1 / CDL lineal



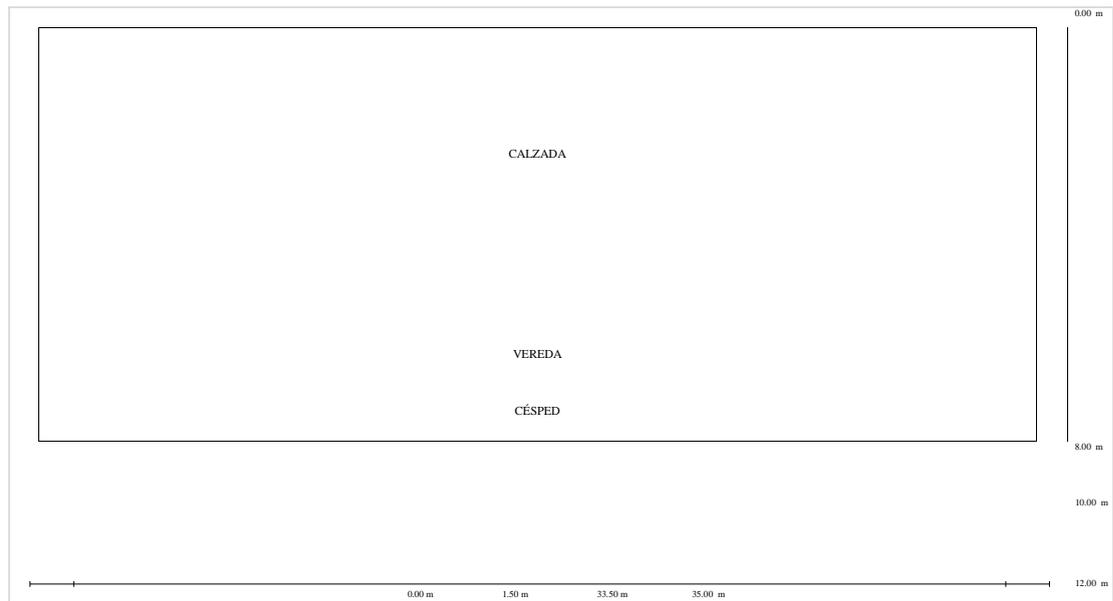
Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



Esquema de vía pública 1

Planificación según EN 13201

Perfil de la vía pública



Escala: 1 : 100

CALZADA Anchura: 8.000 m

Cantidad de carriles de tránsito: 2 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado):
Wet surface W3

q0 (mojado): 0.200

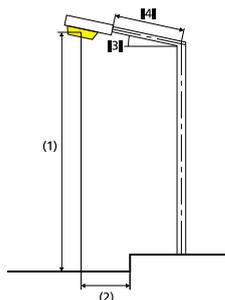
VEREDA Anchura: 2.000 m

CÉSPED Anchura: 2.000 m

Factor de degradación: 0.90

Disposiciones de las luminarias

Esquema de vía pública 1 / Datos de planificación



Luminaria:	Philips Lighting BGP623 T25 1 xLED159-4S/757 DM10	ULR: 0.00
Flujo luminoso (luminaria):	14317.03 lm	ULOR: 0.00
Flujo luminoso (lámpara):	16000.00 lm 102.0 W	W/km: 3162.00
Potencia de las luminarias:	unilateral abajo	Valores máximos de la intensidad lumínica
Organización:	32.000 m	a 70°: 465 cd/klm a 80°: 314 cd/klm
Distancia entre mástiles:	10.0 °	a 90°: 6.66 cd/klm
Inclinación del brazo (3):	0.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6
Longitud del brazo (4):	0.000 m	
Altura del punto de luz (1):	11.000 m	
Saliente del punto de luz (2):	0.000 m	

Calzada 1 (ME4a) / Resumen de resultados

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.90

Trama: 11 x 6 Puntos Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m

Cantidad de carriles de tránsito: 2 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	1.77	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Observador 1	(-60, 6, 1.5)	1.77	0.72	0.65	6

Observador 2	(-60, 10, 1.5)	1.82	0.73	0.70	5
---------------------	-----------------------	-------------	-------------	-------------	----------

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Calzada 1 (ME4a)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

11.333	21	19	17	15	13	13	13	15	17	19	21
10.000	24	21	18	15	13	13	13	15	18	21	24
8.667	25	22	19	15	13	12	13	15	19	22	25
7.333	26	23	19	15	13	12	13	15	19	23	26
6.000	26	23	18	15	12	11	12	15	18	23	26
4.667	25	22	18	14	11	11	11	14	18	22	25
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

EAvG [lx]	EMin [lx]	EMax [lx]	g1	g2
18	11	26	0.602	0.405

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.333	1.78	1.70	1.55	1.44	1.33	1.27	1.28	1.36	1.44	1.60	1.74
10.000	1.99	1.86	1.71	1.55	1.42	1.35	1.36	1.47	1.60	1.77	1.95
8.667	2.17	2.03	1.83	1.63	1.49	1.44	1.47	1.58	1.74	1.93	2.13
7.333	2.38	2.17	1.93	1.70	1.57	1.51	1.56	1.67	1.84	2.07	2.34
6.000	2.43	2.24	1.96	1.76	1.60	1.57	1.58	1.72	1.92	2.14	2.40
4.667	2.39	2.19	1.93	1.70	1.55	1.51	1.54	1.67	1.87	2.11	2.34
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.333	1.97	1.89	1.72	1.60	1.48	1.41	1.42	1.51	1.60	1.78	1.94
10.000	2.21	2.07	1.90	1.72	1.57	1.50	1.51	1.64	1.77	1.97	2.17
8.667	2.42	2.25	2.04	1.81	1.66	1.60	1.63	1.76	1.93	2.14	2.36
7.333	2.64	2.42	2.14	1.89	1.74	1.68	1.73	1.85	2.04	2.30	2.60
6.000	2.69	2.49	2.18	1.96	1.78	1.74	1.75	1.91	2.13	2.37	2.66
4.667	2.65	2.43	2.14	1.89	1.72	1.68	1.71	1.86	2.07	2.35	2.60
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Observador 2

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.333	1.81	1.74	1.59	1.50	1.39	1.33	1.32	1.41	1.47	1.63	1.76
10.000	2.04	1.94	1.76	1.62	1.50	1.43	1.43	1.54	1.66	1.82	1.98
8.667	2.27	2.12	1.93	1.74	1.60	1.54	1.57	1.67	1.81	2.00	2.19
7.333	2.46	2.25	2.04	1.83	1.68	1.63	1.65	1.76	1.94	2.17	2.42

6.000	2.50	2.29	2.01	1.79	1.65	1.62	1.65	1.78	1.97	2.20	2.45
4.667	2.30	2.11	1.85	1.64	1.50	1.46	1.50	1.64	1.82	2.07	2.30
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.333	2.01	1.93	1.77	1.66	1.55	1.48	1.47	1.56	1.64	1.81	1.96
10.000	2.27	2.15	1.95	1.80	1.67	1.59	1.59	1.72	1.84	2.02	2.20
8.667	2.52	2.36	2.15	1.93	1.78	1.71	1.74	1.85	2.02	2.22	2.44
7.333	2.74	2.50	2.27	2.04	1.87	1.81	1.83	1.96	2.16	2.41	2.69
6.000	2.78	2.55	2.23	1.99	1.83	1.80	1.84	1.98	2.19	2.44	2.72
4.667	2.55	2.35	2.06	1.82	1.66	1.62	1.66	1.82	2.03	2.30	2.55
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

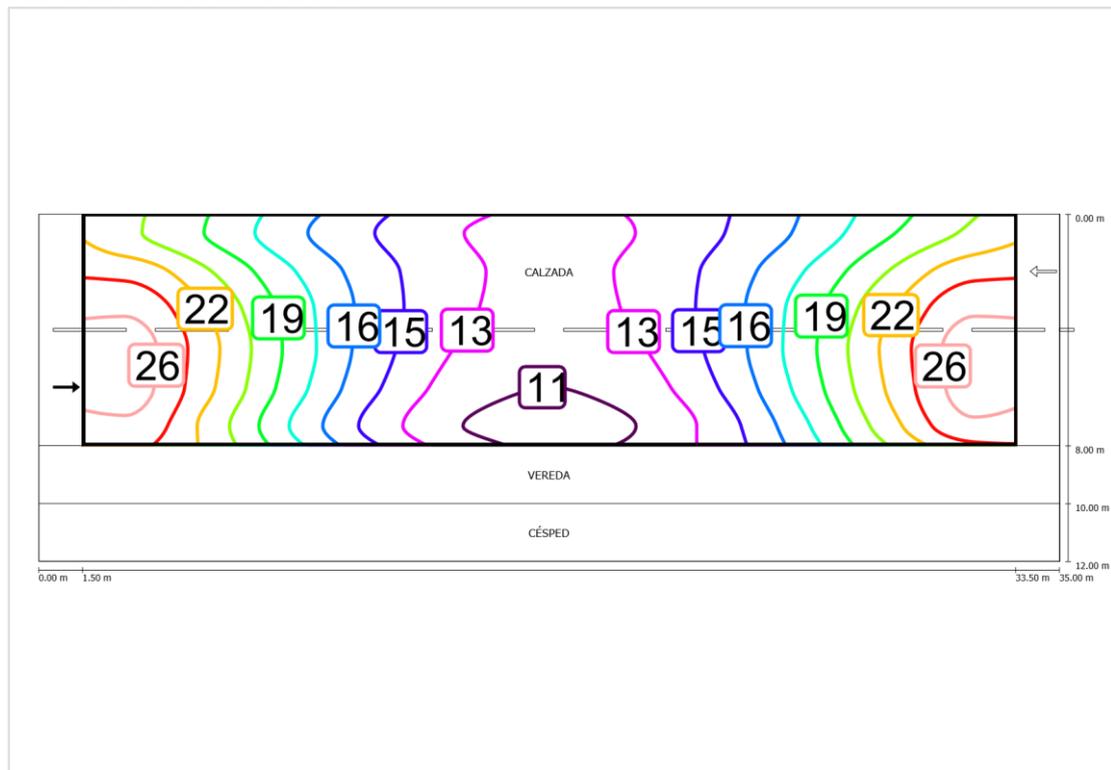
Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.90
 Trama: 11 x 6 Puntos Clase de
 iluminación seleccionada: ME4a
 Elemento de la vía pública
 respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m
 Cantidad de carriles de
 tránsito: 2 Firme (seco):
 CIE C1 q0 (seco): 0.100
 Firme (mojado): Wet
 surface W3 q0
 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	1.77	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

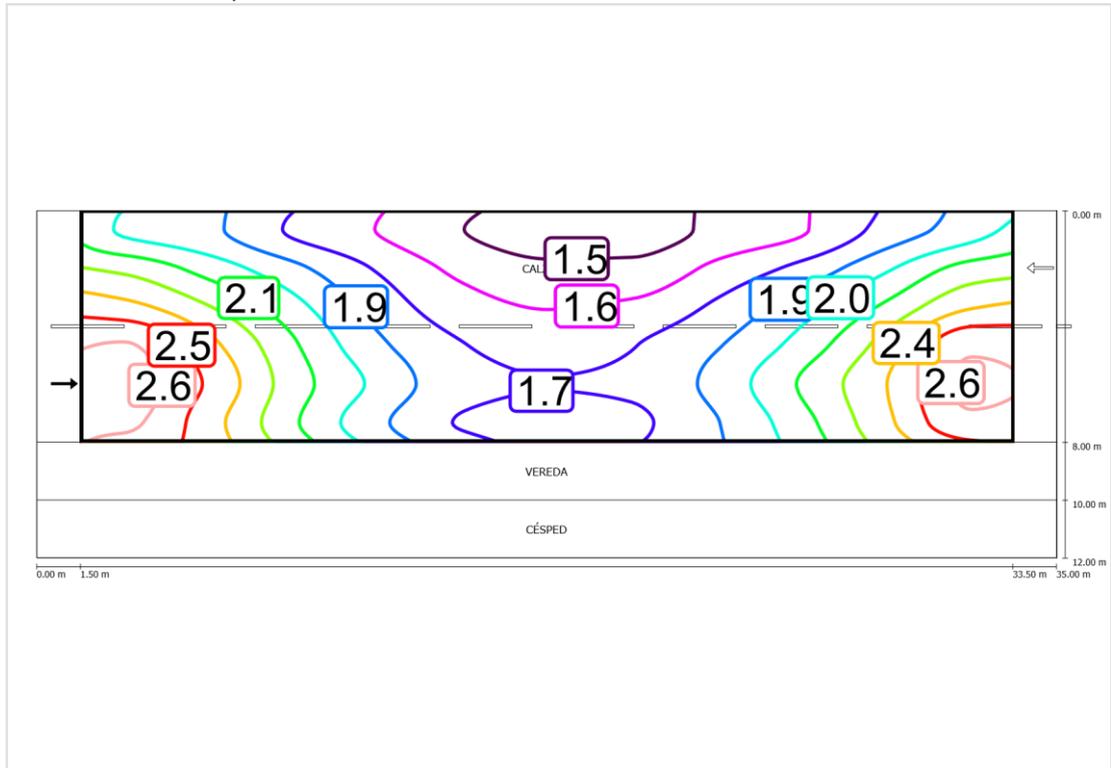
Intensidad lumínica horizontal



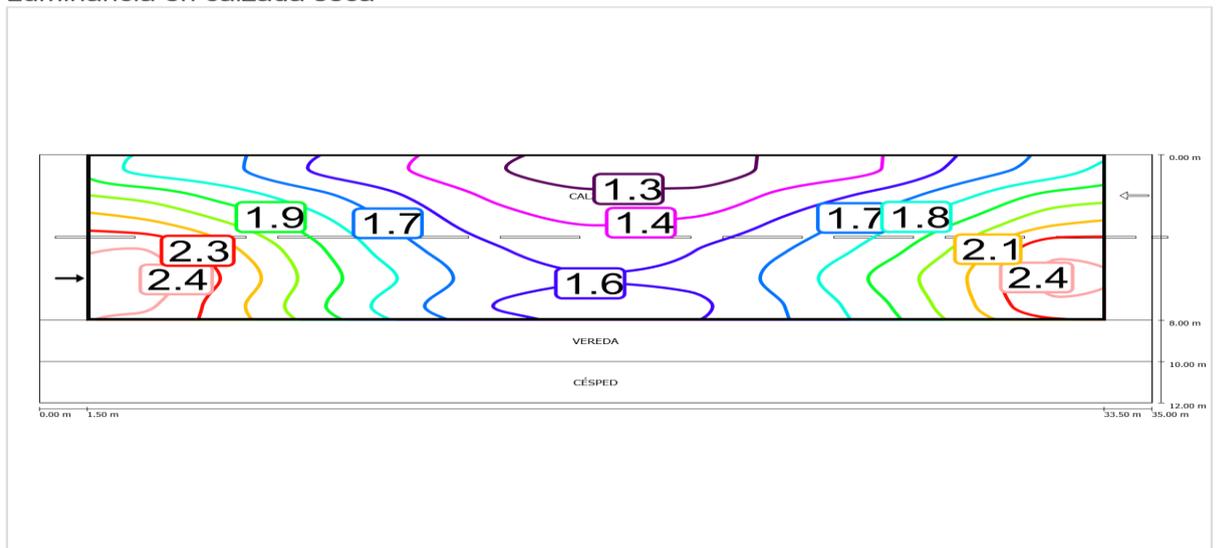
Escala: 1 : 500

Observador 1

Luminancia de lámpara nueva



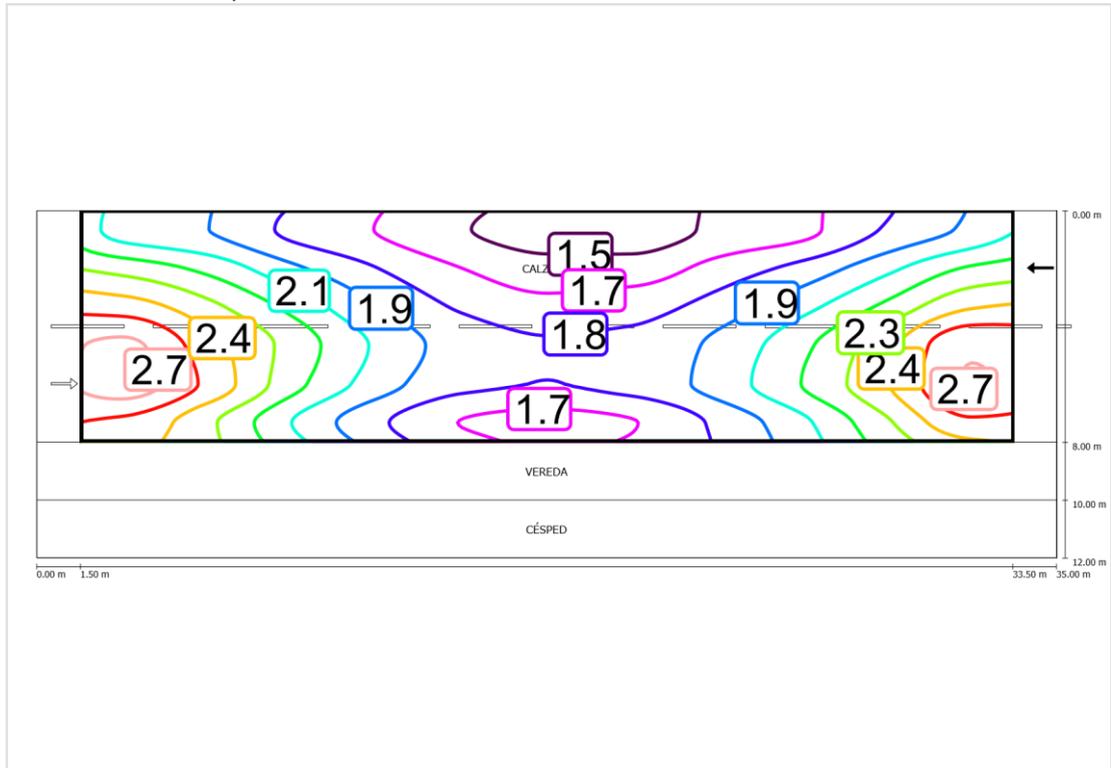
Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



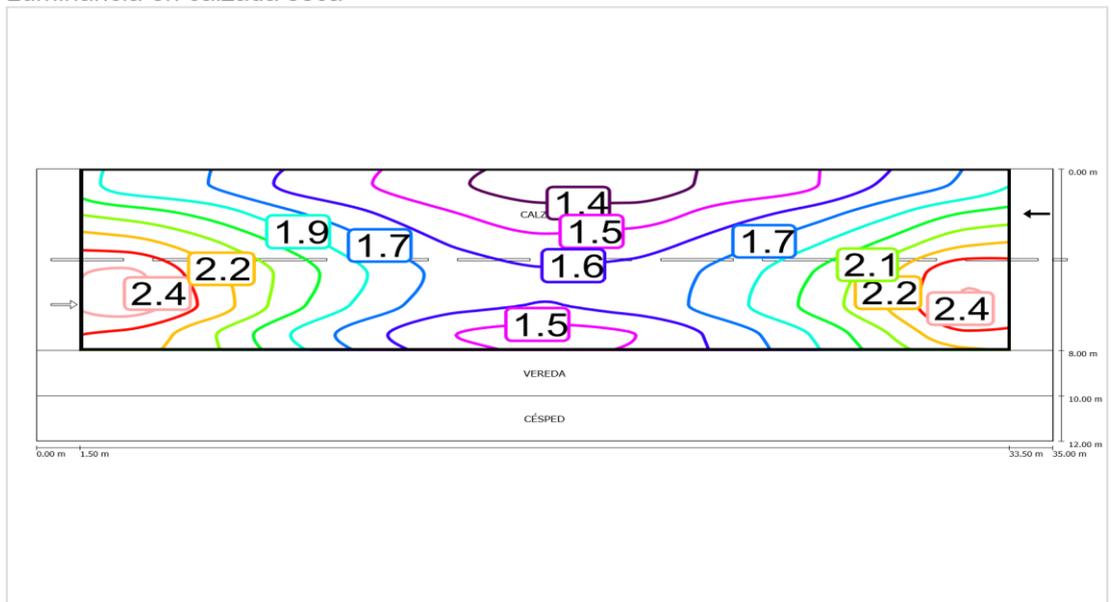
Escala: 1 : 500

Observador 2

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 500

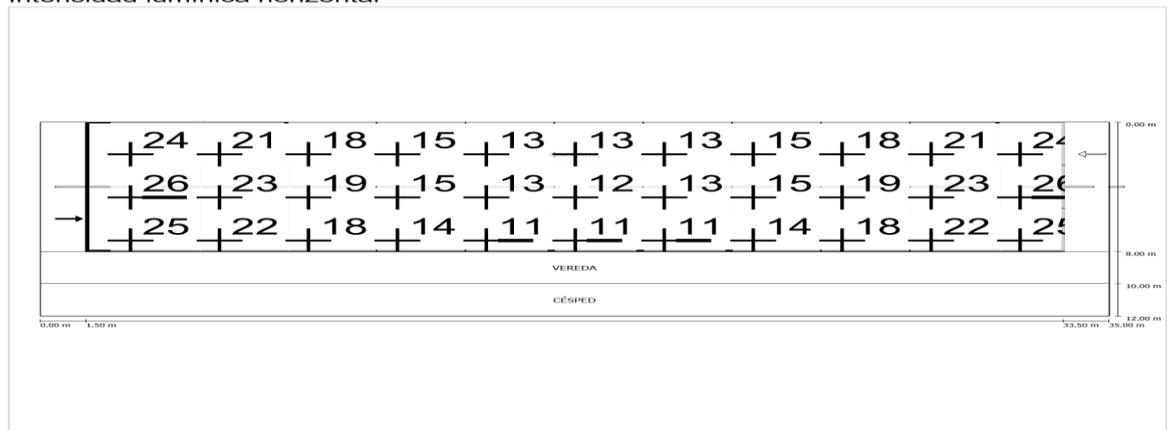
Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.90
 Trama: 11 x 6 Puntos Clase de
 iluminación seleccionada: ME4a
 Elemento de la vía pública
 respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m
 Cantidad de carriles de
 tránsito: 2 Firme (seco):
 CIE C1 q0 (seco): 0.100
 Firme (mojado): Wet
 surface W3 q0
 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	1.77	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

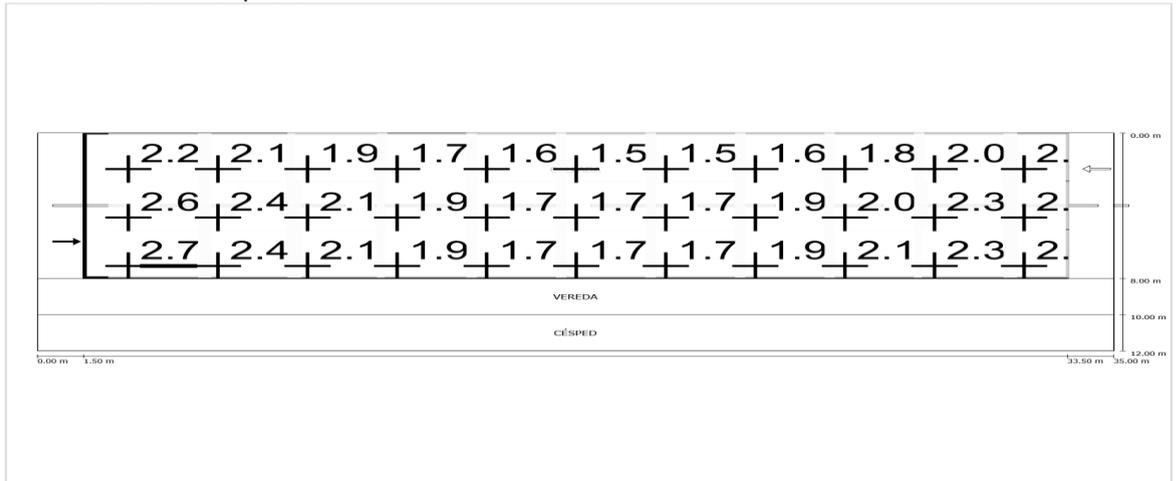
Intensidad lumínica horizontal



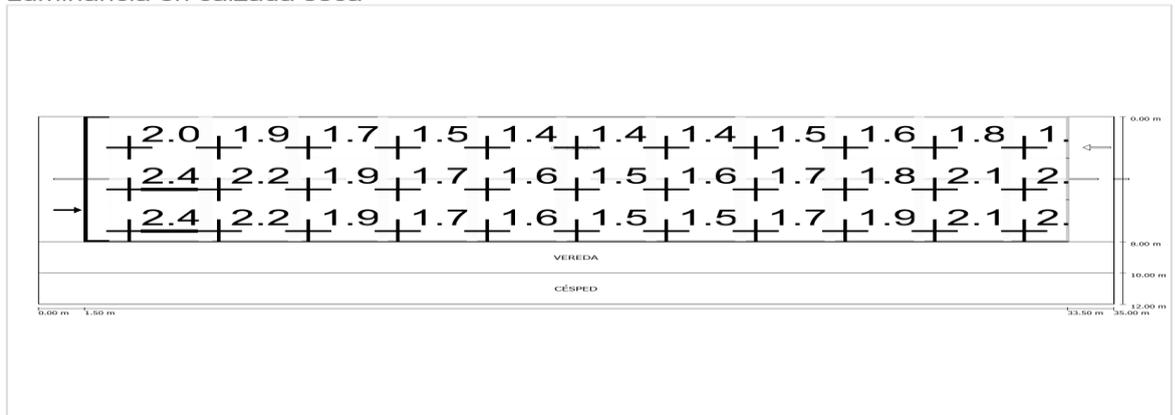
Escala: 1 : 500

Observador 1

Luminancia de lámpara nueva



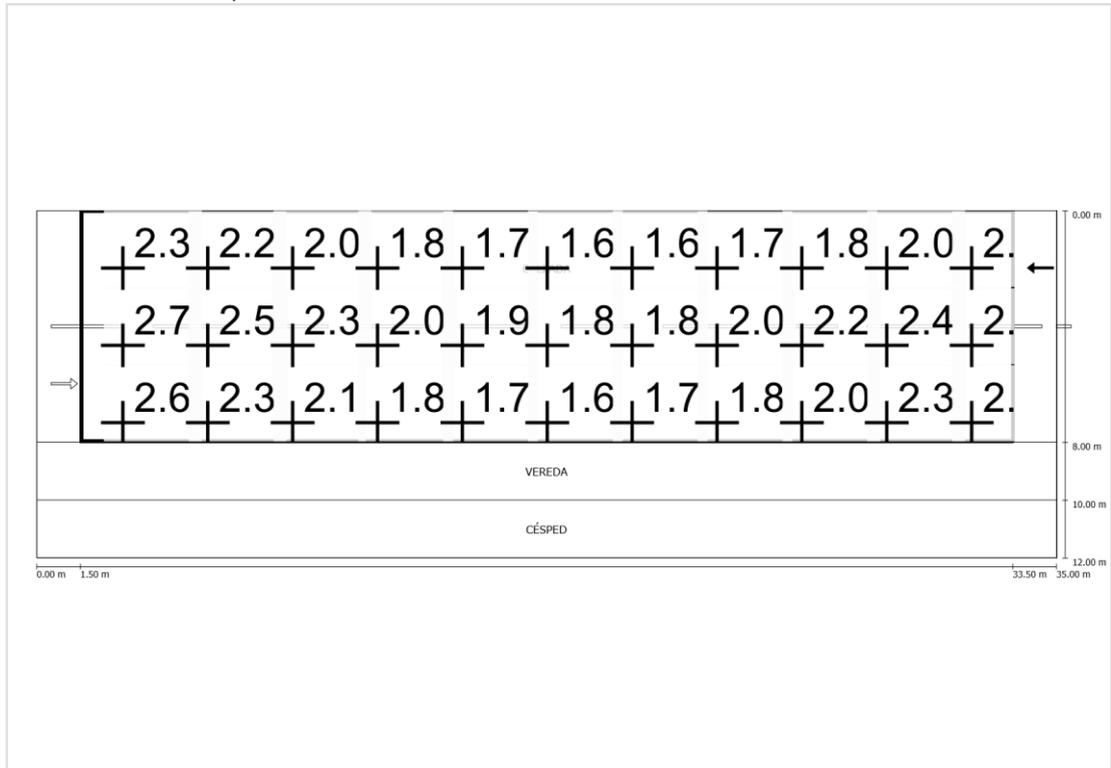
Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



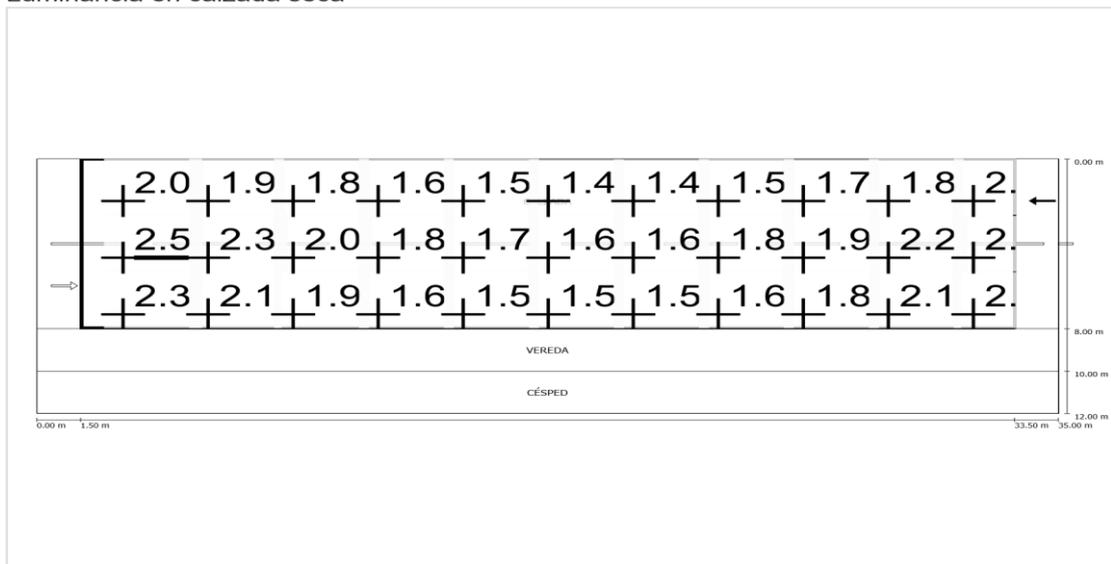
Escala: 1 : 500

Observador 2

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 500

Camino peatonal 1 (CE5) / Resumen de resultados

Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.90
 Trama: 11 x 3 Puntos Clase de
 iluminación seleccionada: CE5
 Elemento de la vía pública
 respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	15.89	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Camino peatonal 1 (CE5) / Tablas

Camino peatonal 1 (CE5)**Intensidad lumínica horizontal [lx]**

3.667	24	21	17	13	11	10	11	13	17	21	24
3.000	24	20	16	13	10	9.61	10	13	16	20	24
2.333	23	19	15	12	9.82	9.14	9.82	12	15	19	23
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 3 Puntos

EAvg [lx] EMin [lx] EMax [lx] g1 g2 16 9.14 24 0.575 0.375

Camino peatonal 1 (CE5) / Isolíneas

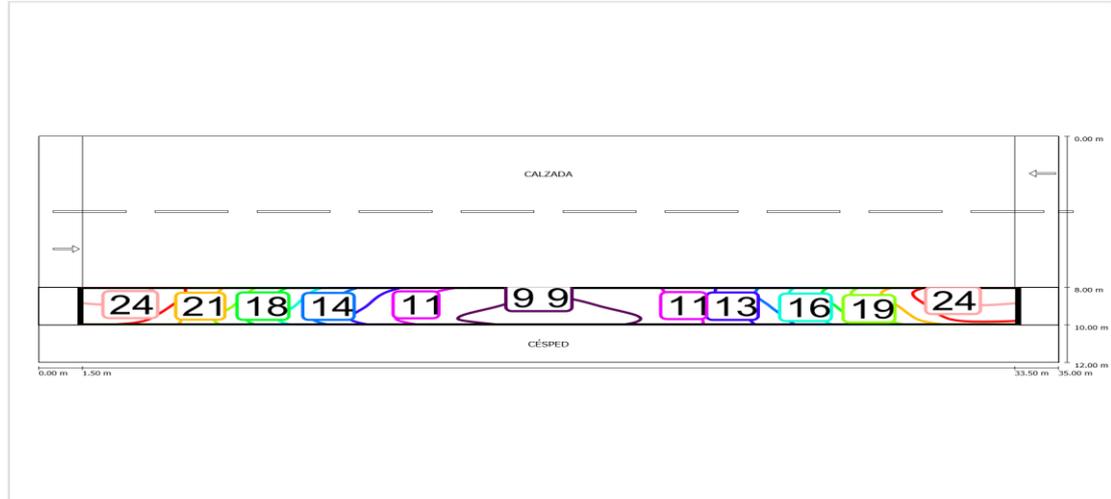
Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.90
 Trama: 11 x 3 Puntos Clase de
 iluminación seleccionada: CE5
 Elemento de la vía pública
 respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	15.89	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 500
Camino peatonal 1 (CE5) / Gráfico de valores

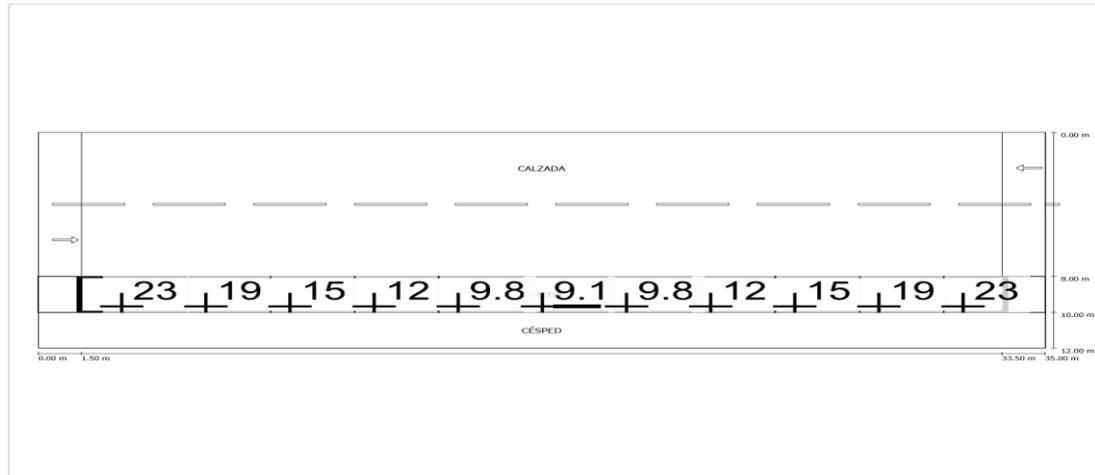
Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.90
 Trama: 11 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: CE5
 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	15.89	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 500

ANEXO N° 3

ANEXO N° 3. SIMULACIÓN LUMINARIA VÍAS PRINCIPALES AL 50% DE POTENCIA

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PRINCIPALES UNI (50% POTENCIA) / Descripción del proyecto

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PRINCIPALES UNI (50% POTENCIA)

CÁLCULO DE PARÁMETROS LUMÍNICOS DE LAS VÍAS PRINCIPALES DE LA UNI - TESIS TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO 2017

Cliente: Proyecto elaborado por:
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA SALVATIERRA ROLANDO SEGAMA

r.segama.s@gmail.com

Philips Lighting BGP623 T25 1 xLED159-4S/757 DM10 1 xLED159-4S/ 757



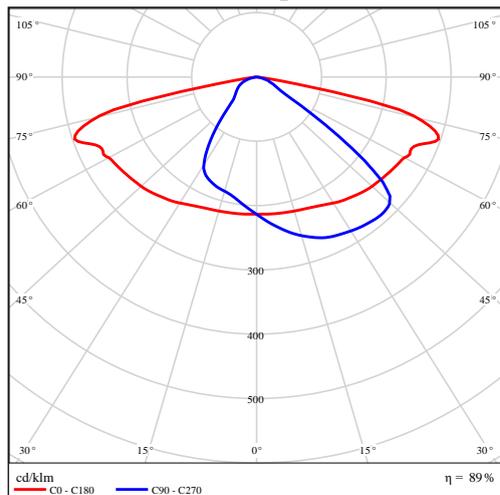
Flujo luminoso de lámparas: 16000 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 14317 lm
 Potencia: 102.0 W
 Rendimiento lumínico: 140.4 lm/W

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente.

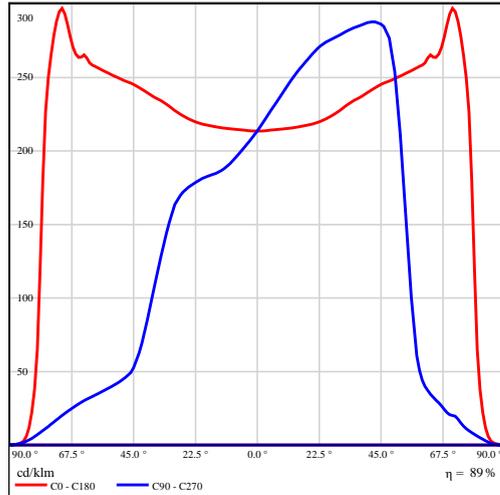
Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se

Grado de eficacia de funcionamiento: 89.48% puede ajustar fácilmente durante la instalación.

Emisión de luz 1 / CDL polar

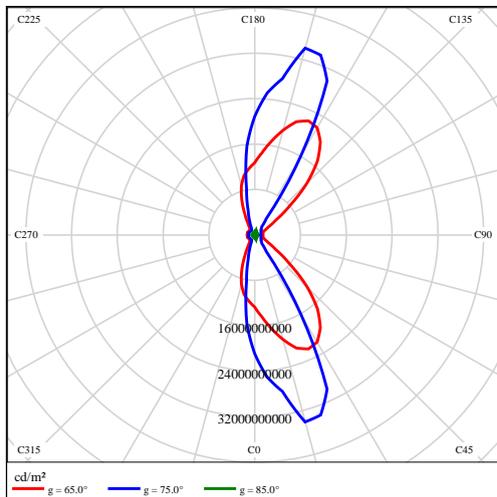


Emisión de luz 1 / CDL lineal



Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad

lumínica

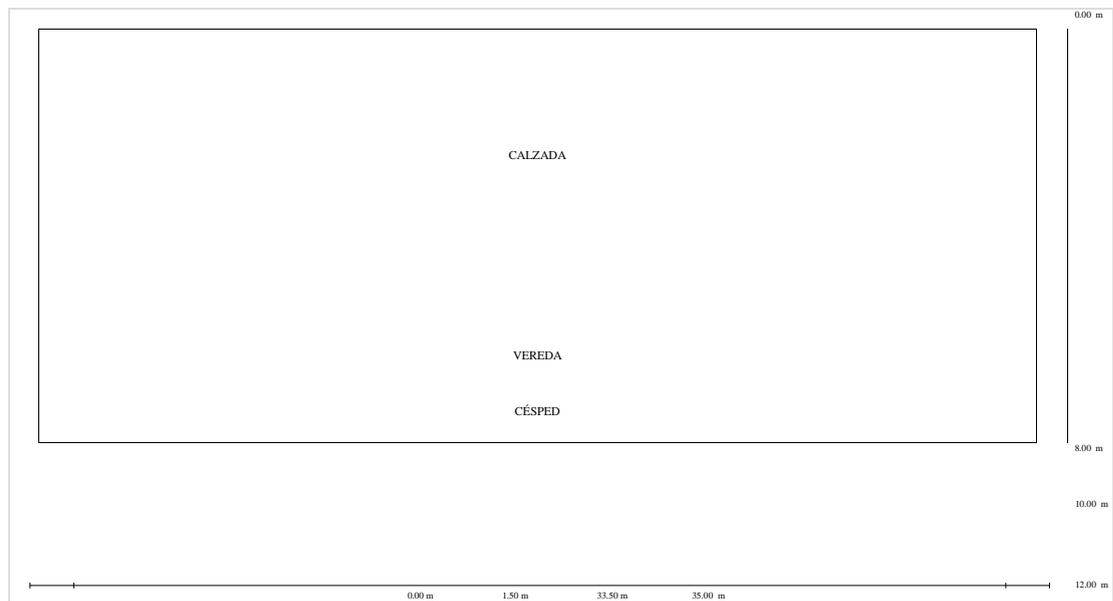


Esquema de vía pública 1 / Datos de planificación

Esquema de vía pública 1

Planificación según EN 13201

Perfil de la vía pública



Escala: 1 : 100

CALZADA Anchura: 8.000 m

Cantidad de carriles de tránsito: 2 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3

q0 (mojado): 0.200

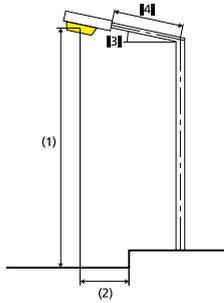
VEREDA Anchura: 2.000 m

CÉSPED Anchura: 2.000 m

Factor de degradación: 0.50

Disposiciones de las luminarias

Esquema de vía pública 1 / Datos de planificación



Luminaria:	Philips Lighting BGP623 T25 1 xLED159-4S/757 DM10	ULR: 0.00
Flujo luminoso (luminaria):	14317.03 lm	ULOR: 0.00
Flujo luminoso (lámpara):	16000.00 lm 102.0 W	W/km: 3162.00
Potencia de las luminarias:	unilateral abajo	Valores máximos de la intensidad lumínica
Organización:	32.000 m	a 70°: 465 cd/klm a 80°: 314 cd/klm
Distancia entre mástiles:	10.0 °	a 90°: 6.66 cd/klm
Inclinación del brazo (3):	0.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6
Longitud del brazo (4):	11.000 m	
Altura del punto de luz (1):	0.000 m	
Saliente del punto de luz (2):		

Calzada 1 (ME4a) / Resumen de resultados

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.50

Trama: 11 x 6 Puntos Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m

Cantidad de carriles de tránsito: 2 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.98	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]

Observador 1	(-60, 6, 1.5)	0.98	0.72	0.65	6
Observador 2	(-60, 10, 1.5)	1.01	0.73	0.70	5

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Calzada 1 (ME4a)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

11.333	12	11	9.19	8.07	7.25	6.95	7.25	8.07	9.19	11	12
10.000	13	12	9.89	8.42	7.39	7.01	7.39	8.41	9.89	12	13
8.667	14	12	10	8.53	7.36	6.93	7.36	8.53	10	12	14
7.333	15	13	10	8.43	7.15	6.71	7.15	8.43	10	13	15
6.000	15	13	10	8.16	6.81	6.37	6.81	8.16	10	13	15
4.667	14	12	9.72	7.69	6.37	5.94	6.37	7.69	9.73	12	14
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

EAvg [lx] EMin [lx] EMax [lx] g1 g2
 9.88 5.94 15 0.602 0.405

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.333	0.99	0.94	0.86	0.80	0.74	0.71	0.71	0.75	0.80	0.89	0.97
10.000	1.11	1.03	0.95	0.86	0.79	0.75	0.76	0.82	0.89	0.99	1.08
8.667	1.21	1.13	1.02	0.91	0.83	0.80	0.82	0.88	0.97	1.07	1.18
7.333	1.32	1.21	1.07	0.95	0.87	0.84	0.87	0.93	1.02	1.15	1.30
6.000	1.35	1.24	1.09	0.98	0.89	0.87	0.88	0.95	1.07	1.19	1.33
4.667	1.33	1.22	1.07	0.95	0.86	0.84	0.86	0.93	1.04	1.17	1.30
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.333	1.97	1.89	1.72	1.60	1.48	1.41	1.42	1.51	1.60	1.78	1.94
10.000	2.21	2.07	1.90	1.72	1.57	1.50	1.51	1.64	1.77	1.97	2.17
8.667	2.42	2.25	2.04	1.81	1.66	1.60	1.63	1.76	1.93	2.14	2.36
7.333	2.64	2.42	2.14	1.89	1.74	1.68	1.73	1.85	2.04	2.30	2.60
6.000	2.69	2.49	2.18	1.96	1.78	1.74	1.75	1.91	2.13	2.37	2.66
4.667	2.65	2.43	2.14	1.89	1.72	1.68	1.71	1.86	2.07	2.35	2.60
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos
Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Observador 2

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.333	1.00	0.96	0.88	0.83	0.77	0.74	0.74	0.78	0.82	0.91	0.98
10.000	1.14	1.08	0.98	0.90	0.83	0.79	0.80	0.86	0.92	1.01	1.10
8.667	1.26	1.18	1.07	0.97	0.89	0.85	0.87	0.93	1.01	1.11	1.22
7.333	1.37	1.25	1.13	1.02	0.93	0.90	0.92	0.98	1.08	1.20	1.35
6.000	1.39	1.27	1.12	1.00	0.92	0.90	0.92	0.99	1.10	1.22	1.36
4.667	1.28	1.17	1.03	0.91	0.83	0.81	0.83	0.91	1.01	1.15	1.28
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.333	2.01	1.93	1.77	1.66	1.55	1.48	1.47	1.56	1.64	1.81	1.96
10.000	2.27	2.15	1.95	1.80	1.67	1.59	1.59	1.72	1.84	2.02	2.20
8.667	2.52	2.36	2.15	1.93	1.78	1.71	1.74	1.85	2.02	2.22	2.44
7.333	2.74	2.50	2.27	2.04	1.87	1.81	1.83	1.96	2.16	2.41	2.69
6.000	2.78	2.55	2.23	1.99	1.83	1.80	1.84	1.98	2.19	2.44	2.72
4.667	2.55	2.35	2.06	1.82	1.66	1.62	1.66	1.82	2.03	2.30	2.55
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.50

Trama: 11 x 6 Puntos Clase de iluminación

seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública

respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m

Cantidad de carriles de tránsito: 2 Firme

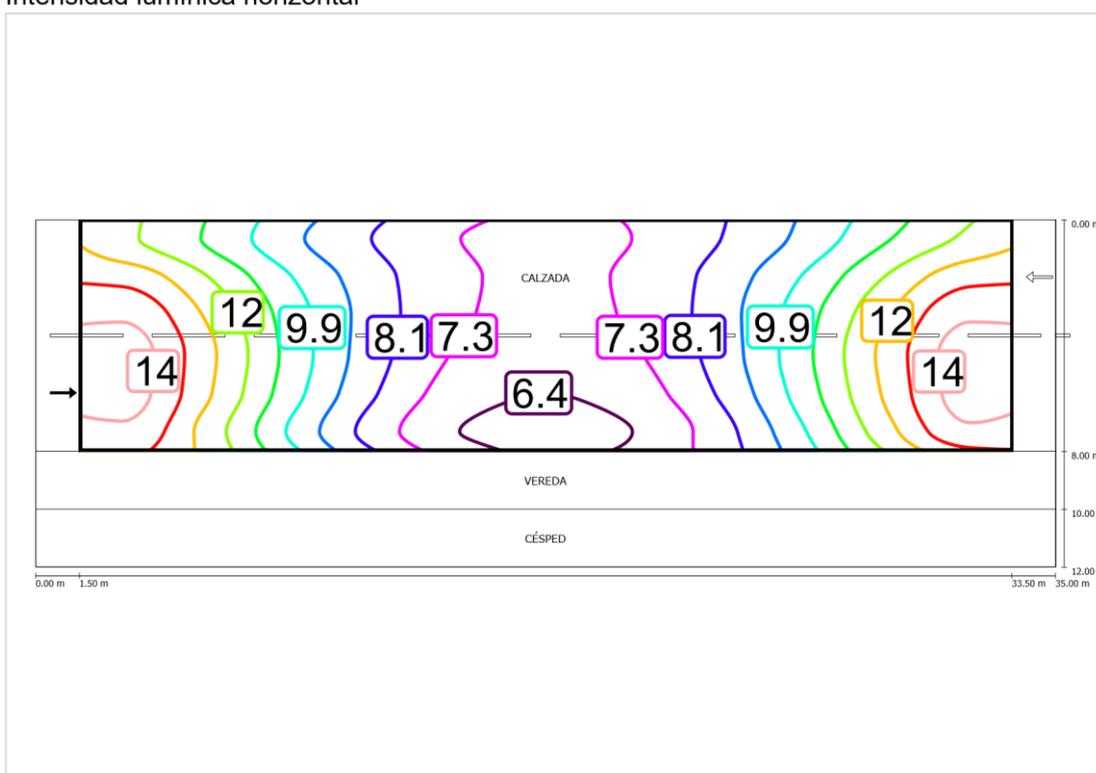
(seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme

(mojado): Wet surface W3 q0 (mojado):

0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.98	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

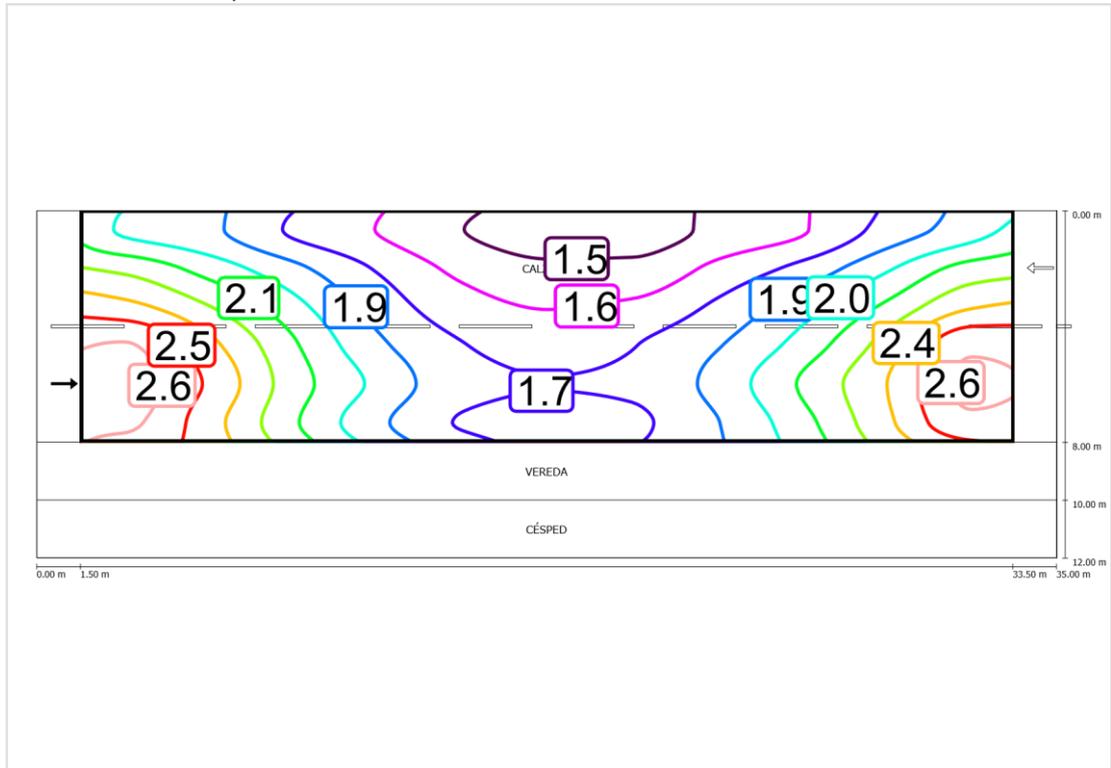
Intensidad lumínica horizontal



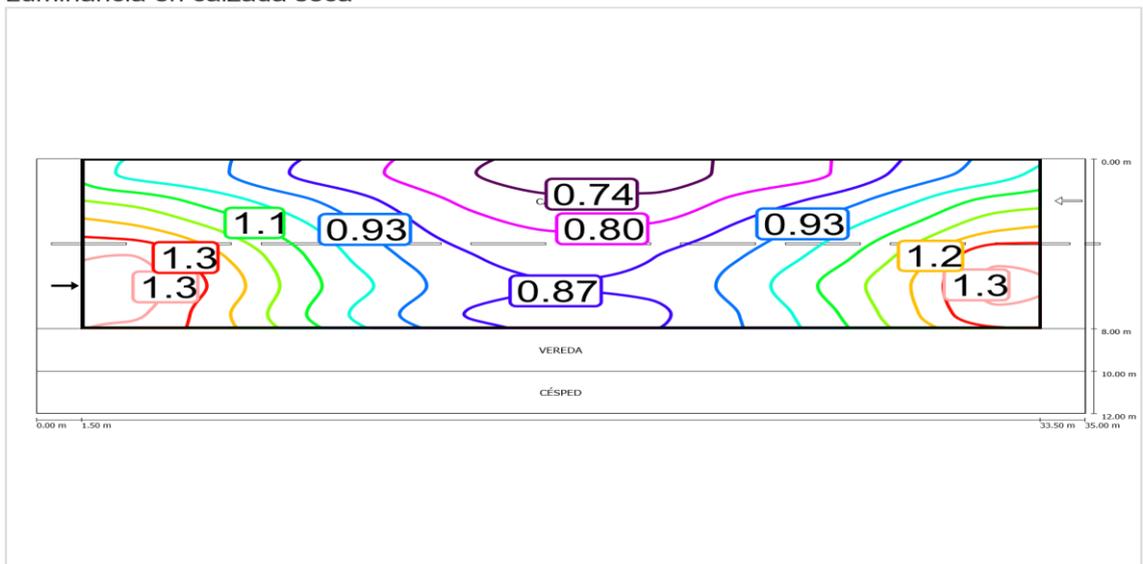
Escala: 1 : 500

Observador 1

Luminancia de lámpara nueva



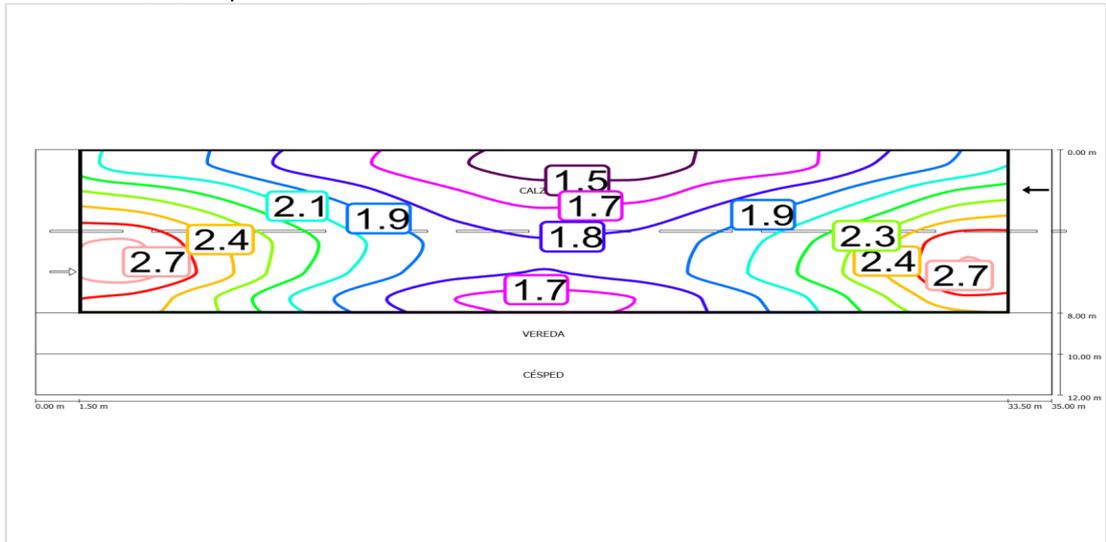
Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



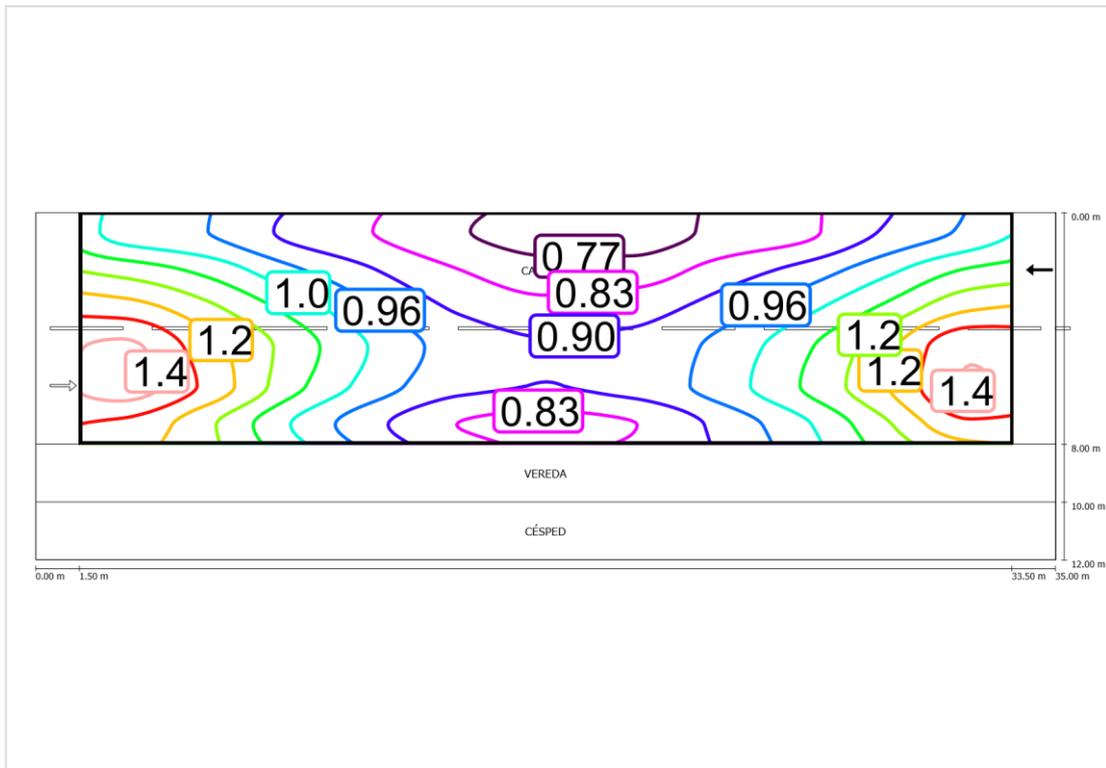
Escala: 1 : 500

Observador 2

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



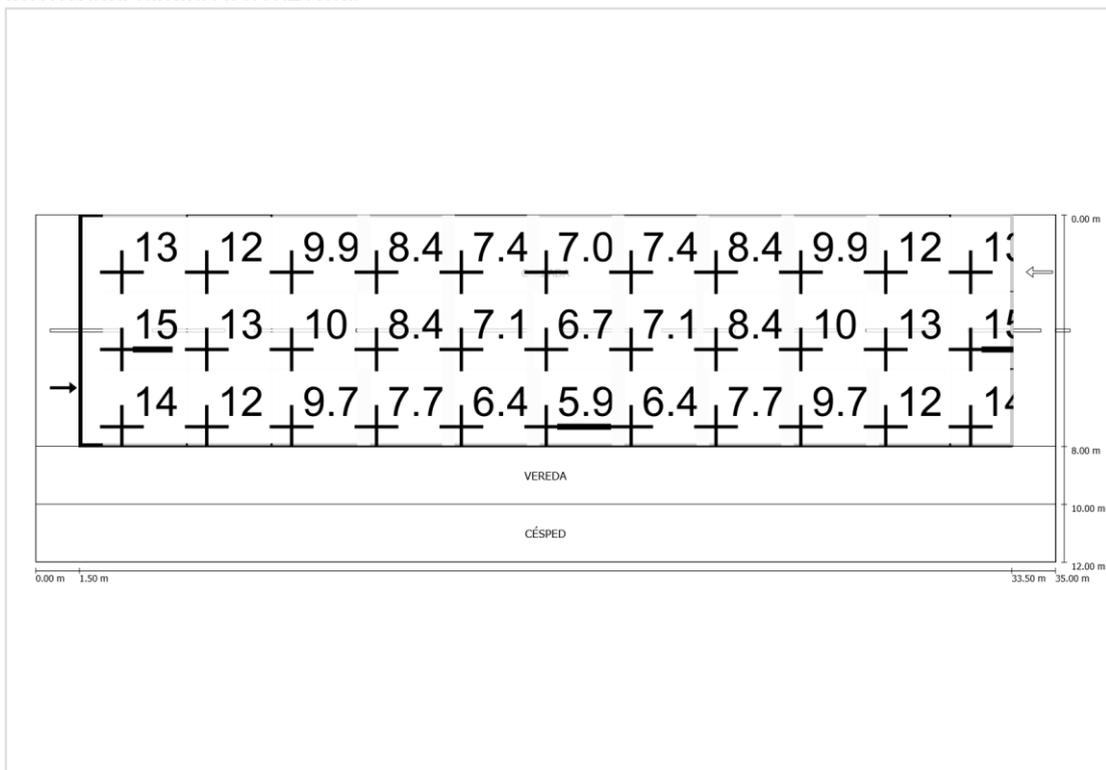
Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.50
 Trama: 11 x 6 Puntos Clase de iluminación
 seleccionada: ME4a Elemento de la vía
 pública respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m
 Cantidad de carriles de tránsito: 2
 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco):
 0.100 Firme (mojado): Wet surface
 W3 q0 (mojado): 0.200

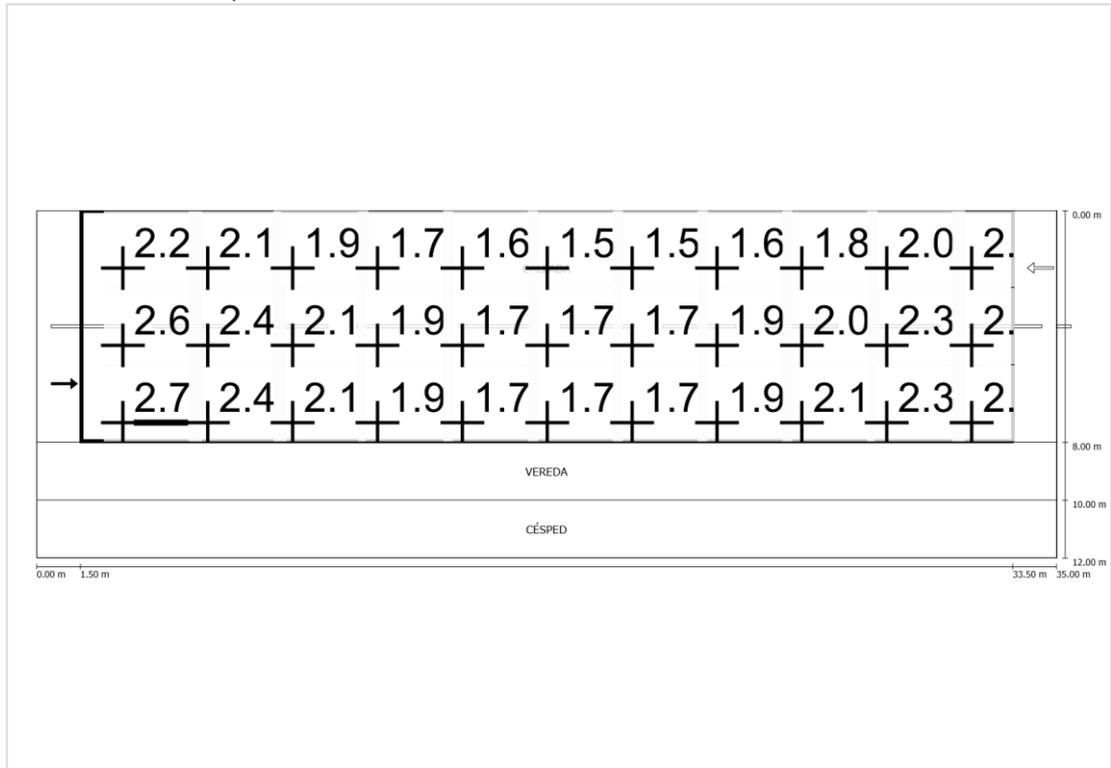
	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.98	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal

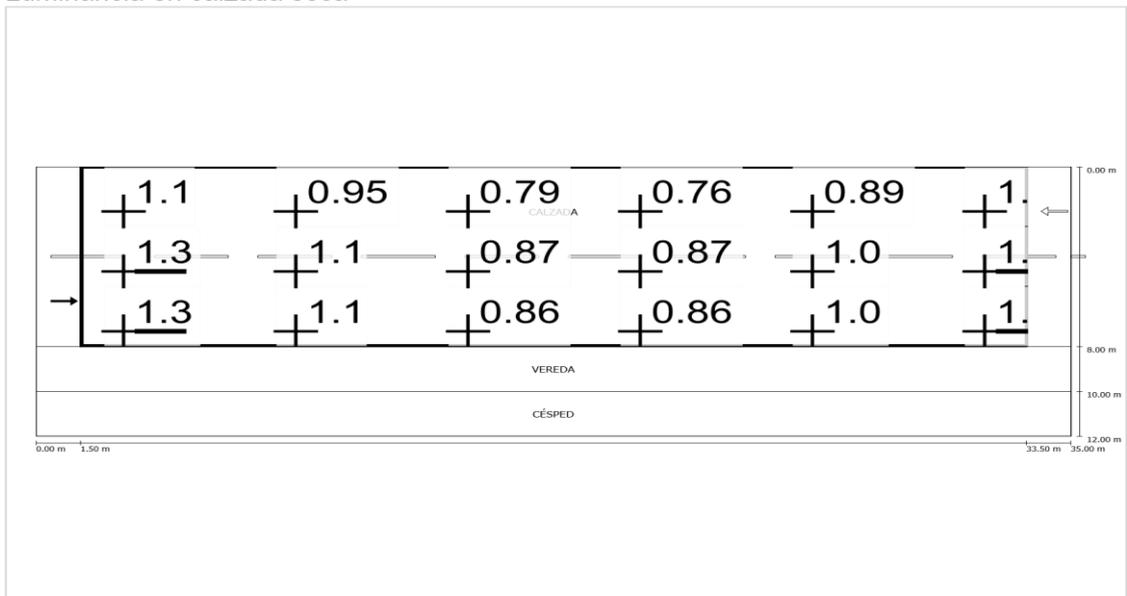


Escala: 1 : 500
Observador 1

Luminancia de lámpara nueva



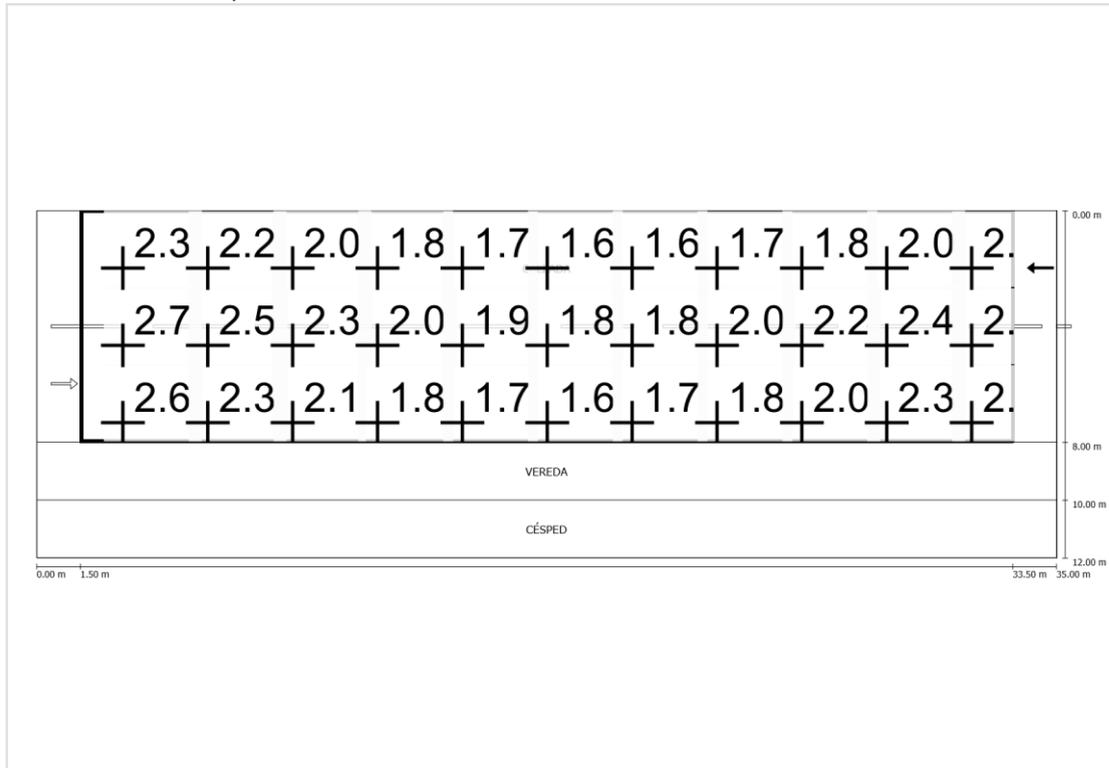
Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



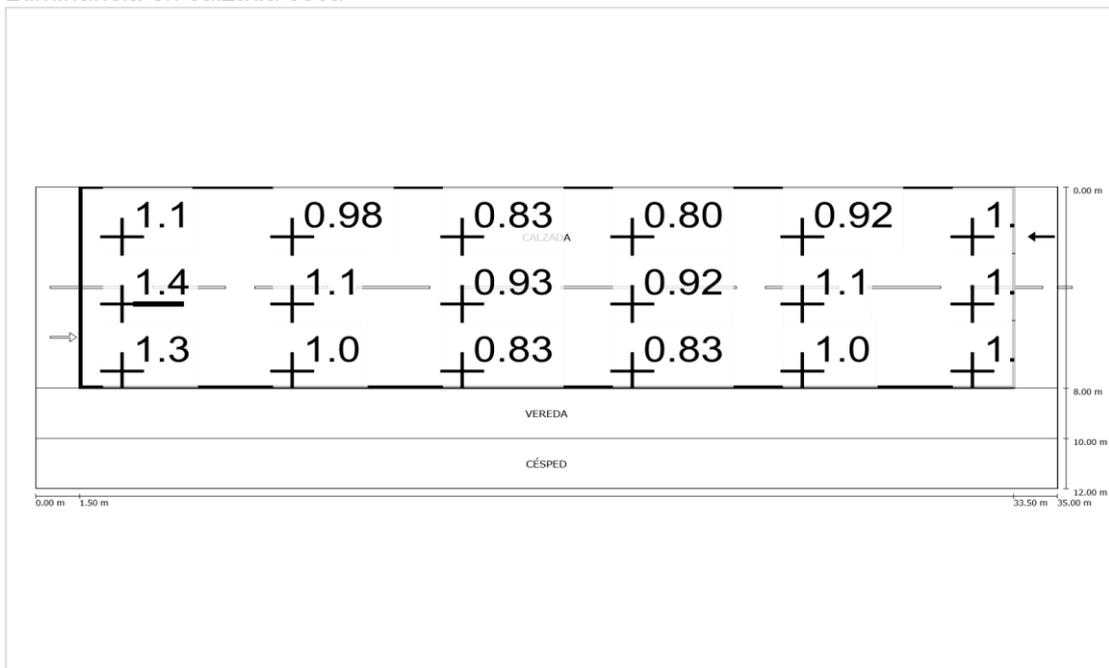
Escala: 1 : 500

Observador 2

Luminancia de lámpara nueva



Luminancia en calzada seca



Camino peatonal 1 (CE5) / Resumen de resultados

Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.50

Trama: 11 x 3 Puntos Clase de iluminación
seleccionada: CE5 Elemento de la vía
pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.83	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Camino peatonal 1 (CE5) / Tablas

Camino peatonal 1 (CE5)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

3.667	14	12	9.29	7.28	5.99	5.59	6.00	7.29	9.29	12	14
3.000	13	11	8.92	6.97	5.73	5.34	5.74	6.96	8.92	11	13
2.333	13	11	8.50	6.64	5.46	5.08	5.46	6.64	8.49	11	13
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 3 Puntos

E Avg [lx] E Min [lx] E Max [lx] g1 g2 8.83 5.08 14
0.575 0.375

Camino peatonal 1 (CE5) / Isolíneas

Camino peatonal 1 (CE5)

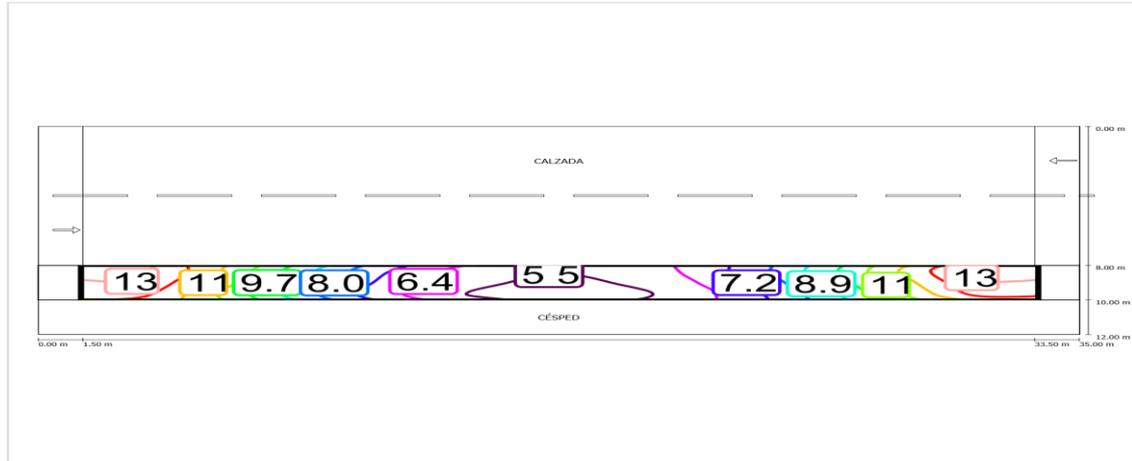
Factor de degradación: 0.50

Trama: 11 x 3 Puntos Clase de iluminación
seleccionada: CE5 Elemento de la vía
pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.83	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 500
Camino peatonal 1 (CE5) / Gráfico de valores

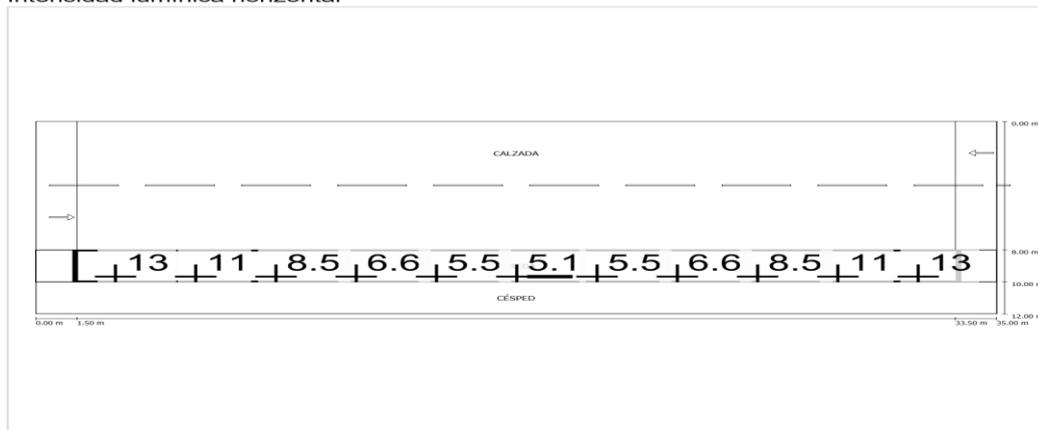
Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.50
Trama: 11 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: CE5 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.83	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 500

ANEXO N° 4

Philips Lighting BGP623 T25 1 xLED159-4S/757 DM10 1 xLED159-4S/ 757



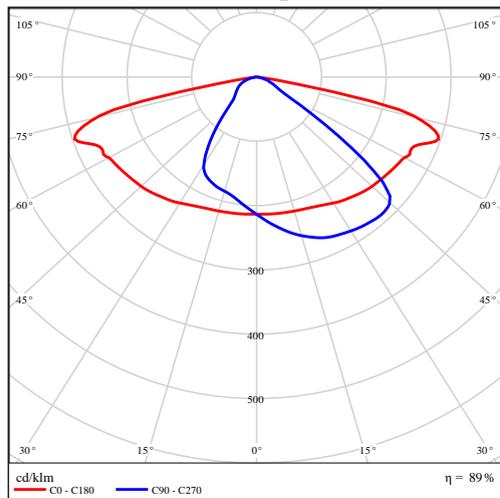
Flujo luminoso de lámparas: 16000 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 14317 lm
 Potencia: 102.0 W
 Rendimiento lumínico: 140.4 lm/W

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente.

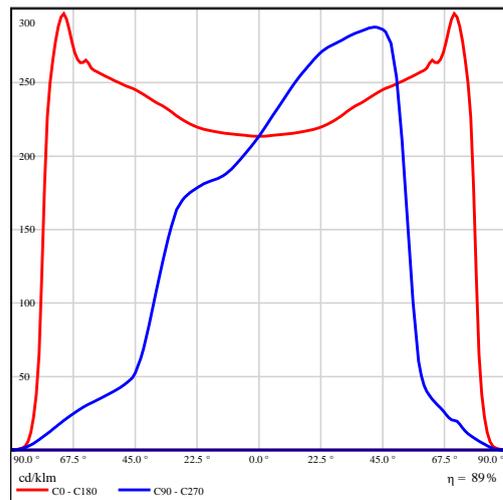
Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se

Grado de eficacia de funcionamiento: 89.48% puede ajustar fácilmente durante la instalación.

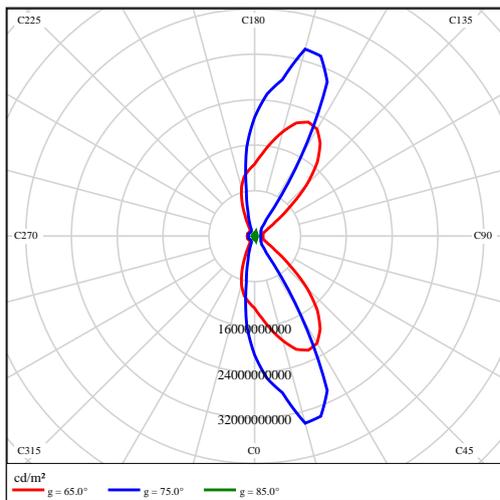
Emisión de luz 1 / CDL polar



Emisión de luz 1 / CDL lineal



Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica

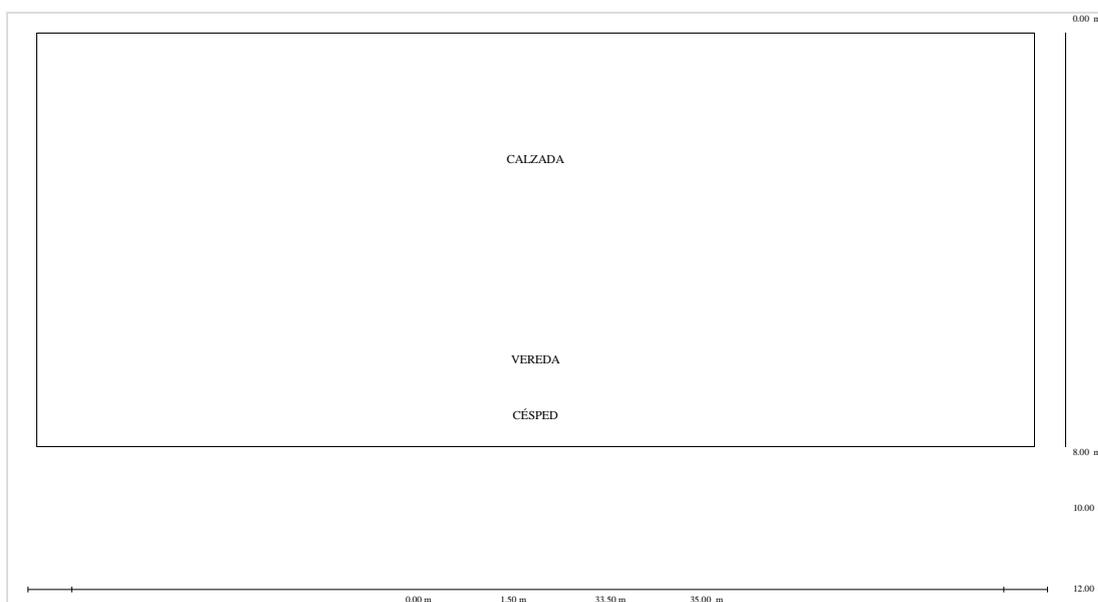


Esquema de vía pública 1 / Datos de planificación

Esquema de vía pública 1

Planificación según EN 13201

Perfil de la vía pública



Escala: 1 : 100

CALZADA Anchura: 8.000 m

Cantidad de carriles de tránsito: 2 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3

q0 (mojado): 0.200

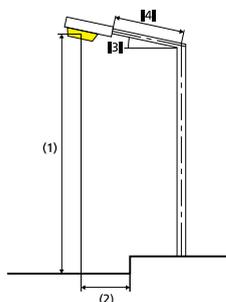
VEREDA Anchura: 2.000 m

CÉSPED Anchura: 2.000 m

Factor de degradación: 0.25

Disposiciones de las luminarias

Esquema de vía pública 1 / Datos de planificación



Luminaria:	Philips Lighting BGP623 T25 1 xLED159-4S/757 DM10	ULR: 0.00
Flujo luminoso (luminaria):	14317.03 lm	ULOR: 0.00
Flujo luminoso (lámpara):	16000.00 lm 102.0 W	W/km: 3162.00
Potencia de las luminarias:	unilateral abajo	Valores máximos de la intensidad lumínica
Organización:	32.000 m	a 70°: 465 cd/klm a 80°: 314 cd/klm
Distancia entre mástiles:	10.0 °	a 90°: 6.66 cd/klm
Inclinación del brazo (3):	0.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6
Longitud del brazo (4):	11.000 m	
Altura del punto de luz (1):	0.000 m	
Saliente del punto de luz (2):		

Calzada 1 (ME4a) / Resumen de resultados

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.25

Trama: 11 x 6 Puntos Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m

Cantidad de carriles de tránsito: 2 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.49	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	×	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Observador 1	(-60, 6, 1.5)	0.49	0.72	0.65	6
Observador 2	(-60, 10, 1.5)	0.51	0.73	0.70	5

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Calzada 1 (ME4a)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

11.333	5.92	5.33	4.60	4.04	3.63	3.47	3.63	4.04	4.60	5.33	5.92
10.000	6.55	5.83	4.95	4.21	3.70	3.51	3.69	4.21	4.94	5.83	6.55
8.667	7.06	6.20	5.16	4.26	3.68	3.47	3.68	4.26	5.16	6.20	7.06
7.333	7.33	6.37	5.21	4.21	3.57	3.35	3.57	4.22	5.22	6.38	7.34
6.000	7.31	6.31	5.11	4.08	3.40	3.19	3.40	4.08	5.12	6.31	7.31
4.667	7.03	6.07	4.86	3.84	3.18	2.97	3.19	3.84	4.86	6.07	7.03
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

EAvg [lx] EMin [lx] EMax [lx] g1 g2
 4.94 2.97 7.34 0.602 0.405

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.333	0.49	0.47	0.43	0.40	0.37	0.35	0.35	0.38	0.40	0.45	0.48
10.000	0.55	0.52	0.47	0.43	0.39	0.38	0.38	0.41	0.44	0.49	0.54
8.667	0.60	0.56	0.51	0.45	0.41	0.40	0.41	0.44	0.48	0.54	0.59
7.333	0.66	0.60	0.53	0.47	0.44	0.42	0.43	0.46	0.51	0.58	0.65
6.000	0.67	0.62	0.55	0.49	0.44	0.43	0.44	0.48	0.53	0.59	0.67
4.667	0.66	0.61	0.53	0.47	0.43	0.42	0.43	0.46	0.52	0.59	0.65
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.333	1.97	1.89	1.72	1.60	1.48	1.41	1.42	1.51	1.60	1.78	1.94
10.000	2.21	2.07	1.90	1.72	1.57	1.50	1.51	1.64	1.77	1.97	2.17
8.667	2.42	2.25	2.04	1.81	1.66	1.60	1.63	1.76	1.93	2.14	2.36
7.333	2.64	2.42	2.14	1.89	1.74	1.68	1.73	1.85	2.04	2.30	2.60
6.000	2.69	2.49	2.18	1.96	1.78	1.74	1.75	1.91	2.13	2.37	2.66
4.667	2.65	2.43	2.14	1.89	1.72	1.68	1.71	1.86	2.07	2.35	2.60
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos
Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Observador 2

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.333	0.50	0.48	0.44	0.42	0.39	0.37	0.37	0.39	0.41	0.45	0.49
10.000	0.57	0.54	0.49	0.45	0.42	0.40	0.40	0.43	0.46	0.51	0.55
8.667	0.63	0.59	0.54	0.48	0.44	0.43	0.44	0.46	0.50	0.56	0.61
7.333	0.68	0.63	0.57	0.51	0.47	0.45	0.46	0.49	0.54	0.60	0.67
6.000	0.69	0.64	0.56	0.50	0.46	0.45	0.46	0.50	0.55	0.61	0.68
4.667	0.64	0.59	0.51	0.46	0.42	0.40	0.42	0.46	0.51	0.57	0.64
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.333	2.01	1.93	1.77	1.66	1.55	1.48	1.47	1.56	1.64	1.81	1.96
10.000	2.27	2.15	1.95	1.80	1.67	1.59	1.59	1.72	1.84	2.02	2.20
8.667	2.52	2.36	2.15	1.93	1.78	1.71	1.74	1.85	2.02	2.22	2.44
7.333	2.74	2.50	2.27	2.04	1.87	1.81	1.83	1.96	2.16	2.41	2.69
6.000	2.78	2.55	2.23	1.99	1.83	1.80	1.84	1.98	2.19	2.44	2.72
4.667	2.55	2.35	2.06	1.82	1.66	1.62	1.66	1.82	2.03	2.30	2.55
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 6 Puntos

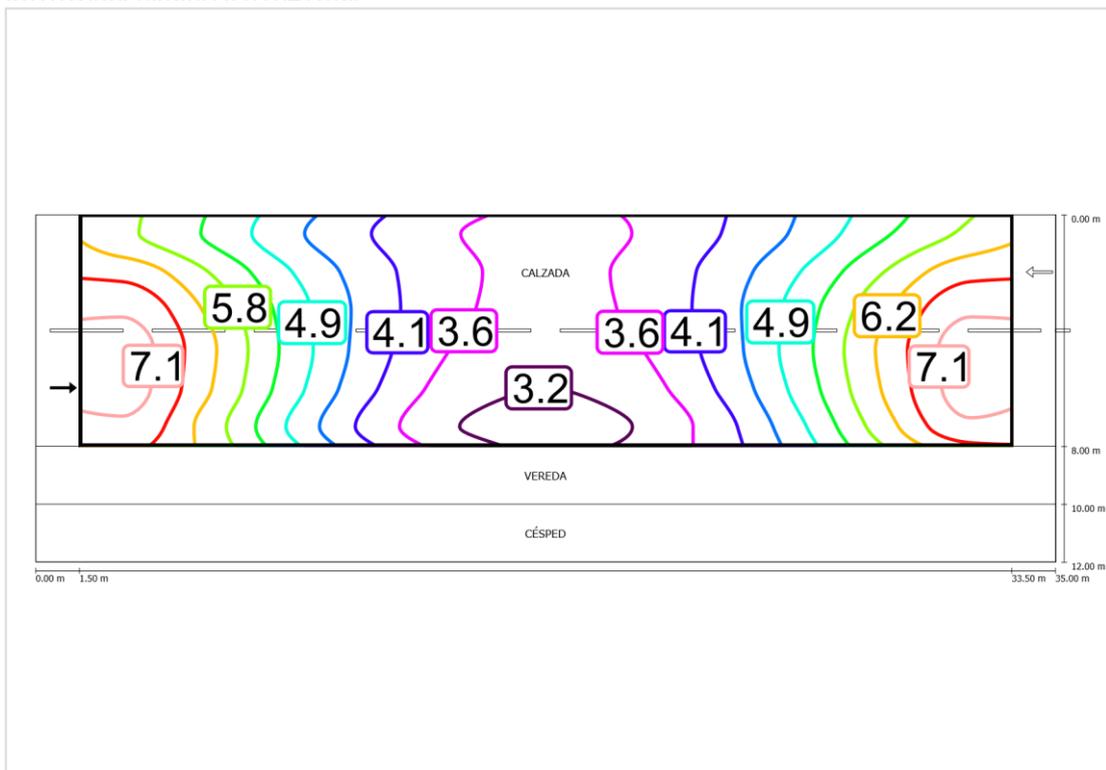
Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.25
 Trama: 11 x 6 Puntos Clase de iluminación
 seleccionada: ME4a Elemento de la vía
 pública respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m
 Cantidad de carriles de tránsito: 2
 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco):
 0.100 Firme (mojado): Wet surface
 W3 q0 (mojado): 0.200

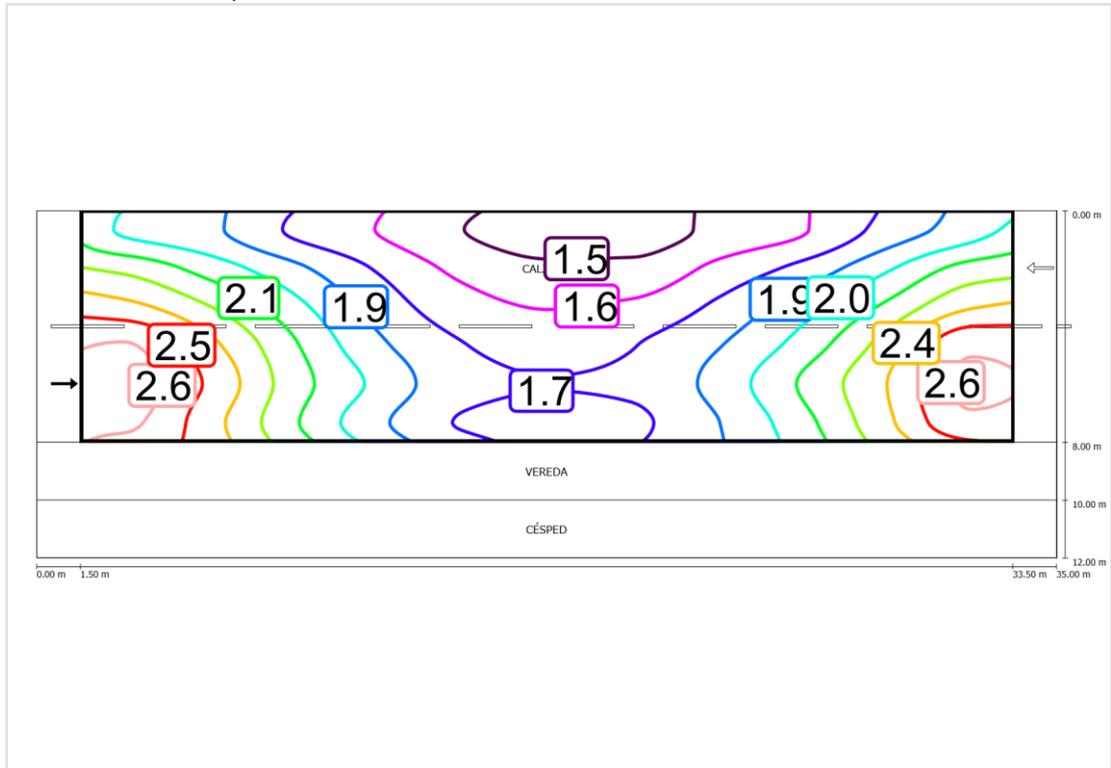
	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.49	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✗	✓	✓	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal

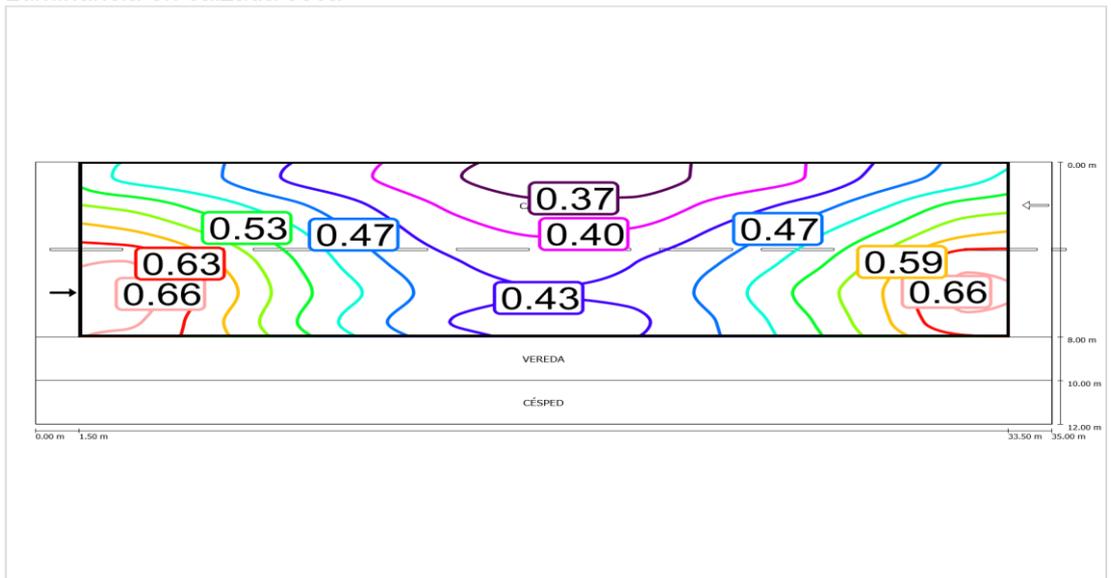


Escala: 1 : 500
 Observador 1

Luminancia de lámpara nueva



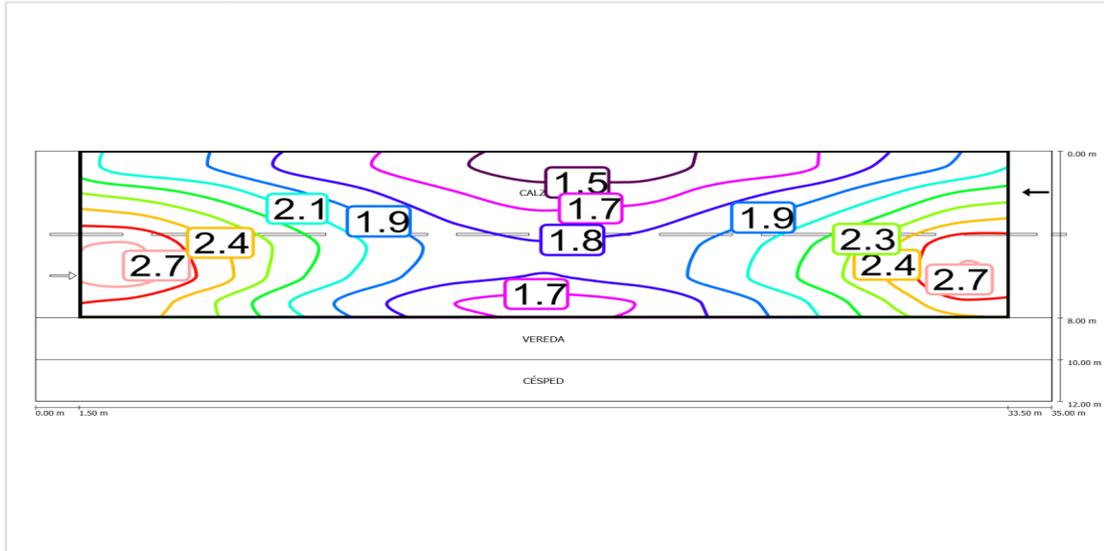
Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



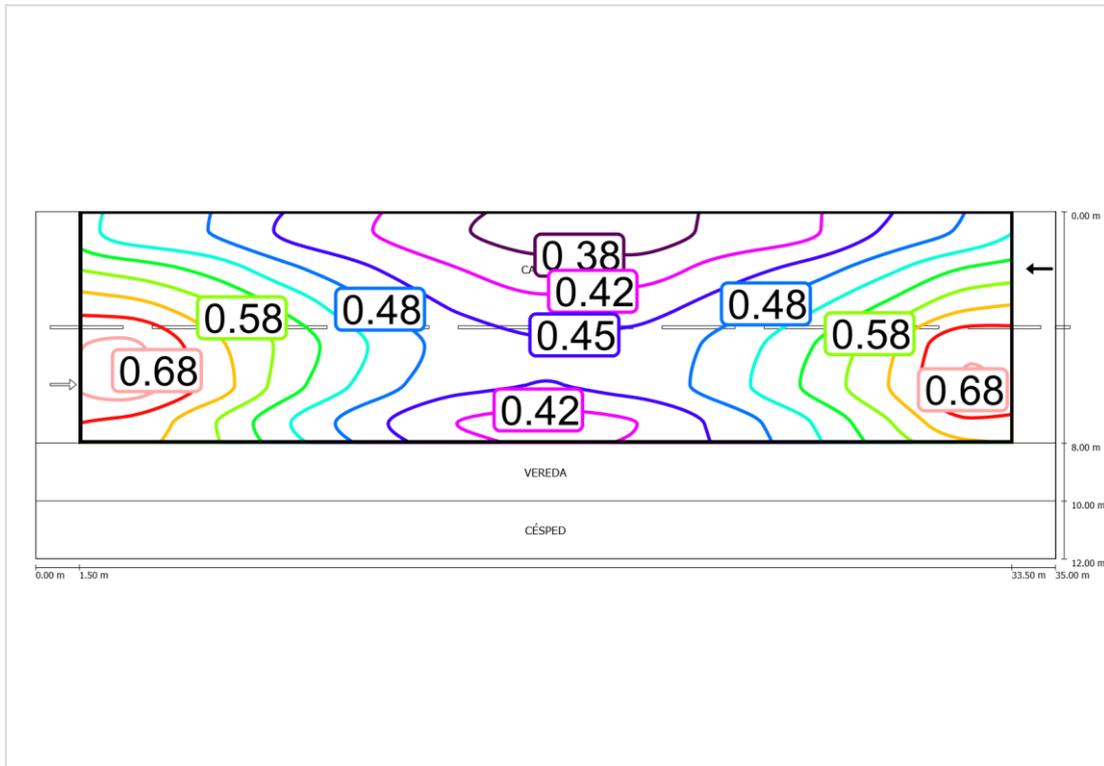
Escala: 1 : 500

Observador 2

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 500

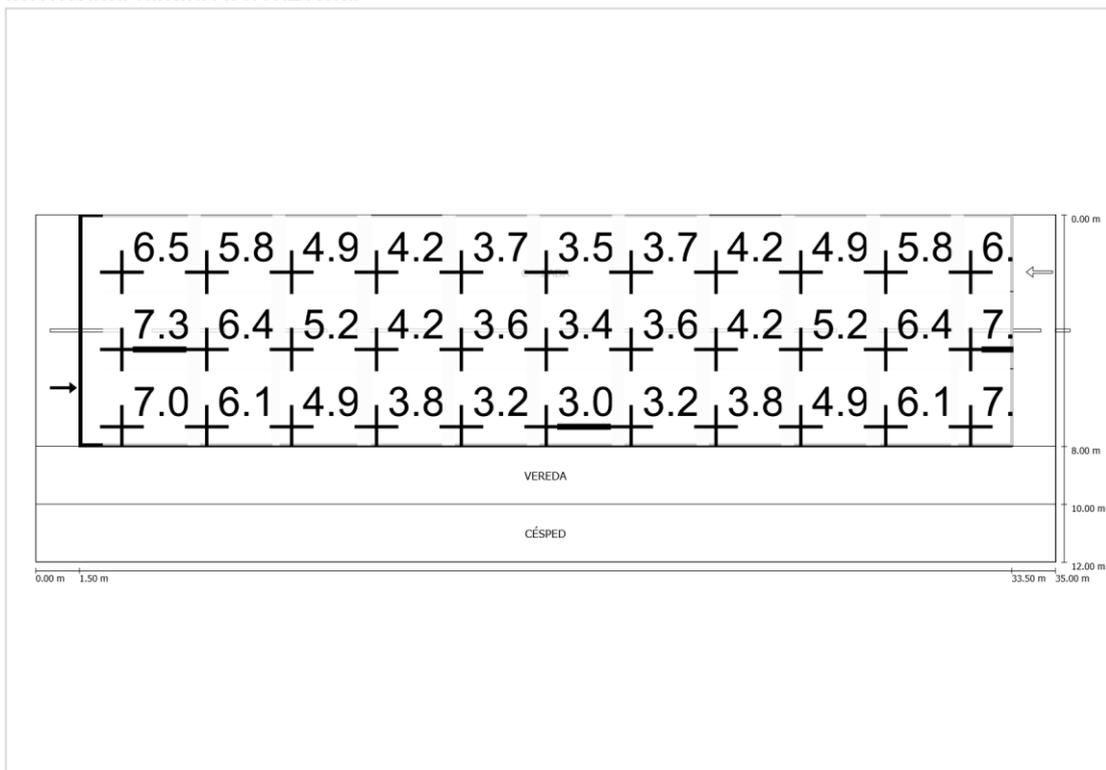
Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.25
 Trama: 11 x 6 Puntos Clase de iluminación
 seleccionada: ME4a Elemento de la vía
 pública respectivo:

CALZADA Anchura: 8.000 m
 Cantidad de carriles de tránsito: 2
 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco):
 0.100 Firme (mojado): Wet surface
 W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.49	0.72	0.65	6	0.80
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✘	✔	✔	✔	✔

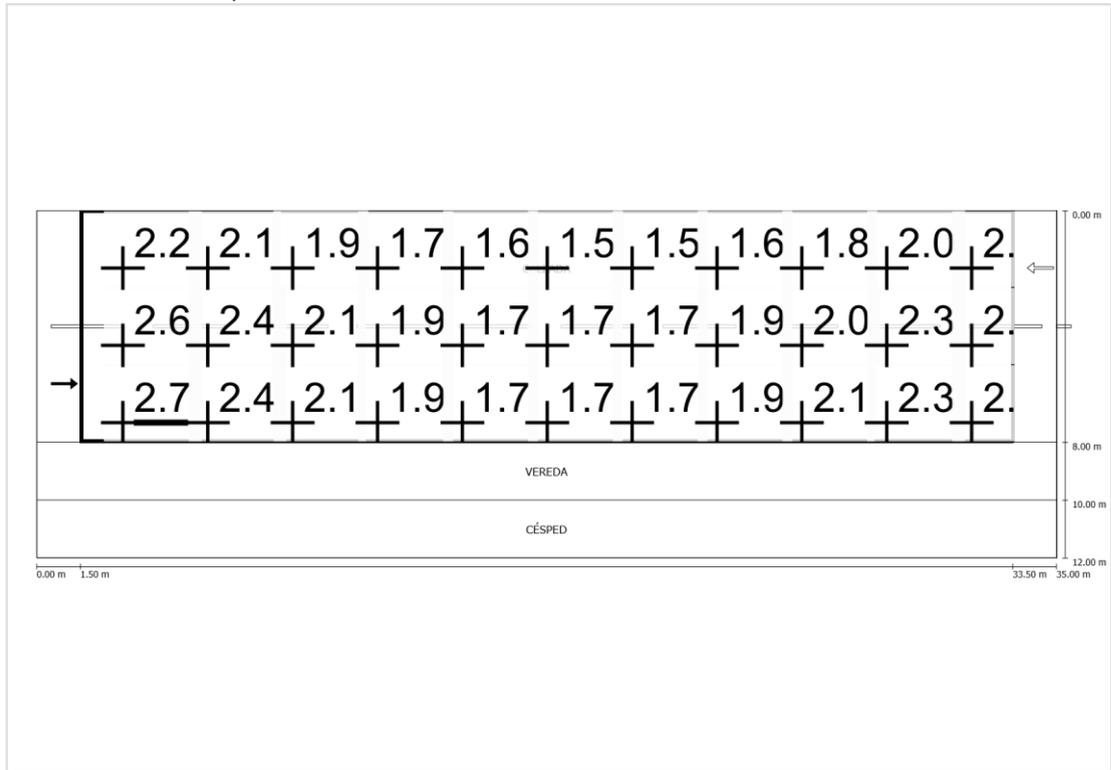
Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 500

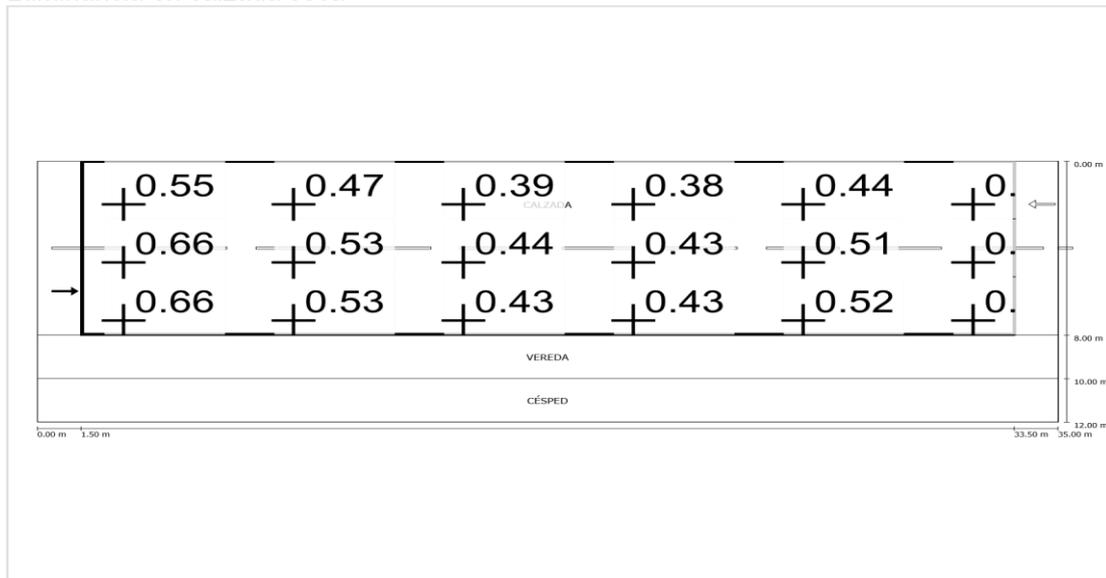
Observador 1

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 500

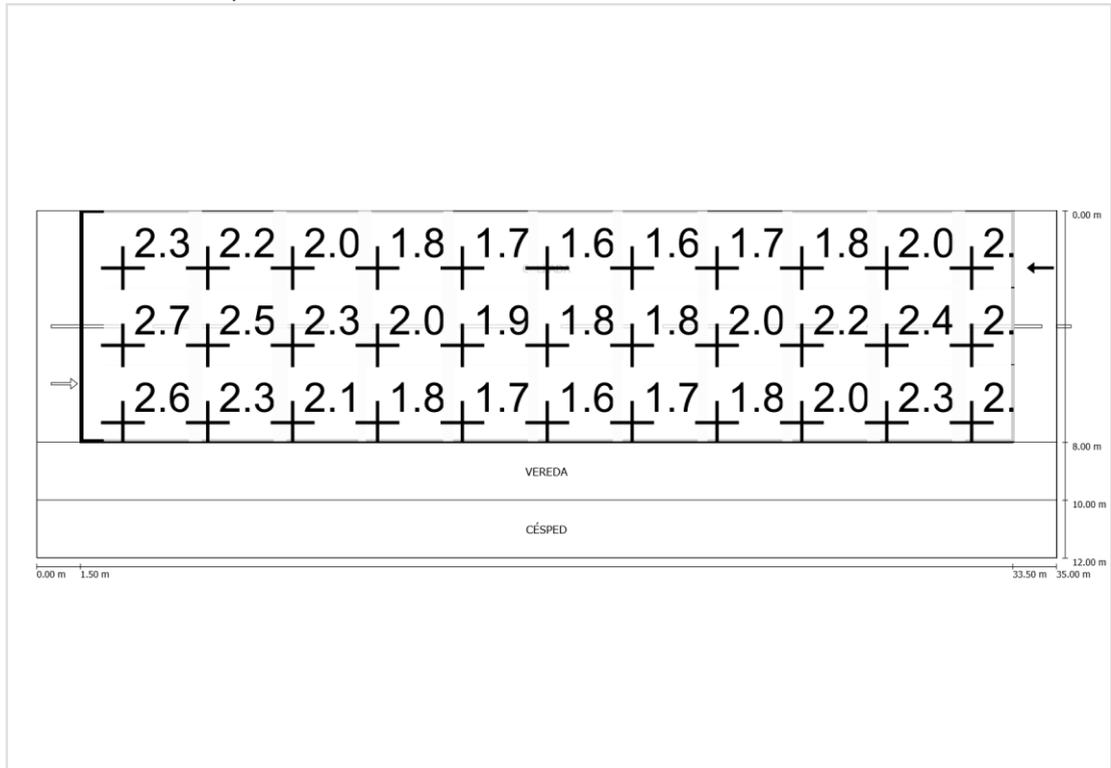
Luminancia en calzada seca



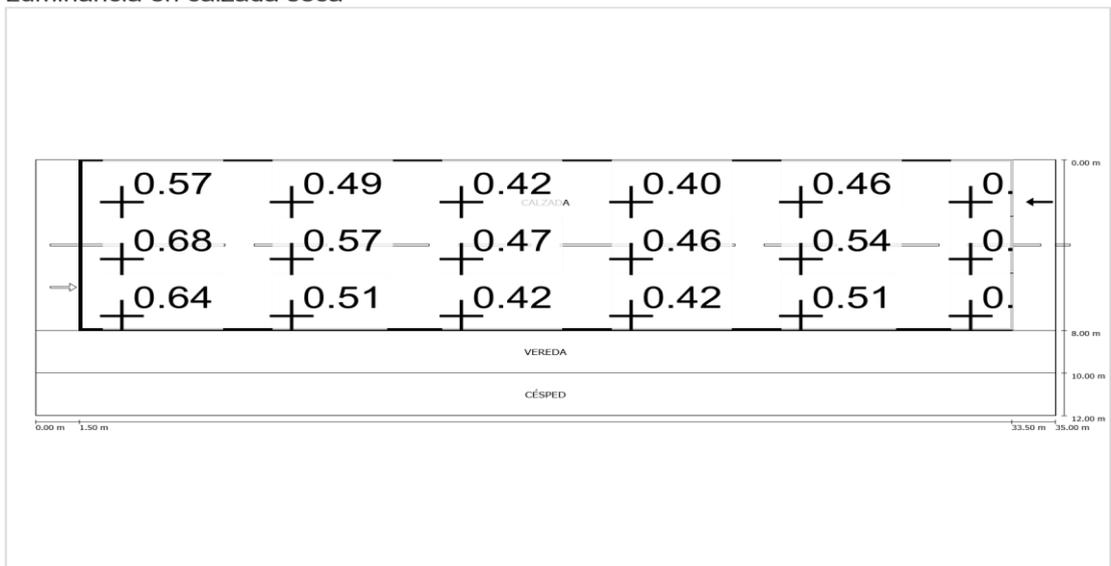
Escala: 1 : 500

Observador 2

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 500
Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 500

Camino peatonal 1 (CE5) / Resumen de resultados

Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.25

Trama: 11 x 3 Puntos Clase de iluminación
seleccionada: CE5 Elemento de la vía
pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	4.41	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✘	✔

Camino peatonal 1 (CE5) / Tablas

Camino peatonal 1 (CE5)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

3.667	6.78	5.83	4.64	3.64	3.00	2.79	3.00	3.64	4.65	5.83	6.78
3.000	6.55	5.62	4.46	3.48	2.87	2.67	2.87	3.48	4.46	5.62	6.55
2.333	6.30	5.36	4.25	3.32	2.73	2.54	2.73	3.32	4.24	5.36	6.30
m	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Trama: 11 x 3 Puntos

EAvg [lx] EMin [lx] EMax [lx] g1 g2 4.41 2.54 6.78

0.575 0.375

Camino peatonal 1 (CE5) / Isolíneas

Camino peatonal 1 (CE5)

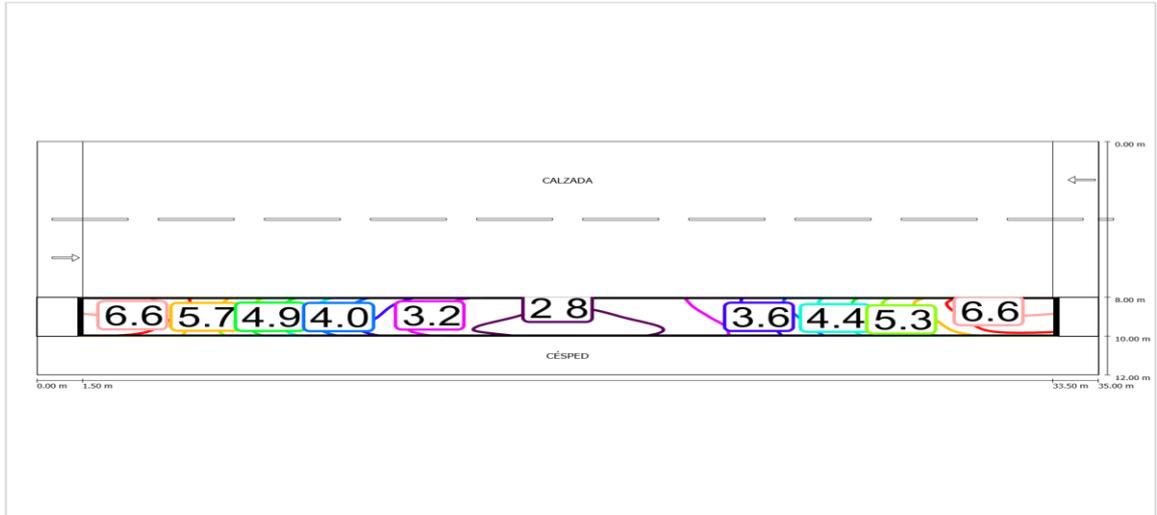
Factor de degradación: 0.25

Trama: 11 x 3 Puntos Clase de iluminación
seleccionada: CE5 Elemento de la vía
pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	4.41	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✘	✔

Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 500
Camino peatonal 1 (CE5) / Gráfico de valores

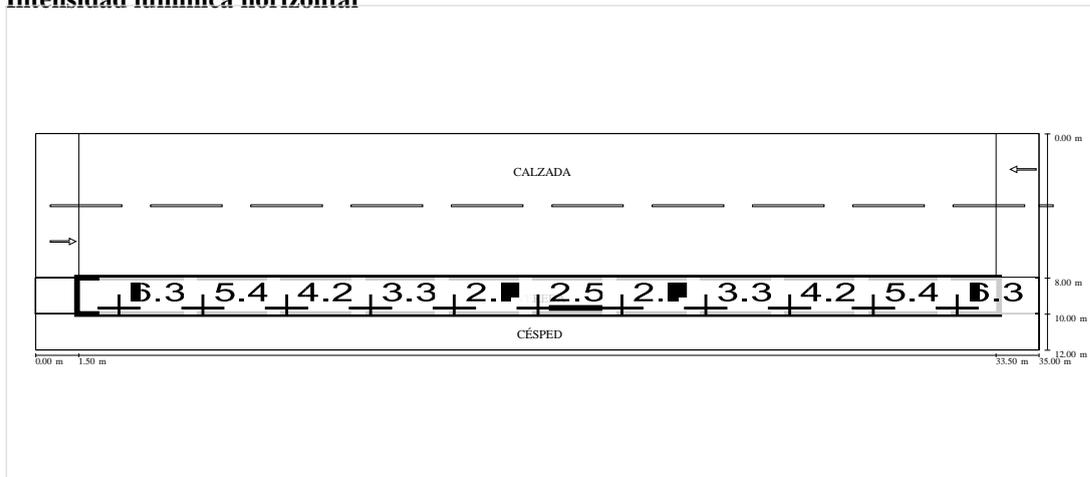
Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.25
Trama: 11 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: CE5 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	4.41	0.58
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✘	✔

Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 500

ANEXO N° 5



Philips Lighting BGP615 T25 1 xLED39-4S/740 DM11 1 xLED39-4S/ 740

Luma: Familia de luminarias para iluminación viaria con tecnología LED. Luma es una luminaria de alumbrado vial con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Esto elimina el exceso de iluminación al principio, con lo que se pueden lograr ahorros extra de energía. El diseño realmente plano de Luma evita la luz ascendente y las ópticas cumplen los estándares de iluminación actuales. Para optimizar la distribución de luz en

geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los reflejos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.

Grado de eficacia de funcionamiento: 90.45%

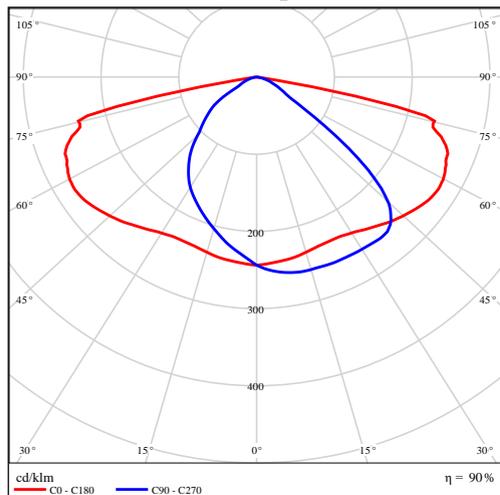
Flujo luminoso de lámparas: 3900 lm

Flujo luminoso de las luminarias: 3528 lm

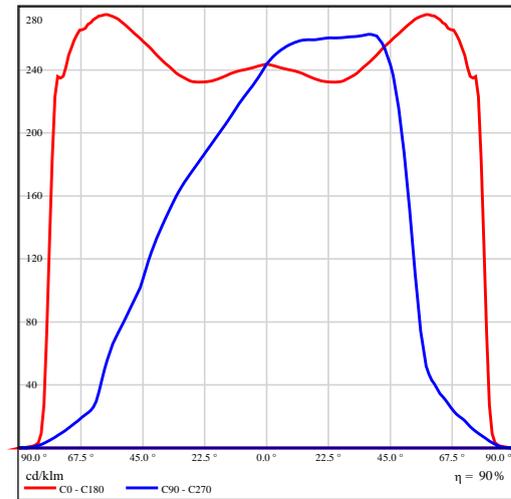
Potencia: 26.0 W

Rendimiento lumínico: 135.7 lm/W

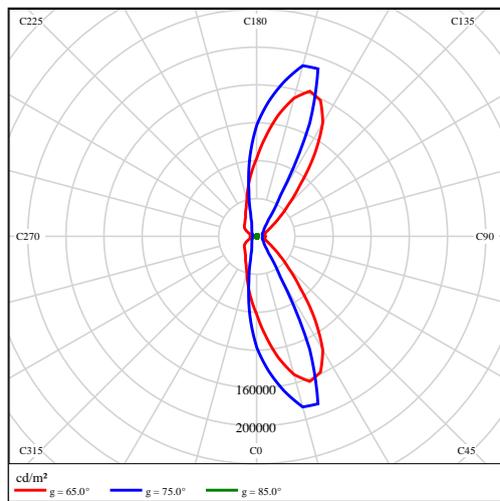
Emisión de luz 1 / CDL polar



Emisión de luz 1 / CDL lineal



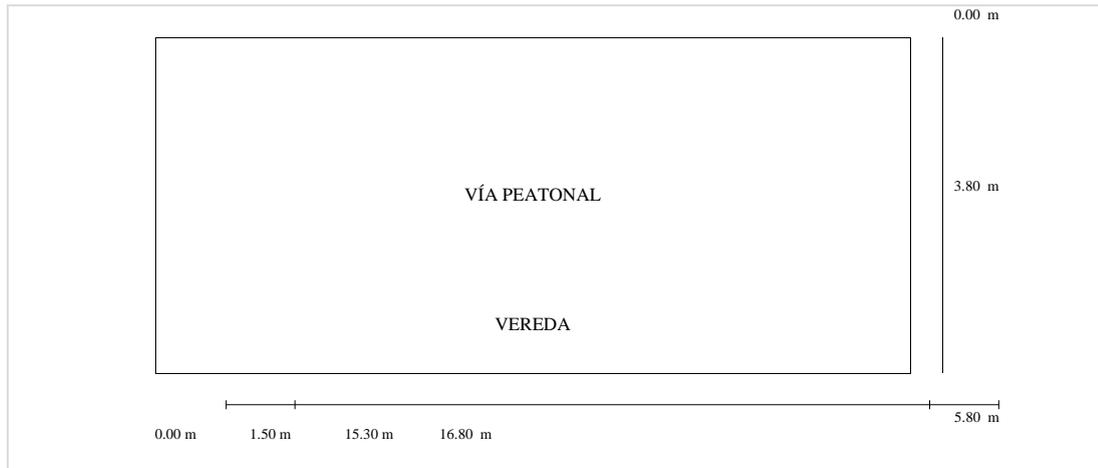
Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



Esquema de vía pública 1

Planificación según EN 13201

Perfil de la vía pública



Escala: 1 : 100

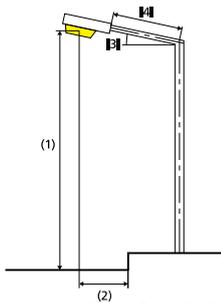
VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3
q0 (mojado): 0.200

VEREDA Anchura: 2.000 m

Factor de degradación: 0.90

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips Lighting BGP615 T25 1 xLED39-4S/740 DM11	ULR: 0.00
Flujo luminoso (luminaria):	3527.73 lm	ULOR: 0.00
Flujo luminoso (lámpara):	3900.00 lm 26.0 W	W/km: 1872.00
Potencia de las luminarias:	unilateral abajo	Valores máximos de la intensidad lumínica a 70°: 545 cd/klm a 80°: 295 cd/klm
Organización:	13.800 m	a 90°: 5.69 cd/klm
Distancia entre mástiles:	10.0 °	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6
Inclinación del brazo (3):	0.500 m	
Longitud del brazo (4):		
Altura del punto de luz (1):	6.500 m	
Saliente del punto de luz (2):	-1.500 m	

Calzada 1 (ME4a) / Resumen de resultados

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.90

Trama: 6 x 3 Puntos

Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	1.74	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (1):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Observador 1	(-60, 3.9, 1.5)	1.74	0.84	0.86	6

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Calzada 1 (ME4a)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

5.167	17	16	15	15	16	17
3.900	20	18	16	16	18	20
2.633	22	18	16	16	18	22
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

E Avg [lx] E Min [lx] E Max [lx] g1 g2
18 15 22 0.868 0.695

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

5.167	1.58	1.52	1.48	1.46	1.50	1.57
3.900	1.89	1.75	1.65	1.63	1.68	1.85
2.633	2.20	1.97	1.81	1.76	1.87	2.16
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

5.167	1.76	1.69	1.65	1.62	1.67	1.74
3.900	2.10	1.95	1.83	1.81	1.87	2.05
2.633	2.44	2.19	2.01	1.96	2.08	2.40
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

Calzada 1 (ME4a) / Isolíneas

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.90

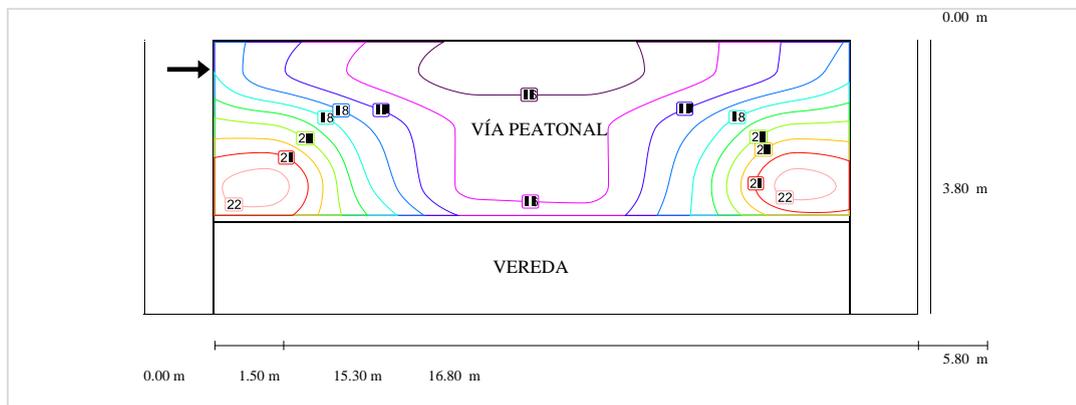
Trama: 6 x 3 Puntos

Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

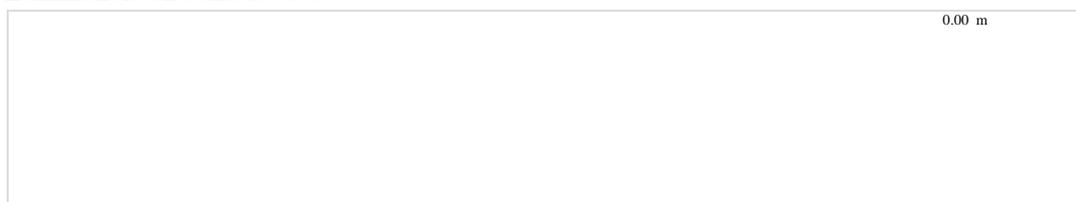
VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

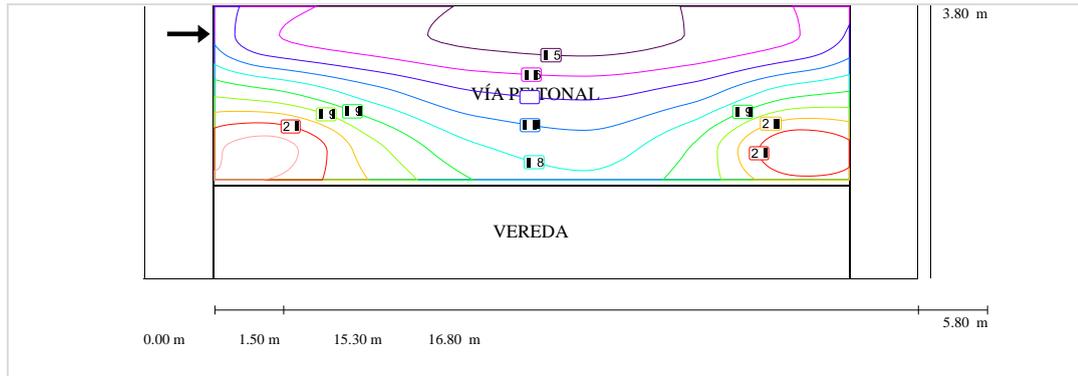
Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	1.74	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal

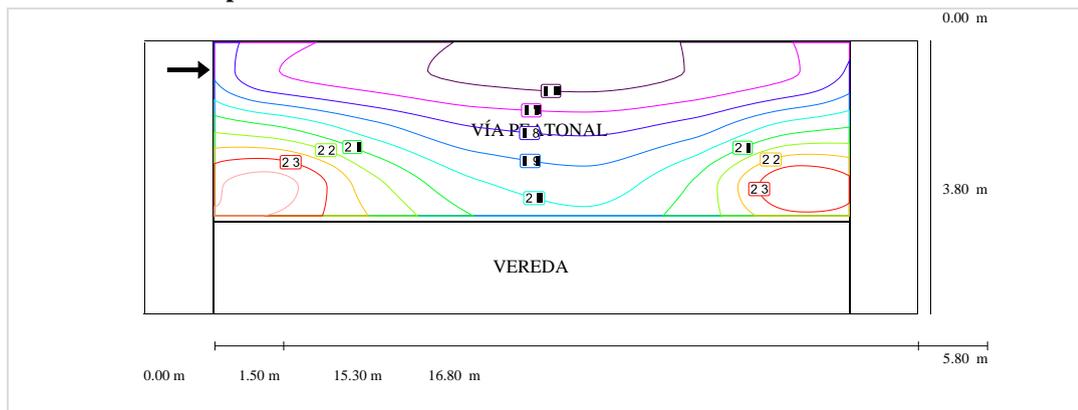
Escala: 1 : 100

Observador 1**Luminancia en calzada seca**



Escala: 1 : 100
Calzada 1 (ME4a) / Isolíneas

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 100
Calzada 1 (ME4a) / Gráfico de valores

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.90

Trama: 6 x 3 Puntos

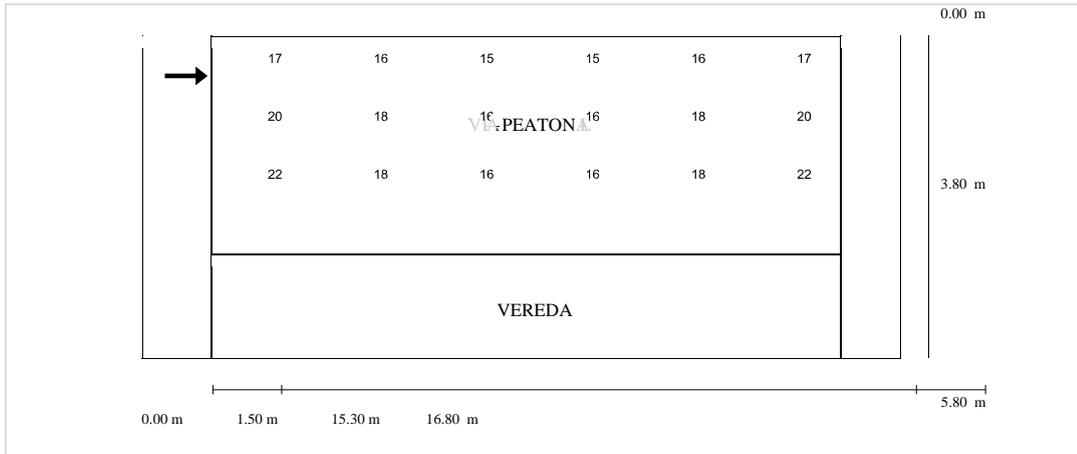
Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	1.74	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

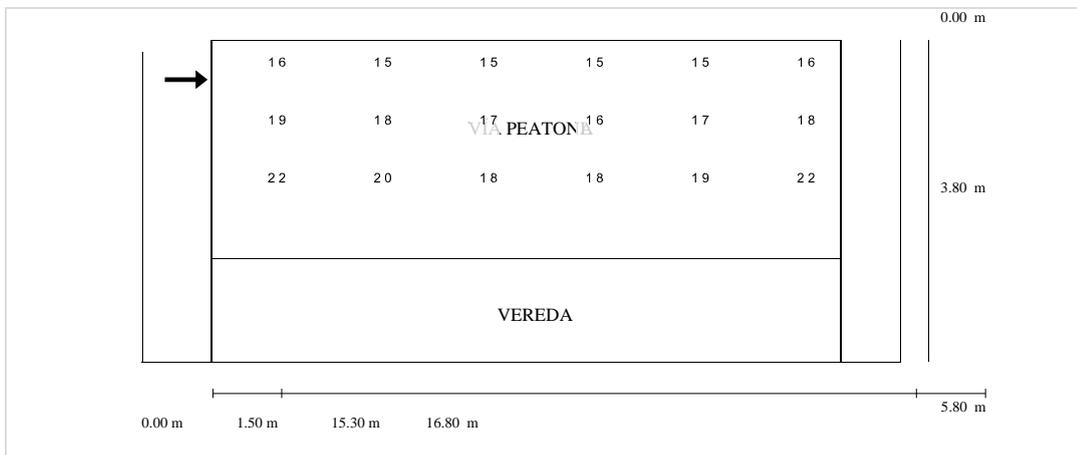
Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 100

Observador 1

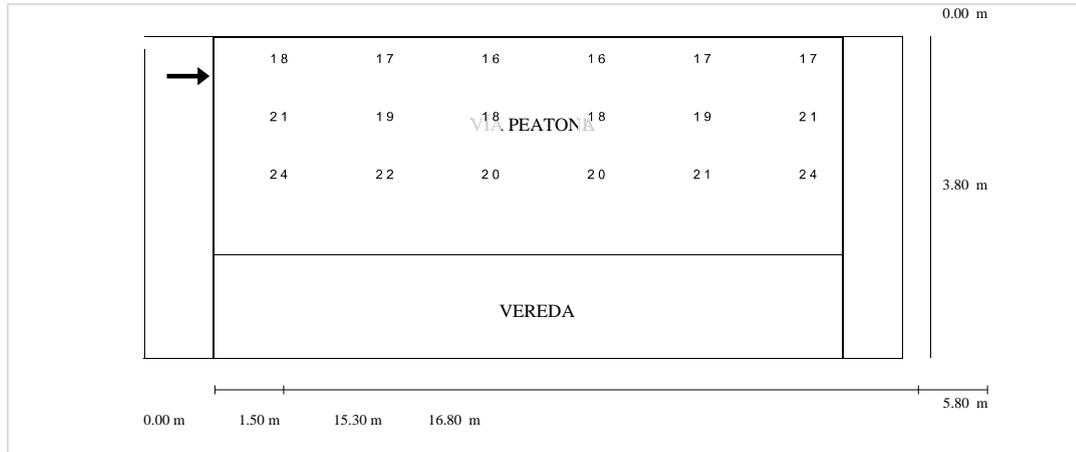
Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 100

Calzada 1 (ME4a) / Gráfico de valores

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 100

Camino peatonal 1 (CE5) / Resumen de resultados

Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.90

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiesf) [lx]	U0 (semiesfé r) [lx]
Valor real calculado	10.60	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Camino peatonal 1 (CE5) / Tablas

Camino peatonal 1 (CE5)

Iluminancia semiesférica [lx]

1.667	13	12	11	10	10	10	10	11	12	13
1.000	13	12	10	9.51	9.12	9.12	9.51	10	12	13
0.333	12	11	9.34	8.57	8.16	8.17	8.57	9.36	11	12
m	0.690	2.070	3.450	4.830	6.210	7.590	8.970	10.350	11.730	13.110

Trama: 10 x 3 Puntos

EAvg [lx] EMin [lx] EMax [lx] g1 g2 11 8.16 13 0.770 0.611

Camino peatonal 1 (CE5) / Isolíneas

Camino peatonal 1 (CE5)

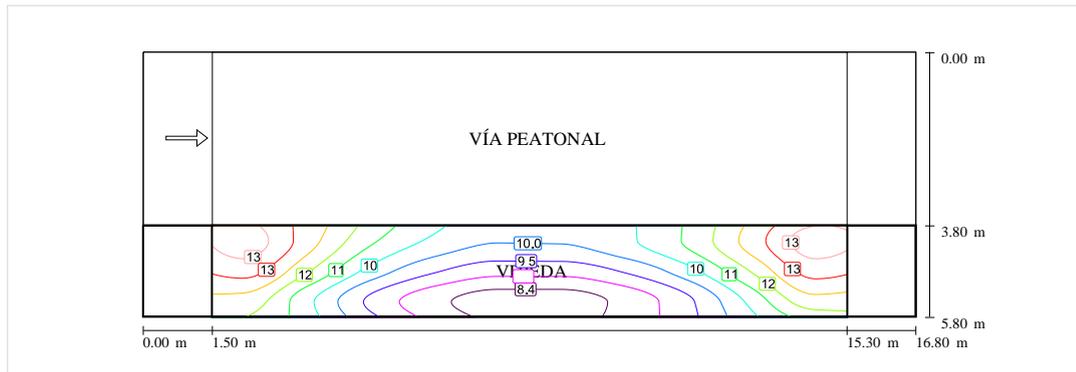
Factor de degradación: 0.90

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	10.60	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Iluminancia semiesférica



Escala: 1 : 100

Camino peatonal 1 (CE5) / Gráfico de valores

Camino peatonal 1 (CE5)

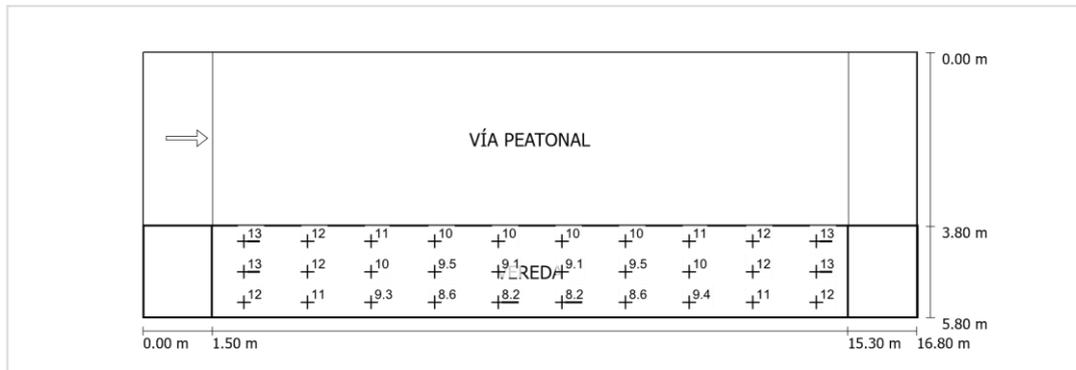
Factor de degradación: 0.90

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	10.60	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Iluminancia semiesférica



Escala: 1 : 100

ANEXO N° 6

ANEXO N° 6. SIMULACIÓN LUMINARIA PEATONAL AL 50% DE POTENCIA

POTENCIA)

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PEATONALES UNI (50% POTENCIA) / Descripción del proyecto

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PEATONALES UNI (50% POTENCIA)

CÁLCULO DE PARÁMETROS LUMÍNICOS DE LAS VÍAS PEATONALES DE LA UNI - TESIS TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO 2017

Cliente: Proyecto elaborado por:
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROLANDO SEGAMA
INGENIERÍA SALVATIERRA

r.segama.s@gmail.com



Philips Lighting BGP615 T25 1 xLED39-4S/740 DM11 1 xLED39-4S/ 740

Luma: Familia de luminarias para iluminación viaria con tecnología LED Luma es una luminaria de alumbrado vial con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Esto elimina el exceso de iluminación al principio, con lo que se pueden lograr ahorros extra de energía. El diseño realmente plano de Luma evita la luz ascendente y las ópticas cumplen los estándares de iluminación actuales. Para optimizar la distribución de luz en

geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los reflejos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.

Grado de eficacia de funcionamiento: 90.45%

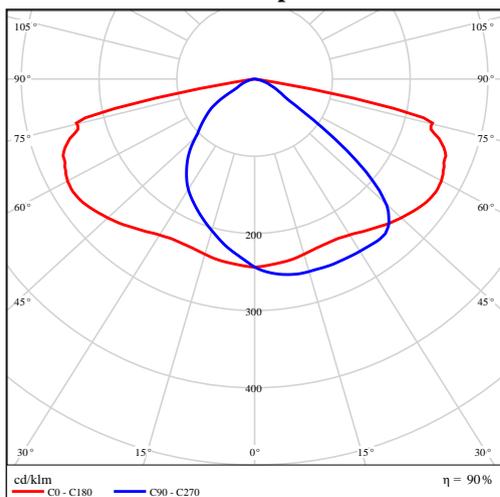
Flujo luminoso de lámparas: 3900 lm

Flujo luminoso de las luminarias: 3528 lm

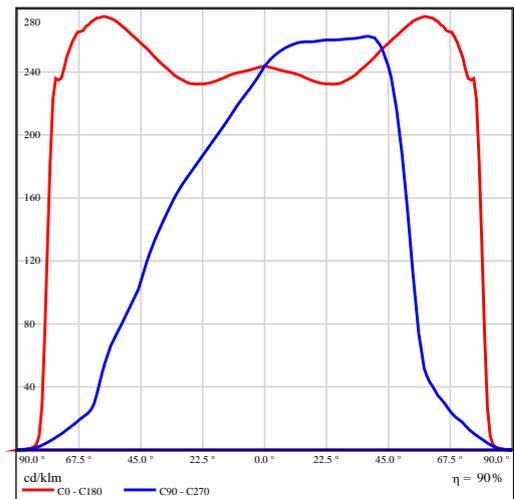
Potencia: 26.0 W

Rendimiento lumínico: 135.7 lm/W

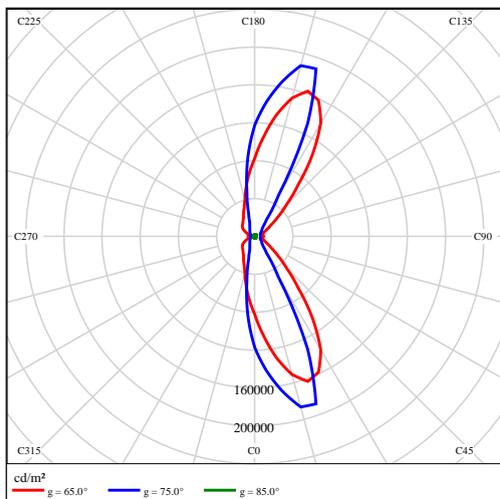
Emisión de luz 1 / CDL polar



Emisión de luz 1 / CDL lineal



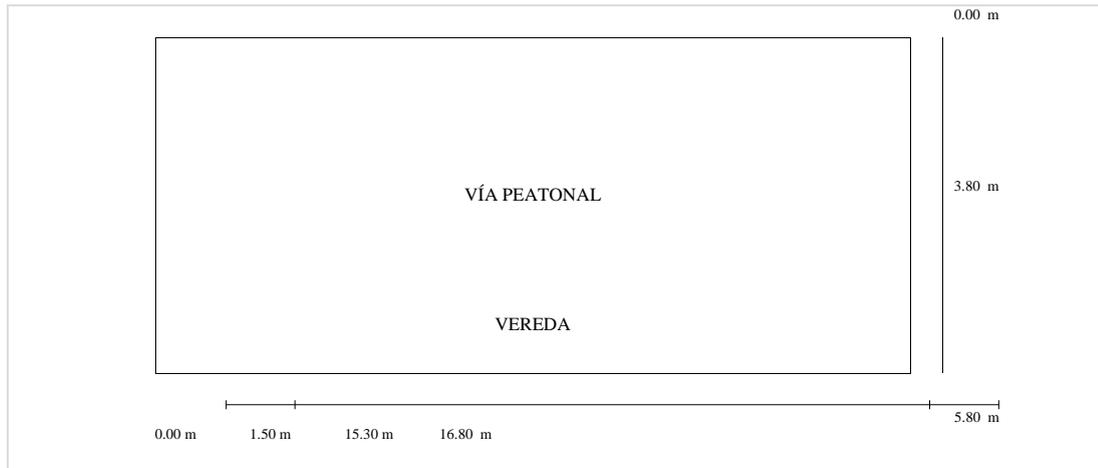
Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



Esquema de vía pública 1

Planificación según EN 13201

Perfil de la vía pública



Escala: 1 : 100

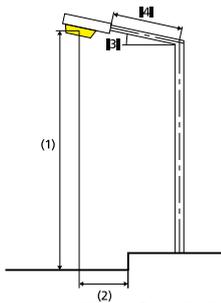
VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3
q0 (mojado): 0.200

VEREDA Anchura: 2.000 m

Factor de degradación: 0.50

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips Lighting BGP615 T25 1 xLED39-4S/740 DM11	ULR: 0.00
Flujo luminoso (luminaria):	3527.73 lm	ULOR: 0.00
Flujo luminoso (lámpara):	3900.00 lm 26.0 W	W/km: 1872.00
Potencia de las luminarias:	unilateral abajo	Valores máximos de la intensidad lumínica a 70°: 545 cd/klm a 80°: 295 cd/klm
Organización:	13.800 m	a 90°: 5.69 cd/klm
Distancia entre mástiles:	10.0 °	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6
Inclinación del brazo (3):	0.500 m	
Longitud del brazo (4):		
Altura del punto de luz (1):	6.500 m	
Saliente del punto de luz (2):	-1.500 m	

Calzada 1 (ME4a) / Resumen de resultados

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.50

Trama: 6 x 3 Puntos

Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.97	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (1):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Observador 1	(-60, 3.9, 1.5)	0.97	0.84	0.86	6

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Calzada 1 (ME4a)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

5.167	9.56	8.92	8.50	8.50	8.93	9.57
3.900	11	9.78	8.99	8.99	9.78	11
2.633	12	10	8.96	8.96	10	12
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

E Avg [lx] E Min [lx] E Max [lx] g1 g2
9.79 8.50 12 0.868 0.695

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

5.167	0.88	0.85	0.82	0.81	0.83	0.87
3.900	1.05	0.97	0.92	0.90	0.94	1.03
2.633	1.22	1.09	1.00	0.98	1.04	1.20
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

5.167	1.76	1.69	1.65	1.62	1.67	1.74
3.900	2.10	1.95	1.83	1.81	1.87	2.05
2.633	2.44	2.19	2.01	1.96	2.08	2.40
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

Calzada 1 (ME4a) / Isolíneas

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.50

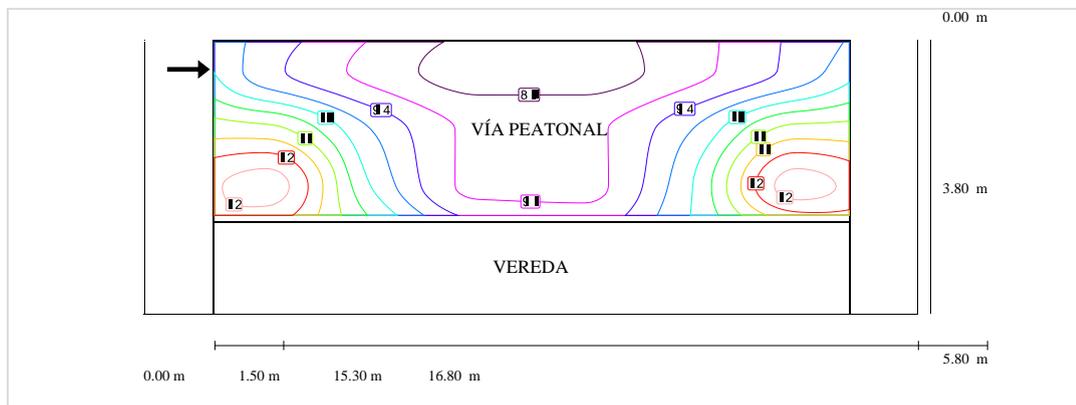
Trama: 6 x 3 Puntos

Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

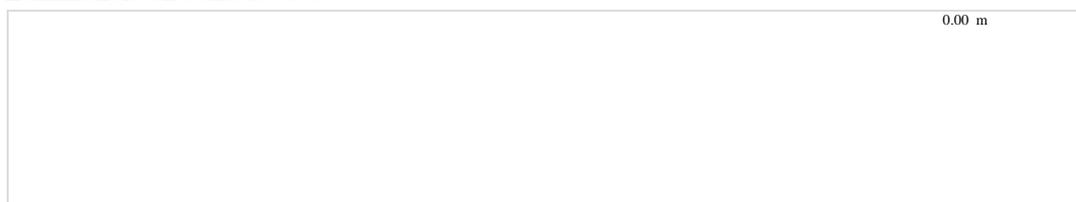
VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

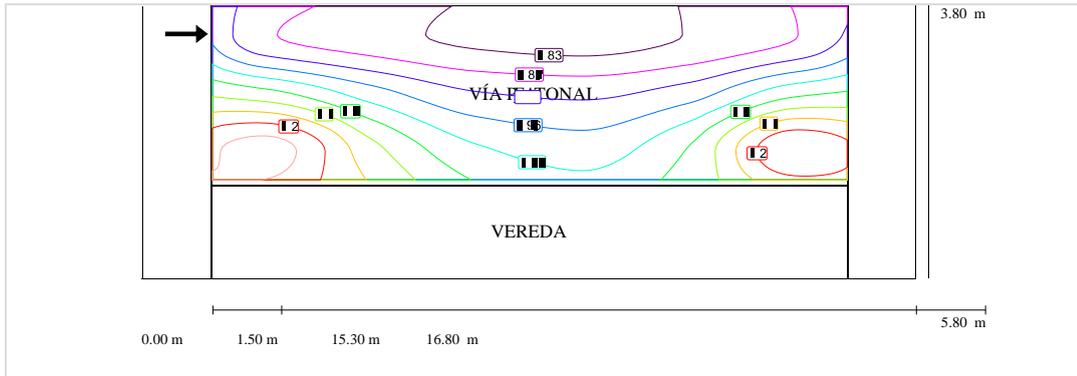
Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.97	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal

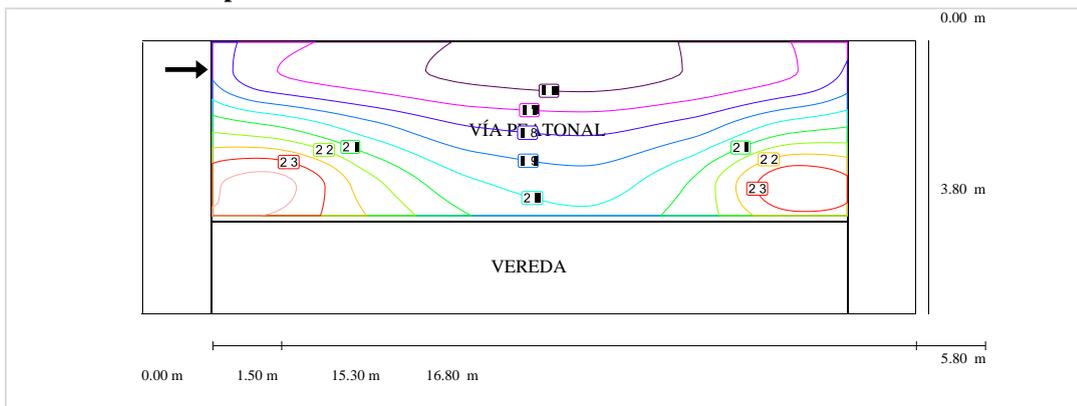
Escala: 1 : 100

Observador 1**Luminancia en calzada seca**



Escala: 1 : 100
Calzada 1 (ME4a) / Isolíneas

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 100
Calzada 1 (ME4a) / Gráfico de valores

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.50

Trama: 6 x 3 Puntos

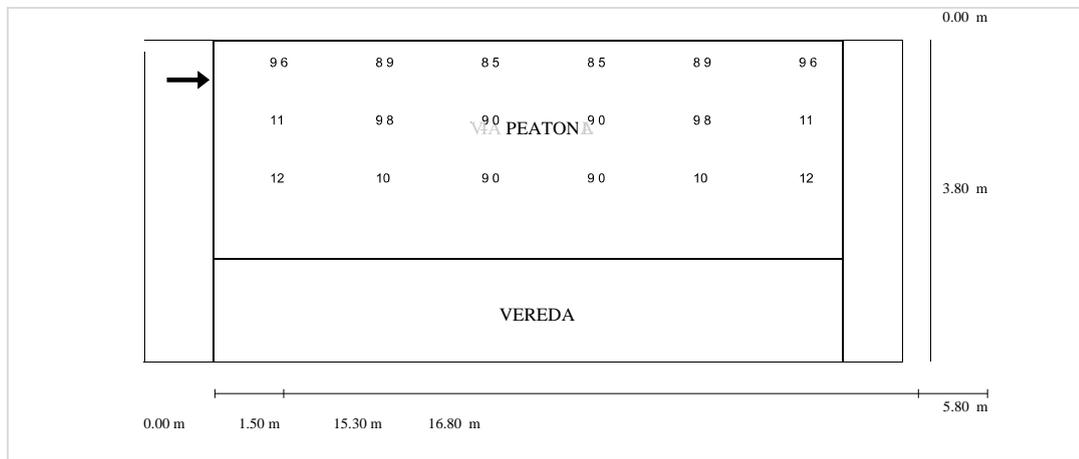
Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.97	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

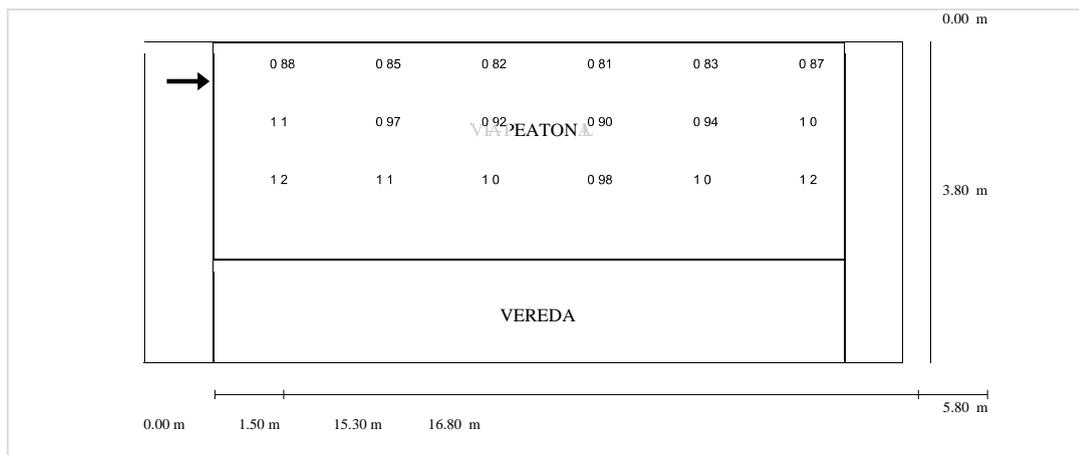
Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 100

Observador 1

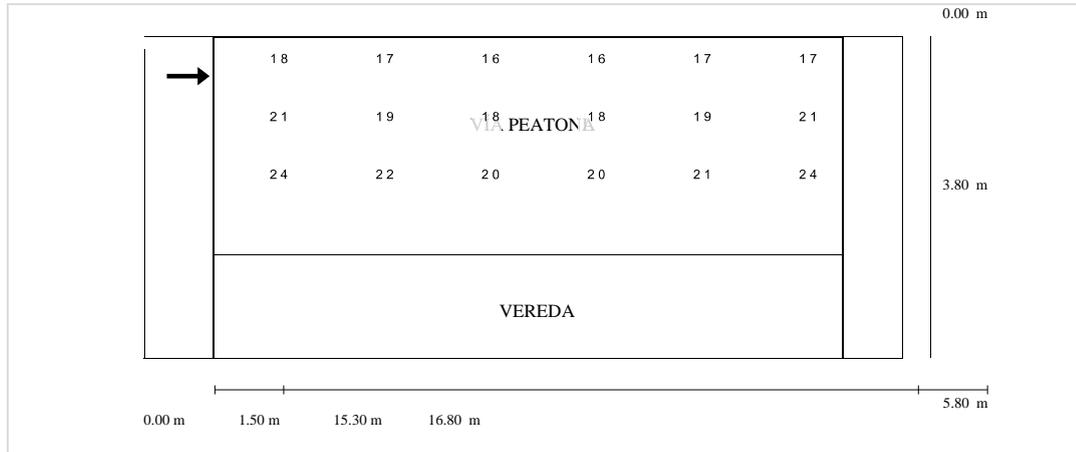
Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 100

Calzada 1 (ME4a) / Gráfico de valores

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 100

Camino peatonal 1 (CE5) / Resumen de resultados

Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.50

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	5.89	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Camino peatonal 1 (CE5) / Tablas

Camino peatonal 1 (CE5)

Iluminancia semiesférica [lx]

1.667	7.41	6.83	6.17	5.77	5.56	5.57	5.77	6.18	6.83	7.42
1.000	7.10	6.43	5.72	5.28	5.06	5.07	5.28	5.72	6.43	7.09
0.333	6.56	5.90	5.19	4.76	4.53	4.54	4.76	5.20	5.91	6.57
m	0.690	2.070	3.450	4.830	6.210	7.590	8.970	10.350	11.730	13.110

Trama: 10 x 3 Puntos

EAvg [lx] EMin [lx] EMax [lx] g1 g2 5.89 4.53 7.42 0.770 0.611

Camino peatonal 1 (CE5) / Isolíneas

Camino peatonal 1 (CE5)

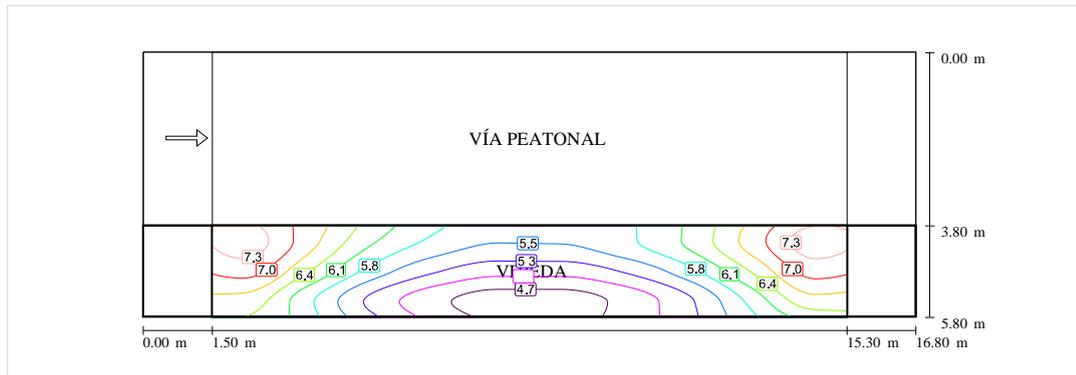
Factor de degradación: 0.50

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	5.89	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Iluminancia semiesférica



Escala: 1 : 100

Camino peatonal 1 (CE5) / Gráfico de valores

Camino peatonal 1 (CE5)

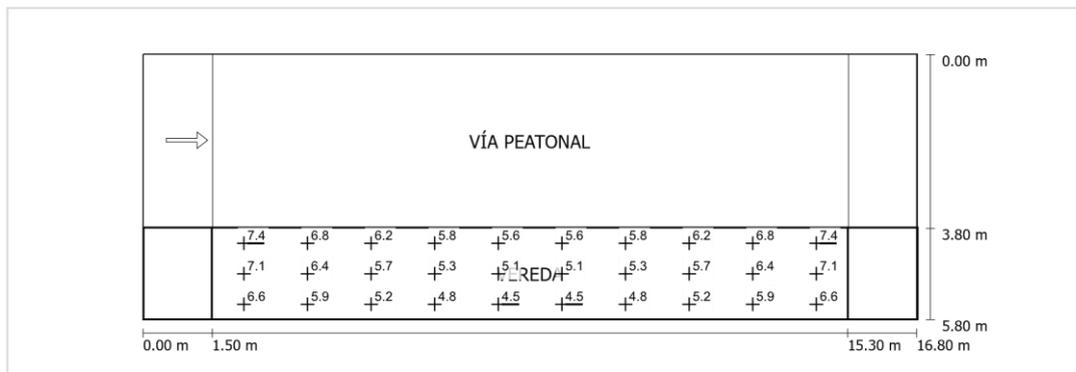
Factor de degradación: 0.50

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	5.89	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Iluminancia semiesférica



Escala: 1 : 100

ANEXO N° 7

ANEXO N° 7. SIMULACIÓN LUMINARIA PEATONAL AL 25% DE POTENCIA

POTENCIA)

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PEATONALES UNI (25% POTENCIA) / Descripción del proyecto

DISEÑO ILUMINACIÓN VÍAS PEATONALES UNI (25% POTENCIA)

CÁLCULO DE PARÁMETROS LUMÍNICOS DE LAS VÍAS PEATONALES DE LA UNI - TESIS TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO 2017

Cliente: Proyecto elaborado por:
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROLANDO SEGAMA
INGENIERÍA SALVATIERRA

r.segama.s@gmail.com



Philips Lighting BGP615 T25 1 xLED39-4S/740 DM11 1 xLED39-4S/ 740

Luma: Familia de luminarias para iluminación viaria con tecnología LED Luma es una luminaria de alumbrado vial con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Esto elimina el exceso de iluminación al principio, con lo que se pueden lograr ahorros extra de energía. El diseño realmente plano de Luma evita la luz ascendente y las ópticas cumplen los estándares de iluminación actuales. Para optimizar la distribución de luz en

geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los reflejos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.

Grado de eficacia de funcionamiento: 90.45%

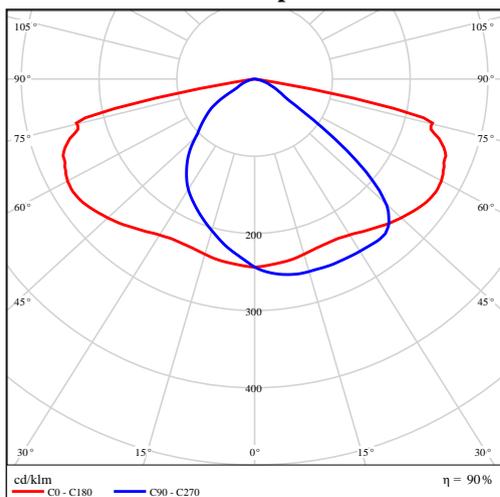
Flujo luminoso de lámparas: 3900 lm

Flujo luminoso de las luminarias: 3528 lm

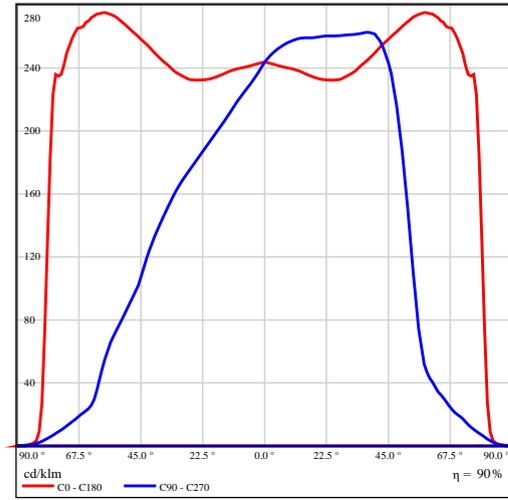
Potencia: 26.0 W

Rendimiento lumínico: 135.7 lm/W

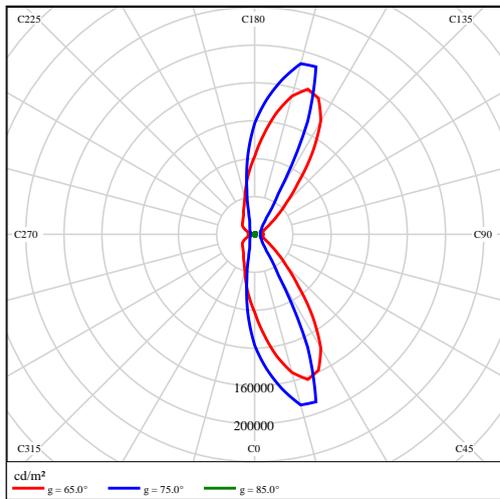
Emisión de luz 1 / CDL polar



Emisión de luz 1 / CDL lineal



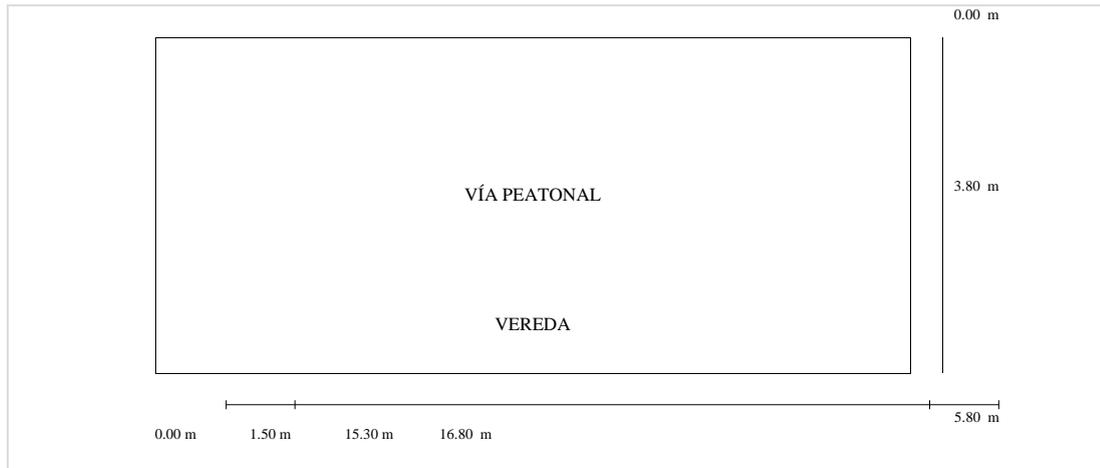
Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



Esquema de vía pública 1

Planificación según EN 13201

Perfil de la vía pública



Escala: 1 : 100

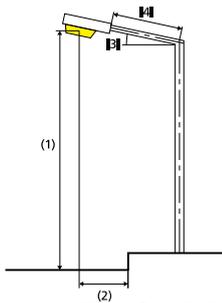
VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3
q0 (mojado): 0.200

VEREDA Anchura: 2.000 m

Factor de degradación: 0.25

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips Lighting BGP615 T25 1 xLED39-4S/740 DM11	ULR: 0.00
Flujo luminoso (luminaria):	3527.73 lm	ULOR: 0.00
Flujo luminoso (lámpara):	3900.00 lm 26.0 W	W/km: 1872.00
Potencia de las luminarias:	unilateral abajo	Valores máximos de la intensidad lumínica a 70°: 545 cd/klm a 80°: 295 cd/klm
Organización:	13.800 m	a 90°: 5.69 cd/klm
Distancia entre mástiles:	10.0 °	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6
Inclinación del brazo (3):	0.500 m	
Longitud del brazo (4):		
Altura del punto de luz (1):	6.500 m	
Saliente del punto de luz (2):	-1.500 m	

Calzada 1 (ME4a) / Resumen de resultados

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.25

Trama: 6 x 3 Puntos

Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.48	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✘	✔	✔	✔	✔

Observador respectivo (1):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Observador 1	(-60, 3.9, 1.5)	0.48	0.84	0.86	6

Calzada 1 (ME4a) / Tablas

Calzada 1 (ME4a)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

5.167	4.78	4.46	4.25	4.25	4.46	4.78
3.900	5.52	4.89	4.50	4.50	4.89	5.52
2.633	6.11	5.07	4.48	4.48	5.07	6.12
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

EAvG [lx] EMin [lx] EMax [lx] g1 g2
4.90 4.25 6.12 0.868 0.695

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

5.167	0.44	0.42	0.41	0.41	0.42	0.44
3.900	0.53	0.49	0.46	0.45	0.47	0.51
2.633	0.61	0.55	0.50	0.49	0.52	0.60
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

5.167	1.76	1.69	1.65	1.62	1.67	1.74
3.900	2.10	1.95	1.83	1.81	1.87	2.05
2.633	2.44	2.19	2.01	1.96	2.08	2.40
m	1.150	3.450	5.750	8.050	10.350	12.650

Trama: 6 x 3 Puntos

Calzada 1 (ME4a) / Isolíneas

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.25

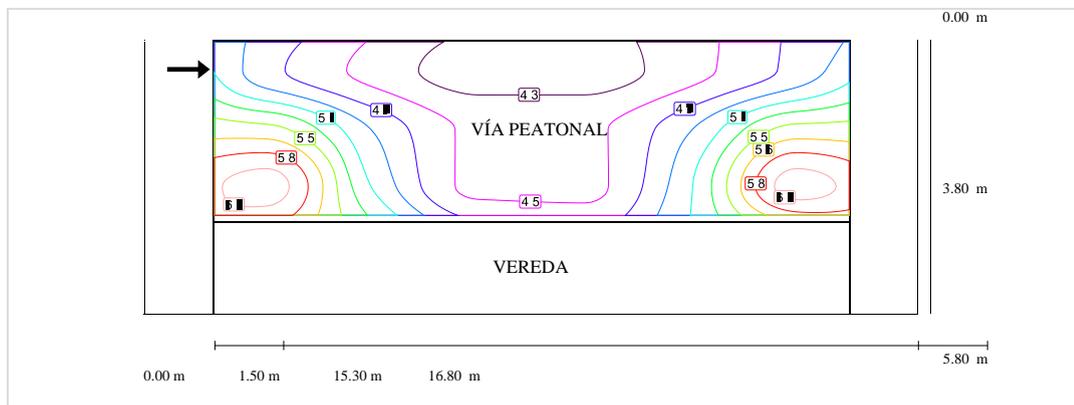
Trama: 6 x 3 Puntos

Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

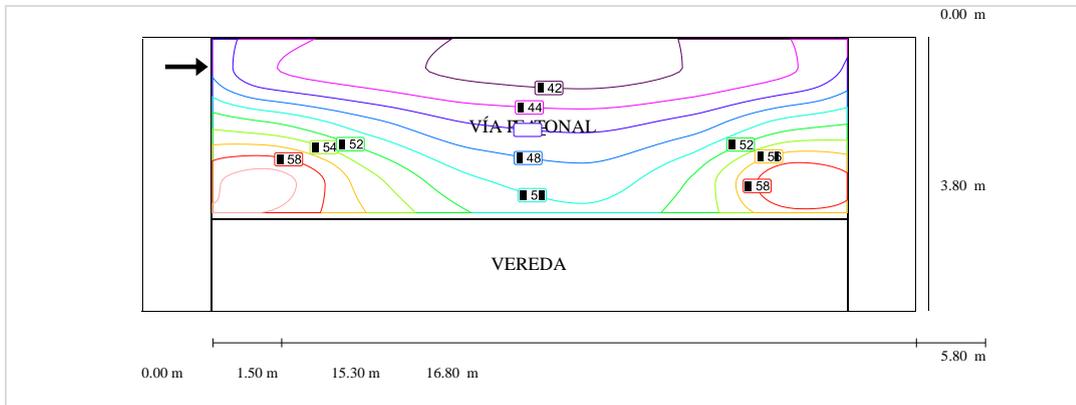
	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.48	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	×	✓	✓	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal

Escala: 1 : 100

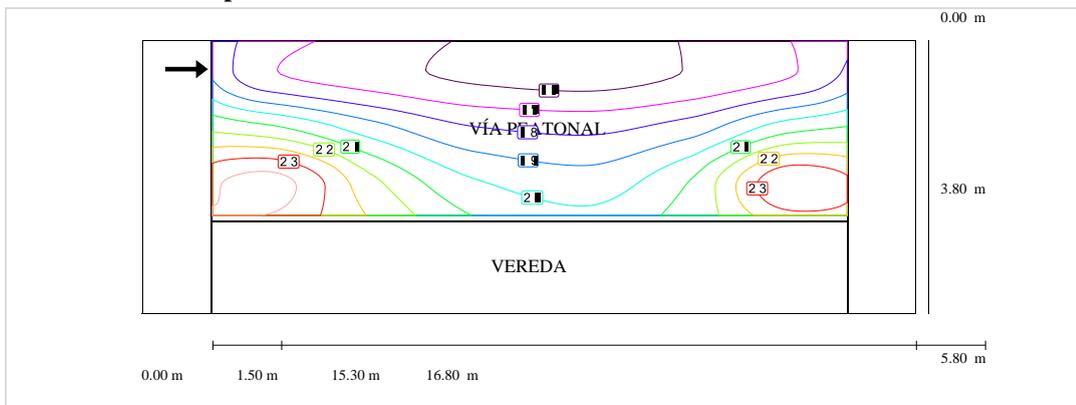
Observador 1

Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 100
Calzada 1 (ME4a) / Isolíneas

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 100
Calzada 1 (ME4a) / Gráfico de valores

Calzada 1 (ME4a)

Factor de degradación: 0.25

Trama: 6 x 3 Puntos

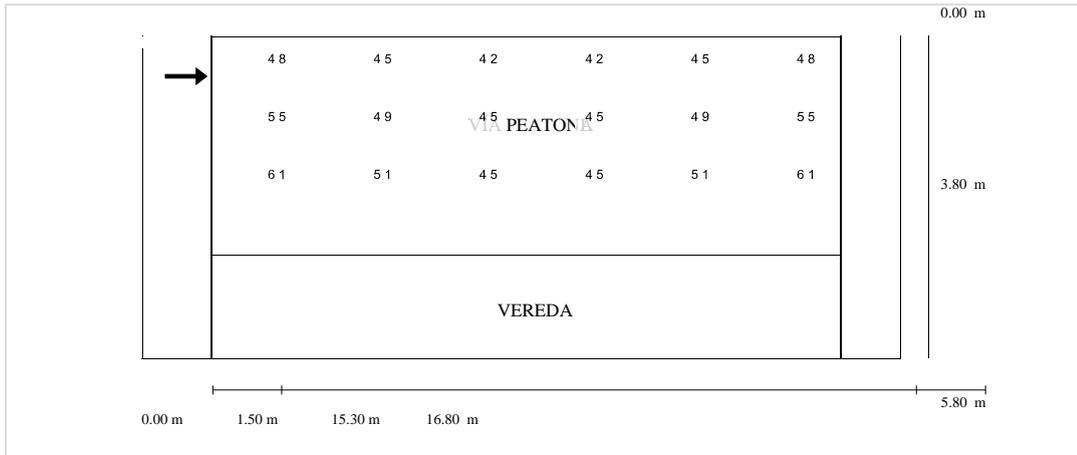
Clase de iluminación seleccionada: ME4a Elemento de la vía pública respectivo:

VÍA PEATONAL Anchura: 3.800 m

Cantidad de carriles de tránsito: 1 Firme (seco): CIE C1 q0 (seco): 0.100 Firme (mojado): Wet surface W3 q0 (mojado): 0.200

	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.48	0.84	0.86	6	0.87
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✗	✓	✓	✓	✓

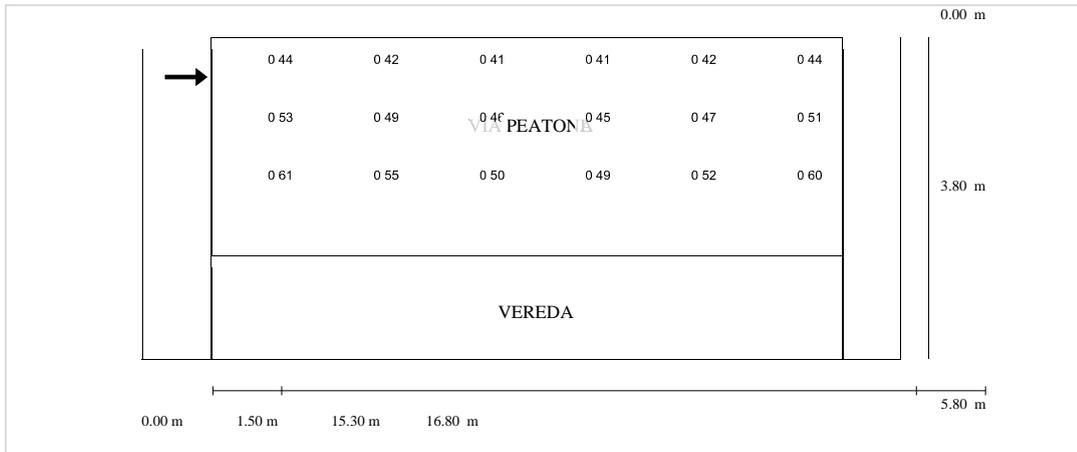
Intensidad lumínica horizontal



Escala: 1 : 100

Observador 1

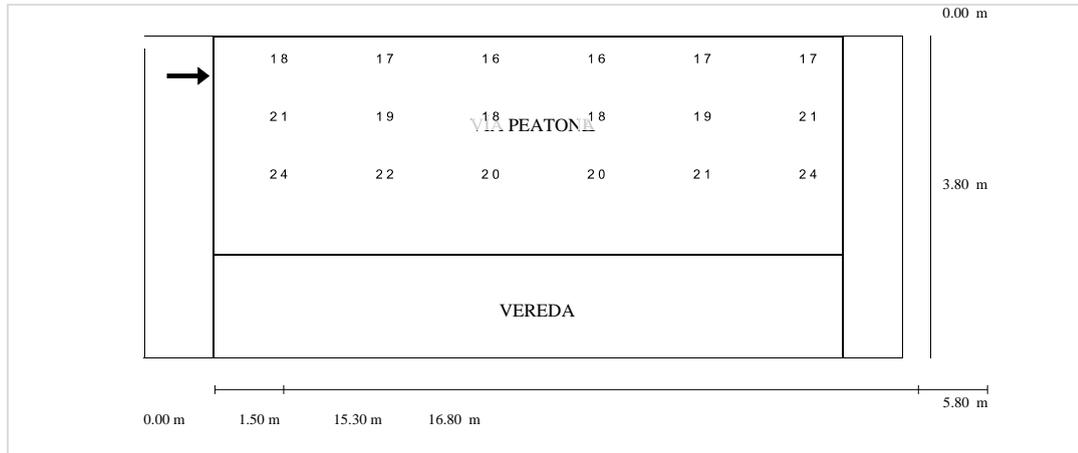
Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 100

Calzada 1 (ME4a) / Gráfico de valores

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 100

Camino peatonal 1 (CE5) / Resumen de resultados

Camino peatonal 1 (CE5)

Factor de degradación: 0.25

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	2.94	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Camino peatonal 1 (CE5) / Tablas

Camino peatonal 1 (CE5)

Iluminancia semi esférica [lx]

1.667	3.71	3.41	3.09	2.89	2.78	2.78	2.89	3.09	3.42	3.71
1.000	3.55	3.22	2.86	2.64	2.53	2.53	2.64	2.86	3.22	3.55
0.333	3.28	2.95	2.59	2.38	2.27	2.27	2.38	2.60	2.96	3.28
m	0.690	2.070	3.450	4.830	6.210	7.590	8.970	10.350	11.730	13.110

Trama: 10 x 3 Puntos

E Avg [lx] E Min [lx] E Max [lx] g1 g2 2.94 2.27 3.71 0.770 0.611

Camino peatonal 1 (CE5) / Isolíneas

Camino peatonal 1 (CE5)

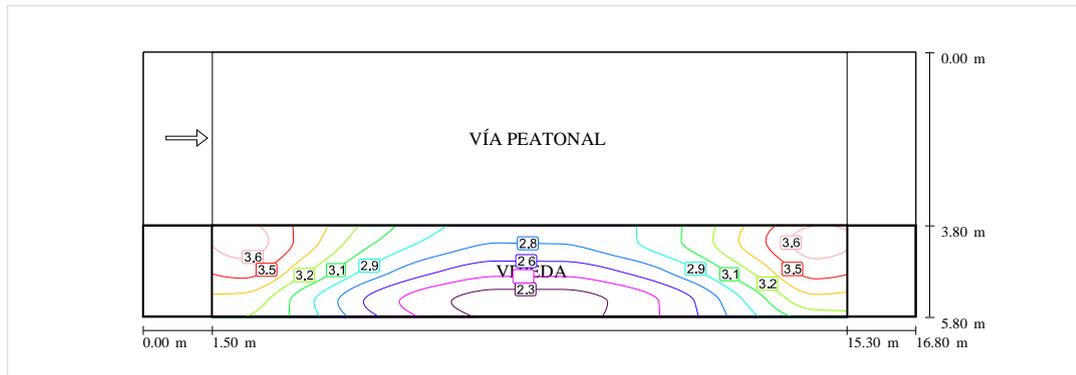
Factor de degradación: 0.25

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	2.94	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Iluminancia semiesférica



Escala: 1 : 100

Camino peatonal 1 (CE5) / Gráfico de valores

Camino peatonal 1 (CE5)

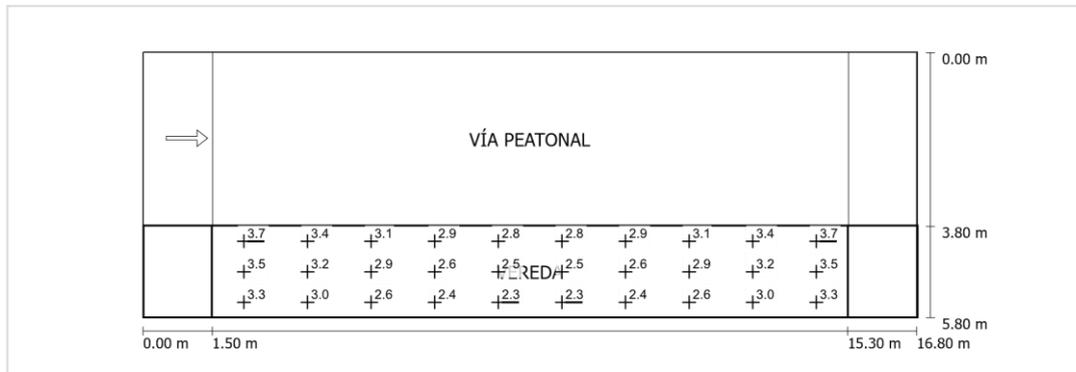
Factor de degradación: 0.25

Trama: 10 x 3 Puntos Clase de iluminación seleccionada: A3 Elemento de la vía pública respectivo:

VEREDA Anchura: 2.000 m

	Em (semiésf) [lx]	U0 (semiésfé r) [lx]
Valor real calculado	2.94	0.77
Valor nominal calculado	≥ 2.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Iluminancia semiesférica



Escala: 1 : 100

ANEXO N° 8

ANEXO N° 8. COSTOS DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS

Material y Equipos DESCRIPCIÓN	PRECIO			
	UND	US\$	S/.	
PASTORAL SIMPLE + ABRAZADERA	Und		60	
LUMINARIAS VSAP 70W	Und		200	
LUMINARIAS VSAP 150W	Und		250	
LAMPARAS 70W	Und		80	
LAMPARAS 150W	Und		100	
LUMINARIA LED 26W (ECONÓMICO)	Und	110	353.1	
LUMINARIA LED 102W (ECONÓMICO)	Und	180	577.8	
LUMINARIAS LED 26W	Und	260	834.6	
LUMINARIAS LED 102W	Und	350	1123.5	
CONTROL INTELIGENTE LED	Und	10	32.1	
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	MATRICULA	UND	US\$	S/.
CAMBIO DE LAMPARA	COSTO1	Und		136.12
CAMBIO RETIRO DE LUMINARIA	COSTO2	Und		161.55
CAMBIO DE PASTORAL + LUMINARIA	COSTO3	Und		156.09
CAMBIO DIFUSOR <> LIMPIEZA DE LED	COSTO4	Und		51.71

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 9

ANEXO N° 9. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 1

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS 1			
Código de matrícula:	COSTO UNITARIO 1		
Descripción matrícula:	Cambio de lampara con cuadrilla de inaccesibles por reclamos A.P.		
Detalle de matrícula:	Considera el retiro de la lampara defectuosa, la instalacion de la nueva y la limpieza del difusor. Entrega de acta de conformidad al cliente con cargo. Incluye por lo menos 04 fotografías digitales antes y después del trabajo ejecutado. Cumplimiento de normas de distribución, AST's, procedimientos de trabajo y disposiciones para ejecución de trabajos.		
(1 Evento = 1 UN)	Unidad:	Rend. Día:	Jornada:
	UN	6.68	9.60

MANO DE OBRA

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Capataz	1.0000	1.437126	20.52	29.49
	Operarios	2.0000	2.874251	10.68	30.70
	Ayudante	1.0000	1.437126	8.20	11.78
Sub - Total					71.97

TRANSPORTE

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Camion para cuadrilla inaccesibles	1.0000	1.437126	23.44	33.69
Sub - Total					33.69

COMUNICACIÓN / FORMATOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Nextel ilimitado	1.0000	1.437126	0.16	0.23
	Tablet	1.0000	1.437126	0.10	0.14
	RPC	0.5000	0.718563	0.00	-
	Cargador de Equipo Tablet	2.5000	3.592814	0.02	0.02
	Formato de atención	1.0000	1.437126	0.60	0.86
Sub - Total					1.10

UNIFORMES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Herramientas para cuadrilla inaccesibles	1.0000	1.437126	3.34	4.80
	Uniformes y Equipos de Proteccion Pers	1.0000	1.437126	0.03	0.04
	Kit de señalización en vías peatonales	1.0000	1.437126	0.43	0.62
Sub - Total					5.46

CAPACITACIÓN

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	TOTAL(S/.)
	Capacitación	1.0000	1.437126	0.49	0.70
Sub - Total					0.70

Matrícula	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Bolsa de polietileno para lámpara rota de AP	UN	0.0078	0.17	0.0013

Subtotal General					112.92
Porcentaje del Contratista				19%	21.68
FACTOR POR TRABAJOS DE EMERGENCIA				101%	136.12
Total S/.					136.12

Fuente: Tecsur S.A.

ANEXO N° 10

ANEXO N° 10. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 2

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS 2					
Código de matrícula:	COSTO UNITARIO 2				
Descripción matrícula:	Cambio o reposición de luminaria con cuadrilla de inaccesible por reclamos A.P.				
Detalle de matrícula:	Considera el retiro y la instalación de una luminaria con el traslado o instalación de lámpara. Entrega de acta de conformidad al cliente con cargo. Incluye por lo menos 04 fotografías digitales antes y después del trabajo ejecutado. Cumplimiento de normas de distribución, AST's, procedimientos de trabajo y disposiciones para ejecución de trabajos.				
(1 Evento = 1 UN)	Unidad: UN	Rend. Día: 5.63	Jornada: 9.60		

MANO DE OBRA

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Capataz	1.0000	1.705389	20.52	34.99
	Operarios	2.0000	3.410778	10.68	36.43
	Ayudante	1.0000	1.705389	8.20	13.98
				Sub - Total	85.41

TRANSPORTE

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Camion para cuadrilla inaccesibles	1.0000	1.705389	23.44	39.98
				Sub - Total	39.98

COMUNICACIÓN / FORMATOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Nextel ilimitado	1.0000	1.705389	0.16	0.27
	Tablet	1.0000	1.705389	0.10	0.17
	RPC	0.5000	0.852695	0.00	-
	Cargador de Equipo Tablet	2.5000	4.263473	0.02	0.02
	Formato de atención	1.0000	1.705389	0.60	1.02
				Sub - Total	1.31

UNIFORMES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Herramientas para cuadrilla inaccesibles	1.0000	1.705389	3.34	5.70
	Uniformes y Equipos de Protección Pers	1.0000	1.705389	0.03	0.05
	Kit de señalización en vías peatonales	1.0000	1.705389	0.43	0.73
				Sub - Total	6.48

CAPACITACIÓN

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	TOTAL(S/.)
	Capacitación	1.0000	1.705389	0.49	0.83
				Sub - Total	0.83

Subtotal General	134.01
Porcentaje del Contratista	19% 25.73
FACTOR POR TRABAJOS DE EMERGENCIA	101% 161.55
Total S/.	161.55

Fuente: Tecsur S.A.

ANEXO N° 11

ANEXO N° 11. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 3

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS 3			
Código de matrícula:	COSTO UNITARIO 3		
Descripción matrícula:	Cambio de pastoral simple con cuadrilla de inaccesibles por reclamos A.P.		
Detalle de matrícula:	<p>Considera el retiro de pastoral simple y la instalación del nuevo. Incluye conexión y traslado de luminaria. Entrega de acta de conformidad al cliente con cargo. Incluye por lo menos 04 fotografías digitales antes y después del trabajo ejecutado. Cumplimiento de normas de distribución, AST's, procedimientos de trabajo y disposiciones para ejecución de trabajos.</p>		
	Unidad:	Rend. Día:	Jornada:
(1 Evento = 1 UN)	UN	5.83	9.60

MANO DE OBRA

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Capataz	1.0000	1.647904	20.52	33.81
	Operarios	2.0000	3.295808	10.68	35.20
	Ayudante	1.0000	1.647904	8.20	13.51
Sub - Total					82.53

TRANSPORTE

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Camion para cuadrilla inaccesibles	1.0000	1.647904	23.44	38.63
Sub - Total					38.63

COMUNICACIÓN / FORMATOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Nextel ilimitado	1.0000	1.647904	0.16	0.26
	Tablet	1.0000	1.647904	0.10	0.16
	RPC	0.5000	0.823952	0.00	-
	Cargador de Equipo Tablet	2.5000	4.119760	0.02	0.02
	Formato de atención	1.0000	1.647904	0.60	0.99
Sub - Total					1.26

UNIFORMES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Herramientas para cuadrilla inaccesibles	1.0000	1.647904	3.34	5.51
	Uniformes y Equipos de Proteccion Pers	1.0000	1.647904	0.03	0.04
	Kit de señalización en vías peatonales	1.0000	1.647904	0.43	0.71
Sub - Total					6.26

CAPACITACIÓN

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	TOTAL(S/.)
	Capacitación	1.0000	1.647904	0.49	0.80
Sub - Total					0.80

Subtotal General		129.48
Porcentaje del Contratista	19%	24.86
FACTOR POR TRABAJOS DE EMERGENCIA	101%	156.09
Total S/.		156.09

Fuente: Tecsur S.A.

ANEXO N° 12

ANEXO N° 12. ANÁLISIS COSTOS UNITARIOS 4

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS 4			
Código de matrícula:	COSTO UNITARIO 4		
Descripción matrícula:	Cambio o reposición de difusor con BH por reclamos A.P.		
Detalle de matrícula:	<p>Considera el retiro de difusor defectuoso y la instalación de un nuevo elemento. Entrega de acta de conformidad al cliente con cargo. Incluye por lo menos 04 fotografías digitales antes y después del trabajo ejecutado. Cumplimiento de normas de distribución, AST's, procedimientos de trabajo y disposiciones para ejecución de trabajos.</p>		
(1 Evento = 1 UN)	Unidad: UN	Rend. Día: 16.13	Jornada: 12.00

MANO DE OBRA

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Operario Brazo Hidraulico Reclamos AP	1.0000	0.744186	10.68	7.95
				Sub - Total	7.95

TRANSPORTE

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Brazo Hidraulico AP	1.0000	0.744186	40.10	29.84
				Sub - Total	29.84

COMUNICACIÓN / FORMATOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Nextel ilimitado	1.0000	0.744186	0.05	0.04
	Tablet	1.0000	0.744186	0.10	0.07
	RPC	0.5000	0.372093	0.00	-
	Cargador de Equipo Tablet	2.5000	1.860465	0.00	0.02
	Formato de atención	1.0000	0.744186	0.60	0.45
				Sub - Total	0.50

UNIFORMES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	Total (S/.)
	Herramientas para BH AP	1.0000	0.744186	0.35	0.26
	Uniformes y Equipos de Proteccion Pers	1.0000	0.744186	0.03	0.02
	Kit de señalización en vías vehiculares	1.0000	0.744186	5.72	4.26
				Sub - Total	4.53

CAPACITACION

Matrícula	Descripción	Cantidad	Rend. Unit.	P.U. (S/.)	TOTAL(S/.)
	Capacitacion	1.0000	0.744186	0.10	0.08
				Sub - Total	0.08

Subtotal General		42.90
Porcentaje del Contratista	19%	8.24
FACTOR POR TRABAJOS DE EMERGENCIA	101%	51.71
Total S/.		51.71

Fuente: Tecsur S.A.

ANEXO N° 13

**ANEXO N° 13. PLANO ELÉCTRICO DEL ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

