



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**T E S I S**

**ANÁLISIS DEL AHORRO Y BENEFICIOS PRODUCIDOS  
CON EL REEMPLAZO A LUMINARIAS LED EN LAS  
PRINCIPALES CALLES DE MOQUEGUA 2018**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER GINO JESUS LUQUE PLANTARROSA**

**ASESOR**

**ING. YURY VASQUEZ CHARCAPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2020**

## CONTENIDO

Portada .....	i
Página de jurado .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimientos .....	iv
Contenido .....	v
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	xi
Índice de apéndices .....	xii
RESUMEN .....	xiii
INTRODUCCION .....	xv

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1. Descripción de la realidad del problema .....	1
1.2 Definición del problema .....	2
1.2.1 Problema general .....	3
1.2.2 Problemas específicos .....	3
1.3 Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4 Justificación .....	4
1.5 Alcances y limitaciones .....	5
1.5.1 Alcances .....	5

1.5.2	Limitaciones .....	5
1.6	Variables .....	6
1.6.1	Variable Independiente .....	6
1.6.2	Variables Dependientes .....	6
1.6.3	Operacionalización de variables .....	7
1.7	Hipótesis de la investigación .....	7
1.7.1	Hipótesis General .....	7
1.7.2	Hipótesis Derivadas .....	7

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1	Antecedentes a nivel nacional .....	9
2.1.2	Antecedentes a nivel internacional .....	10
2.2	Bases teóricas .....	13
2.2.1	Generalidades .....	13
2.2.2	Hisotria del alumbrado público .....	15
2.2.3	Tecnologías usadas en las luminarias de alumbrado público .....	16
2.2.4	Fundamentos de los semiconductores .....	17
2.2.5	Diodos y diodos LED .....	17
2.2.6	Importancia del reemplazo de las luminarias .....	18
2.2.7	Propiedades de las luminarias LED y luminarias de sodio de alta presión .....	19
2.2.8	Características que se deben considerar en las redes de alumbrado público .....	20

2.3	Definición de términos .....	20
2.3.1	Términos de la parte eléctrica .....	20

### CAPITULO III

#### MÉTODO

3.1	Tipo de la investigación .....	37
3.2	Diseño de la investigación .....	37
3.3	Población y muestra .....	38
3.4	Descripción de instrumentos para recolección de datos .....	38

### CAPITULO IV

#### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Presentación de resultados .....	44
4.2	Inicio del análisis .....	46
4.3	Datos a utilizar para la elaboración de resultados .....	48
4.4	Contrastación de hipótesis .....	49
4.4.1	Hipótesis General .....	49
4.4.2	Contrastación de la hipótesis general .....	49
4.4.3	Contrastación de hipótesis específicas .....	50
4.4.4	Discusión de resultados .....	51

### CAPITULO V

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones .....	53
5.2	Recomendaciones .....	55

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	57
6 Apéndices .....	59
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	61

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables .....	7
Tabla 2.	Propiedades de las luminarias .....	19
Tabla 3.	Comparación en consumo de diferentes tipos de iluminación .....	32
Tabla 4.	Comparación de beneficios en los sistemas de alumbrado público .....	34
Tabla 5.	Consumo de energía mensual por luminarias LED instaladas en las principales calles de la ciudad de Moquegua .....	39
Tabla 6.	Consumo de energía mensual que corresponde al uso de luminarias de sodio para alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua .....	40
Tabla 7.	Comparativo del consumo de energía mensual que corresponde al uso de luminarias LED y de sodio para alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018 .....	42
Tabla 8.	Comparativo del costo de consumo de energía mensual que corresponde al uso de luminarias LED y de sodio para alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018 .....	42
Tabla 9.	Consumo energético de luminarias LED en relación al consumo total de alumbrado público en la ciudad de Moquegua: primer semestre 2019 .....	43
Tabla 10.	Datos a usar para comprobación de resultados .....	48
Tabla 11.	Cantidad de luminarias sustituidas de 90 y 40 watts en las principales calles de la ciudad de Moquegua .....	48

Tabla 12. Análisis comparativo de consumo energético de luminarias de alumbrado público .....	59
Tabla 13. Resumen del análisis comparativo de los beneficios que se obtienen ....	59
Tabla 14. Matriz de Consistencia .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diferencia de índice de reproducción cromática (IRC) .....	35
Figura 2.	Medición luminaria vsap 150W .....	41
Figura 3.	Medición luminaria LED 40w .....	41
Figura 4.	Consumo anergético de alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018 .....	44
Figura 5.	Costo del consumo energético de alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018 .....	45
Figura 6.	Tasa del consumo energético de alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, primer semestre del año 2019 .....	45



## ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice A.	Cuadros comparativos de consumos, costos y beneficios .....	61
Apéndice B.	Extracto de la matriz de registros de consumo energético de alumbrado público de la región sur, monitoreado por ElectroSur S.A. ....	62

## RESUMEN

El objetivo de la tesis denominada “Análisis del ahorro y beneficios producidos con el reemplazo a luminarias LED en las principales calles de Moquegua 2018” fue dar resultados de forma cuantificada de los ahorros y beneficios producidos por el reemplazo de las luminarias de alta presión de sodio por las luminarias LED en el sistema de alumbrado público, que se realizó en las principales calles del centro histórico de Moquegua 2018, estos resultados fueron vistos desde diferentes puntos de vista como por ejemplo: ahorro de consumo energético, ahorro económico, mejoras que pueden reflejarse en la confiabilidad del sistema de alumbrado público, ahorro económico en el área de mantenimiento, se pudieron apreciar los beneficios con lo que respecta al impacto ambiental, la seguridad y salud de la población en general y sobre todo al personal técnico que laboran en los sistemas de alumbrado público. Se analizaron los consumos energéticos los cuales nos arrojaron un ahorro significativo, el cual es directamente proporcional al ahorro económico por el concepto de consumo eléctrico.

*Palabras clave:* ahorro, beneficios, reemplazo, cuantificar, energía, mantenimiento.

## **ABSTRACT**

The objective of the thesis entitled “Analysis of the savings and benefits produced with the replacement of LED luminaires in the main streets of Moquegua 2018” was to give quantified results of the savings and benefits produced by the replacement of high-pressure sodium luminaires Due to the LED luminaires in the public lighting system that was carried out in the main streets of the historic center of Moquegua 2018, these results were seen from different points of view such as: energy saving, economic savings, improvements that can be reflected in the reliability of the public lighting system, economic savings in the maintenance area, the benefits could be appreciated with regard to the environmental impact, safety and health of the population in general and especially to the technical personnel working in the systems of Street lighting. Energy consumption was analyzed, which gave us significant savings, which is directly proportional to economic savings due to the concept of electricity consumption.

*Keywords:* saving, benefits, replacement, quantify, energy, maintenance.

## INTRODUCCIÓN

El avance inminente de la tecnología conlleva a analizar y cuantificar los costos y beneficios a obtener gracias a la optimización en iluminación, nos referimos a las luminarias LED siendo estos nuevos productos que cumplen con las aplicaciones y normas requeridas y usadas en sistemas de alumbrado público, esta investigación resultó ser de gran importancia debido a que nos enfocaremos a diferentes parámetros para poder así dar a conocer a las empresas, municipios, gobierno regional, asociaciones, público en general y distribuidoras y comercializadoras del suministro eléctrico y el ahorro que pueden generar usando las luminarias LED.

La importancia de dicha tesis es dar resultados cuantitativos de los ahorros y beneficios de los diferentes parámetros ya mencionados con el reemplazo de las luminarias de alta presión de sodio por luminarias LED, radica principalmente en el hecho de dar un mejor servicio (confiabilidad y fiabilidad), ahorros de costos producidos por mantenimiento (mantenibilidad), cabe resaltar el gran ahorro de consumo eléctrico gracias a nuevas tecnologías aplicadas en las luminarias LED, por lo tanto, este trabajo demostró mediante fórmulas, ecuaciones y recolección de datos de todos los costos que se ahorraron y se produjeron al cambiar y optimizar las luminarias, los cuales nos beneficiaron enormemente desde diferentes puntos de vista ya sean económicos, contaminación ambiental, ahorro energético y en la reducción de los procesos de mantenimiento.

Polzin, von Flotow y Nolden (2016), según los antecedentes y estudios realizados en otros países, afirman que, gracias a los nuevos tipos de sistemas de iluminación, los sistemas convencionales de alumbrado público (luminarias) al ser optimizados por sistemas de luminarias LED el consumo energético se logra disminuir hasta en un 60%

en comparación al sistema convencional (luminarias de sodio de alta presión) siendo aún usado hasta la actualidad en la mayoría de circuitos de alumbrado público de la región, país y a nivel mundial.

Gracias a la optimización del sistema de alumbrado público se brindan las luminarias de la nueva tecnología LED, aparte de tener ahorro energético, ahorro económico, ayuda a mejorar la confiabilidad y fiabilidad del sistema, reducirá la carga en los circuitos que por ende reducirá la carga en los conductores, factor de utilización y carga en los transformadores de los cuales se alimenten los circuitos de alumbrado público, reducción en los costos de mantenimiento debido a que sus mantenimientos son a mayores plazos y menores a comparación del sistema de luminarias de alta presión de sodio, la nueva tecnología también influirá en el índice de reproducción cromática (CRI), vale la pena resaltar la reducción de impacto ambiental y la reducción de riesgos para los técnicos o personas que trabajen en el mantenimiento de sistemas de alumbrados públicos.

Con un aumento de la eficiencia energética de hasta el 70 % en comparación con la iluminación convencional, las farolas LED son un buen ejemplo para el análisis de las opciones de gobernabilidad para la adquisición y modernización de la eficiencia energética municipal. Este documento analiza el papel de diferentes acuerdos de gobernanza municipal para la obtención, implementación y gestión de tecnologías innovadoras de reducción de la demanda de energía (EUED, por sus siglas en inglés) que reducen el consumo absoluto de energía primaria y la prestación de servicios de energía utilizando el ejemplo de Alemania. Alemania es un lugar de investigación particularmente interesante debido a su diversidad municipal. acuerdos de gobernanza del servicio energético y las correspondientes actividades de adquisición y modernización.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Descripción de la realidad del problema**

En la Región de Moquegua, el alumbrado público representa un costo para todos los usuarios de las empresas de distribución eléctrica las cuales aparte de brindar el suministro a cada domicilio tienen por normativa hacerse cargo de los sistemas de alumbrado público, los sistemas usados en la mayoría de la ciudad ya son de una tecnología que no es la más eficiente, lo cual se ve reflejado en el consumo de energía eléctrica y costo de operación de dichos sistemas de alumbrado público cabe mencionar que este sistema presenta diversas fallas debido al uso de luminarias de vapor de sodio de alta presión estas fallas se producen debido a que estas presentan partes removibles los cuales tienen diferentes tiempos de vida útil, debido a esto al fallar en al menos uno de sus componentes nos deja sin el funcionamiento adecuado de la luminaria, la confiabilidad del sistema de alumbrado público no es la más óptima en la actualidad debido a las fallas producidas por algún componente o elemento móvil de la luminaria. Lo cual crea descontento, malestar e inseguridad a la población de Moquegua.

Otra de las problemáticas que presenta el uso de luminarias de alta presión de sodio es el riesgo y mal desecho ocasionado por los desechos electrónicos y

eléctricos los cuales contienen materias primas contaminantes y gases pesados, hacen que las actividades a realizar por el personal técnico calificado se expongan a un inminente riesgo a la salud, seguridad y al medio ambiente.

Identificamos como problemática: el consumo energético, costo de consumo energético, que debidamente valorados se espera eleven los beneficios acompañados de una reducción de los problemas al cambiar las luminarias de sodio por luminarias con LED (diodos emisores de luz).

En dicho trabajo nos referimos a las calles principales de Moquegua a las siguientes que se mencionaran a continuación: *Av. Balta, Calle Piura, Calle Moquegua, Calle 25 de Noviembre, Calle Áncash, Calle Tacna, y Parque Andrés Avelino Cáceres (ex Alameda).*

## **1.2 Definición del problema**

En nuestra ciudad se usa aún iluminación eléctrica para alumbrado público con lámparas de sodio, lo cual demanda un alto consumo energético como otras desventajas en relación a nuevas tecnologías como las lámparas LED de bajo consumo energético. Se identificó que se han realizado instalaciones de luminarias LED en algunas calles de nuestro casco urbano pero no se ha medido su impacto o beneficios, ante esta situación se planteó hacer un análisis del ahorro energético y beneficios que suministran estas luminarias LED comparando con las lámparas de sodio, con la finalidad de evaluar si estos cambios han resultado pertinentes y de ser así poder sustentar la posibilidad de extender esta sustitución a otras calles como avenidas principales de nuestra ciudad. El reemplazo de las luminarias de presión de sodio se realizó en las siguientes calles y avenidas: *Av. Balta, Calle Piura, Calle Moquegua, Calle 25 de Noviembre, Calle Áncash, Calle*

*Tacna, y Parque Andrés Avelino Cáceres (ex Alameda)*, también se resalta que el trabajo está basado a 164 luminarias instaladas en el año 2018. Cabe mencionar que se realizó dicho reemplazo de las luminarias de vapor de alta presión de sodio ya que tienen un consumo elevado de energía, un costo elevado de operación, baja confiabilidad en los sistemas, tiempos distintos en sus componentes en su vida útil, una alta frecuencia de mantenimiento correctivo lo cual implica riesgos para el personal técnico debido a los siguientes factores: ascensos para realizar trabajos en altura, exposición con gases contaminantes de las lámparas, riesgos eléctricos, entre otros factores que ponen en riesgo la salud y la vida del personal de mantenimiento. Otro factor es su alta frecuencia de fallas continuas e intempestivas lo cual termina siendo molesto para los usuarios.

### **1.2.1 Problema general**

¿Es posible verificar analíticamente los ahorros producidos con el análisis del consumo energético y sus costos producidos con el reemplazo de luminarias LED en las principales Calles de Moquegua 2018?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Es posible cuantificar el consumo energético de las luminarias LED instaladas en las principales Calles de Moquegua 2018?
- ¿Es posible cuantificar el consumo energético que corresponde al uso de luminarias de sodio en las principales Calles de Moquegua 2018?
- ¿Es posible cuantificar el costo del consumo energético al emplear luminarias LED instaladas en las principales Calles de Moquegua 2018?
- ¿Es posible cuantificar el costo del consumo energético que corresponde al uso



de luminarias de sodio en las principales Calles de Moquegua 2018?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Verificar analíticamente el consumo energético y sus costos producidos con el reemplazo de luminarias LED en las principales Calles de Moquegua 2018.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar el consumo energético que se produce con las lámparas LED, instaladas en las principales Calles de Moquegua 2018.
- Cuantificar el consumo energético que corresponde al uso de luminarias de sodio, en las principales Calles de Moquegua 2018.
- Cuantificar el costo del consumo energético al emplear luminarias LED, instaladas en las principales Calles de Moquegua 2018.
- Cuantificar el costo del consumo energético que corresponde al uso de luminarias de sodio, en las principales Calles de Moquegua 2018.

### **1.4 Justificación**

La tesis tiene varios propósitos para analizar, los resultados analíticos servirán para futuros proyectos de reemplazos de luminarias y optimizaciones de sistemas de alumbrados públicos en diferentes sitios de la localidad y del país. Son las razones que permitan ampliar los estudios vinculados a más de uno de los siguientes aspectos:

- Los actuales problemas conexos por el uso excesivo de energía lo que impacta con el calentamiento global que de algún modo se verá reducido si ampliamos la iniciativa de sustituir luminarias convencionales por luminarias LED.

- La necesidad de cuantificar los niveles de ahorro energético como económico que implica el uso de luminarias LED en un área piloto que luego podrá ser ampliada con indicadores y beneficios concretos.
- Dejar abierto y pendiente de desarrollo los aspectos de confiabilidad técnica a fin de sustentar la posible sustitución de luminarias convencionales por luminarias LED en los sistemas de alumbrado público.
- Recomendar el uso los indicadores de impacto ambiental, seguridad y salud que se modifican con el uso de luminarias LED en los sistemas de alumbrado público y de este modo dejar un antecedente para poder proyectar y aplicar estos nuevos sistemas a mayor escala.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

El trabajo de investigación analítica tiene como alcances los siguientes puntos:

- Dar a conocer el ahorro energético estimado que se ha generado con el reemplazo de luminarias LED en las principales calles del centro histórico de la ciudad de Moquegua las cuales se comprenden: Calle Moquegua, Calle Piura, Av. Balta, alrededor de la Plaza de Armas y Parque Andrés Avelino Cáceres s/n.
- Estimar los gastos de operación que generó el reemplazo de luminarias LED en las principales calles del centro histórico de la ciudad de Moquegua para poder cuantificar de modo concreto el probable ahorro.

### **1.5.2 Limitaciones**

En el presente trabajo de investigación analítica tenemos las siguientes limitaciones:

- El periodo de tiempo que se empleará para ejecutar la tesis será de 06 meses por cada tipo de tecnología que se desea comparar, por lo cual nos limitaremos a un año de evaluación por razones económicas y por las metas profesionales que se pretende alcanzar.
- Otra limitación es en cuanto a los componentes de los costos a evaluar, se analiza solamente los costos por consumo energético pues los costos de producción, operación, mantenimiento, tarifa y otros no están a nuestro alcance, sin embargo, los mencionamos como posibles aspectos a relacionar en otras investigaciones.
- El financiamiento y permisos necesarios para poder realizar controles del consumo energético mediante instrumentos de medición, son también limitaciones, en nuestro caso tomamos los informes mensuales de consumo promedio del año 2018, y que forman parte de los documentos de recolección de datos de este trabajo de investigación.

## **1.6 Variables**

### **1.6.1 Variable independiente**

Tecnología de lámparas para alumbrado público (*tipo de variable*: cualitativa, *escala*:\_nominal, *valores*:\_incandescente de sodio, LED).

### **1.6.2 Variables dependientes**

- Consumo energético.
- Costos de consumo energético.

En la Tabla 1 se realizó la consolidación de las variables, ya sea la variable independiente como las variables dependientes en la cual se especifica su

dimensión, indicador y la metodología aplicada que se llevó a cambio en la investigación realizada.

### 1.6.3 Operacionalización de variables.

**Tabla 1**  
*Operacionalización de variables*

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador	Metodología
Variable independiente	Tecnología de lámparas para alumbrado público.	Adimensional.	Nominal (incandescente y LED).	Análisis comparativo de las variables a tratar por la sustitución de luminarias de sodio por luminarias LED 2018.
Variables dependientes	Consumo Energético. Costo de consumo energético.	Energía horaria consumida. Costo de la energía horaria consumida.	kWh (S)/kWh	

## 1.7 Hipótesis de la investigación

### 1.7.1 Hipótesis general

El consumo energético y sus costos con el reemplazo de luminarias LED en las principales Calles de Moquegua 2018, son significativamente menores a los valores de consumo y costos cuando se usa lámparas de sodio.

### 1.7.2 Hipótesis derivadas

- El consumo energético que se produce con luminarias LED instaladas en las principales Calles de Moquegua 2018, se podrá realizar la verificación de la

disminución del consumo energético.

- El consumo energético que corresponde al uso de luminarias de sodio en las principales Calles de Moquegua 2018, se podrá realizar la verificación del consumo energético para la comparación.
- El costo del consumo energético de las luminarias LED instaladas en las principales Calles de Moquegua 2018, se podrá realizar la verificación de la disminución del costo del consumo energético.
- El costo del consumo energético que corresponde al uso de luminarias de sodio instaladas en las principales Calles de Moquegua 2018, se podrá realizar la verificación del costo del consumo energético para la comparación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

##### **2.1.1 Antecedentes a nivel nacional**

La Punta, Callao, se ha convertido en el primer distrito del país en contar con alumbrado público LED en la mayoría de sus calles (Enel X, 2018). La empresa afirmará que concluyó la segunda etapa de las obras de instalación de esta tecnología en su jurisdicción, en el marco de un convenio suscrito con la municipalidad distrital.

Chantera y Tobar (2013) afirman que, con las obras concluidas obtenemos el 63 % del distrito iluminado con LED. Esta tecnología consume hasta un 30 % menos energía, por lo que tiene un impacto menor en el medio ambiente. Asimismo, al brindar mayor luminosidad, favorece el registro de las cámaras de seguridad ciudadana, además de actuar como un disuasivo más eficaz ante la delincuencia, sostuvo Ricardo Lama, responsable de infraestructura y redes de distribución Perú.

El alumbrado LED también garantiza mayor durabilidad, ya que su tiempo de vida útil es dos veces mayor al de la luminaria convencional de sodio. Adicionalmente, se trata de una tecnología preparada para integrarse a un

sistema de tele gestión del alumbrado público, que podría implementarse en fases posteriores del proyecto.

La primera etapa de construcción concluyó en enero de 2017, iluminando las dos principales avenidas del distrito (Miguel Grau y Francisco Bolognesi). Esta segunda etapa incluyó la Plaza de Armas de La Punta, el parque José Gálvez, las calles Tarapacá y Comandante Juan Fanning, así como algunas calles transversales a las vías principales. Se estima que una tercera y última etapa pueda desarrollarse en el 2018.

Enel X (2018) empresa que ejecutó el proyecto de iluminación LED en La Punta (Callao) es un piloto impulsado por Enel Distribución Perú con la finalidad de resaltar los beneficios de esta tecnología, que está orientada a la formación de ciudades más eficientes en el consumo de energía.

### **2.1.2 Antecedentes a nivel internacional**

Ciudades tan diversas como Nueva York, Sídney, Taiwán, Torraca (Italia) o Barcelona iluminan de forma parcial o total sus calles con luces LED (light emisión diodo, o diodo de emisión de luz). Incluso se ha creado una red, LED City, que reúne algunas de estas iniciativas en todo el mundo. Sus responsables aseguran que han ahorrado energía y dinero de forma significativa, y que la inversión inicial se amortiza en pocos años.

Estados Unidos es uno de los países más activos en el uso de estas luminarias. Ciudades conocidas como Nueva York, Los Ángeles o Boston y otras no tanto como Ambler, Cleveland o Raleigh han puesto en marcha o planean diversos proyectos para iluminar algunas de sus calles con luces LED. En otras partes del mundo, como Taiwán o Sídney, también se han sumado a estos planes.

Djurectic y Zimmermann (2017) nos dicen que en Estados Unidos en la ciudad de Los Ángeles cuenta con 209 000 PI (puntos de iluminación), y tiene programado reemplazar en cinco años 140 000 PI que con los artefactos existentes consumen 168 gigawatt/hora de energía eléctrica a un costo de \$ 15 000 000 (quince millones de dolares americanos) por año, emitiendo 120 000 toneladas de CO<sub>2</sub>; con la tecnología LED se va a proporcionar un ahorro energético del 40 %, reduciendo los costos de operación y mantenimiento en \$ 10 000 000 (diez millones de dolares americanos) por año, así como también reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 40 500 toneladas por año. (*PI = Puntos de Iluminación*).

En Europa, Lippstadt (Alemania) han instalado 450 luminarias de tecnología LED. Sus responsables aseguran haber ahorrado 117 000 kWh anuales y una importante reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), involucradas en el cambio climático.

El municipio madrileño de Collado Mediano, de unos 6 000 habitantes y situado en plena sierra de Guadarrama, se ha convertido en el primero de España en cambiar todo su alumbrado tradicional por artefactos con tecnología LED. Han reducido la factura en un 50 %. El ayuntamiento pagaba antes 175 000 EUR (ciento setenta y cinco mil euros) al mes solo en alumbrado público y ahora esperan que no supere los 100 000 EUR (cien mil euros). Esperan amortizar en pocos años los tres millones de euros que han invertido al sustituir los 1 890 puntos de luz, ya que cada farola supone un coste de 500 EUR (quinientos euros). Las farolas están conectadas a un ordenador central, desde el que se puede, entre otras aplicaciones, regular el flujo luminoso o detectar si hay algún problema.



En el mes de febrero de 2010, los servicios municipales de Arganda del Rey (Madrid) procedieron a instalar lámparas LED de alta potencia de la marca Deltotum en diversas calles del casco urbano de la localidad, con resultado satisfactorio. El proyecto piloto, promovido por la Concejalía de Ordenación del Territorio y Servicios a la Ciudad.

El ayuntamiento de Quijorna se ha propuesto optimizar al máximo las instalaciones de alumbrado público de este municipio madrileño. Para ello, y desde que se aprobó la iniciativa, ha contado con el asesoramiento de la empresa de servicios energéticos energium. A finales de 2007 con el apoyo de la comunidad de Madrid (50 %) y recursos propios llevó a cabo una Auditoría del Alumbrado Público. El resultado de todo ello fue la primera prueba piloto con tecnología LED. Dicho ayuntamiento cuenta con unos 28 centros de mandos (SED), 1 025 puntos de iluminación (PI), potencia instalada (170 kW), potencia contratada 197 kW y consumo anual de 680 kWh.

Chantera y Tobar (2013) dan a conocer que en la ciudad de Alcorcón ha puesto en marcha, en colaboración con el IDAE (instituto para la diversificación y el ahorro de la energía), un nuevo modelo de explotación de las conservaciones de alumbrado público que mejora la eficiencia energética de las instalaciones. Según la concejala, la instalación se adecuará a las exigencias del reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (REEIAE), para lo que se realizará una inversión de 3 586 488 EUR (tres millones quinientos ochenta y seis mil cuatrocientos ochenta y ocho euros), que se amortizarán con el ahorro de energía prevista.

La iluminación de vías públicas se encuentra reglamentada en España por el REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprobó el "Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07".

Chantera y Tobar (2013) afirman que a nivel europeo se considera que el consumo de energía en todos los sistemas de iluminación es aproximadamente del 20 % del consumo eléctrico total. Ello ha traído consigo que el Parlamento Europeo apruebe una serie de Directivas que ayuden a reducir el gasto energético en iluminación, a cuidar el medio ambiente y asegurar un desarrollo sostenible para estas instalaciones.

En Italia, el pequeño pueblo de Torraca decidió en el año 2007 pasar todo su alumbrado público al sistema LED. En total, 700 luminarias que consumen el 40 % de la energía utilizada por los sistemas convencionales anteriores, según el ayuntamiento. La inversión ascendió a unos 200 000 EUR (doscientos mil euros) que esperan amortizar en el año 2011.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1 Generalidades**

Para entender mejor el proceso de cuantificar y analizar todos los temas referidos a los ahorros y beneficios que nos ofrecen los sistemas de alumbrado público con el uso de luminarias LED que vienen siendo utilizados en las principales calles de la ciudad de Moquegua a partir de mediados del año 2018. Debemos familiarizarnos con cierta terminología que se usará en la tesis, la cual estará orientada a los sistemas o redes de alumbrado público.

Como en todo servicio de comercialización y distribución de energía eléctrica de acuerdo con el artículo 85° de la ley de concesiones eléctricas D.L. N° 25844, tiene establecida una parte muy importante para las empresas que son concesionarias que suministran energía eléctrica ya sea en el caso de nuevas habilitaciones urbanas, electrificación de zonas urbanas habilitadas o agrupaciones de viviendas ubicadas dentro de la zona de concesión, indica que los interesados en ejecutar los proyectos de electrificación deben considerar las instalaciones eléctricas referentes a la red secundaria y alumbrado público los cuales pasaran a la concesionaria que se encargara de su operación y mantención adecuada.

Es de suma importancia notar que, en nuestro país Perú, el consumo de energía utilizado por servicio de las redes de alumbrado público si bien sabemos lo administran las empresas concesionarias correspondientes a cada ciudad o zona de concesión, dichos costos de operación son pagados por todos los usuarios del suministro eléctrico. El principal beneficio de la aplicación de luminarias con la tecnología LED son los costos beneficios, que generarían la reducción de la energía por reemplazar los artefactos existentes, los únicos beneficiarios serían los usuarios. En ese contexto, sin incentivos, las empresas concesionarias no harán ninguna inversión.

La mayor cantidad de fallas en sistemas de redes de alumbrado público son originadas por las fallas internas de las luminarias de alta presión de sodio utilizadas en la actualidad en un 95 % de la ciudad de Moquegua, con fallas internas se refiere a las partes removibles que poseen dichas luminarias de alta presión de sodio las cuales son los siguientes: Lámparas, arrancador, condensador, balastro. Al ser distintos elementos, cabe mencionar que dichos elementos tienen

distintos tiempos de vida útil, al fallar uno de los componentes de la luminaria queda en estado inoperativo o con oscilaciones las cuales ya son una falla, cabe mencionar que la luminaria tendrá diversos tipos de fallas debido a los tiempos de vida distintos de cada componente interior lo cual se manifiesta en los reportes de fallas que tienen las empresas distribuidoras y comercializadoras de suministro eléctrico.

Las redes de alumbrado público al ser o estar en el plan de mantenimiento de la empresa concesionaria a la cual corresponda, se requiere que estas redes sean eficientes, económicas, confiables, de calidad e intensidad permanente, y que cumplan con los parámetros establecidos según el OSINERGMIN.

### **2.2.2 Historia del alumbrado público**

La historia empieza desde tiempos inmemorables, la iluminación ha sido una necesidad básica de supervivencia del ser humano, se buscaba protegerse de los depredadores por ende tenían que minimizar el nivel de oscuridad. La primera forma de iluminación se dio mediante el fuego, las fogatas; los seres humanos buscaban calentarse y emitir iluminación, este fue el principio para el desarrollo de antorchas destinadas a la caza y a la iluminación. Estas antorchas fueron las primeras formas de alumbrado público de la antigüedad. La invención de la lámpara eléctrica se dio a conocer en el año 1650 mediante el descubrimiento del señor Otto Von Guericke; el alemán evidenció que se producía luz cuando un globo de sulfuro era rotado rápidamente y posteriormente frotado. En el año 1706, un señor llamado Francis Hawsbee corroboró este descubrimiento al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío y hacerlo rotar a gran velocidad. En 1840, William Robert Grove evidenció que cuando calentaba metales entre ellos

el platino, estos irradiaban luz por un corto periodo de tiempo, esta forma de iluminación era arqueada de donde nació el término de lámpara de arco.

La primera lámpara incandescente comercializable fue producida por Thomas Alva Edison tomando los aportes de Frederick de Moleyns en 1841 y mejorándola mediante la implementación de un filamento carbonizado aumentando la vida útil de la misma; su primera luminaria incandescente fue terminada y patentada el 21 de diciembre de 1879. La primera instalación comercial de lámparas incandescentes constó de 115 luminarias y una vida útil de 02 años.

Posteriormente en el año 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes (nitrógeno más otros gases como el argón) dentro del cristal de la lámpara aumentando así la vida útil y retardando la evaporación del filamento de tungsteno (mejores características lumínicas) mejorando a su vez la eficiencia de la luminaria.

### **2.2.3 Tecnologías usadas en las luminarias de alumbrado público**

- Lámparas fluorescentes.
- Lámparas de vapor de mercurio de alta presión.
- Lámparas de vapor de sodio a baja presión.
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión.
- Lámparas de mercurio con halógenos metálicos.
- Lámparas con descarga por inducción.
- Luminarias de tecnología LED.

#### **2.2.4 Fundamentos de los semiconductores**

Son elementos que se comportan como un conductor o como un aislante dependiendo de diversos factores, por ejemplo: el campo eléctrico o magnético, la presión, la radiación que le incide, o la temperatura del ambiente en el que se encuentre.

#### **2.2.5 Diodos y Diodos LED**

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido, bloqueando el paso si la corriente circula en sentido contrario, no solo sirve para la circulación de corriente eléctrica sino que este la controla y resiste. Esto hace que el diodo tenga dos posibles posiciones: una a favor de la corriente (polarización directa) y otra en contra de la corriente (polarización inversa). LED del acrónimo inglés, light-emitting diode: Es un diodo formado por un semiconductor con huecos en su banda de energía, tal como arseniuro de galio, los portadores de carga que cruzan la unión emiten fotones cuando se recombinan con los portadores mayoritarios en el otro lado. Dependiendo del material, la longitud de onda que se pueden producir varía desde el infrarrojo hasta longitudes de onda cercanas al ultravioleta. El potencial que admiten estos diodos dependen de la longitud de onda que ellos emiten: 2.1V corresponde al rojo, 4.0V al violeta. Los primeros LED'S fueron rojos y amarillos. Los LED'S blancos son en realidad combinaciones de tres LED'S de diferente color o un led azul revestido con un centelleador amarillo. Los LED también pueden usarse como fotodiodos de baja eficiencia en aplicaciones de señales. La eficiencia en la iluminación es algo necesario para la arquitectura sostenible. En 2009, las pruebas realizadas con bombillas LED por el

Departamento de energía de los Estados Unidos mostraban una eficiencia media desde 35 lm/W, por debajo, por tanto, de la eficiencia de las LFC, hasta valores tan bajos como 9 lm/W, peores que las bombillas incandescentes. Una bombilla led típica de 13 vatios emitía de 450 a 650 lúmenes, que equivalía a una bombilla incandescente estándar de 40 vatios.

En cualquier caso, en el año 2011 existían bombillas LED con una eficiencia de 150 lm/W, e incluso los modelos de gama baja llegaban a exceder los 50 lm/W, por lo que un led de 6 vatios podía alcanzar los mismos resultados que una bombilla incandescente estándar de 40 vatios. Estas últimas tienen una durabilidad de 1 000 horas mientras que un led puede seguir operando a una menor eficiencia durante más de 50 000 horas.

### **2.2.6 Importancia del reemplazo de las luminarias LED**

Tiene gran importancia el reemplazo de las luminarias, ya que con dicho reemplazo se está reduciendo el consumo energético en los sistemas de alumbrado público de la ciudad de Moquegua, se está reduciendo los costos de operación del sistema de alumbrado público por el concepto de consumo de energía, se están produciendo cambios en los periodos de mantenimiento, debido a que el nuevo sistema requiere otro tipo de mantenimiento mas económico, aumento de confiabilidad y disponibilidad de dichos sistemas debido a que sus partes no son removibles y son de mayor robustez, debido a ello se esta reduciendo la exposición de los riesgos de accidentes e incidentes de técnicos que se dedican al mantenimiento de dichos sistemas; con este nuevo sistema se estará ayudando a la disminución de CO<sub>2</sub> y reducción de agentes contaminantes por lo cual se verá

reflejado en una forma positiva en el impacto ambiental producida por la contaminación lumínica.

Cabe mencionar que el ahorro de energía eléctrica en la actualidad por reemplazo de luminarias varia de 30% al 45%, por ende los beneficios del reemplazo estarán reflejados a partir del primer día.

### 2.2.7 Propiedades de las luminarias LED y luminarias de sodio de alta presión

**Tabla 2**  
Propiedades de las luminarias.

Datos a tratar	Luminaria LED	Luminaria de alta presión de sodio
Tipo de conexión.	220v. de forma directa.	Indirecta, requiere balastro.
Encendido instantáneo.	Sí, no requiere calentar.	No, 4-6 minutos.
Bajo consumo.	Sí, muy eficiente.	No, de baja eficiencia.
Generación de calor.	Genera muy poco calor.	Genera calor.
Resistencia mecánica de la luminaria.	Muy resistente.	Sensible a los golpes.
Mantenimiento.	Casi nulo, limpieza.	Requiere cambio de las piezas removibles.
Tiempo de vida.	Mayor a 50000 horas de trabajo.	Aprox. 24000 horas.
Lúmenes/W.	70-90.	115.
Índice de reproducción cromática.	Mayor a 75 IRC (índice de reproducción cromática).	45.

**Fuente:** Chantera y Tobar,2013; Djurectic y Hostic, 2018



## **2.2.8 Características que se deben considerar en las redes de alumbrado público**

Las redes de alumbrado público son una parte muy significativa para las empresas comercializadoras y distribuidoras de suministro eléctrico, ya que estas empresas tienen la obligación de mantener estas redes, que son diseñadas para brindar el servicio de alumbrado público, por este motivo se busca que las redes sean lo más confiables posible, presenten un bajo consumo de energía eléctrica, presente un bajo costo de mantenimiento, que su tasa de fallas y/o reportes sean menores y así poder mejorar la confiabilidad y disponibilidad del sistema, dichos sistemas no afectan al ambiente y/o salud pública y que cumplan los parámetros y/o normativa establecida y supervisada OSINERGMIN.

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1 Términos de la parte eléctrica**

La Publicación del artículo denominado *glosario de términos de electricidad* del cual se tomó como referencia para la siguiente definición de términos que se ven envueltos a mencionarse en la investigación y con el fin de tener claro los conceptos se explican a continuación Sener (2018):

#### **2.3.1.1 Amper (A)**

Es una unidad de medida, con la que se refleja la intensidad de corriente eléctrica, cuyo símbolo es A. Su nombre proviene en memoria al físico francés André Marie Ampere. Se puede definir como el número de cargas que pasan por un punto de cierto material conductor en un segundo siendo igual a 1 coulomb sobre segundo ( $1A = 1C / s$ ) (Sener,2018).

### **2.3.1.2 Cable**

Es un conductor formado por un conjunto de hilos, ya sea trenzados o torcidos. Los cuales son utilizados para llevar la energía eléctrica de un punto a otro (Sener,2018).

### **2.3.1.3 Cableado**

Asevera que son circuitos interconectados de una forma totalmente permanente para llevar energía y/o señales de un punto a otro punto y así poder distribuir la energía eléctrica en distintos circuitos. Suele hacerse la referencia al conjunto de cables utilizados para formar una red de área local (Sener,2018).

### **2.3.1.4 Caída de tensión**

Refiere que es la diferencia de potencia que se produce en la tensión desde un punto de partida a otro punto de recepción (Sener,2018).

### **2.3.1.5 Calidad**

Es la condición aceptable de cumplir los parámetros de la frecuencia, tensión, y forma de onda del servicio de energía eléctrica, suministrada a los usuarios de acuerdo a las normas y reglamentos ya establecidos (Sener,2018).

### **2.3.1.6 Carga**

Se refiere a la cantidad de potencia que usa algún componente circuito o máquina la cual debe ser entregada en un punto establecido de un sistema eléctrico (Sener,2018).

### **2.3.1.7 Circuito**

Afianza que es la ruta o trayecto por el cual recorre una corriente eléctrica, el cual es formado por conductores y van de un lugar a otro (Sener,2018).

### **2.3.1.8 Conductor**

Son los materiales que ofrecen la mínima resistencia al paso de una corriente eléctrica. Los conductores más comunes están hechos de cobre o de aluminio los cuales pueden estar aislados o desnudos (Sener,2018).

### **2.3.1.9 Consumo de energía**

Es la potencia eléctrica que será utilizada por toda o por una parte de una instalación eléctrica que se considera como carga durante un intervalo de tiempo determinado (Sener,2018).

### **2.3.1.10 Consumo energético**

Es el gasto consumido total de energía de un proceso determinado o establecido (Sener,2018).

### **2.3.1.11 Confiabilidad**

Es la técnica de los sistemas eléctricos para conservarse integrados y tener la capacidad de suministrar las exigencias de energía eléctrica ya sea en cantidad y cumpliendo los estándares de calidad (Sener,2018).

### **2.3.1.12 Continuidad**

Es cuando el suministro eléctrico es ininterrumpido, brindando siempre la energía a los usuarios, de acuerdo a las normas y reglamentos aplicables (Sener,2018).

### **2.3.1.13 Corriente**

Es el movimiento de electricidad que se realiza a través de un conductor. Es el flujo de electrones que viaja a través de un conductor. Su intensidad será medida en amperes (A) (Sener,2018).

#### ***2.3.1.14 Cortocircuito***

Se produce cuando una conexión de forma accidental o voluntaria cuando los dos bornes chocan a diferentes potenciales. Lo que produce un incremento de la intensidad de corriente en dicho punto, el cual crea una temperatura muy elevada la cual puede generar un incendio o daño a la instalación eléctrica (Sener,2018).

#### ***2.3.1.15 Degradación***

Si un elemento esta degradado cuando por alguna razón, causa o circunstancia no puede generar u operar a la capacidad efectiva con la cual fue diseñado (Sener,2018).

#### ***2.3.1.16 Demanda eléctrica***

Es el requerimiento instantáneo que necesita un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en su unidad de medida W y sus sufijos mega Watts (mW) o kilo Watts (kW) (Sener,2018).

#### ***2.3.1.17 Diferencia de potencial***

Es la variación de tensión entre dos puntos. Debida a esta variación posible hacer que circule corriente por el conductor (Sener,2018).

#### ***2.3.1.18 Disparo***

Se refiere a la apertura automática de un dispositivo que, por un mal funcionamiento, la protección realiza el disparo para desconectar uno o varios elementos de un circuito, subestación o sistema (Sener,2018).

#### ***2.3.1.19 Distribución eléctrica***

Es el transporte de energía eléctrica desde los puntos de entrega en media tensión de la transmisión hasta los puntos de baja tensión los cuales van al suministro a

los Usuarios (Sener,2018).

#### ***2.3.1.20 Emergencia***

Es cuando una condición operativa de algún elemento presenta algún daño superficial y/o estructural, en el caso de un sistema eléctrico se considerada de alto riesgo, el cual pudiera terminar en un accidente masivo (Sener,2018).

#### ***2.3.1.21 Energía***

Es la capacidad que presentan los cuerpos o conjunto de éstos para realizar cierto trabajo. Todo cuerpo material pasa de un estado a otro origina fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía. La energía no se destruye solo se transforma (Sener,2018).

#### ***2.3.1.22 Energizar***

Es el proceso que permite que un componente o elemento adquiera potencial eléctrico (Sener,2018).

#### ***2.3.1.23 Equipo***

Es el elemento o dispositivo que está diseñado para una función específica siendo utilizado como una parte de o en conexión con una instalación eléctrica, para la operación (Sener,2018).

#### ***2.3.1.24 Falla***

Se presenta cuando existe una alternación o daño permanente o temporal en cualquier elemento y/o dispositivo del equipo, el cual varía sus condiciones normales de operación y que generalmente causa un disturbio, paradas de emergencia y puede llegar a generar hasta accidentes. Perturbación que impide la operación normal (Sener,2018).

#### **2.3.1.25 Fotocélula**

Es el dispositivo construido a base de Silicio el cual permite la transformación de la energía solar en pulsos de energía eléctrica. El cual es utilizado en los sistemas de alumbrado público para activar o desactivar su funcionamiento de dichos sistemas (Sener,2018).

#### **2.3.1.26 Frecuencia**

Es el número total de veces que la señal alterna se repite en un segundo. La unidad de medida usa la frecuencia es el Hertz (Hz) (Sener,2018).

#### **2.3.1.27 Fusible**

Dispositivo orientado a la protección contra cortocircuitos, En caso de circular una corriente mayor a la corriente nominal de trabajo, dicho dispositivo interrumpe el paso de la misma (Sener,2018).

#### **2.3.1.28 Gabinete de baja tensión**

Es una caja envolvente diseñada para proteger y soportar en su interior distintos dispositivos como: fusibles limitadores de corriente y demás equipo de baja tensión (Sener,2018).

#### **2.3.1.29 Hertz (Hz)**

Un Hertz según el glosario es la unidad de la frecuencia en las corrientes alternas y en la teoría de las ondas. Es igual a una vibración o a un ciclo por segundo (Sener,2018).

#### **2.3.1.30 Kilovatio (kW)**

Es un múltiplo de la unidad de medida, vatio, de la potencia eléctrica y representa

1 000 vatios; se abrevia kW.

#### **2.3.1.31 Kilovatio-hora (kW/h)**

Unidad de medida utilizada para registrar los consumos realizados por equipos eléctricos.

#### **2.3.1.32 Mantenimiento**

Es el conjunto de actividades hechas para conservar las obras, equipos, maquinaria industrial e instalaciones para que estas cumplan con un adecuado estado de funcionamiento (O. Diez, 2017).

#### **2.3.1.33 Mantenimiento programado**

Es el conjunto de actividades planificadas y programadas con fechas establecidas adecuadamente que se realiza para todo el año el cual nos permite inspeccionar y establecer los equipos que conforman y conformaran en una unidad generadora. Generalmente se realiza a principios del año y puede ser atrasado o modificado de acuerdo a las condiciones de operación (Zimmermann,2017).

#### **2.3.1.34 Megavatio (mW)**

Es un múltiplo de la potencia activa W, el cual equivale a un millón de vatios; se abrevia mW.

#### **2.3.1.35 Ohm**

Es una unidad de medida utilizada en la resistencia eléctrica. Equivale a la resistencia que ofrece al paso de la electricidad que produce un material por el cual la energía intenta pasar (Sener, 2018).

## **2.3.2 Definiciones sobre SSOMA (seguridad y salud ocupacional y medio ambiente)**

### **2.3.2.1 Seguridad laboral**

Son las condiciones en las que los empleados ejecutan trabajos. Establecida de acuerdo a la ley dada por el Estado, existen una serie de requisitos que los empleadores deben cumplir y supervisar a fin de ofrecer estabilidad, equilibrio y prevención a sus empleados, a fin de que ningún accidente acontecido en el trabajo pueda terminar en una tragedia (Cruz y Ureña, 2014).

### **2.3.2.2 Riesgo eléctrico**

Es aquel peligro susceptible de ser producido por instalaciones eléctricas, partes de las mismas, y cualquier dispositivo eléctrico bajo tensión, con potencial de daño suficiente para producir fenómenos de electrocución y quemaduras. Se puede originar en cualquier tarea que implique manipulación o maniobra de instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión; operaciones de mantenimiento de este tipo de instalaciones y reparación de aparatos eléctricos (Cruz y Ureña, 2014).

### **2.3.2.3 Trabajos en altura**

Los trabajos en altura son aquellas labores que conllevan a riesgos de caída a distinto nivel, o donde una o más personas realizan cualquier tipo de actividades a un nivel cuya diferencia de cota sea aproximadamente igual o mayor a 1,8 metros con respecto del plano horizontal inferior más próximo (Cruz y Ureña, 2014).

### **2.3.2.4 Trabajos en excavaciones**

Son las actividades relacionadas con el movimiento de tierras y obras de



infraestructura (saneamiento, abastecimiento, etc.) los trabajos de excavación representan un alto porcentaje de los accidentes graves o mortales, siendo una de las principales causas el sepultamiento o enterramiento provocado por los desplomes, hundimientos y corrimientos de tierra (Cruz y Ureña, 2014).

### ***2.3.2.5 Trabajos con carga suspendida***

Son todos los trabajos con maniobras con carga o descarga de materiales o equipos que deban ser suspendidos en el aire. Se consideran como equipos de izajes con cargas suspendidas: torres grúas, puentes grúas, pórticos, grúas móviles, (camión grúa, grúa oruga, camión con pluma), grúa horquillas, entre otros. Los principales peligros asociados al presente estándar corresponden a la caída de cargas suspendidas y/o volcamientos del equipo de izajes, lo que puede provocar incidentes a las personas, teniendo como consecuencias aplastamientos, contusiones, traumatismos y muerte. Además, puede generar daños a la propiedad pública y privada (Cruz y Ureña, 2014).

### ***2.3.2.6 Equipos de protección personal***

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados por otros medios, los EPP comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

- Protección a la cabeza (cráneo). (casco).
- Protección de ojos y cara. (lentes, caretas).
- Protección a los oídos (tapones auditivos).

- Protección de las vías respiratorias (mascaras antipolvo u gases).
- Protección de manos y brazos (guantes dieléctricos).
- Protección de pies y piernas (zapatos de seguridad dieléctricos).
- Cinturones de seguridad para trabajo en altura (arnés, línea de vida, etc.).
- Ropa de trabajo (mamelucos, jean, polos manga larga).

### ***2.3.2.7 Salud ocupacional***

De acuerdo a la organización mundial de la salud, la salud ocupacional es una actividad multidisciplinaria dirigida a promover y proteger la salud de los/as trabajadores/as mediante la prevención y el control de enfermedades y accidentes y la eliminación de los factores y condiciones que ponen en peligro la salud y la seguridad en el trabajo. Además, procura generar y promover el trabajo seguro y sano, así como buenos ambientes y organizaciones de trabajo realzando el bienestar físico mental y social de los/as trabajadores/as y respaldar el perfeccionamiento y el mantenimiento de su capacidad de trabajo. A la vez que busca habilitar a los/as trabajadores/as para que lleven vidas social y económicamente productivas y contribuyan efectivamente al desarrollo sostenible, la salud ocupacional permite su enriquecimiento humano y profesional en el trabajo (Cruz y Ureña, 2014).

### ***2.3.2.8 Medicina del trabajo***

Es la especialidad médica que se dedica al estudio de las enfermedades y los accidentes que se producen por causa o consecuencia de la actividad laboral, así como las medidas de prevención que deben ser adoptadas para evitarlas o aminorar sus consecuencias (Cruz y Ureña, 2014).

### ***2.3.2.9 Ergonomía***

Es la disciplina que se encarga del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas, de modo que coincidan con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades de los trabajadores que se verán involucrados. Busca la optimización de los tres elementos del sistema (humano-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de la persona, de la técnica y de la organización (Cruz y Ureña, 2014).

### ***2.3.2.10 Psicología del trabajo***

Es una ciencia aplicada perteneciente a la psicología, que se encarga de estudiar el comportamiento del ser humano en el mundo del trabajo y de las organizaciones, a nivel individual, grupal y organizacional (Cruz y Ureña, 2014).

### ***2.3.2.11 La higiene industrial***

Es la ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanadas o provocadas por el lugar de trabajo, que puede ocasionar enfermedades, entre los trabajadores o los ciudadanos de la comunidad (Cruz y Ureña, 2014).

### ***2.3.2.12 Medio ambiente***

Es el espacio en el que se desarrolla la vida de los seres vivos y que permite la interacción de los mismos. Sin embargo, este sistema no solo está conformado por seres vivos, sino también por elementos abióticos (sin vida) y por elementos artificiales (Cruz y Ureña, 2014).

Cuando se habla de seres vivos se hace referencia a los factores bióticos, sea flora, fauna o incluso los seres humanos. En oposición, los factores abióticos son aquellos que carecen de vida. Sin embargo, estos elementos resultan

esenciales para la subsistencia de los organismos vivos, como el aire, el suelo y el agua. Entre los elementos artificiales incluimos a las relaciones socioeconómicas, como la urbanización, los conflictos dentro de una sociedad.

A continuación, la tabla 3 nos brinda la comparación de consumos de sistemas de iluminación y los lumens ofrecidos por los mismos para su correcto reemplazo, la cual se realizó tomando de manuales de diferentes productos usados en la iluminación en los cuales se irán viendo reflejados los consumos en watts, también se reflejan equivalentes según consumo en otro tipo de equipo de iluminación.

De la tabla 3 se puede ver de forma directamente proporcional los reemplazos entre distintos sistemas de iluminación ofrecidos actualmente en el mercado nacional, los cambios, reemplazos o equivalentes se realizan según los lúmenes ofrecidos por cada tipo de sistema de iluminación y no por el consumo de operación que tenga cada uno de ellos, cabe mencionar que por cada un watt en tecnología LED nos llega a ofrecer entre 80 a 90 lumen.

Por esto es que se llega a su equivalente en lumen y se realiza el cambio de las luminarias de vapor de sodio de alta presión de 150 W por unas de 90 W del sistema de iluminación con tecnología LED y las luminarias de vapor de sodio de alta presión de 70 W por unas de 40 W del sistema de iluminación en tecnología LED.

El procedimiento a seguir para el uso de la tabla 3 es el siguiente: ubicar la potencia del sistema a reemplazar, seguidamente ver cuantos lumen nos ofrece el sistema que tenemos instalados en la columna final de la tabla indican los ratios de lumens que ofrece cada sistema por cada una de sus potencias en consumo de

W, finalmente nos dirigimos en la misma fila hasta ubicarnos en el sistema de nuestra preferencia, en ese caso se trabajo con las luminarias con tecnología LED.

Gracias al correcto uso de la tabla 3 para el realizar los reemplazos correspondientes, seguiremos cumpliendo los parámetros y normativas que estan tipificadas en la ley de concesiones eléctricas en el Perú con lo cual podremos asegurar una correcta iluminación en los sistemas de alumbrado público de la ciudad de Moquegua.

**Tabla 3**  
*Comparación en consumo de diferentes tipos de iluminación.*

	<b>Tecnología</b>	<b>Bombillas</b>	<b>Lámparas de vapor de sodio</b>	<b>Lámparas de vapor de sodio de alta presión sin balastro</b>	<b>Lumen (LM)</b>
	<b>LED</b>	<b>Halógenas</b>			
	1	10	*	*	80-90
	3	20	*	*	240-270
	5	35	*	*	400-450
	7	50	*	*	560-630
	10	80	*	*	800-900
	12	100	*	*	960-1080
	15	120	*	*	1200-1350
Potencia en vatios (W)	20	150	*	*	1600-1800
	40	200	70	*	1800-3200
	60	400	100	300	4800-5400
	80	450	120	380	6400-7200
	90	550	150	450	7200-8100
	120	750	200	600	9600-10080
	150	900	250	750	12000-13500
	160	950	300	1000	12800-14400

En la tabla 3 tenemos diferentes tipos de potencia los cuales pueden ser desde un uso domestico, industrial, minero y en nuestro caso usaremos las luminarias para el alumbrado público de avenidas y calles de la ciudad de Moquegua.

#### **2.4. Otras ventajas ofrecidas por las luminarias LED**

En la tabla 4 se verán reflejados algunos de los beneficios extras obtenidos por la implementación de la tecnología Led aplicada en el año 2018 en las diversas calles de Moquegua en el año 2018. Dicha tabla es de elaboración propia. Donde se explican diferentes ventajas del sistema a comparación de las luminarias de vapor de sodio de alta presión.

En la tabla 4 se puede asegurar que los beneficios obtenidos por el reemplazo de las luminarias LED van más allá de solo ahorro de consumo eléctrico y ahorro monetario.

Las luminarias de vapor de sodio de alta presión tienen más componentes los cuales tienen diferentes tiempos de vida útil menores al de la lámpara que dicho sistema de alumbrado público, por ende sus fallas son muy continuas y sin aviso alguno, si una de las piezas removibles de dicho sistema falla o cumple su ciclo de vida la luminaria deja de funcionar o empieza a presentar oscilación en su uso. Como se puede ver en la tabla la vida útil de una luminaria LED es superior llegando a superar en el doble o más de vida útil promedio de las lámparas de vapor de sodio de alta presión, cabe mencionar que las luminarias que utilizan lámparas de vapor de sodio.

**Tabla 4**  
*Comparación de beneficios en los sistemas de alumbrado público.*

	<b>Tiempo de vida (hrs)</b>	<b>Índice de reproducción cromática (cri)</b>	<b>Resistencia del material</b>	<b>Generación de calor</b>	<b>Encendido instantáneo</b>
<b>Tecnología led</b>	Mayor a 50000	Mayor a 75	Robusto	No	Sí
<b>Bombillas halógenas</b>	1200	100	Frágil	Sí	No
<b>Bajo consumo</b>	8000	80	Frágil	Sí	No
<b>Tubos t8 fluorescentes</b>	8000	80	Frágil	Sí	No
<b>Lámparas de vapor de sodio alta presión</b>	24000	45	Frágil	Sí	No

Las luminarias que usan la tecnología LED no se apagarán en caso de fallas de uno de los iodos debido a que son circuitos instalados a un modulo, por ende solo disminuirá un poco el nivel de luminancia pero no se apagará. Gracias a esto antes mencionado la frecuencia de mantenimiento disminuirá notablemente y con esto el gasto ocasionado por mantenimiento correctivo se disminuirá notablemente, también los riesgos laborales de los técnicos disminuirán ya que no tendrán que operar en altura y con riesgos eléctricos tantas veces por cada falla que se originaba con el sistema de vapor de sodio de alta presión.

Otra de las ventajas ofrecidas por la tecnología LED está la mejora del índice de reproducción cromática (CRI) en casi el doble, dicho índice está

asociado a la medida utilizada en relación a una fuente de luz para medir su capacidad de mostrar los colores de un objeto de manera "real".



*Figura 1* Diferencia de índice de reproducción cromática (IRC).  
Fuente: Enel x, 2018

Es cierto que la iluminación exterior (alumbrado público) aporta grandes beneficios, como pueden ser: la seguridad, fluidez de tránsito o activación de zonas de interés. Pero como contrapartida provoca grandes costes de energía y perjuicios que hay que tratar de evitar. Sólo el equilibrio puede conciliar los intereses de las actividades humanas de noche con el respeto al medio ambiente. No se trata de dejar a las ciudades y pueblos con la iluminación deficiente por la noche, al contrario, una reducción de la contaminación lumínica conlleva una mejora y eficiencia de la calidad de la iluminación ambiental por tal motivo el uso de la tecnología LED es un gran avance de eficiencia en los sistemas de alumbrado público.

La protección del medio ambiente mediante la mejora de la eficiencia energética del instituto para la diversificación y ahorro de Energía (IDAE), señala que el alumbrado público en España consume 4 700 gW/h por año y es



responsable de la emisión a la atmósfera de 4 250 000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. La capacidad de ahorro de este sector se estima a un potencial medio de un 20 % del producido con el anterior sistema de alumbrado, lo que significaría reducir las emisiones a unas 850 000 toneladas de CO<sub>2</sub> por año. Lo cual ayuda a conservar un mejor medio ambiente reduciendo su impacto negativo. Otra ventaja para el medio ambiente es el hecho que la tecnología LED no utiliza materias primas contaminantes para su fabricación en cambio las lámparas de vapor de sodio de alta presión tienen componentes y gases los cuales al ser liberados al oxígeno pueden ser muy peligrosos debido a que reaccionan químicamente con el oxígeno.

En la tabla 4 nos refleja también la ventaja de la robustez de la tecnología LED a comparación de las de vapor de sodio de alta presión, ya que sus materiales no son débiles y soportan mayores fuerzas y factores climáticos para diversos tipos de servicio.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de la investigación**

Esta investigación es de tipo básica descriptiva, ya que en dicho trabajo de investigación se aplicaron diversas fórmulas y mediciones para poder ir despejando valores e ir obteniendo los resultados adecuados a los cuales se requiere llegar y así poder decir que los sistemas de alumbrado público con luminarias LED nos conllevan a beneficios en costos monetarios, disminución de energía eléctrica, variaciones de mantenimiento, disminución de riesgos y daños a la salud ocupacional, reducción del impacto ambiental. Luego de tener los valores reales de los diferentes beneficios este trabajo servirá para que las nuevas asociaciones, pueblos jóvenes, áreas recreativas, etc. Se debería considerar a empezar a realizar el cambio a la tecnología LED en los proyectos a futuros a ejecutar y reemplazar las luminarias en proyectos ya ejecutados.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

- Diseño de investigación:  
Documental
- Lugar a realizar el análisis:

Principales arterias con A.P. LED de la ciudad de Moquegua 2018.

- Tecnología propuesta:

Uso de luminarias LED para los sistemas de alumbrado público.

- Origen de los datos:

Los datos serán obtenidos de manera directa y recopilados en software Word y Excel.

### **3.3. Población y muestra**

La población de esta investigación estuvo dada por todos los postes que cuenten con luminarias en la ciudad de Moquegua, y como muestra se tomó a los postes que cuentan con luminarias LED que están ubicados en la Av. Balta, Calle Piura, Calle Moquegua, alrededores de la Plaza de Armas y Parque Andrés Avelino Cáceres.

La muestra con la que se trabajó estaba constituida por 164 luminarias instaladas en el año 2018 con la tecnología LED, con los cuales nos fue posible obtener todos los datos necesarios que requiere la tesis para así poder poner a prueba nuestras hipótesis, dando a conocer los verdaderos ahorros y beneficios de las luminarias LED a la población, empresas de distribución eléctrica, etc.

### **3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos**

Para la recolección de datos se utilizó diversos métodos como conteo y ubicación en el caso de luminarias LED instaladas en las principales Calles de Moquegua en la primera etapa, y se llevara un cuadro comparativo con la misma cantidad de luminarias, pero de alta presión de sodio y se verán los ahorros energéticos económicos y en el mantenimiento.

Los datos que fueron recogidos en forma física fueron posteriormente transcritos en una computadora, utilizando el programa de cálculos excel 2019 para Windows 10 y obtener los datos estadísticos, gráficos para poder determinar su análisis.

Los consumos de energía por alumbrado público se han tomado de fichas de registro tomadas por Electrosur, en la tabla 4, se muestra esta información que corresponde al mes de enero del 2018.

**Tabla 5**  
*Consumo de energía mensual por luminarias LED instaladas en las principales calles de la ciudad de Moquegua.*

Sistema Eléctrico	Nº SED	Cantidad de Usuarios	Código de Lámpara	Potencia Nominal (W)	Potencia Eq. Auxiliar (W)	Cantidad de Lámparas	Potencia Total (W)	Factor de Expansión de Pérdidas BT	Energía Mensual A.P. (kWh)
Moquegua	620012		LED040	40	10	8	400.00	1.0683	153.84
Moquegua	620272		LED040	40	10	14	700.00	1.0683	269.21
Moquegua	6204140		LED040	40	10	16	800.00	1.0683	307.67
Moquegua	636422		LED040	40	10	12	600.00	1.0683	230.75
Moquegua	636832		LED040	40	10	12	600.00	1.0683	230.75
Moquegua	637015		LED040	40	10	14	700.00	1.0683	269.21
Moquegua	640452		LED040	40	10	12	600.00	1.0683	230.75
Moquegua	613979		LED090	90	10	12	1200.00	1.0683	461.51
Moquegua	614042		LED090	90	10	6	600.00	1.0683	230.75
Moquegua	6142105		LED090	90	10	12	1200.00	1.0683	461.51
Moquegua	615153		LED090	90	10	14	1400.00	1.0683	538.42
Moquegua	616134		LED090	90	10	18	1800.00	1.0683	692.26
Total						164	11300.00	Total	4,345.84

Fuente: Electrosur S.A.,2018

Si tomamos estos consumos adjudicando a la potencia que corresponde a lámparas de sodio, podemos estimar los kW x h mensuales que se hubiesen consumido, en esta valoración asumimos que las lámparas LED de 40 W sustituyen a luminarias de 70 W y las lámparas LED de 90 W reemplazan a las luminarias de sodio de 150 W con este criterio se valoró el nuevo consumo que corresponde a la energía eléctrica de alumbrado público si se continuara usando lámparas convencionales de sodio.

**Tabla 6**

*Consumo de energía mensual que corresponde al uso de luminarias de sodio para alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua.*

Sistema Eléctrico	Nº SED	Cantidad de Usuarios	Código de Lámpara	Potencia Nominal (W)	Potencia Eq. Auxiliar (W)	Cantidad de Lámparas	Potencia Total (W)	Factor de Expansión de Pérdidas BT	Energía Mensual A.P. (kWh)
Moquegua	6200	12	NA070	70	32.16	8	817.28	1.0683	314.32
Moquegua	6202	72	NA070	70	32.16	14	1430.24	1.0683	550.05
Moquegua	6204	140	NA070	70	32.16	16	1634.56	1.0683	628.63
Moquegua	6364	22	NA070	70	32.16	12	1225.92	1.0683	471.47
Moquegua	6368	32	NA070	70	32.16	12	1225.92	1.0683	471.47
Moquegua	6370	15	NA070	70	32.16	14	1430.24	1.0683	550.05
Moquegua	6404	52	NA070	70	32.16	12	1225.92	1.0683	471.47
Moquegua	6138	98	NA070	70	32.16	14	1430.24	1.0683	550.05
Moquegua	6139	79	NA150	150	32.16	12	2185.92	1.0683	840.68
Moquegua	6140	42	NA150	150	32.16	6	1092.96	1.0683	420.34
Moquegua	6142	105	NA150	150	32.16	12	2185.92	1.0683	840.68
Moquegua	6151	53	NA150	150	32.16	14	2550.24	1.0683	980.79
Moquegua	6161	34	NA150	150	32.16	18	3278.88	1.0683	1,261.02
Total						164	21714.24	Total	8,351.02

Fuente: Electrosur S.A.,2018

En ambas tablas se usa un factor ya estandarizado de expansión de pérdidas energéticas las cuales pueden ser: comerciales y técnicas. La que multiplica a la potencia nominal consumida, siendo sumada con una potencia auxiliar que consumen los accesorios de cada luminaria de alumbrado público.

Como se observa en las siguientes figuras mostradas las luminarias no trabajan a su consumo indicado de ficha técnica de fábrica es por eso que se suma la potencia auxiliar para que el cálculo sea más exacto y coherente en el ahorro.



**Figura 2** Medición luminaria vsap 150 W.



**Figura 3** Medición luminaria LED 40 W.

Siguiendo esta metodología, es por tanto posible comparar los consumos y costos de las luminarias LED con las luminarias de sodio, por cada mes. La dificultad radicó en la obtención y separación de la data. El resumen de la tesis de recopilación de datos se muestra en las tablas 6 y 7 a continuación:

**Tabla 7**

*Comparativo del consumo de energía mensual que corresponde al uso de luminarias LED y de sodio para alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018.*

<b>Mes</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Luminaria LED	4 345,84	4 456,57	5 306,48	5 133,98	5 082,22	5 542,92
Luminaria sodio	8 351,04	10 405,22	10 047,22	10 861,48	10 223,00	11 847,60
<b>Mes</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
Luminaria LED	5 602,13	5 590,90	5 365,99	5 201,70	5 305,85	5 547,01
Luminaria sodio	11 907,00	11 213,24	11 738,98	10 976,33	12 039,86	11 852,02

Fuente: ElectroSur S.A., 2018 Consolidado anual.

**Tabla 8**

*Comparativo del costo de consumo de energía mensual que corresponde al uso de luminarias LED y de sodio para alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018.*

<b>Mes</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Luminaria LED	1 867,99	1 915,59	2 280,91	2 206,76	2 184,51	2 382,54
Luminaria sodio	3 589,56	4 472,52	4 318,64	4 668,63	4 394,19	5 092,50
<b>Mes</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
Luminaria LED	2 407,99	2 403,16	2 306,36	2 235,87	2 280,63	2 384,29
Luminaria sodio	5 118,28	4 819,83	5 045,81	4 718,00	5 175,14	5 094,40

Fuente: ElectroSur S.A., 2018 Consolidado anual.

Como información final se presenta el consumo total energético de alumbrado público y su comparación con el consumido por las luminarias LED en las principales calles de la ciudad de Moquegua, correspondiente al primer semestre del año 2019.

En la tabla 8 se puede observar hasta el momento de la investigación el consumo de los sistemas de alumbrado público con tecnología LED comparado al total de todas las redes de alumbrado público de la ciudad de Moquegua 2018, como se ve en la tabla 8 el porcentaje de las luminarias con tecnología LED fue aumentando mes a mes, por lo cual se puede decir que el alumbrado público esta

disminuyendo su consumo energético y costo de operación y se obtendrán mayores beneficios actualmente y a futuro.

**Tabla 9**

*Consumo energético, de luminarias LED en relación al consumo total de alumbrado público en la ciudad de Moquegua: primer semestre 2019.*

<b>Mes</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Consumo de luminarias LED	1 961,39	2 011,36	2 394,95	2 317,10	2 293,73	2 501,66
Consumo total	48 621,45	44 969,28	53 189,87	50 908,74	55 042,53	55 924,92
Tasa de consumo	4,03%	4,47%	4,50%	4,55%	4,17%	4,47%

De la tabla 8 se puede ver como mes a mes se incrementa en intervalos pequeños la tasa de consumo de las luminarias para alumbrado público con tecnología LED, pero se produce un hecho atípico al no disminuir el consumo total de las redes de alumbrado público el cual también aumenta mes a mes, esto se origina a que aún se siguen aceptando proyectos eléctricos de redes primarias, secundarias y *alumbrado público* con la tecnología de luminarias de vapor de sodio de alta presión en las nuevas habilitaciones urbanas, habilitaciones rurales, parques y proyectos de electrificación ya sea por parte del municipio o gobierno regional.



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados

Definidos los valores del consumo energético y sus costos pasamos a detallar nuestros resultados según los objetivos que se trazaron. Primeramente, se muestra los resultados de la comparación entre el consumo de energía de las luminarias LED con las luminarias de sodio en las principales Calles de Moquegua y luego los costos del consumo energético, y finalmente la tasa energética del consumo de las luminarias LED de alumbrado público.

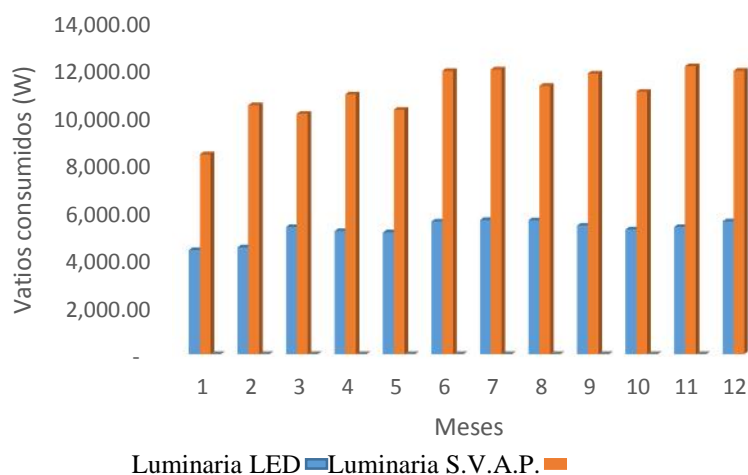


Figura 4 Consumo energético de alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018.

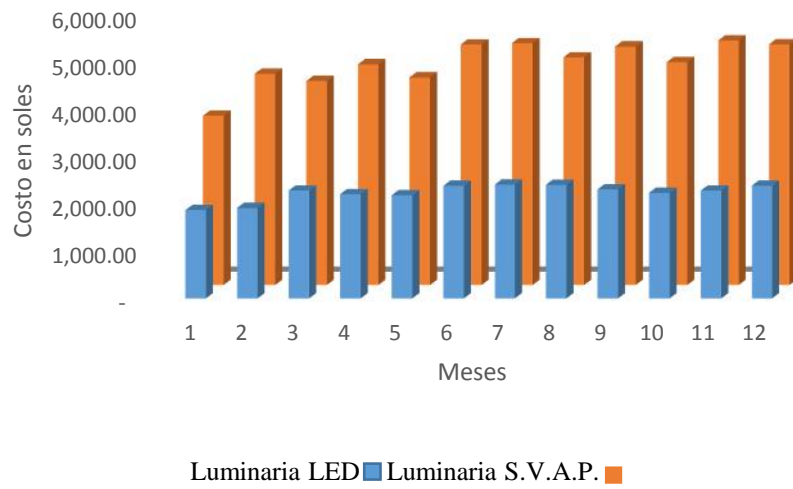


Figura 5 Costo del consumo energético de alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, 2018.

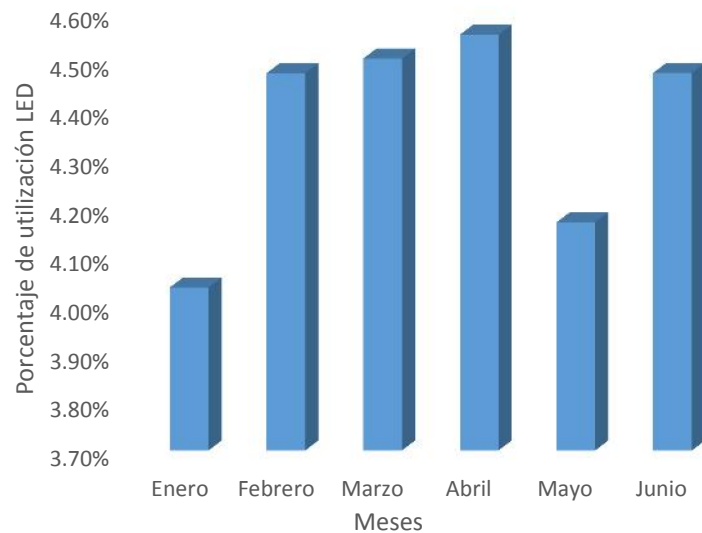


Figura 6 Tasa del consumo energético de alumbrado público en las principales calles de la ciudad de Moquegua, primer semestre del año 2019.

#### **4.2. Inicio del análisis**

Para empezar con la presentación de resultados obtenidos de las diferentes comparaciones para esta tesis “análisis del ahorro y beneficios producidos con el reemplazo a luminarias LED en las principales Calles de Moquegua 2018”.

Según los datos planteados en las tablas de recopilación de datos:

- El consumo total de energía mensual, en el año 2018, al usar luminarias LED en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de 62 481.30 kWh.
- El consumo total de energía mensual, en el año 2018, al usar luminarias de sodio en las principales calles de Moquegua es de 131 463,56 kWh.
- El ahorro por consumo de energía en kWh al usar lámparas LED en las principales calles de la ciudad de Moquegua es de 68 982,26 kWh durante el año 2018.
- El costo total por consumo de energía mensual, en el año 2018, al usar luminarias LED en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de S/26 856,59 (veintiséis mil ochocientos cincuenta y seis con 59/100 soles).
- El costo total por consumo de energía mensual, producido en el año 2018, al usar luminarias de sodio en las principales calles de Moquegua es un monto de S/56 507,51 (cincuenta y seis mil quinientos siete con 51/100 soles).
- El ahorro por costos del consumo de energético al usar lámparas LED en las principales calles de la ciudad de Moquegua es de S/ 29 650,92 (veintinueve mil seiscientos cincuenta con 92/100 soles), durante el año 2018, las luminarias que usa para el alumbrado público la empresa Electrosur S.A. son de vapor de sodio de alta presión con un consumo de 70 W para calles (102 luminarias) y

150 W para avenidas (62 luminarias), como se puede observar dichas luminarias tienen entre 1800-3200 lumen en el caso de 70 W y 7200-8100 lumen para el caso de las de 150 W para optar por el reemplazo a la tecnología LED tomamos en cuenta la cantidad que lumen para hacer la elección de las luminarias de 40 W Led en vez de la de 70 W y la de 90 W por las de 150 W de vapor de sodio, así con esto se logró seguir respetando y cumpliendo con los parámetros establecidos para la supervisión de OSINERGMIN.

Como se pudo analizar el consumo utilizado por las luminarias LED es casi de la mitad a comparación de las luminarias de vapor de sodio de alta presión por ende la disminución del consumo energético es notable y es reflejado en vatios.

El encendido de las luminarias LED es de manera rápida no necesitan generar temperatura para empezar a iluminar, en cambio las luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión su encendido demora entre 4-8 minutos para que llegue a su ritmo de trabajo nominal, también se acota que las luminarias de vapor de sodio de alta presión pueden llegar a temperaturas de más de 1 000°C lo cual puede ser muy perjudicial y muy peligroso para su manipulación en caso de algún accidente o emergencia.

**Tabla 10**  
*Datos a usar para comprobación de resultados.*

Descripción	Cantidad	Unidad o símbolo
Utilización por día	12	h
Precio kWh	0,4298	S/
Año	365	Días
Mes	30	Días
Utilización anual	4380	h
Instalación	225	S/

**Tabla 11**  
*Cantidad de Luminarias sustituidas de 90 y 40 watts en las principales calles de la ciudad de Moquegua*

Principales calles de Moquegua	90 watts	40 watts
Av. Balta	54	12
Calle Piura	00	23
Andrés Avelino Cáceres Alameda	00	12
Calle Moquegua	00	36
Plaza de Armas	06	03
Calle 25 de Noviembre	00	18
Total	60	104

### 4.3. Datos a utilizar para la elaboración de resultados

En la tabla 10 podemos ver el resumen de algunos datos que se recolectaron sobre el uso de sistemas de alumbrado público de la ciudad de Moquegua, donde podemos ver que el uso de alumbrado público es de 12 horas siendo de 6 pm a 6

am con un costo de S/ 0,429834 por cada kilowatt consumido por hora, vemos que la suma total por el uso por 365 días es de 4 380 horas anuales de uso por luminaria, con un costo por cambio o reemplazo de lámpara y/o luminaria de 65 soles por concepto de mano de obra. Y un costo de instalación de una luminaria nueva en un poste sin que no cuente con luminaria de S/225.00 (doscientos veinticinco con 00/100 soles).

En la tabla 11, se da a conocer la cantidad de luminarias distribuidas según las principales calles de la ciudad de Moquegua, las cuales han sido reemplazadas por la tecnología LED; asimismo las luminarias de 90 watts fueron ubicadas en las avenidas principales y las luminarias de 40 watts fueron ubicadas en las calles del centro de la ciudad.

#### **4.4. Contrastación de hipótesis**

##### **4.4.1 Hipótesis general**

Se logró cuantificar los consumos, costos y comparar los beneficios con el reemplazo de luminarias LED en las principales calles de Moquegua 2018.

##### **4.4.2 Contrastación de la hipótesis general**

La hipótesis general si fue satisfecha por este trabajo de investigación ya que, si se encontró en los casos desarrollados ahorros del 47.5 % de ahorro a más producidos por el reemplazo de las luminarias de vapor de sodio de alta presión por las luminarias de tecnología LED. Y se menciona en los beneficios que se redujo notablemente la contaminación evitando la producción de CO<sub>2</sub>, también se vio reducida la exposición a trabajos en altura y trabajos con riesgos

eléctricos. Se mejoró los índices de reproducción cromática hasta en un 85 %. La confiabilidad y disponibilidad del sistema mejoró en un gran porcentaje, por ende, los costos de mantenimiento se redujeron conjuntamente a los costos de operación del sistema.

#### **4.4.3. Contratación de hipótesis específicas**

- Con respecto a la primera hipótesis el consumo energético que se produce con luminarias LED instaladas en las principales calles de Moquegua 2018, se realizó la cuantificación y verificación del consumo energético.
- El consumo total de energía mensual, en el año 2018, al usar luminarias LED en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de 62 481,30 KWh.
- Con respecto a la segunda hipótesis el consumo energético que se produce con luminarias VSAP instaladas en las principales calles de Moquegua 2018, se realizó la cuantificación y verificación del consumo energético.
- El consumo total de energía mensual, en el año 2018, al usar luminarias de sodio en las principales calles de Moquegua es de 131 463,56 KWh.
- Con respecto a la tercera hipótesis el costo del consumo energético de las luminarias LED instaladas en las principales calles de Moquegua 2018, se realizó la cuantificación y verificación del costo del consumo energético.
- El costo total por consumo de energía mensual, en el año 2018, al usar luminarias LED en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de S/ 26 856,59 (veintiséis mil ochocientos cincuenta y seis con 59/100 soles).

- Con respecto a la cuarta hipótesis El costo del consumo energético que corresponde al uso de luminarias VSAP instaladas en las principales calles de Moquegua 2018, se realizó la cuantificación y verificación del costo del consumo energético.
- El costo total por consumo de energía mensual, en el año 2018, al usar luminarias de Sodio en las principales calles de Moquegua es de S/56 507,51 (cincuenta y seis mil quinientos siete con 51/100 soles).

#### **4.4.4. Discusión de resultados**

En atención a cada objetivo planteado en la tesis, vamos a citar nuestra discusión final de resultados:

- El consumo energético anual por uso de luminarias LED en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de 62 481.30 kWh.
- El consumo energético anual que corresponde al uso de luminarias de sodio en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de 131 463,56 kWh. Aplicando la tarifa establecida los costos por consumo energético anual por uso de luminarias LED en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de S/26 856,59 (veintiséis mil ochocientos cincuenta y seis con 59/100 soles).

Los autores Chantera y Tobar, (2013) en su investigación afirmaron que el ahorro que lograron producir con la implementación fue de una reducción del 32 % del consumo energético producido al anterior sistema de luminarias de vapor de sodio de alta presión.



En cambio Enel x, (2018) aseguraron una reducción del costo de operación en un 45 % esto se debe al costo de operación en el cual se involucran diferentes conceptos que logran influir en costos finales de operación. En esta investigación se logro un 47.5 % en ahorros de costos de operación debido a la mejora continua de las experiencias anteriores.

Aplicando la tarifa establecida los costos por consumo energético anual que corresponde al uso de luminarias de sodio en las principales calles de Moquegua, durante el año 2018 es de S/ 56 507,51 (cincuenta y seis mil quinientos siete con 51/100 soles).

La tasa de ahorro porcentual por consumo de energía y el costo correspondiente de haber sustituido las lámparas de sodio por LED en las principales calles de la ciudad de Moquegua es del 47.5 %.

La tasa del consumo de energía correspondiente a las luminarias LED, instaladas en las principales calles de la ciudad de Moquegua en el año 2018, en relación al consumo total de energía por alumbrado público en la ciudad de Moquegua está rodeando un promedio de 4.37 % el cual va aumentando mes a mes, valor poco significativo que pueda inducir un cambio tarifario de la facturación por alumbrado público que se carga a los consumidores.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

##### **5.1.1. Primera conclusión**

Se llevó a cabo la comparación de los resultados de ambos sistemas de alumbrado público de las principales calles de Moquegua 2018 que se tenía como objetivo general los cuales nos dieron un resultado positivo a nuestras hipótesis, ya que si se logro causar ahorros de operación del sistema, ahorro energético, ahorro económico, reducción de impacto ambiental, causar menor exposición a técnicos a trabajos de alto riesgos.

##### **5.1.2. Segunda conclusión**

Se logro cuantificar el consumo de las luminarias LED por lo cual con el análisis que la hipótesis se está cumpliendo como se planeto la hipótesis antes de hacer esta investigación, cabe mencionar, que se pudo observar en la comparación de los consumos eléctricos se vio afectado en un 47,5 % como ahorro de la operación con el uso de las luminarias de tecnología LED. Por ende, se cumplió con el objetivo que era compara los consumos energéticos de los sistemas de alumbrado públicos usados en la ciudad de Moquegua 2018.

### **5.1.3. Tercera conclusión**

Se pudo cumplir con la hipótesis planteada ya que si se pudo cuantificar el consumo energético producido por las luminarias de vapor de sodio de alta presión, con lo cual pudimos hacer la comparación de consumos para luego llegar a establecer el ahorro producido por el nuevo sistema de alumbrado LED.

### **5.1.4. Cuarta conclusión**

Se logro cumplir con el objetivo planteado ya que se pudo establecer el costo por energía ocupado por el sistema de iluminación LED, el cual fue menor al sistema de luminarias de vapor de sodio de alta presión. Se investigó, y analizó que las luminarias de tecnología LED no son tan contaminantes ni peligrosas de manipular, trabajar o transportar como las luminarias de vapor de sodio de alta presión esto es debido que dichas luminarias no utilizan materias primas que afecten al ambiente ni a la salud del ser humano. Cabe mencionar que se mejoraron los parámetros de mantenimiento en más de un 62 % lo cual conlleva a la reducción de riesgos de forma directa de 6 2%, gracias a la reducción de trabajos de mantenimiento.

### **5.1.5. Cuarta conclusión**

Se logro cumplir con el objetivo planteado ya que se pudo establecer el costo por energía ocupado por el sistema de iluminación LED, el cual fue menor al sistema de luminarias de vapor de sodio de alta presión. Se investigó, y analizó que las luminarias de tecnología LED no son tan contaminantes ni peligrosas de manipular, trabajar o transportar como las luminarias de vapor de sodio de alta presión esto es debido que dichas luminarias no utilizan materias primas que

afecten al ambiente ni a la salud del ser humano. Cabe mencionar que se mejoraron los parámetros de mantenimiento en más de un 62 % lo cual conlleva a la reducción de riesgos de forma directa de 6 2%, gracias a la reducción de trabajos de mantenimiento.

#### **5.1.6. Quinta conclusión**

Se cumplió con el objetivo de cuantificar el costo por energía eléctrica utilizada por el sistema de luminarias de vapor de sodio de alta presión los cuales reflejaron un costo superior en un 40 % a la tecnología de alumbrado público con sistema LED.

### **5.2.Recomendaciones**

#### **5.2.1.Primera recomendación**

Se sugiere que para los nuevos proyectos a gestionar, planificar y ejecutar se usen y aplique las luminarias con tecnología LED ya que con estos ayudamos a reducir el consumo de energía, menor costo de operación, menor costo de mantenimiento, reducción de exposición a los trabajadores y reducimos el impacto negativo al medio ambiente.

#### **5.2.2.Segunda recomendación**

Realizar el reemplazo de luminarias de vapor de sodio de alta presión por las luminarias de tecnología LED de la forma más rápida posible, ya que solo se cuenta con un 4,3 % de alumbrado público con sistemas LED en todo Moquegua, según esta investigación ya se vio que permiten un importante ahorro energético el cual ayuda a menor generación de CO<sub>2</sub> y contaminación ambiental.

### **5.2.3. Tercera recomendación**

Dar a conocer y difundir la información sobre los ahorros de costos y beneficios a las empresas de distribución eléctrica, ingenieros, técnicos y a la población en general para que la misma esté informada y se pueda así llevar a cabo los reemplazos de la manera más rápida posible.

### **5.2.4. Cuarta recomendación**

Aprovechar el ahorro monetario originado por la operación de sistemas de alumbrado público con tecnología LED, para invertirlo en seguir cambiando todas las redes de alumbrado público a un sistema LED al 100 % en la ciudad de Moquegua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chantera Abarca, P. F., & Tobar Estrella, D. R. (2013). Estudio de lámparas LED para alumbrado público y diseño de un sistema Scada con control automático On/Off. *Estudio Lamparas Led Para Alumbrado Público*. recuperado de <https://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4786>
- Cruz, M., & Ureña, Y. (2014, octubre). Conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo. Recuperado de <http://www.invasat.gva.es/documents/161660384/161741761/BENLLOCH+LOPEZ++Mari+Cruz%3B%20URE%C3%91A+URE%C3%91A++Yolanda++2014+.+El+Trabajo+y+la+Salud++los+riesgos+profesionales.+Factores+de+riesgo/d232ee00-4aaf-4a80-afc4-3d47f9f9992e>
- Diez, O. B. (2017). Mantenimiento preventivo. *Caminper*, 1–60.
- Djuretic, A., & Kostic, M. (2018). Actual energy savings when replacing high-pressure sodium with LED luminaires in street lighting. *Energy*, *157*, 367–378. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.179>
- Enel X. (2018). El alumbrado público inteligente llegó al Perú. Retrieved from <https://www.enelx.com/pe/es/para-la-ciudad/alumbrado-publico>
- Electrosur s.a. (2018). Consolidados de consumos de redes de alumbrado público Tacna Moquegua 2018.
- Fontoynt, M. (2018). LED lighting, ultra-low-power lighting schemes for new lighting applications. *Comptes Rendus Physique*, *19*(3), 159–168. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2017.10.014>
- José, I., & Zimmermann, S. (2017). TALLER DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO ( MPD ) Fallas Potenciales y Mantenimiento a Condición.

*Caminper*, 1–61.

Polzin, F., von Flotow, P., & Nolden, C. (2016). Modes of governance for municipal energy efficiency services – The case of LED street lighting in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 139, 133–145.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.100>

Susana, M., & Mesa, B. (2009). PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “LED” PARA LA ILUMINACIÓN PÚBLICA EN ANTIOQUIA. *Implementación de Sistemas LED.*, 114.

Sener. (s.f.). GLOSARIO DE TÉRMINOS DE ELECTRICIDAD. Recuperado de [http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario\\_elec\\_es.pdf](http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_elec_es.pdf)

Valles, M. (2014, 13 mayo). Recuperado 17 mayo, 2019, de <https://quintoarmonico.es/2014/05/13/kwh-kwh-kw-h-o-kwh-como-se-escribe/>

Webmaster Xeral. (2016, 1 septiembre). 10 herramientas útiles para trabajar con electricidad. Recuperado 17 mayo, 2019, de <http://onemons.es/10-herramientas-utiles-para-trabajador-con-electricidad/>