



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“MEJORA DE LA CALIDAD Y COSTOS EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO DE PÚBLICO MEDIANTE TECNOLOGÍA ALTERNATIVA LED EN UN CONDOMINIO DE PLAYA EN ASIA- CAÑETE 2018.”

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Br. Luis Enrique Castro Sánchez

Asesor:

Dr. Jorge Nelson Malpartida Gutiérrez

Lima – Perú

2018

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Luis Enrique Castro Sánchez**, denominada:

“MEJORA DE LA CALIDAD Y COSTOS EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO MEDIANTE TECNOLOGÍA ALTERNATIVA LED EN UN CONDOMINIO DE PLAYA EN ASIA-CAÑETE 2018”

Dr. Jorge Nelson Malpartida Gutiérrez

ASESOR

Ing. Nombres y Apellidos

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Nombres y Apellidos

JURADO

Ing. Nombres y Apellidos

JURADO

DEDICATORIA

A Dios por darme el conocimiento, a mis padres por darme la vida y el apoyo moral, a mi esposa e hijos por el apoyo incondicional y, ceder momentos que les pertenecía por darme la oportunidad de cumplir este sueño anhelado.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, a mis hijos, a los profesores, quienes durante el tiempo que estuve en la Universidad me brindaron los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

A mi asesor por aceptar este reto de iniciar este proyecto, por su compromiso y por brindarme sus conocimientos incondicionalmente para lograr el mejor resultado.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE alma mater de mi formación profesional, por brindarme todas las Herramientas e Instrumentos para poder hacer frente el actual mundo competitivo laboral.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su colaboración para la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Antecedentes	17
1.2 Realidad Problemática	17
1.2.2. Nacional	21
1.2.3. Local	24
1.3 Formulación del Problema	26
1.3.1 Problema General	26
1.3.2 Problema Específico	26
1.3.1.1 Problema específico 01	26
1.3.1.2 Problema específico 02	26
1.4 Justificación	27
1.4.1 Justificación Teórica	28
1.4.2 Justificación Práctica	29
1.4.3 Justificación Cuantitativa	29
1.4.4 Justificación Académica	30
1.5 Objetivo	30
1.5.1 Objetivo General	30
1.5.2 Objetivo Específico	30
1.5.2.1 Objetivo específico 1	30
1.5.2.2 Objetivo específico 2	30
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	31
2.1 Antecedentes	31
2.1.1 Antecedentes Internacionales	31
2.1.2 Antecedentes Nacionales	33
2.2 Conceptos teóricos	35
2.2.1 Concepto y definición de energía	35
2.2.2 Formas de Energía	36

2.2.2.1 La Energía Cinética.....	36
2.2.2.2 La Energía Potencial	36
2.2.2.2.1 La Energía Térmica.....	37
2.2.2.2.2 La Energía Química	37
2.2.2.2.3 La Energía Bioquímica	37
2.2.2.2.4 La Energía Metabólica.....	37
2.2.2.2.5 La Energía Eléctrica	38
2.2.2.2.6 La Energía Radiante	38
2.2.2.2.7 La Energía del Mar.....	38
2.2.2.2.8 La energía eólica.....	38
2.2.2.2.9 La energía geotérmica.....	38
2.2.3 El sistema energético	39
2.2.3.1. Problemas del actual sistema energético:.....	40
2.2.3.1.1. Agotamiento de los combustibles fósiles.....	40
2.2.3.1.2. El final de los combustibles fósiles.....	40
2.2.3.1.3. Elementos relacionados con la calidad del servicio de energía en alumbrado público.....	43
2.2.4 Sistema de alumbrado publico.....	43
2.2.4.1. Descripción del servicio de Alumbrado Público	43
2.2.4.2. Alumbrado complementario de vías públicas	44
2.2.4.3. Tipos de Alumbrado	44
2.2.4.4. Tipos de alumbrado en vías de tránsito vehicular motorizado.....	44
2.2.4.5. Criterios generales de seguridad y comodidad.....	47
2.2.4.6. Conceptos básicos de iluminación	47
2.2.4.6.1 Luminaria de alumbrado público.	47
2.2.4.6.2 Partes de una luminaria de alumbrado público.....	47
2.2.4.6.3 Candela	48
2.2.4.6.4 Flujo luminoso.....	48
2.2.4.6.5 Intensidad luminosa	49
2.2.4.6.6 Definición de brillo.....	49
2.2.4.6.7 El lux.....	49
2.2.4.6.8 Diferencia entre Lux y Lumen	49
2.2.4.6.9 Deslumbramiento	49
2.2.4.7 Índice de control de deslumbramiento.....	50
2.2.4.8 Eficacia lumínica	51
2.2.4.9 Temperatura de color	51
2.2.5 Tensión.....	51
2.2.6 Potencia eléctrica	51

2.3	Definición de términos básicos	51
2.3.1.	Eficiencia energética	51
2.3.2	Problemas y ventajas de la eficiencia energética	52
2.3.3	Fotometría	52
2.3.4	Luminancia	53
2.3.5	Iluminancia	55
2.3.6	Calidad del alumbrado público	56
2.3.7	Estándares de calidad de alumbrado	56
2.3.8	Uniformidades de luminancia e iluminancia	57
2.3.8.1.	Disposición de Luminarias	58
2.3.8.2.	Lámparas y luminarias	65
2.4	Alumbrado público con tecnología LED	67
2.4.1.	Fundamentos de la tecnología LED	67
2.4.2	Características de los LEDs	70
2.4.3	Ventajas de las luminarias LED	71
2.4.4	Elección de luminarias	78
2.5	Especificaciones técnicas de materiales y equipos existentes	79
2.5.1.	Postes	79
2.5.1.1.	Uso	79
2.5.1.2.	Especificaciones	79
2.5.1.3	Pastorales	80
CAPÍTULO 3. DESARROLLO		82
3.1	Desarrollo el Objetivo específico 1	82
3.1.1	Situación actual	82
3.1.2	Equipos de luminarias existentes	82
3.1.3	Lámparas	83
3.1.4	Luminarias proyectadas	84
3.1.5	Recopilación de la información	84
3.1.6	Utilización d la información	85
3.1.7	Cálculos y mediciones con luminarias existentes.	85
3.1.7.1	Disposición de las luminarias	85
3.1.7.2	Identificación de la calzada	86
3.1.7.3	Niveles requeridos de luminancia, iluminancia, e índice de control de deslumbramiento según norma.	86
3.1.7.4	Uniformidades de luminancia e iluminancia requeridas.	87
3.1.7.5	Disposición de luminarias en las vías de alumbrado existentes.	87
3.1.7.6	Cuadro de cargas en Alumbrado Público de las Sub Estaciones.	87

3.1.7.7 Mediciones de la calidad en el alumbrado público con los equipos de luminarias VSAP existentes en el condominio.	88
3.1.7.8 Mediciones de la calidad en el alumbrado con luminarias LED proyectadas en el condominio.	91
3.2 Desarrollo el Objetivo específico 2.....	95
3.2.1 Consideraciones de cálculos de consumo de energía y costos.	95
3.2.2 Análisis técnico económico del sistema de Alumbrado Público empleando ambos tipos de luminarias.	98
3.2.3 Costos de luminarias existentes y luminarias de VSAP.....	99
3.2.4 Costos de operación de mantenimiento.	100
3.2.5 Análisis económico VAN, TIR, NPER.	101
CAPITULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	106
4.1 RESULTADOS	106
4.1.1 Resultados del objetivo específico 1	106
4.1.2 Resultados del Objetivo específico 2	107
4.2 CONCLUSIONES	109
4.2.1 Conclusiones de objetivo específico 1	109
4.2.2 Conclusiones del objetivo específico 2.....	109
4.3 RECOMENDACIONES	110
4.3.1. Recomendaciones para el objetivo específico 1.....	110
4.3.2. Recomendación para el objetivo específico 2	110
REFERENCIAS	111
ANEXOS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1. Fuente la Minerva de México.....	20
Figura nº 2. Plaza Liberación de México.....	20
Figura nº 3. Alumbrado público con luminarias LED La Punta - Callao.....	22
Figura nº 4. Luminarias de tipo LEDs	23
Figura nº 5. Cadena de valor de la electricidad.....	24
Figura nº 6. Diagrama de Pareto de la causas.....	25
Figura nº 7. Diagrama de Causa y efecto de la situación lumínica del caso de estudio	26
Figura nº 8. Luz blanca y su descomposición, luz proveniente del sol, y	28
Figura nº 9. Energía primaria mundial consumida en el año 2014.....	42
Figura nº 10. Energía primaria mundial consumida en el año 2015.....	42
Figura nº 11. Curva de sensibilidad del ojo humano a las radiaciones monocromáticas.	48
Figura nº 12. Curva polar de luminaria de alumbrado público	55
Figura nº 13. Disposiciones de las Luminarias.....	59
Figura nº 14. Implantación Unilateral.	59
Figura nº 15. Bilateral Tresbolillo	60
Figura nº 16. Bilateral pareada	60
Figura nº 17. Central o Axial	61
Figura nº 18. Bilateral Pareada (Implantación Mediana Carretera independiente)	61
Figura nº 19. Implantación central (1).....	62
Figura nº 20. Implantación Catenaria.....	62
Figura nº 21. Curvas Isolux de una luminaria.....	63
Figura nº 22. Coordenadas Polar I - C – γ	64
Figura nº 23. Curva de distribución Luminosa.....	65
Figura nº 24. Construcción interna de un LED común usado en alumbrado público.	68
Figura nº 25. Principio de emisión de luz.	69
Figura nº 26. Composición de un LED (capas).	69
Figura nº 27. Esquema de conexión de un LED.....	77

Figura nº 28. Características de un pastoral parabólico simple	81
Figura nº 29. Lámpara de vapor de sodio de alta presión	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1.	Evaluación de las causas de la problemática.....	25
Tabla nº 2.	Calidad y formas de energía.....	39
Tabla nº 3.	Energía consumida en el planeta en (TW/h) en las cuatro últimas décadas.	41
Tabla nº 4.	Parque instalado de unidades de alumbrado público a nivel Nacional.....	44
Tabla nº 5.	Tipos de alumbrado según clasificación vial.....	46
Tabla nº 6.	Clasificación numérica de deslumbramiento.....	50
Tabla nº 7.	Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento.....	50
Tabla nº 8.	Identificación de tipos de calzadas.....	51
Tabla nº 9.	Unidades de fotometría del sistema internacional.....	53
Tabla nº 10.	Identificación de tipos de calzadas.....	57
Tabla nº 11.	Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento.....	57
Tabla nº 12.	Uniformidad de luminancia.....	57
Tabla nº 13.	Uniformidad media de Iluminancia.....	58
Tabla nº 14.	Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje.....	65
Tabla nº 15.	Tipos de luminarias clasificación (CIE) 1965.....	66
Tabla nº 16.	Tabla comparativa de diferentes características entre lámparas LEDs, CFLs e Incandescentes.....	71
Tabla nº 17.	Tabla de niveles de protección de luminarias.....	74
Tabla nº 18.	Especificaciones técnicas de los halogenuros metálicos.....	75
Tabla nº 19.	Especificaciones técnicas de lámparas vapor de sodio.....	75
Tabla nº 20.	Especificaciones técnicas vapor de sodio de baja presión.....	76
Tabla nº 21.	Especificaciones técnicas de los LED.....	77
Tabla nº 22.	Especificaciones técnicas de los fluorescentes.....	78
Tabla nº 23.	Características y/o especificaciones técnicas de los postes de Concreto Armado Centrifugado.....	80
Tabla nº 24.	Características técnicas de pastorales de Concreto Armado Vibrado.....	81
Tabla nº 25.	Datos de Luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión existentes.....	84

Tabla nº 26.	Luminarias led proyectadas.	84
Tabla nº 27.	Tipos de alumbrado en calles mencionadas.....	86
Tabla nº 28.	Tipo de calzada existente.	86
Tabla nº 29.	Niveles de luminancia e iluminancia, índice de control de deslumbramiento requeridos según clasificación de tipo de vía.....	86
Tabla nº 30.	Uniformidad media de Iluminancia para el tipo de vía requerida.	87
Tabla nº 31.	Disposición de las Luminarias en Vías existentes	87
Tabla nº 32.	Cuadro de cargas de luminarias de VSAP Sub Estación “A” consumo por hora. 87	
Tabla nº 33.	Cuadro de cargas de luminarias de VSAP Sub Estación “B” consumo por hora. 88	
Tabla nº 34.	Cuadro de cargas de luminarias de VSAP de las sub estaciones A y B consumo por hora.....	88
Tabla nº 35.	Mediciones en campo de Iluminancia Luminarias existentes VSAP.....	89
Tabla nº 36.	Eficiencia energética Luminarias existentes VSAP.....	90
Tabla nº 37.	Mediciones en campo de Iluminancia Luminarias LED proyectadas.....	91
Tabla nº 38.	Cálculo de Eficiencia energética en las luminarias tipo LED proyectadas	92
Tabla nº 39.	Consideraciones porcentuales de Luminarias LED a instalar.	93
Tabla nº 40.	Cuadro de carga de las Luminarias LED proyectadas sub estación “A” consumo hora.	94
Tabla nº 41.	Cuadro de carga de las luminarias LED proyectadas sub estación “B” consumo hora.....	94
Tabla nº 42.	Comparativo de máxima demanda entre luminarias LED 70 W y VSAP 150 W consumo hora sub estaciones A y B.	94
Tabla nº 43.	Comparativo total de demanda máxima entre VSAP y LED consumo hora.	95
Tabla nº 44.	Consumo mensual por energía eléctrica del periodo 2017 con los equipos existentes de VSAP en ambas sub-estaciones que corresponden a vivienda.....	96
Tabla nº 45.	Consumo mensual por energía eléctrica del periodo 2018 con los equipos LED proyectados en ambas sub-estaciones que corresponden a vivienda, conservando el plan tarifario 2017.	97

Tabla nº 46.	Ahorro de energía y costos por consumo mensual por un año con luminarias LED.....	98
Tabla nº 47.	Costos de las luminarias existentes. VSAP	99
Tabla nº 48.	Costos de las luminarias LED según marca y modelo.....	100
Tabla nº 49.	Costos por mantenimiento de luminarias existentes de vapor de sodio	100
Tabla nº 50.	Costos por mantenimiento de luminarias LED y VSAP no consideradas.	100
Tabla nº 51.	Ahorro económico por mantenimiento del alumbrado.....	101
Tabla nº 52.	Tiempo de vida útil de las luminarias de VSAP y LED.....	101
Tabla nº 53.	Flujo de caja neto de las luminarias de vapor de sodio VSAP.	102
Tabla nº 54.	Flujo de caja neto de las luminarias LED proyectadas.	103
Tabla nº 55.	Flujo de caja de la diferencia entre VSAP y LED.....	104
Tabla nº 56.	Mejora de la calidad en cuanto a Iluminancia LED frente a VSAP.	106
Tabla nº 57.	Mejora de la calidad en cuanto a eficiencia, LED frente a VSAP.	107
Tabla nº 58.	Resultado de consumo de energía y costos por sub estación VSAP y LED.....	108
Tabla nº 59.	Ahorro económico por consumo de energía de la Luminaria LED.	109

RESUMEN

En el análisis del requerimiento de este proyecto de mejora se realizó tras identificar los problemas que causan ineficiencia en la calidad de la iluminación en el sistema de alumbrado en vías de acceso y en vías de circulación en zonas críticas y requeridas. Con los datos provistos por el propietario del recinto y de las observaciones hechas durante los estudios preliminares y de los datos recopilados de los 5 últimos años del departamento de Administración. Se utilizó métodos y cálculos, fórmulas matemáticas de fotometría, luminancia e iluminancia para pruebas de la deficiencia en la calidad del sistema de Alumbrado en vías de circulación.

Los valores obtenidos de dichas pruebas se trabajaron en una plantilla de Microsoft Excel, Los cuales nos ayudaron a determinar eficientemente las formas y tecnologías a emplearse para dicha mejora y lograr la calidad en la eficiencia energética.

Actualmente el recinto materia de estudio aún cuenta con equipos de alumbrado de tecnología convencional como son las lámparas de Vapor de Sodio de alta presión los cuales necesitan de una cantidad excesiva de iluminancia para alcanzar un aceptable rendimiento, dado el tiempo de uso y la cantidad de horas de trabajo se determinó que estos equipos de tecnología convencional tienden a perder su capacidad lumínica. Los equipos con tecnología LED tienen mejor calidad de iluminación y una eficiencia energética de entre 80 y 85 % para las aspiraciones y tomar decisiones. Al utilizar este tipo de tecnología que ahorren energía de forma eficiente y económica además de respetuosa del medio ambiente, es una gran alternativa para la reducción de costos de tarifas eléctricas y minimizando la dependencia de tecnologías convencionales de vapor de sodio, halogenuros y de mercurio.

Palabras clave: Eficiencia energética, fotometría, luminancia, iluminancia

ABSTRACT

In the analysis of the requirement of this improvement project was made after identifying the problems that cause inefficiency in the quality of lighting in the lighting system on access roads and on roads of critical and required areas. With the data provided by the owner of the site and the observations made during the preliminary studies and the data collected from the last 5 years of the Administration department. We used methods and calculations, mathematical formulas of photometry, luminance and illuminance for tests of the deficiency in the quality of the lighting system in roads.

The values obtained from these tests were worked in a template of Microsoft Excel, which helped us to determine efficiently the forms and technologies to be used for such improvement and achieve the quality in energy efficiency.

Currently, the study area still has lighting equipment of conventional technology such as high pressure sodium vapor lamps which need an excessive amount of illuminance to achieve an acceptable performance, given the time of use and the amount of hours of work it was determined that these conventional technology equipment tend to lose their light capacity. Equipment with LED technology has better lighting quality and energy efficiency of between 80 and 85% for aspirations and making decisions. By using this type of technology that saves energy efficiently and economically, as well as being environmentally friendly, it is a great alternative for reducing electricity tariff costs and minimizing dependence on conventional sodium, halide and mercury vapor technologies.

Keywords: Energy efficiency, photometry, luminance, illuminance

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Miralrío, J. (2013). *De la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad-Universitaria. "Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público"*
- Bejarano, N. (2001). *De la Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Riobamba- Ecuador. "Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica Solar para Iluminación Externa del Modular de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo"*.
- Guzmán, R. (2012). *De la Universidad de Málaga-España. "Análisis de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Público. Indicador PM2"*.
- Giménez, p. (2005). "una ciudad para los hombres".
- Pereira, A. (2012). *De la Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Eléctrica. "Análisis De Mejoramiento De Eficiencia Energética En Planta Papelera"*.
- Lujan, L & Escobar, O. (2017). *De la Universidad Nacional del Santa Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Energía. "Análisis de indicadores de calidad y rendimiento de iluminación con dialux en el sistema de alumbrado público con tecnología led para la ciudad de Chimbote"*.
- Salazar, L. (2004). *De la universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno. "Proyecto de ahorro de energía: caso Universidad Nacional del Altiplano"*.
- Duarte, R. (2009). *"Mejoramiento de la eficiencia energética del alumbrado público en el Valle del Mantaro"*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Medrano, A. (2010). *"Rediseño e implementación de un sistema de iluminación para espacios publicitarios usando Led RGB"*. De la Pontificia Universidad Católica del Perú".
- Kuyper, J, & Ramírez, S. (2014, p, 3). *Fuentes de energía, renovables y no renovables.*
- Kuyper, J, & Ramírez, S. (2014, p. 3-7). *Fuentes de energía, renovables y no renovables.*
- Rufes, P. 2010, p. 2). *Energía solar térmica.*
- Mártel, I. Público.es. (19 mayo 2016). *Consumo actual de energía en el mundo y el dominio absoluto de los combustibles fósiles.*
- Enríquez, G. (2006, p. 20). *La calidad de la energía en los sistemas eléctricos.*
- BP España, (2015). *Consumo de energía primaria mundial en el año 2014* recuperado de

https://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2015/bp-presenta-bp-statistical-review-2015.html.

Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Electricidad, Norma técnica DGE, (2002).
“Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución. Recuperado de:

<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>

Osinergmin, (2003). *Unidad de distribución y Alumbrado Público – GFE. Parque Instalado de Unidades de Alumbrado Público a Nivel Nacional*. Recuperado de:
<http://www.osinergminorienta.gob.pe/documents/54705/55241/P2s+PDF>

Osinergmin, Norma técnica DGE, (2002). *Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Distribución*. Recuperado de:

<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>

Osinergmin, (1997). *Normas Técnicas de los Servicios Eléctricos*. Recuperado de:

https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/NTCSE_DS020-97-EM.pdf

Enel Perú, (2016). *Iluminación LED en la Punta Calla*. Recuperado de:

<https://www.enel.pe/es/historias/a201612-nuevas-luces-en-el-vecindario.html>

García y Boix, (2004). *Diagrama polar y curvas de distribución luminosa*. Recuperado de:

<https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/graficos.html>

García y Boix, (2004). *Alumbrado de vías públicas*. Recuperado de:

https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias_p.html

Fabinco S.A. características técnicas de los postes de C.A.C. Recuperado en línea de:

http://www.fabinco.pe/EE_TT_Postes_CC.pdf

Fabinco S.A. características de fabricación de los pastorales simples. Recuperado de:

http://www.fabinco.pe/EE_TT_Past_Parabolicos.pdf