



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL CAMBIO DEL
ALUMBRADO PÚBLICO CONVENCIONAL POR TECNOLOGÍA
LED EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de ingeniero eléctrico

AUTOR:

Tapia Estrella Galo Israel

TUTOR:

Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso. Mg

LATACUNGA- ECUADOR

FEBRERO-2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Tapia Estrella Galo Israel, con cédula de ciudadanía No. 0550015754, declaro ser autor del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL CAMBIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CONVENCIONAL POR TECNOLOGÍA LED EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, siendo el Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado. Mg, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 26 de febrero del 2024



Tapia Estrella Galo Israel
C.C.: 0550015754

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL CAMBIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CONVENCIONAL POR TECNOLOGÍA LED EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Tapia Estrella Galo Israel, de la carrera de Electricidad, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 26 de febrero del 2024



Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso. Mg

C.C.: 050263642-4

TUTOR

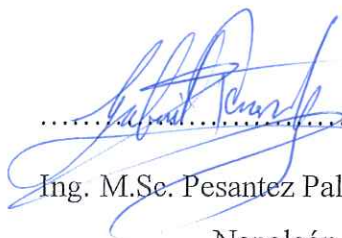
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Tapia Estrella Galo Israel, con el título del Proyecto de Investigación “ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL CAMBIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CONVENCIONAL POR TECNOLOGÍA LED EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 26 de febrero del 2024

Para constancia firman:



.....

Ing. M.Sc. Pesantez Palacios Gabriel
Napoleón

C.C: 0301893889

LECTOR 1(PRESIDENTE)



.....

Ing. M.Sc. Rueda Flores Walter Paúl

C.C: 0503689895

LECTOR 2



.....

Ing. M.B.A. Estupiñán Tello Diego Enrique

C.C: 050265642-4

LECTOR 3

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen María que me han dado fuerza para vivir y pasar obstáculos en mi vida día a día.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi que me ha ayudado a mejorar académicamente con el paso de los años y aprender conocimientos nuevos en cada ciclo.

Agradezco al Ing. Xavier Proaño y lectores que con su paciencia y conocimiento me han ayudado a seguir mejorando mi trabajo de titulación.

Agradezco al Ing. Galo Tapia que con su conocimiento me a guiado para mejorar mi trabajo de titulación.

Por último, agradezco al Teacher. Pablo Cevallos, a la Lcda. Josselin Aguilar y a todas las personas en mi entorno que en parte me han dado pautas para seguir mejorando mi trabajo de titulación.

Tapia Estrella Galo Israel

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a la Dios y la Virgen María que me han dado paciencia y sabiduría para despertarme cada mañana para seguir adelante.

A mi madre Consuelo Estrella y mi hermano Galo Tapia que han sido un pilar fundamental con su apoyo moral e incondicional que me han dado todos los días de mi vida.

A mis tíos Daniela y Marcelo que nunca perdieron la fe en mi para seguir adelante profesionalmente y han sido como mis padres dándome su ayuda incondicional.

A mis primos maternos Daniel, David y Camila que han estado presentes a lo largo de mi vida dándome apoyo moral y social.

A mis abuelos maternos Imelda y Angel que con el paso de los años me han brindado su ayuda y han sido un pilar fundamental para ser mejor persona.

Tapia Estrella Galo Israel

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL CAMBIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CONVENCIONAL POR TECNOLOGÍA LED EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”

**Autor:
Tapia Estrella Galo Israel**

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se centró en realizar un análisis completo, tanto desde un punto de vista técnico como económico, sobre la viabilidad de cambio en el alumbrado público convencional por tecnología LED en la provincia de Cotopaxi. Se implementó una metodología que involucro la extracción de datos históricos de las luminarias existentes en la empresa eléctrica provincial de Cotopaxi. También, se llevó a cabo una previsión de los cambios futuros en las luminarias utilizando la función estadística de Excel conocida como PREVISION.ETS con lo cual se determinó el número de luminarias que se pueden aumentar o disminuir a futuro dependiendo del tipo de luminaria del alumbrado público general. En términos de la evaluación económica, se analizó los costos y las potencias relacionadas con la transición de las luminarias de mercurio y sodio a tecnología LED además se utilizó indicadores financieros como el Valor Actual (VA), el Valor Actualizado Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Análisis Costo-Beneficio (RBC). Este análisis integral tuvo como objetivo determinar si es o no factible cambiar las luminarias convencionales por luminarias de tecnología LED, considerando un horizonte de tiempo de 25 años, en función de la vida útil de las mismas.

Palabras clave: Alumbrado público general, tecnología LED, previsión, valor actual, valor actual neto, tasa interna de retorno, análisis costo beneficio.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME: "TECHNICAL ECONOMIC ANALYSIS FOR THE REPLACEMENT OF
CONVENTIONAL PUBLIC LIGHTING WITH LED TECHNOLOGY IN THE
PROVINCE OF COTOPAXI "**

**AUTHOR:
Tapia Estrella Galo Israel**

ABSTRACT

This research project focused on conducting a complete analysis, both from a technical and economic point of view, on the feasibility of changing conventional public lighting for LED technology in the province of Cotopaxi. A methodology was implemented that involved the extraction of historical data of the existing luminaires in the provincial electric company of Cotopaxi. Also, a forecast of future changes in luminaires was carried out using the Excel statistical function known as PREVISION.ETS, which determined the number of luminaires that could be increased or decreased in the future depending on the type of luminaire in the general public lighting system. In terms of economic evaluation, the costs and powers related to the transition from mercury and sodium luminaires to LED technology were analyzed and financial indicators such as Present Value (PV), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Cost-Benefit Analysis (CBA) were used. The purpose of this comprehensive analysis was to determine whether or not it is feasible to replace conventional luminaires with LED technology luminaires, considering a time horizon of 25 years, based on the useful life of the luminaires.

Keywords: General public lighting, LED technology, forecasting, present value, net present value, internal rate of return, cost benefit analysis.



AVAL DE TRADUCCIÓN - PROFESIONAL EXTERNO

Pablo Santiago Cevallos Viscaíno, con cédula de identidad número: 0502592371, Licenciado en Ciencias de la Educación Especialización Inglés, con número de registro de la SENESCYT No. 1020-07-733846 ; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL CAMBIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CONVENCIONAL POR TECNOLOGÍA LED EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, de: Tapia Estrella Galo Israel, de la carrera de Ingeniería en Electricidad, perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 27 de febrero del 2024

Pablo Santiago Cevallos Viscaíno
C.I: 0502592371
Email: pablinopablino@gmail.com

INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
<i>AGRADECIMIENTO</i>	v
<i>DEDICATORIA</i>	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	1
2.1. PROBLEMA	2
2.1.1. Situación problemática	2
2.1.2. Formulación del problema	2
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.2.1. Objetivo de investigación	3
2.2.2. Campo de acción	3
2.3. JUSTIFICACIÓN	3
2.4. BENEFICIARIOS	3
2.5. OBJETIVOS	4
2.5.1. Objetivo general	4
2.5.2. Objetivos específicos	4
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
3.1. ANTECEDENTES	4

3.2.	MARCO REFERENCIAL	6
3.2.1.	Recopilación de datos de luminarias de alumbrado publico	6
3.2.2.	Métodos de recopilación de datos	6
3.2.3.	Importancia de la recopilación de datos.....	6
3.2.4.	Tendencias tecnológicas de las luminarias	7
3.2.5.	Características técnicas de las luminarias en DIALux evo	8
3.2.6.	PREVISION.ETS	9
3.2.7.	Análisis de inversiones.....	9
4.	METODOLOGÍA	10
4.1.2	Número y potencia de luminarias instaladas	11
4.2.	PREVISION	11
4.2.1.	Análisis de la previsión de la energía consumida.....	12
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	19
5.1.	ANÁLISIS DE NUMERO DE LUMINARIAS	19
5.2.	ANÁLISIS DE LAS PREVISIONES.....	21
5.3.	ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE ENERGIA CONSUMIDA	29
5.4.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	31
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
6.1.	CONCLUSIONES	42
6.2.	RECOMENDACIONES	42
7.	REFERENCIAS.....	43
8.	ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 . Luminarias instaladas en la provincia de Cotopaxi hasta el año 2023 [4].....	7
Tabla 4.1. Formato de cambio de luminarias convencionales a LED.	16
Tabla 4.2. Formato de costo de reposición o instalación de luminarias LED de compras públicas en Ecuador	17
Tabla 5.1. Número Total de luminarias desde 2012 hasta 2023	20
Tabla 5.2. Número de luminarias instaladas por año	20
Tabla 5.3. Análisis de luminarias	32
Tabla 5.4. Luminarias Sylvania y Schröder años de vida útil.	32
Tabla 5.5. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias de mercurio.	33
Tabla 5.6. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias de sodio.	33
Tabla 5.7. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias LED.	33
Tabla 5.8. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias LED	34
Tabla 5.9. Costo individual de cambio de luminarias de mercurio a LED.....	34
Tabla 5.10. Costo individual de cambio de luminarias de sodio a LED.....	34
Tabla 5.11. Costo de reposición de luminarias de mercurio por LED.....	35
Tabla 5.12. Costo de reposición de luminarias de sodio por LED.....	35
Tabla 5.13. Ahorro del primer año del cambio de luminaria.	35
Tabla 5.14. Ahorro del primer año de las luminarias de sodio	35
Tabla 5.15. Cálculo matemático para obtener indicadores financieros para luminarias de mercurio.	37
Tabla 5.16. Cálculo matemático para obtener indicadores financieros para luminarias de sodio.	38
Tabla 5.17. Resumen de indicadores financieros a largo plazo	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Ejemplo de luminarias de alumbrado público en DIALux evo [5].....	8
Figura 4.1. Ejemplo de previsión en software previsión.ets.....	13
Figura 5.1. Base de datos históricos.....	20
Figura 5.2. Previsión de luminarias de mercurio de 70 W.	21
Figura 5.3. Previsión de luminarias de mercurio de 100 W.	22
Figura 5.4. Previsión de luminarias de mercurio de 125 W.	22
Figura 5.5. Previsión de luminarias de mercurio de 150 W.	23
Figura 5.6. Previsión de luminarias de mercurio de 175 W.	24
Figura 5.7. Previsión de luminarias de mercurio de 250 W.	24
Figura 5.8. Previsión de luminarias de mercurio de 400 W.	25
Figura 5.9. Previsión de luminarias de sodio de 70 W.	26
Figura 5.10. Previsión de luminarias de sodio de 100 W.	26
Figura 5.11. Previsión de luminarias de sodio de 150 W.	27
Figura 5.12. Previsión de luminarias de sodio de 250 W.	28
Figura 5.13. Previsión de luminarias de sodio de 400 W.	28
Figura 5.14. Previsión de luminarias de sodio de 500 W.	29
Figura 5.15. Energía consumida por las luminarias de mercurio con previsión.	30
Figura 5.16. Energía consumida por las luminarias de sodio con previsión.	30
Figura 5.17. Energía consumida por las luminarias LED con previsión.	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Luminarias LED del catálogo de Sylvania.....	45
Anexo B. Luminaria de mercurio de 125 W de catálogo de DIALux evo.....	45
Anexo C. Luminaria de mercurio de 250 W de catálogo de DIALux evo.....	46
Anexo D. Luminaria de mercurio de 400 W de catálogo de DIALux evo.....	46
Anexo E. Luminaria de sodio de 70 W de catálogo de DIALux evo.....	47
Anexo F. Luminaria de sodio de 75 W de catálogo de DIALux evo.....	47
Anexo G. Luminaria de sodio de 100 W de catálogo de DIALux evo.....	48
Anexo H. Luminaria de sodio de 125 W de catálogo de DIALux evo.....	48
Anexo I. Luminaria de sodio de 150 W de catálogo de DIALux evo.....	49
Anexo J. Luminaria de sodio de 250 W de catálogo de DIALux evo.....	49
Anexo K. Luminaria de sodio de 400 W de catálogo de DIALux evo.....	50
Anexo L. Luminaria de sodio de 500 W de catálogo de DIALux evo.....	50
Anexo M. Costo del cambio de luminarias convencionales de 70 W de mercurio por luminaria LED de 18,6 W.....	51
Anexo N. Costo del cambio de luminarias convencionales de 100 W de mercurio por luminaria LED de 20 W.....	51
Anexo O. Costo del cambio de luminarias convencionales de 125 W de mercurio por luminaria LED de 41 W.....	52
Anexo P. Costo del cambio de luminarias convencionales de 150 W de mercurio por luminaria LED de 36 W.....	52
Anexo Q. Costo del cambio de luminarias convencionales de 175 W de mercurio por luminaria LED de 52,5 W.....	52
Anexo R. Costo del cambio de luminarias convencionales de 250 W de mercurio por luminaria LED de 79 W.....	53
Anexo S. Costo del cambio de luminarias convencionales de 400 W de mercurio por luminaria LED de 100 W.....	54
Anexo T. Costo del cambio de luminarias convencionales de 500 W de mercurio por luminaria LED de 148 W.....	54
Anexo U. Costo del cambio de luminarias convencionales de 70 y 125 W de sodio por luminaria LED de 36 W.....	55
Anexo V. Costo del cambio de luminarias convencionales de 75 y 100 W de sodio por luminaria LED de 41 W.....	55

Anexo W. Costo del cambio de luminarias convencionales de 150 W de sodio por luminaria LED de 80 W.....	56
Anexo X. Costo del cambio de luminarias convencionales de 250 y 400 W de sodio por luminaria LED de 200 W.....	56
Anexo Y. Costo del cambio de luminarias convencionales de 500 W de sodio por luminaria LED de 280 W.....	56

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Análisis técnico económico para el cambio del alumbrado público convencional por tecnología LED en la provincia de Cotopaxi.

Fecha de inicio: abril 2023

Fecha de finalización: agosto 2023

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería en Electricidad.

Proyecto Macro Asociado: Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

2. INTRODUCCIÓN

La transición de luminarias convencionales a tecnología LED ha emergido como una estrategia vital en la optimización del alumbrado público en la provincia de Cotopaxi. Esta investigación se centra en analizar este cambio, respaldándose en un extenso conjunto de datos históricos recopilados en el software Excel desde 2013 hasta 2023.

La previsión de luminarias se ha realizado correctamente mediante el uso de la función estadística llamada PREVISION.ETS que hace referencia al error, tendencia y estacionalidad. Este enfoque permite una evaluación más precisa de las necesidades de iluminación, facilitando así la toma de decisiones sobre el reemplazo de luminarias y en qué año concreto se realiza ese cambio o si no se podría cambiar luminarias de alguna tecnología.

Además, se ha llevado a cabo un análisis detallado de la viabilidad económica del cambio de luminarias, empleando herramientas financieras fundamentales como el Valor Actual (VA), el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Costo de Beneficio Real (RBC). Estos cálculos financieros proporcionan una evaluación integral de los costos y beneficios asociados con la transición a tecnología LED, permitiendo determinar de manera efectiva la rentabilidad y el impacto económico a largo plazo de esta inversión.

2.1.PROBLEMA

2.1.1. Situación problemática

El alumbrado público es un componente crucial de la infraestructura urbana y rural que influye significativamente en la seguridad, el bienestar y la calidad de vida de los ciudadanos. En la provincia de Cotopaxi, se observa una problemática creciente relacionada con el consumo de energía relacionado al sistema de alumbrado público general (SAPG), ya que con cada año crece este valor actualmente se encuentra en un 6,28 %, este consumo se aumenta también por el uso de luminarias convencionales [1]

En la provincia de Cotopaxi las luminarias convencionales son aún predominantes en el alumbrado público. Estas fuentes de luz consumen grandes cantidades de energía eléctrica y tienen una vida útil relativamente corta en comparación con las tecnologías más recientes, como las luces LED. El cambio de luminarias convencionales por Led representa una oportunidad significativa para reducir el consumo de energía y los costos operativos a largo plazo, además de proporcionar una iluminación más eficiente y de mayor calidad. Para la instalación del alumbrado público general en Ecuador se encarga la regulación Nro. ARCERNNR 007/23 da las condiciones técnicas con sus normativas a las empresas eléctricas distribuidoras como es el caso de ELEPCO donde comprende el estudio y análisis económico relacionado [2].

Para suplir la demanda que cada año se torna más grande las empresas distribuidoras forman proyecciones que involucras al sector urbano y rural. Por lo que dichas empresas buscan nuevas formas para no aumenta el porcentaje de consumo de energía en Ecuador, por lo que con el planteamiento del cambio de luminarias convencionales por luminarias LED se quiere reducir el consumo de potencia y alargar la vida útil de las luminarias nuevas [3].

2.1.2. Formulación del problema

¿Cómo se puede ejecutar de manera efectiva el cambio de luminarias convencionales por LED considerando aspectos como la gestión financiera, la selección de tecnología adecuada, con el fin de maximizar los beneficios en eficiencia energética y calidad de iluminación, mientras se minimizan los costos en la provincia de Cotopaxi?

2.2.OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objetivo de investigación

El objetivo primordial para hacer el cambio de luminarias convencionales por LED es conocer las luminarias instaladas en la provincia de Cotopaxi por medio de datos históricos que se van a agrupar de manera que se pueda realizar una proyección a futuro y con esos valores usar indicadores financieros para saber su factibilidad al momento de cambiar su tecnología.

2.2.2. Campo de acción

Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial.

2.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre el cambio de luminarias convencionales por LED en la provincia de Cotopaxi se motiva por diversas razones de índole personal, académico y práctico. Desde una perspectiva personal, este tema despierta mi interés debido a mi preocupación por el medio ambiente y mi deseo de contribuir a la implementación de prácticas más sostenibles a nuestra provincia. Académicamente, este proyecto ofrece la oportunidad de avanzar en el conocimiento sobre eficiencia energética y tecnologías de iluminación, así como de aplicar y desarrollar metodologías de investigación en un contexto real. Desde el punto de vista práctico, la importancia de esta investigación radica en su potencial para contribuir a la solución de un problema urgente, como es la necesidad de reducir el consumo de energía y las emisiones contaminantes en entornos urbanos.

Además, el uso de luminarias LED que se han venido cambiando en países de Latinoamérica han dado resultados positivos visualmente por su haz de luz más potente, pero a su vez no invasiva a las personas que caminan en lugares amplios y también los costos de adquirir las luminarias Led son más reducidos que las luminarias convencionales.

2.4. BENEFICIARIOS

- Personas del sector urbano de la provincia de Cotopaxi
- Personas de sector rural de la provincia de Cotopaxi
- Turistas

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. Objetivo general

Evaluar el impacto económico al realizar el cambio de luminarias convencionales por LED mediante el análisis de las luminarias existentes en Cotopaxi para ver si es rentable el cambio.

2.5.2. Objetivos específicos

- Analizar las luminarias existentes en Cotopaxi.
- Realizar Investigar las principales tendencias energéticas de las luminarias.
- Evaluar el impacto económico del cambio de luminarias convencionales a LED.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

El alumbrado público ha sido un aspecto vital en el desarrollo de Ecuador desde tiempos remotos, siendo clave para la seguridad, la actividad económica y la calidad de vida en las ciudades. Tradicionalmente, las luminarias de alumbrado público se han basado en tecnologías convencionales como las lámparas incandescentes, fluorescentes o de vapor de sodio. Sin embargo, con el avance tecnológico y la búsqueda de soluciones más eficientes, las luminarias Led han emergido como una alternativa eficiente y sostenible.

El cambio hacia las luminarias LED en el alumbrado público ha sido una tendencia global en las últimas décadas. Esta transición se ha impulsado por varias razones, incluyendo la eficiencia energética, la durabilidad, la reducción de costos operativos y el menor impacto ambiental. Numerosos estudios han demostrado los beneficios significativos de la adopción de luminarias Led en términos de ahorro de energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

A medida que las autoridades municipales y los gestores de alumbrado público consideran la transición a luminarias Led, surge la necesidad de recopilar datos precisos y actualizados sobre la infraestructura de iluminación existente. La recopilación de datos es esencial para comprender la distribución y el estado de las luminarias en una ciudad o región determinada, así como para evaluar el potencial de ahorro energético y los beneficios económicos asociados con la implementación de luminarias Led que se vendrán dando a largo plazo.

Los métodos de recopilación de datos de luminarias de alumbrado público han evolucionado con el tiempo, aprovechando las nuevas tecnologías y enfoques metodológicos. Desde las

inspecciones físicas en el terreno hasta el uso de sistemas de telemetría y sensores remotos, se han desarrollado diversas técnicas para recopilar información sobre el tipo de luminarias, su ubicación geográfica, su estado de funcionamiento y otros parámetros relevantes.

A pesar de los avances en los métodos de recopilación de datos, persisten desafíos en términos de eficiencia, precisión y escalabilidad. La selección del método de recopilación de datos más adecuado depende de varios factores, incluyendo el tamaño de la ciudad o región, la disponibilidad de recursos y la complejidad de la infraestructura de alumbrado público. La sustitución de luminarias convencionales por LED ha sido un tema de interés en la investigación y ha dado lugar a numerosos estudios y publicaciones, los cuales marcan una gran importancia a futuro para ahorrar energía y las reducciones de emisiones de carbono [1].

La sustitución de luminarias convencionales por tecnología LED en Ecuador se ha convertido en una tendencia en respuesta a la necesidad de mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos en sistemas de iluminación tanto públicos como privados. Hay varios proyectos de renovación del alumbrado público con tecnología LED se han llevado a cabo en las áreas urbanas de ciudades ecuatorianas, como Quito, la capital del país. Estos proyectos tienen como objetivos mejorar la calidad de la iluminación y, al mismo tiempo, disminuir el consumo energético con ayuda de las empresas eléctricas en Ecuador han desempeñado un rol destacado en la implementación de proyectos de migración a tecnología LED. Uno de los principales impulsores de la adopción de luces LED en Ecuador es su capacidad para ahorrar energía de manera significativa y reducir los gastos operativos. Esto es particularmente relevante en un país comprometido con la sostenibilidad y la preservación de recursos naturales [2].

El alumbrado público desempeña un papel crucial en la seguridad, el bienestar y la eficiencia de las ciudades modernas. La evolución tecnológica ha llevado a la adopción cada vez mayor de luminarias LED en lugar de las tecnologías de iluminación convencionales, como las lámparas incandescentes o de vapor de sodio. El cambio hacia luminarias LED ofrece una serie de ventajas significativas, incluida una mayor eficiencia energética, una vida útil más larga y una mejor calidad de iluminación. Sin embargo, para implementar eficazmente esta transición, es fundamental recopilar datos precisos y detallados sobre el estado actual del alumbrado público. Para poder tener una mejor rentabilidad al momento de instalar las luminarias LED es mejor realizar el cambio aprovechando que las antiguas luminarias incandescentes estén dañadas para no gastar mucho presupuesto en mano de obra y equipo especializado para dicho trabajo [3].

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Recopilación de datos de luminarias de alumbrado publico

La recopilación de datos de luminarias de alumbrado público es un proceso fundamental que implica la recolección sistemática y organizada de información relevante sobre las luminarias existentes en una determinada área. Este proceso se realiza con el objetivo de comprender mejor la infraestructura de alumbrado público existente, identificar áreas de mejora y facilitar la planificación estratégica para la implementación de tecnologías de iluminación más eficientes, como las luminarias LED.

3.2.2. Métodos de recopilación de datos

Existen diversos métodos para recopilar datos de luminarias de alumbrado público, cada uno con sus propias ventajas y limitaciones. Uno de los métodos más comunes es la inspección física en el terreno, que involucra a técnicos o personal capacitado que visitan cada sitio de instalación para registrar información relevante, como el tipo de luminaria, la potencia, la ubicación geográfica y el estado de funcionamiento. Este enfoque proporciona datos detallados y precisos, pero puede ser laborioso y consumir tiempo.

Otro método es el uso de tecnologías de telemetría y sensores remotos, que permiten monitorear el estado y el rendimiento de las luminarias de forma remota y en tiempo real. Estos sistemas pueden recopilar datos automáticamente sobre el consumo de energía, la intensidad de la luz y otros parámetros relevantes, lo que facilita la recopilación de datos a gran escala y reduce la necesidad de inspecciones físicas frecuentes. Además, se pueden emplear encuestas a residentes o usuarios del alumbrado público para recopilar información sobre la percepción y la satisfacción con la iluminación existente, así como para identificar áreas problemáticas que requieren atención especial.

3.2.3. Importancia de la recopilación de datos

La recopilación precisa y completa de datos de luminarias de alumbrado público es crucial para informar decisiones informadas y estratégicas relacionadas con la gestión y la mejora del alumbrado público urbano. Estos datos proporcionan una base sólida para la planificación y el diseño de proyectos de modernización del alumbrado público, así como para la evaluación del

impacto de estas iniciativas en términos de eficiencia energética, calidad de iluminación y satisfacción del usuario.

En la provincia de Cotopaxi se puede visualizar cuantas son las luminarias instaladas en la provincia de Cotopaxi, estos datos son suministrados por la empresa distribuido de la misma como es ELEPCO dando los siguientes resultados [4].

Tabla 3.1 . Luminarias instaladas en la provincia de Cotopaxi hasta el año 2023 [4].

EMPRESA	MEDIDA TENSION	TRANSFORMADORES		BAJA TENSION	LUMINARIAS		MEDIDORES
	Km	#	MVA	Km	#	KW	#
E.E. COTOPAXI	4441,73	10625	316,4	6052,29	61131	9286,4	154110
			5			9	

3.2.4. Tendencias tecnológicas de las luminarias

La identificación y análisis de las tendencias tecnológicas en luminarias instaladas por año en una región determinada es crucial para comprender la evolución y el estado actual del alumbrado público. Este proceso implica la recopilación y el examen detallado de datos sobre la cantidad y el tipo de luminarias instaladas en la región a lo largo del tiempo. Para llevar a cabo este análisis, se recopila información sobre el número de luminarias instaladas en cada año, así como detalles específicos sobre el tipo de tecnología utilizada en esas luminarias, como lámparas incandescentes, de vapor de sodio, fluorescentes o LED. Esta información se puede obtener a través de registros de instalación proporcionados por las autoridades municipales, empresas de servicios públicos o empresas de mantenimiento de alumbrado.

Una vez recopilados los datos, se procede a analizar las tendencias a lo largo del tiempo. Esto implica el uso de técnicas estadísticas y herramientas de visualización para identificar patrones y cambios significativos en la tecnología de las luminarias instaladas en la región. Por ejemplo, se pueden calcular estadísticas descriptivas como la media, la mediana y la desviación estándar para cada año, así como para el conjunto de datos completo, con el fin de comprender la distribución y la variabilidad de las tecnologías de iluminación a lo largo del tiempo.

Además, se pueden emplear técnicas de análisis de series temporales para modelar y predecir posibles tendencias futuras en la adopción de tecnologías de iluminación. Esto implica el uso de métodos como el suavizado exponencial o los modelos autorregresivos para estimar la demanda futura de luminarias Led u otras tecnologías emergentes.

3.2.5. Características técnicas de las luminarias en DIALux evo

Entender las características de las luminarias es fundamental para el diseño eficiente de sistemas de alumbrado público, y DIALux evo proporciona una herramienta poderosa para este propósito. Este proceso implica la exploración y el análisis detallado de las propiedades técnicas y fotométricas de las luminarias disponibles en la plataforma. Para lograr esto, se inicia explorando la biblioteca de luminarias incorporada en DIALux evo, la cual alberga una amplia gama de modelos de diferentes fabricantes. Cada luminaria en la biblioteca está asociada con una serie de características, como potencia, flujo luminoso, distribución de luz, temperatura de color y eficacia lumínica. Estas características son esenciales para comprender el rendimiento y el comportamiento de cada luminaria en diferentes escenarios de aplicación [5].

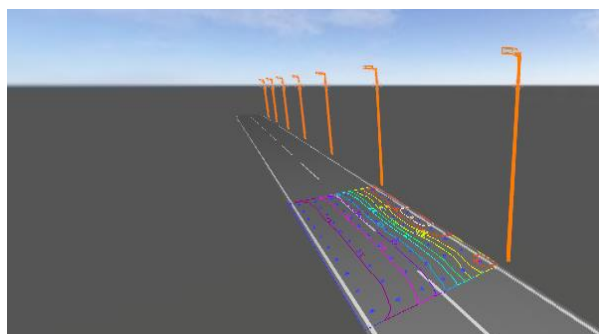


Figura 3.1. Ejemplo de luminarias de alumbrado público en DIALux evo [5].

Una vez identificadas las luminarias de interés, se procede a agregarlas al proyecto en DIALux evo y configurar sus parámetros según los requisitos específicos del diseño de alumbrado público. Esto incluye la colocación de las luminarias en el entorno virtual, la definición de la altura de montaje, la orientación y otros ajustes relevantes para optimizar el rendimiento del sistema de iluminación. A través del análisis fotométrico en DIALux evo, se pueden evaluar las características de las luminarias en términos de distribución de luz, uniformidad de iluminación, nivel de iluminación en el área de interés y control de deslumbramiento. Estos análisis proporcionan una visión clara del rendimiento esperado de las luminarias y permiten realizar ajustes y optimizaciones para lograr resultados óptimos [5].

3.2.6. PREVISION.ETS

Se basa en métodos avanzados de pronóstico que aprovechan la historia y las tendencias de los datos para predecir futuros valores con mayor precisión. Esta función se apoya en el enfoque ETS (Error, Tendencia y Estacionalidad), que constituye un modelo robusto para analizar series temporales. El componente "Error" en el método ETS se refiere a las fluctuaciones aleatorias o impredecibles en los datos que no pueden ser atribuidas a ningún patrón discernible. La función prevision.ets considera este factor para minimizar la influencia de errores aleatorios en las predicciones futuras.

La "Tendencia" es otro elemento esencial que la función ETS toma en cuenta. Se trata de las direcciones generales o patrones de cambio observados en los datos a lo largo del tiempo. La función prevision.ets examina estas tendencias para proyectar cómo los datos pueden evolucionar en el futuro, proporcionando así estimaciones más sólidas y confiables.

Finalmente, la "Estacionalidad" se refiere a patrones cíclicos o repetitivos que ocurren a intervalos regulares en los datos, como fluctuaciones estacionales o periódicas. La función prevision.ets identifica y modela estas estacionalidades para mejorar la precisión de las predicciones futuras, adaptándose mejor a las variaciones estacionales en los datos [6].

3.2.7. Análisis de inversiones

Los valores matemáticos en finanzas, tales como el Valor Actual (VA), el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Registro de bienes y crédito (RBC), son herramientas fundamentales en el análisis y la evaluación de proyectos de inversión. El VA representa el valor actual de un flujo futuro de efectivo, descontado a una tasa de interés específica. Su utilidad radica en determinar el valor presente de una inversión futura, permitiendo comparar alternativas de inversión y tomar decisiones financieras informadas. El VAN, por su parte, es la suma de los flujos de efectivo futuros descontados al valor presente, menos el costo inicial de la inversión. Sirve para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, indicando si generará un rendimiento positivo o negativo sobre el capital invertido. El TIR representa la tasa de rendimiento que iguala el valor presente de los flujos de efectivo futuros de un proyecto de inversión con su costo inicial. Se utiliza para determinar la

rentabilidad de un proyecto y compararla con la rentabilidad de otras inversiones disponibles [7].

Por último, el RBC es una medida del riesgo asociado a un proyecto de inversión. Se calcula como la diferencia entre la TIR y la tasa de descuento utilizada en el análisis (generalmente, la tasa de interés de mercado). Un RBC positivo indica que la inversión tiene un rendimiento superior al costo de capital, mientras que un RBC negativo sugiere lo contrario [7].

Para poder realizar un cambio de luminaria no optima a una luminaria optima a la parte práctica se la realiza en base a mediciones con las luminarias encendidas por 12 horas diarias por lo que se puede comprobar que las luminarias incandescentes a pesar de consumir una cantidad considerable de energía eléctrica este a su vez se calienta pero no cambia su intensidad luminosa en cambio una luminaria led tiene varios colores y no se calienta mucho a pesar de su tiempo de uso al ser puesto en algún tipo de clima extremo ya no funciona de una manera correcta [8].

4. METODOLOGÍA

La metodología para el cambio de las luminarias tiene un enfoque sistemático que se emplea para llevar a cabo la recopilación de datos, análisis y llegar a conclusiones. Esencialmente, la metodología utilizada describe cómo se llevará a cabo la investigación y proporciona detalles sobre los procedimientos previsivos y el análisis financiero de esta manera se obtiene una base sólida para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

4.1. RECOLECCION DE DATOS

Para recolectar datos característicos a utilizar en la tesis se tomó en consideración el método cuantitativo desempeña un papel fundamental centrada en conocer la factibilidad del cambio de luminarias convencionales a LED al proporcionar datos numéricos que permiten evaluar el impacto objetivo de esta transición. A través de técnicas como el análisis de datos históricos de la instalación de las luminarias por años transcurridos. Esta aproximación permite una evaluación rigurosa y comparativa entre sistemas de iluminación convencionales y LED.

4.1.1 Datos generales de toda la provincia de Cotopaxi

Como primer punto para realizar el cambio de luminarias convencionales por LED se recopiló los datos de luminarias para alumbrado público en la provincia de Cotopaxi, este es un proceso crucial que se puede llevar a cabo de manera eficiente gracias a los datos históricos de la empresa eléctrica provincial Cotopaxi, dichos datos se los recopiló de manera sistemática en

Excel, estos datos se los utilizo para colocarlos en una matriz más entendible con los valores de números de luminarias instaladas por año, potencias, cantón, tipo de luminaria y categoría de tecnología.

4.1.2 Número y potencia de luminarias instaladas

El número de las luminarias instaladas desde el año 2013 hasta el 2023 en los 7 cantones de Cotopaxi sirvieron para conocer de manera más comprensible la distribución de las potencias de las luminarias instaladas en el alumbrado público general. Posteriormente se hizo una distribución en el software Excel de manera que se colocaron cada año con el número de luminarias, potencia y tipo de tecnología y después seguir sumando las luminarias con cada año para conocer si aumentan o disminuyen las luminarias dependiendo la potencia.

4.2. PREVISION

Con ayuda de la siguiente función estadística se pudo conocer cuál es el comportamiento de la cantidad de luminarias de mercurio, sodio y LED en la provincia de Cotopaxi de manera que se siguió la siguiente formula colocando los valores necesarios en cada caso de estudio:

$$\hat{Y} * 1_{t+h:t} = l_t + h * b_t + s_{t-L+h^+} \quad (1.1)$$

Donde:

$\hat{Y} * 1_{t+h:t}$ = Es el pronóstico para el período $t + h$, dado el conocimiento de la información hasta el período t .

l_t = Es el nivel estimado en el período t .

b_t = Es la tendencia estimada en el período t .

s_{t-L+h^+} = Es el componente estacional estimado para el período $t + h$, donde L es la longitud del ciclo estacional.

h = Es el número de períodos en el futuro para los cuales se está pronosticando.

Con los datos ya organizados se procedio a colocarlos en la funcion estadistica que cuenta con el suavizado exponencial asegurando pronósticos que se utilizan comúnmente para hacer previsiones sobre series temporales. Estos modelos están basados en la idea de que los datos observados pueden ser modelados como una combinación de tres componentes: nivel,

tendencia y estacionalidad. La función `prevision.ets` ajusto un modelo de suavizado exponencial a los datos observados y genero pronósticos futuros basados en este modelo con relacion al año 2040.

Para realizar las previsiones diferentes puntos de vista con relacion a las luminarias de mercurio se tomo la tendencia mas pesimista porque este tipo de luminarias con el paso de los años carecen de avances tecnologicos, no cumplen con las regulaciones y politicas ambientales, tambien no pueden competir en el mercado con las luminarias de otras tecnologias [9].

Las luminarias de sodio se tomo la prevision normal porque este tipo de tecnologia cuenta a nivel de la provincia de Cotopaxi con estructuras caracteristicas, tambien en el mercado actualmente a pesar de tener menos eficiencia energetica a comparacion de las luminarias LED tienen un precio competitivo en el mercado [10].

Las luminarias LED de igual manera tienen una prevision normal porque tienen una buena eficiencia luminosa, una buena competencia de costos en el mercado y cumplen con las politicas ambientales de Ecuador [10].

4.2.1. Análisis de la previsión de la energía consumida

Para poder analizar el comportamiento previsivo de las luminarias se toma en cuenta los siguientes pasos:

Paso 1: Se utiliza los años de la instalación desde el 2013 hasta el 2023 y después los años para la previsión desde el 2014 hasta el 2040, estos valores se los coloca en el eje x.

Paso 2: Se utiliza el número de las luminarias instaladas dependiendo de la potencia y su tipo de tecnología y estos valores se colocan en el eje y.

Paso 3: Se calcula la previsión con los valores antes mencionadas en función de todos los casos a analizar llenando los valores como se explica a continuación:

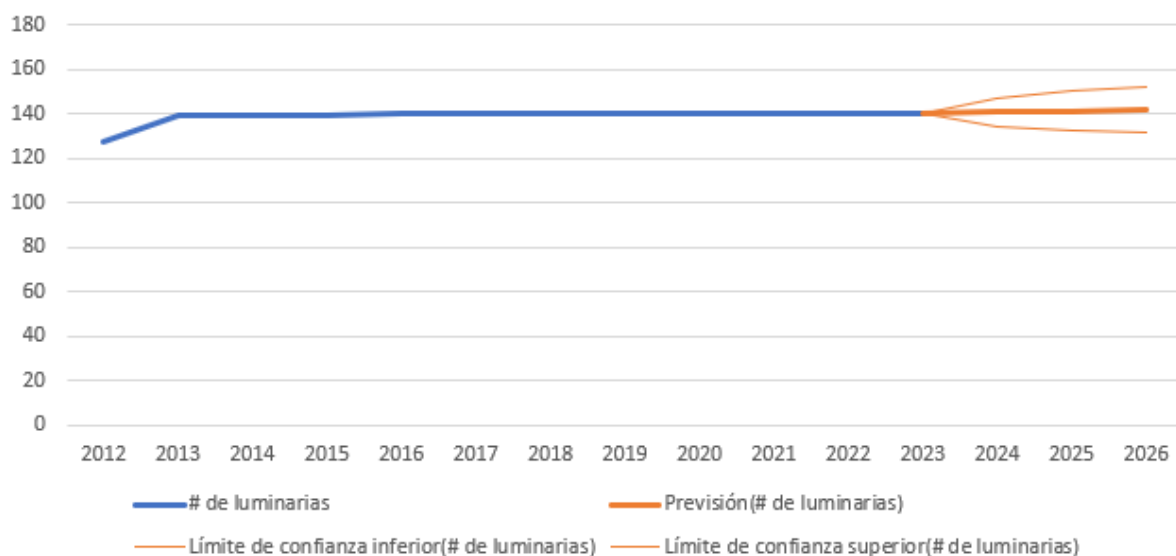


Figura 4.1. Ejemplo de previsión en software previsión.ets.

Donde:

Valor conocido = Es el valor en la serie temporal que se conoce.

Valores conocidos x = Es una matriz o rango de celdas que contiene los valores x (como fechas o períodos de tiempo) correspondientes a los valores conocidos en la serie temporal.

Nuevos valores x = Es una matriz o rango de celdas que contiene los nuevos valores x para los cuales deseas realizar la predicción.

Confianza = Especifica el nivel de confianza que deseas para la predicción. Puede ser un número entre 0 y 1. Si no se proporciona, el valor predeterminado es 95% (0.95).

Estacional = Especifica si se deben tener en cuenta patrones estacionales en la serie temporal. Puede ser TRUE o FALSE. El valor predeterminado es FALSE.

Datos = Especifica cómo se deben interpretar los datos de entrada. Puede ser "aditivo" o "multiplicativo". El valor predeterminado es "aditivo".

Cabe recalcar que los valores antes mencionados del eje x se los coloca en la pestaña que dice intervalo de escala de tiempo y los valores del eje y se colocan donde dice intervalo de valores como indica la imagen anterior

Paso 4: Con los datos de las luminarias de las 3 tecnologías que se obtiene con sus respectivas previsiones el comportamiento de las luminarias con relación a potencia y la cantidad de luminarias que ha venido creciendo o disminuyendo dependiendo el caso característico

Paso 5: Se obtuvo los valores de la energía consumida por las luminarias en un determinado año y determinada potencia esto se lo calcula con la siguiente formula:

$$\text{Consumo anual}(KW/\text{Año}) = \text{Potencia} * \frac{12*365}{1000} \quad (1.2)$$

Paso 6: Estos valores se los coloca de manera que se obtenga los valores máximos de consumo en función de cada año y de cada tipo de tecnología para obtener las gráficas con puntos de tendencia, con dicha energía consumida por año las gráficas presentaran de manera que si los valores se disminuyen las luminarias de mercurio o sodio dará a entender que esas se cambiaran por LED.

4.3. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL CAMBIO DE LUMINARIAS CONVENCIONALES A LED.

4.3.1. Estudio de vida útil y durabilidad de las luminarias

Se calculó los valores de vida útil en horas de las luminarias de alumbrado público LED, sus horas de funcionamiento en un día y los días del año dando como resultado la siguiente ecuación:

$$\text{Años vida util} = \frac{\text{Vida util (h)}}{12*365} (\text{Año}) \quad (1.3)$$

Cabe mencionar que para calcular la vida útil de las luminarias no se tomó en cuenta el daño externo ni interno que llegarían a sufrir dichas luminarias con el tiempo. Por lo tanto, no es necesario hacer un estudio exhaustivo con ayuda de la curva de tasa de fallas de la bañera.

4.3.2. Equivalencia entre luminarias de distintas tecnologías

Después se revisa la eficiencia lumínica de las luminarias a evaluar, en el caso de las luminarias de mercurio y sodio los estos valores se los obtuvieron con ayuda de la hoja de datos del producto de las luminarias de DIALux evo, para las luminarias de tecnología LED se utilizó los catálogos de las luminarias para alumbrado público vigentes en el Ecuador de las marcas Sylvania y Schröder, para poder hacer la comparación de luminarias se lo hace en función de la luminancia, dicho proceso se lo realiza con ayuda de la siguiente formula:

$$Luminancia = Potencia (W) * Eficiencia luminica (lm) \quad (1.4)$$

Con la ecuación descrita se pudo calcular la luminancia de las luminarias a evaluar tanto convencionales como LED, este proceso se lo realiza para las luminarias de cada potencia con su distinta tecnología.

4.3.3. Cambio de luminarias convencionales a LED

Para poder hacer el respectivo cambio de luminarias convencionales a LED se tomó como referencia la luminancia de las luminarias convencionales y hacer una comparación de las mismas entre luminarias LED para después usar un valor aproximado que se encuentran en el mercado eléctrico y después hacer el respectivo cambio mediante los siguientes pasos:

Paso 1: Dividir la potencia de las luminarias convencionales de manera ordenada.

Paso 2: Utilizar los valores de la luminancia obtenida con la ecuación 1.4 y ordenarlas debajo de la potencia de cada luminaria convencional.

Paso 3: Buscar en los catálogos de los fabricantes las luminarias LED para posteriormente conocer los valores de la luminancia gracias a la ecuación ----- y colocar de manera ordenada los valores de las nuevas potencias y las luminancias.

Los pasos antes descritos se los puede evidenciar en función de la tabla 4.1:

Tabla 4.1. Formato de cambio de luminarias convencionales a LED.

	Tecnología convencional
POTENCIA	(W)
EFICIENCIA LUMINICA	(lm/W)
LUMINANCIA	(lm)
	LED
NUEVA POTENCIA	(W)
NUEVA EFICIENCIA LUMINICA	(lm/W)
NUEVA LUMINANCIA	(lm)

Los valores de la nueva potencia se los obtuvo con la recopilación de las luminarias LED de marca Sylvania y Schröder los cuales están vigentes en sus catálogos de 2023 con sus respectivas características, posteriormente se buscó el costo unitario de cada luminaria con su valor en dólares en el mercado actual con la ayuda de portales de distribuidoras en el Ecuador.

4.3.4. Presupuesto unitario de cambio de luminaria convencional a LED

Se sacó de comprar públicas de Ecuador para conocer cuál es el presupuesto a utilizar en la instalación de las nuevas luminarias LED por unidad en los postes ya instalados como veremos más a continuación estos valores van a ir cambiando en función de la potencia de la luminaria LED y se lo determino de la siguiente manera:

Tabla 4.2. Formato de costo de reposición o instalación de luminarias LED de compras públicas en Ecuador

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED	Dependiendo de luminaria	1	
Accesorios	1	1	50,00
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro electrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			MATERIA PRIMA + MANO DE OBRA
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			15% DE COSTO DIRECTO
OTROS INDIRECTOS (5%)			5% DE COSTO DIRECTO
SUBTOTAL			INDIRECTOS DE 15% + INDIRECTO DE 5 %
IVA			12% DEL SUBTOTAL
TOTAL COSTOS			SUBTOTAL + IVA

La Tabla 4.2 se la utilizo para todos los tipos de luminarias, ya que la mano de obra y los accesorios a utilizar para la maniobra era la misma, sino que solo cambiaba el costo de la luminaria, este proceso para calcular el presupuesto a considerar es para un contratista al momento de realizar el trabajo y se tomó en consideración con la mano de obra especificada se realizara la ejecución del mismo en una hora. Este resultado que tenemos al final se lo utilizo para colocarlo en la inversión de año 0 en un modelo matemático que ayuda a saber si es factible el cambio de las luminarias.

Además, ya que la tabla hace referencia a la reposición de las luminarias ya no es necesario tomar en cuenta el costo del desmontaje de las luminarias, caso contrario se aumentarían costos para hacer el cambio de las luminarias.

Para obtener el ahorro de consumo en el año n se lo debe realizar con ayuda de la siguiente formula:

$$\text{Ahorro consumo año } n = (\text{Potencia antigua} - \text{Potencia nueva}) * \frac{12*365}{1000} * 0,09 \quad (1.5)$$

El valor que obtenido nos dé como resultado es el ahorro de consumo del año n, la unidad que representa la ecuación es dólares en un año que posteriormente seguirá aumentando con cada año.

Con el valor anterior obtenido se procede a realizar el siguiente calculo con ayuda del porcentaje 3,10% proporcionado por el Banco Central del Ecuador [7]:

$$\text{Ahorro consumido } n + 1 = \text{Ahorro consumido } n * (1 + 3,10\% * \text{Ahorro consumo } n) \quad (1.6)$$

La ecuación 1.6 hace referencia al crecimiento en el ahorro consumido a lo largo del tiempo, dependiendo de su valor en el período actual su unidad está en dólares este proceso se repite hasta los 25 años que se determinaron de la vida útil de las luminarias LED.

4.3.5. Ecuaciones financieras para la factibilidad del cambio de luminarias

Finalmente, como primer punto se usó todos los datos de costos para posteriormente colocarlos en las ecuaciones matemáticas para conocer el VA (Valor agregado) que está en función de las siguientes ecuaciones:

$$VA = \sum_{t=1}^n \frac{FENt}{(1+WACC)^t} \quad (1.7)$$

Donde:

FENt= Es el flujo de efectivo neto en el período t

WACC= Es la tasa de descuento del costo promedio ponderado de capital.

n= es el número total de períodos.

Para calcular en VAN (Valor actual neto), se restó la inversión inicial del año 1 con el VA (valor agregado)

Cabe mencionar que el valor de WACC utilizado es el vigente en el Ecuador el cual es 9,67 %, este valor se lo utilizo en la ecuación 1.7 [11].

Después se calcula el TIR (Tasa interna de retorno) se utilizó la siguiente formula:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{FENt}{(1+TIR)^t} \quad (1.8)$$

Donde:

FENt= Es el flujo de efectivo neto en el período t

TIR= Es la Tasa Interna de Retorno que se está buscando.

n= es el número total de períodos.

Por último el RBC que nos indica el retorno del capital es necesitamos revisar más porque es el que nos permitirá conocer que si el valores que nos sale es mayor a 1 dólar es beneficioso, porque si el valor de dinero que me sale en el RBC y saber si es factible el cambio de luminarias convencionales a LED, esta factibilidad se la determino en base a los años de vida útil y se verá si se tiene ganancia con relación a la inversión inicial con el último año de vida útil especificado por la marca, este valor se lo calcula dividiendo él VA con la inversión inicial.

Cabe mencionar que para obtener los resultados de manera más precisa del VA, VAN, TIR y RBC se los uso directamente con comando se Excel. Además, se puede decir que este paso a pesar de dar un valor monetario de la instalación de luminarias por cada valor unitario, pero para hacer el cambio en si se debe guiar en función de la energía consumida y ver las líneas de tendencia que se generaría para ver la factibilidad de su cambio.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE NUMERO DE LUMINARIAS

En Principalmente para realizar el cambio de luminarias convencionales a LED se procedió a la recopilación de datos con la ayuda de los datos históricos de la empresa eléctrica provincial Cotopaxi, el cual brindo datos de los distintos tipos de luminarias instaladas en el alumbrado público general en la provincia de Cotopaxi con sus respectivas especificaciones de potencia, parroquia, cantón, fecha de instalación, fecha de mantenimiento, cambio producido y tipo de estructura.

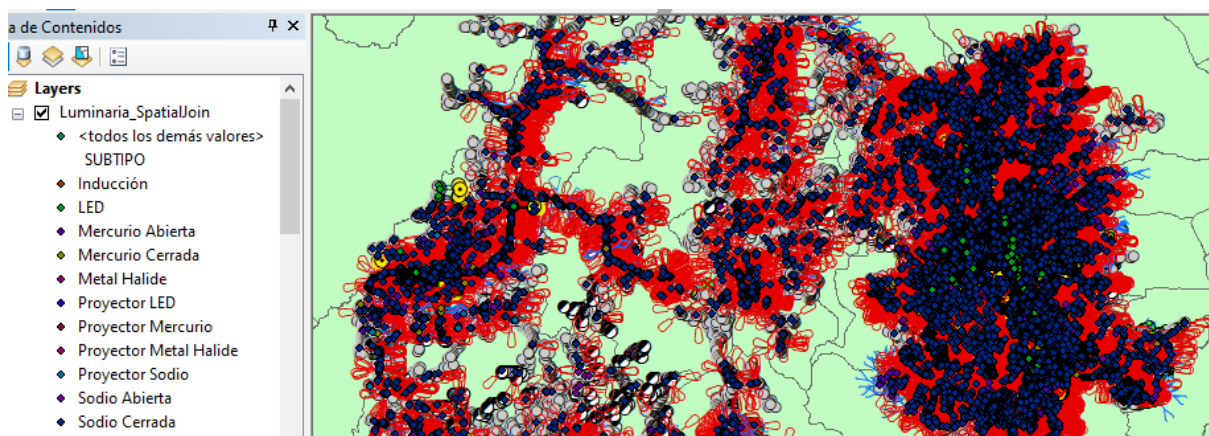


Figura 5.1. Base de datos históricos.

Posteriormente se recopiló los datos obtenidos en Excel del alumbrado público general de la provincia de Cotopaxi fueron desde el 25 de Junio del 2012 al 01 de Septiembre del 2023 con los cuales se procedió a agrupar todos los datos que dio como resultado lo siguiente:

Tabla 5.1. Número Total de luminarias desde 2012 hasta 2023

NUMERO TOTAL DE LUMINARIAS INSTALADAS HASTA 2023					
	Luminarias mercurio		Haliduro metálico	Luminarias LED	TOTAL
COTOPAXI	3399	54059	13	3400	60871

Además, se recopiló el número total de luminarias instaladas por cada año transcurrido y que tipo pertenece para conocer de manera global el número de luminarias instaladas por año.

Tabla 5.2. Número de luminarias instaladas por año

NUMERO DE LUMINARIAS INSTALADAS POR AÑO				
	LED	MERCURIO	SODIO	METAL HALIDE
AÑO CERO LUMINARIAS INSTADAS	22	1805	10873	
2013	1	1054	4293	
2014	0	20	2312	
2015	0	76	2397	
2016	0	154	4075	
2017	202	86	4569	
2018	2	18	6072	10
2019	46	21	5383	
2020	914	143	1801	
2021	0	10	2115	
2022	746	6	6127	3
2023	1467	6	4042	

Con esos valores de luminarias se dividió en función de las potencias que han venido cambiando dependiendo y posteriormente aplicar la función estadística de Excel conocida como PREVISION.ETS como se puede ver a continuación se hizo la previsión para las luminarias de cada potencia, año, tipo de tecnología y crecimiento de luminarias en cada año.

5.2. ANÁLISIS DE LAS PREVISIONES

Con los valores de las luminarias se dividió en función de las potencias que han venido cambiando dependiendo y posteriormente aplicar la función estadística PREVISION.ETS como se puede ver a continuación se hizo la previsión para las luminarias de cada potencia, año, tipo de tecnología y crecimiento de luminarias en cada año. Además, la cantidad de luminarias tomadas para la previsión se utilizó la suma de las mismas en cada año transcurrido.

Las siguientes figuras muestran el comportamiento de las luminarias de mercurio dependiendo de su potencia, cabe recalcar que en el eje x hace referencia a los años previsivos y en el eje y es la cantidad de luminarias de toda la provincia de Cotopaxi de la siguiente manera:

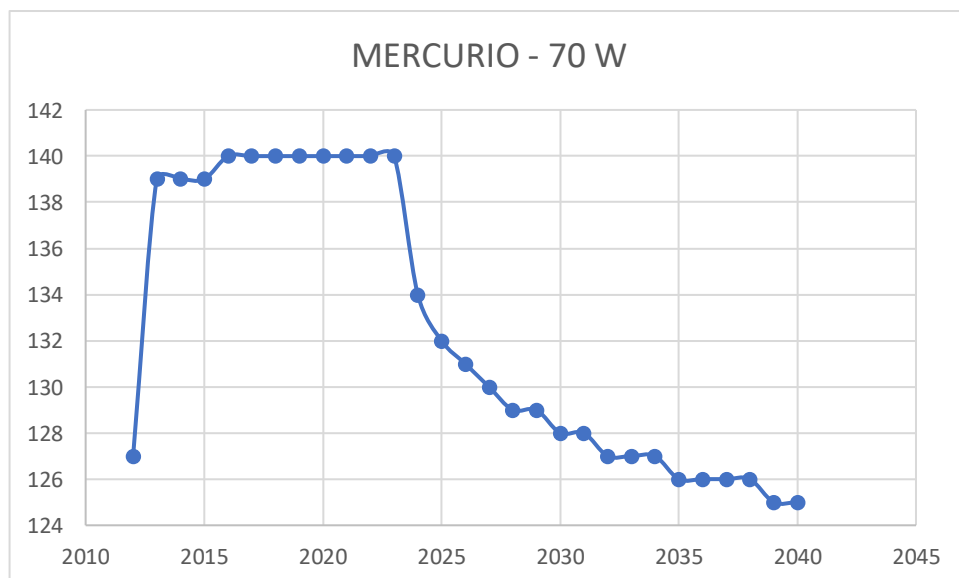


Figura 5.2. Previsión de luminarias de mercurio de 70 W.

Como se aprecia en la Figura 5.2 las luminarias de mercurio de 70 W se aprecia un incremento elevado de número de luminarias instaladas para luego mantenerse sin cambio hasta el 2022 después con el paso del tiempo desde el 2023 estaban 140 y en 2040 están 125 luminarias esta

cantidad sigue disminuyendo y no se seguirán instalando nuevas luminarias de esa potencia y tecnología.

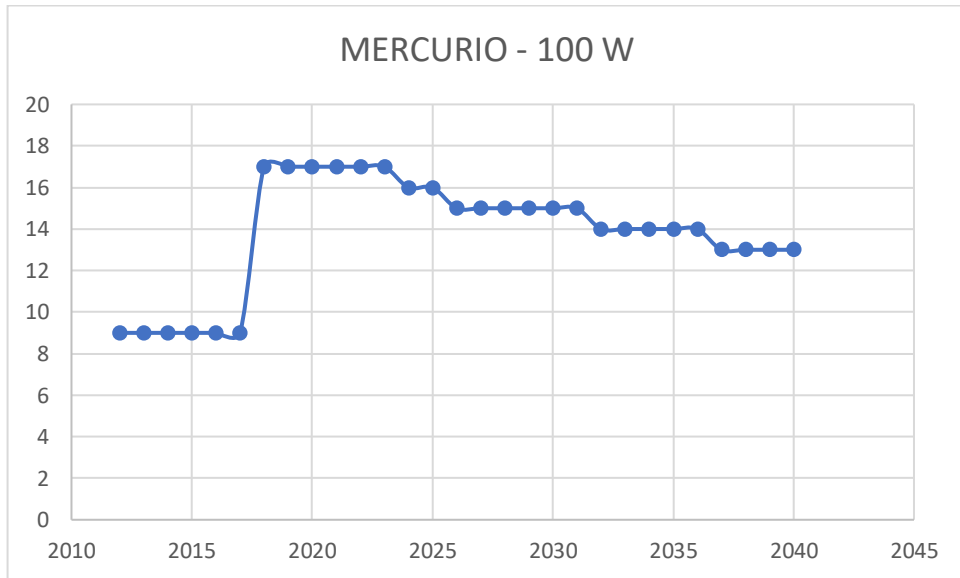


Figura 5.3. Previsión de luminarias de mercurio de 100 W.

Como se aprecia en la Figura 5.3 las luminarias de mercurio de 100 W desde el 2013 las luminarias instaladas no cambian hasta el 2017 posteriormente en el año 2019 se eleva esa cantidad hasta el 2023 con 16 luminarias hasta disminuir en el año 2040 con 13 luminarias.

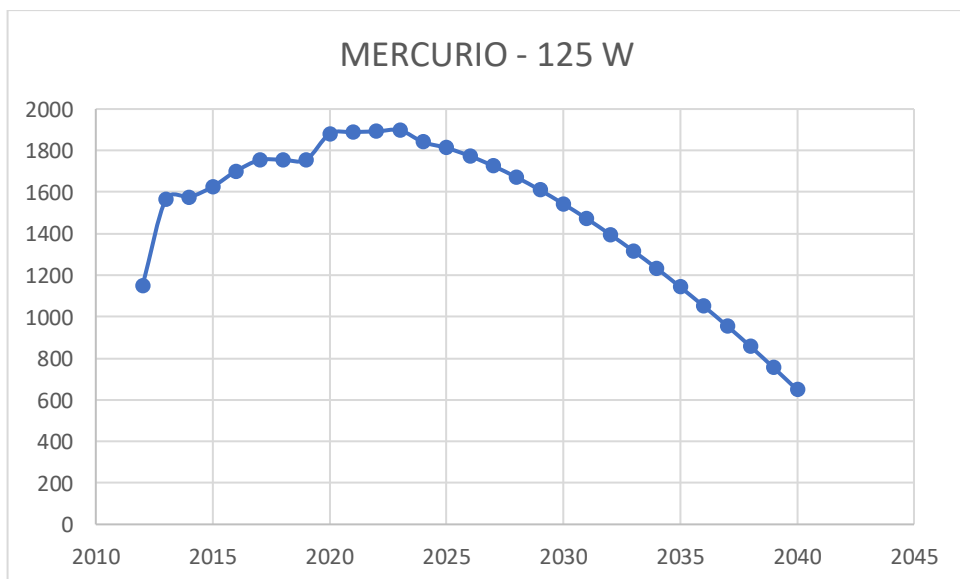


Figura 5.4. Previsión de luminarias de mercurio de 125 W.

Como se aprecia en la Figura 5.4 las luminarias de mercurio de 125 W desde el año 2013 hasta el 2023 han aumentado la cantidad de luminarias instaladas con el paso del tiempo se tenían desde el 2024 con 1841 luminarias hasta el año 2040 con 648 luminarias.

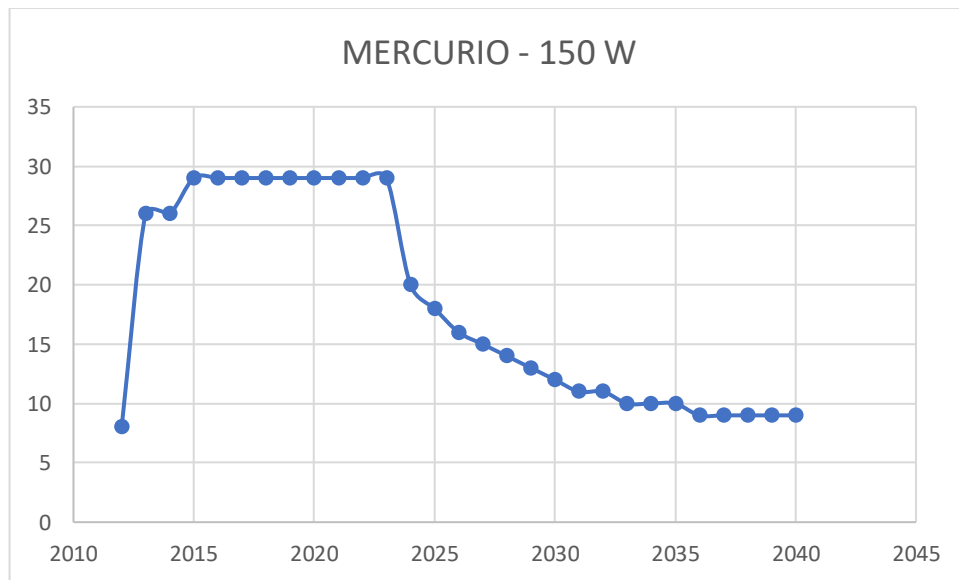


Figura 5.5. Previsión de luminarias de mercurio de 150 W.

Como se aprecia en la Figura 5.5 las luminarias de mercurio de 150 W instaladas con el paso del tiempo siguen disminuyendo desde el 2024 con 29 luminarias hasta el año 2040 con 9 luminarias.

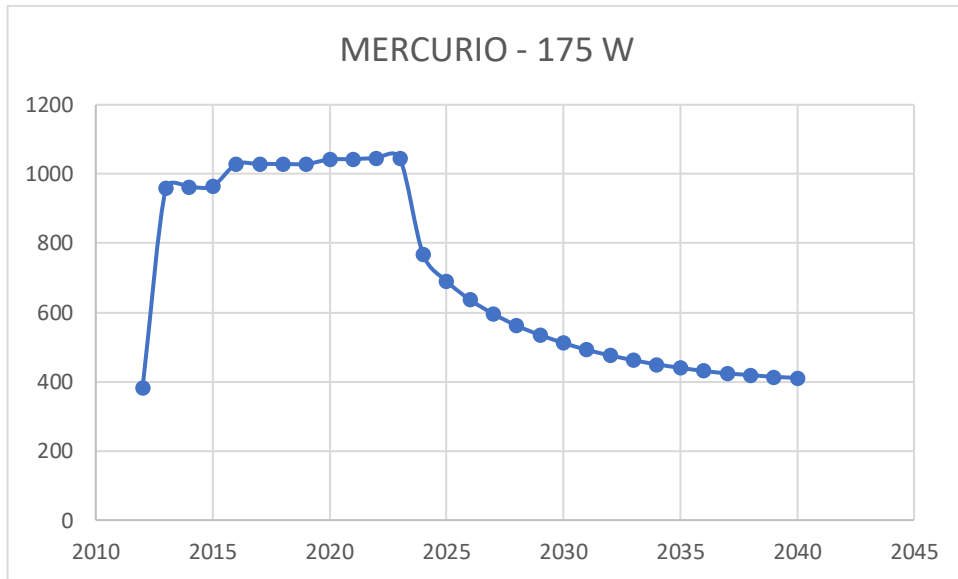


Figura 5.6. Previsión de luminarias de mercurio de 175 W.

Como se aprecia en la Figura 5.6 las luminarias de mercurio de 175 W instaladas con el paso del tiempo siguen disminuyendo desde el 2024 con 1046 luminarias hasta el año 2040 con 411 luminarias.

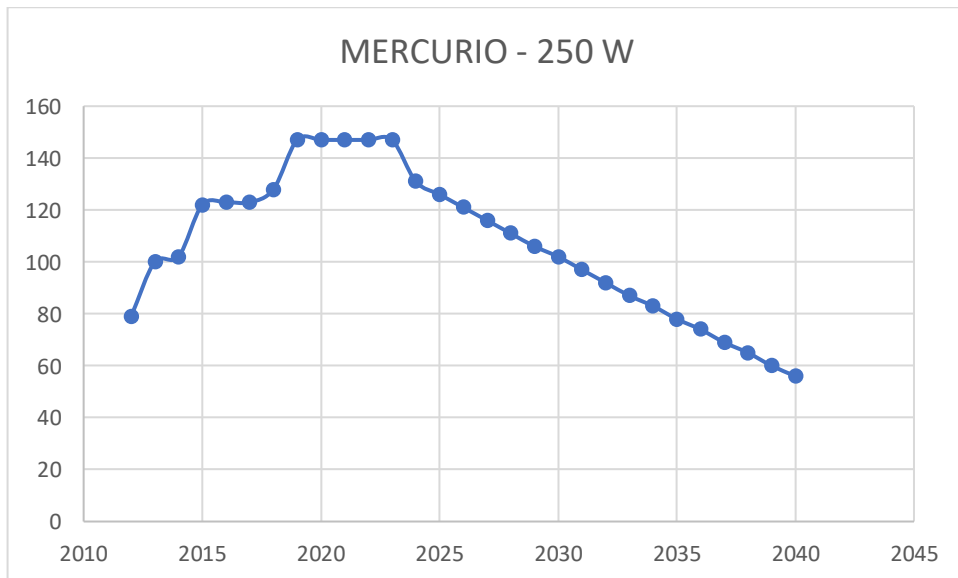


Figura 5.7. Previsión de luminarias de mercurio de 250 W.

Como se aprecia en la Figura 5.7 las luminarias de mercurio de 250 W instaladas con el paso del tiempo siguen disminuyendo desde el 2024 con 131 luminarias hasta el año 2040 con 56 luminarias.

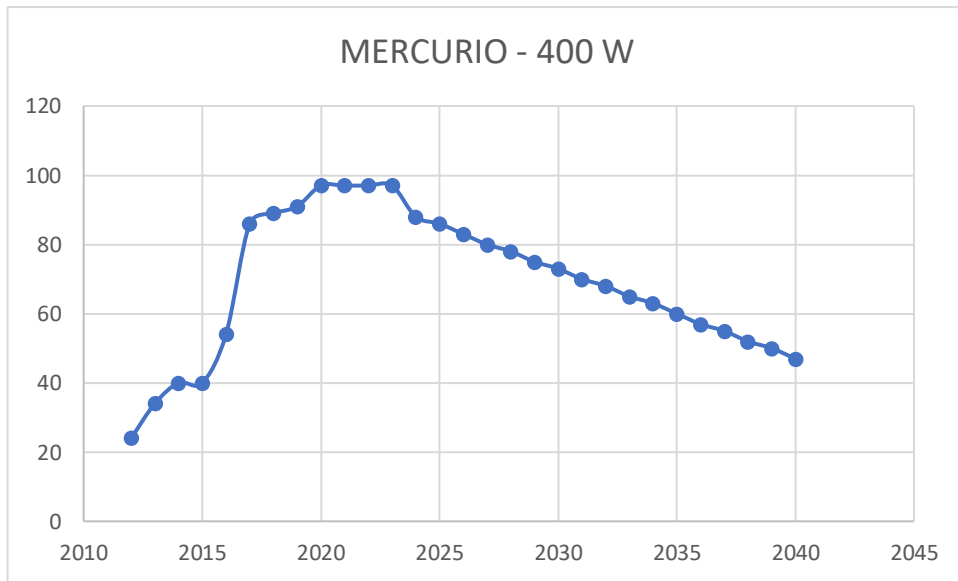


Figura 5.8. Previsión de luminarias de mercurio de 400 W.

Como se aprecia en la Figura 5.8 las luminarias de mercurio de 400 W instaladas con el paso del tiempo siguen disminuyendo desde el 2024 con 84 luminarias hasta el año 2040 con 141 luminarias.

Para las luminarias de mercurio de 500W instaladas con el paso del tiempo no se realizó una gráfica porque desde las luminarias instaladas antes del 2013 ya no se han instalados más de 25 luminarias de esa potencia.

Las figuras a continuación con relación a las luminarias de sodio dependiendo de su potencia están representadas en el eje x en función de los años de previsión y en el eje y se colocaron el número de luminarias de toda la provincia de Cotopaxi, su comportamiento es el siguiente:

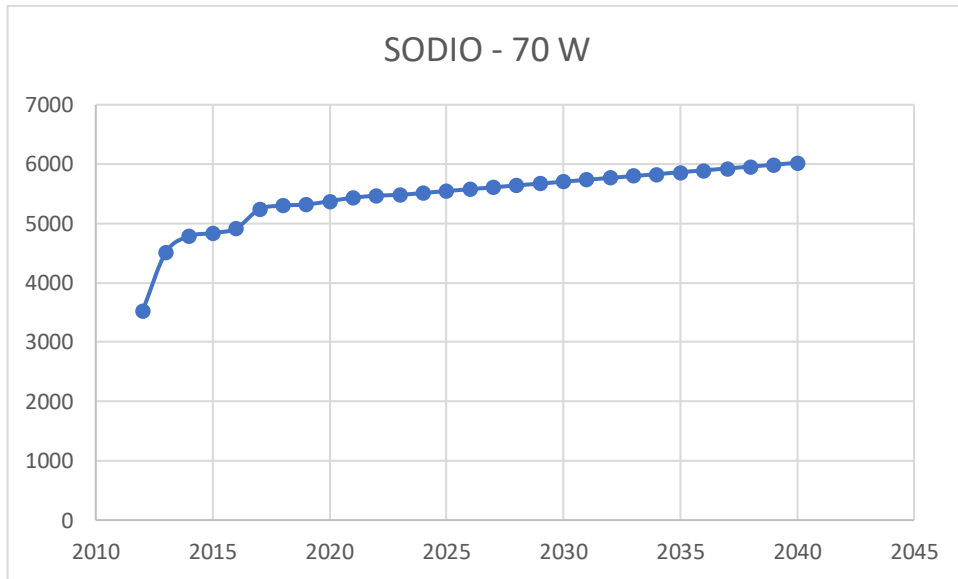


Figura 5.9. Previsión de luminarias de sodio de 70 W.

Como se aprecia en la Figura 5.9 las luminarias de sodio de 70 W instaladas con el paso del tiempo siguen aumentando desde el 2024 con 5514 luminarias hasta el año 2040 con 6022 luminarias.

Las luminarias de sodio de 75 W instaladas con el paso del tiempo indican que desde su instalación en 2014 con 1 luminaria ha aumentado hasta el año 2040 a 2 luminarias.

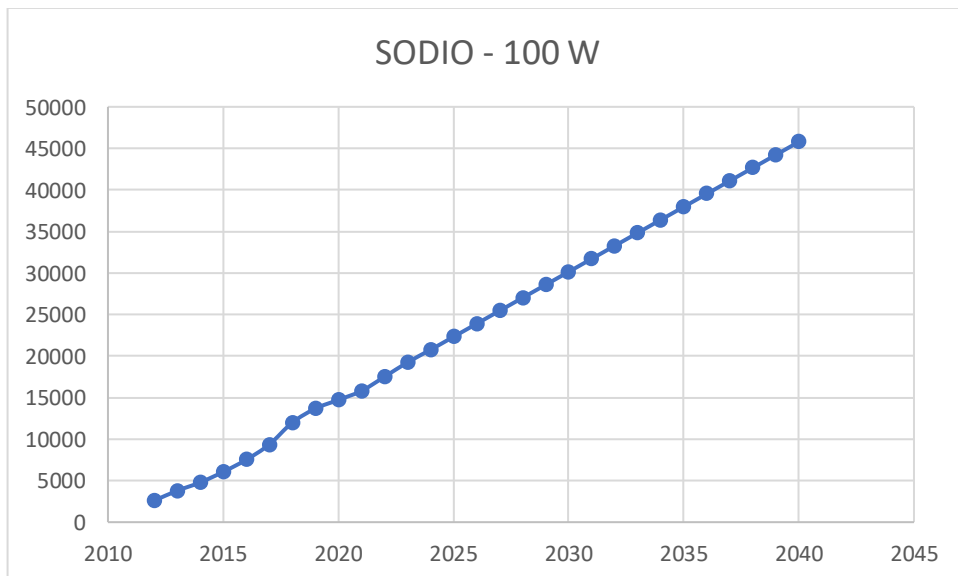


Figura 5.10. Previsión de luminarias de sodio de 100 W.

Como se aprecia en la Figura 5.10 las luminarias de sodio de 100 W instaladas con el paso del tiempo siguen aumentando desde el 2024 con 20741 luminarias hasta el año 2040 con 45780 luminarias.

La luminaria de sodio de 125 W instaladas con el paso del tiempo indica que desde su instalación antes de 2013 con 1 luminaria ya no se han instalado más luminarias.

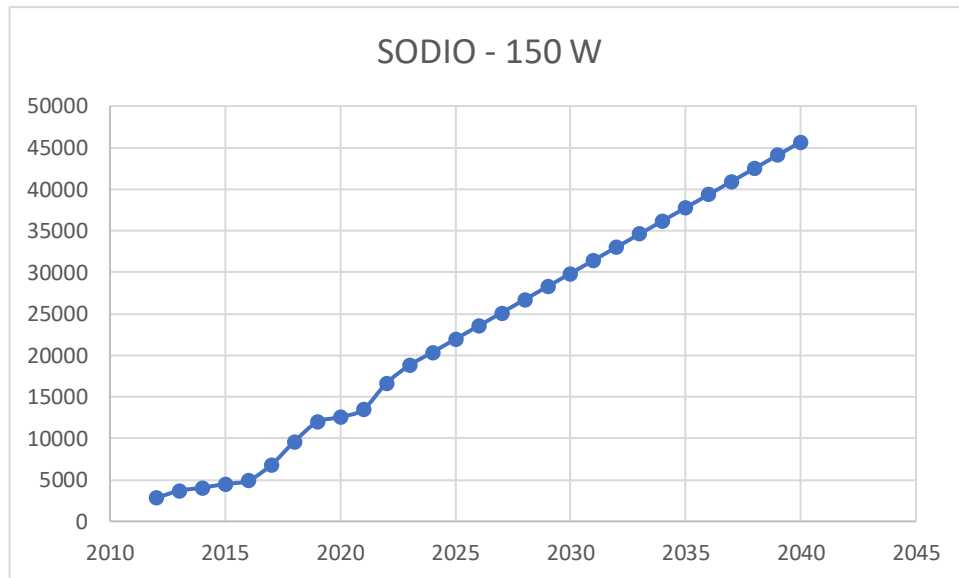


Figura 5.11. Previsión de luminarias de sodio de 150 W.

Como se aprecia en la Figura 5.11 las luminarias de sodio de 150 W instaladas con el paso del tiempo siguen aumentando desde el 2024 con 20356 luminarias hasta el año 2040 con 45679 luminarias.

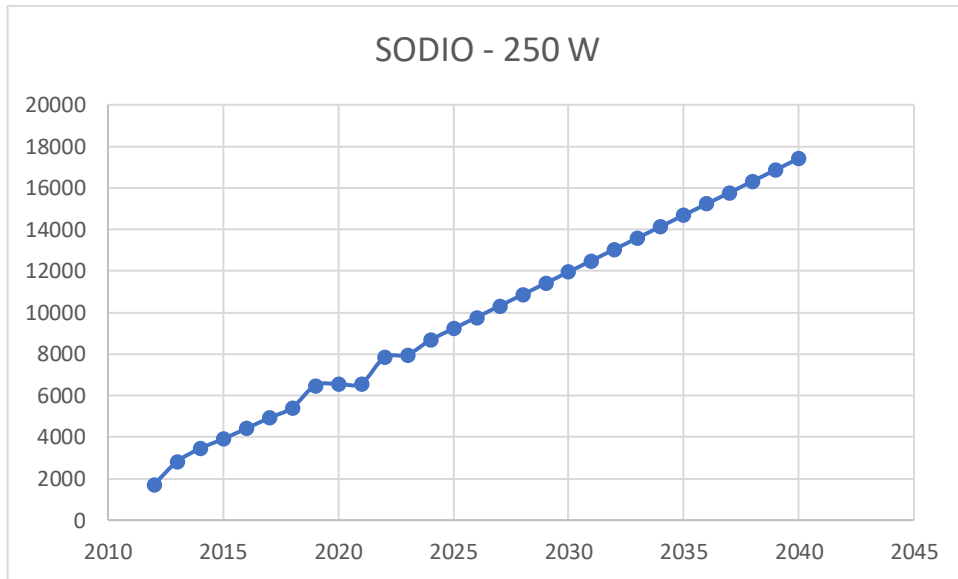


Figura 5.12. Previsión de luminarias de sodio de 250 W.

Como se aprecia en la Figura 5.12 las luminarias de sodio de 250 W instaladas con el paso del tiempo siguen aumentando desde el 2024 con 8670 luminarias hasta el año 2040 con 17417 luminarias.

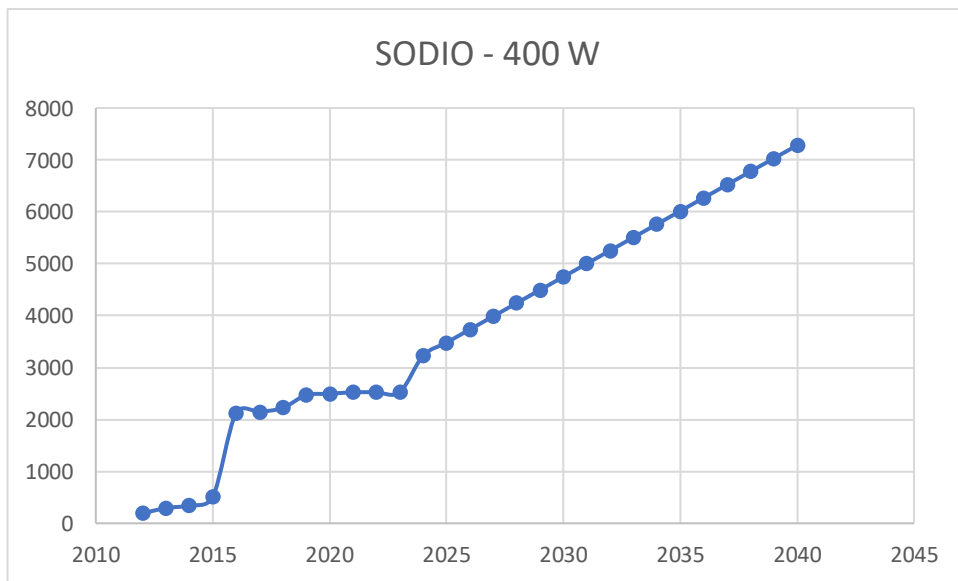


Figura 5.13. Previsión de luminarias de sodio de 400 W.

Como se aprecia en la Figura 5.13 las luminarias de sodio de 400 W instaladas con el paso del tiempo siguen aumentando desde el 2024 con 3227 luminarias hasta el año 2040 con 7281 luminarias.

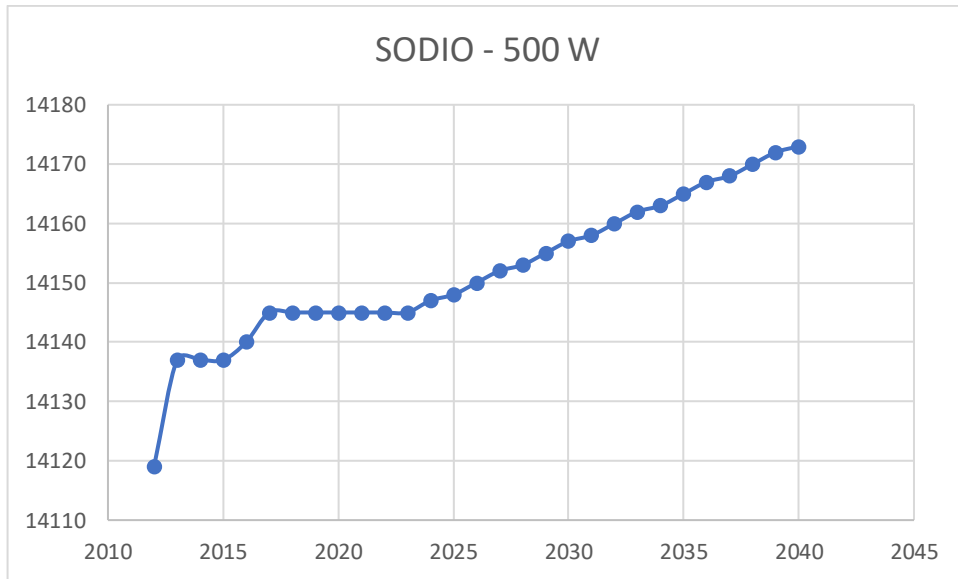


Figura 5.14. Previsión de luminarias de sodio de 500 W.

Como se aprecia en la Figura 5.14 las luminarias de sodio de 500 W instaladas con el paso del tiempo siguen aumentando desde el 2024 con 14147 luminarias hasta el año 2040 con 14173 luminarias.

5.3. ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE ENERGÍA CONSUMIDA

Para conocer la factibilidad del cambio de luminarias de mercurio y sodio a LED se utilizó los valores totales de cada año de la energía consumida de cada tipo de luminarias en los diferentes años que se sacó los datos como son desde el 2012 hasta el 2040, cabe recalcar que las figuras a continuación en su eje x se colocaron los años de su previsión y en el eje y se colocaron la energía consumida total de cada año en toda la provincia de Cotopaxi quedando de la siguiente manera:

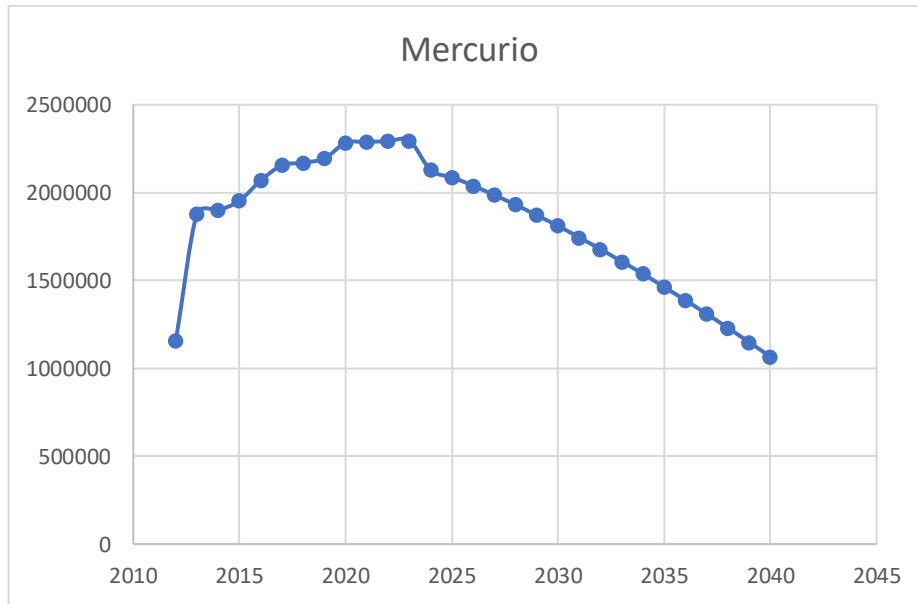


Figura 5.15. Energía consumida por las luminarias de mercurio con previsión.

Como se puede apreciar en la Figura 5.15 el comportamiento de la energía consumida por año transcurrido muestra que las luminarias desde el 2023 van a seguir disminuyendo, esto se hace referencia a que las luminarias de ese tipo ya no colocaran y se cambiaran por la vía más factible que son las luminarias LED.

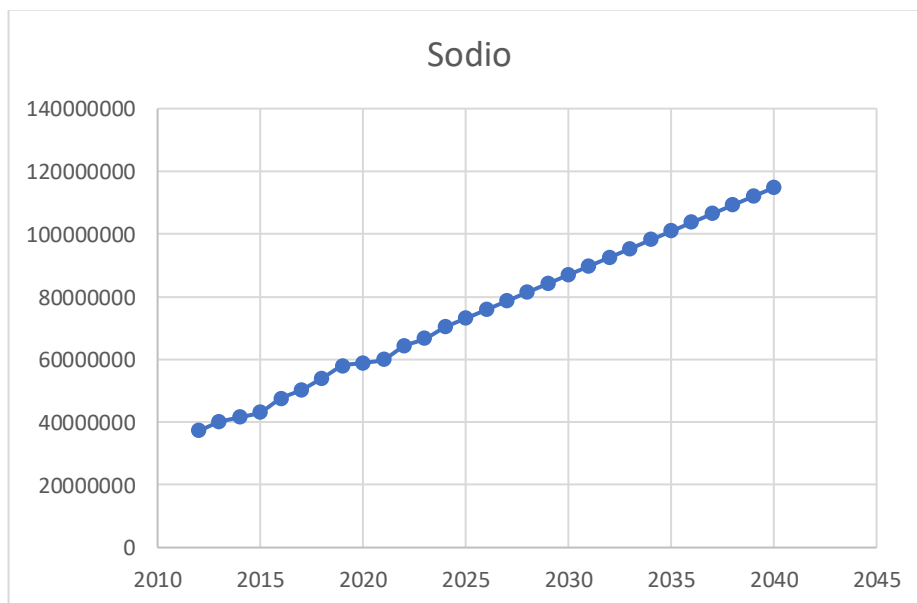


Figura 5.16. Energía consumida por las luminarias de sodio con previsión.

Como se puede apreciar las luminarias de sodio en la Figura 5.16 van a seguir aumentando con el paso de los años, pero su potencia y eficiencia se mantendrán lo que conlleva que el número de luminarias se aumentara acorde a la potencia de las mismas.

Por ultimo las luminarias LED con los valores de energía consumida desde el 2012 hasta el 2040 muestra que la factibilidad del cambio de luminarias paulatinamente con el paso de los años, esto se puede comprender que existe un crecimiento elevado de golpe desde el 2020 que se han cambiado las luminarias esto ocurre porque estas luminarias van a cambiar no solo de manera directa, sino que se van a cambiar en función de su mejora en tecnología.

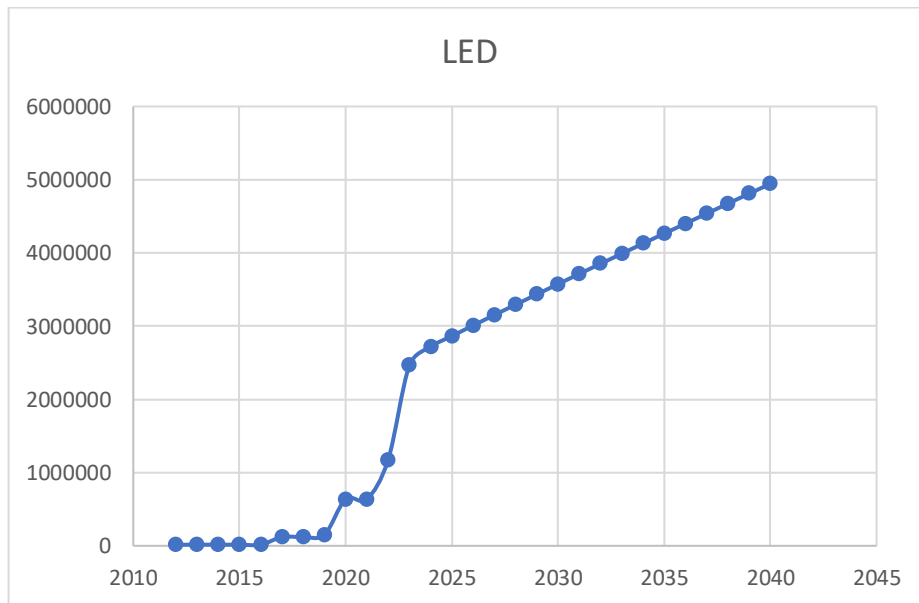


Figura 5.17. Energía consumida por las luminarias LED con previsión.

Con las curvas de la tendencia tecnológica obtenido de los 3 tipos de tecnología se puede conocer cómo se pueden seguir aumentando o disminuyendo las luminarias, pero para la parte financiera a continuación se lo hizo en función de cuál sería el costo de la luminaria unitariamente en función de si sería o no factible cambiar las luminarias a futuro.

5.4. ANÁLISIS FINANCIERO

Para conocer la factibilidad de la rentabilidad del cambio de luminarias con la cantidad de luminarias ya obtenidas de las previsiones se las debe cambiar en un modelo matemático se mostrara a continuación y conocer cuáles son las mejores luminarias LED en el mercado ecuatoriano actualmente que cumplan la normativa vigente como es la regulación Nro.

ARCERNNR-007/23, las marcas que se tomó en consideración para el análisis económico y la más beneficiosa fueron marcas que tenían una buena eficiencia energética o garantía elevada su vida útil en horas fue un determinante importante porque ese parámetro va a dar un aporte positivo para no cambiar las luminarias cuando termine su vida útil.

Tabla 5.3. Análisis de luminarias

	Eficiencia energética promedio(lm/W)	Garantía (Años)	Vida útil (horas)
Dumalux	140	5	75000
Ledex	120	0	50000
Sylvania	130	10	100000 o más
Schröder	105,3055	5	110000

Los valores obtenidos de la eficiencia energética se los obtuvo sacando un promedio de las distintas luminarias LED con diversas potencias que se encuentran actualmente en el mercado, la garantía y vida útil se los saco de los catálogos.

La vida útil de las luminarias LED se la determino con ayuda de la siguiente formula:

$$Años \text{ vida util} = \frac{110000}{12*365} \quad (1.8)$$

A continuación, como se puede apreciar las luminarias de marca Sylvania y Schröder para el análisis la vida útil de las luminarias Led en este caso serán 110000 horas para al momento de usar el modelo matemático a considerar determine un resultado en ese rango de tiempo después de cambiada la luminaria como se indica:

Tabla 5.4. Luminarias Sylvania y Schröder años de vida útil.

TECNOLOGIA	SYLVANIA LED	SCHREDER LED
AÑOS DE VIDA UTIL	25,114	25,114

Después se calculó la luminancia de todas las luminarias de mercurio multiplicando la potencia de cada luminaria por la eficiencia luminosa, estos valores se calcularon.

Tabla 5.5. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias de mercurio.

	Mercurio							
POTENCIA (W)	70	100	125	150	175	250	400	500
EFICIENCIA LUMINICA (lm/W)	24	26	34,1	34	35	39	38	38
LUMINANCIA (lm)	1680	2600	4262,5	5100	6125	9750	15200	19000

Después se calculó la luminancia de todas las luminarias de sodio multiplicando la potencia de cada luminaria por la eficiencia luminosa.

Tabla 5.6. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias de sodio.

	Sodio							
POTENCIA (W)	70	75	100	125	150	250	400	500
EFICIENCIA LUMINICA (lm/W)	73,4	54	43,8	41,9	70	111,4	64,8	71,1
LUMINANCIA (lm)	5138	4050	4380	5238	10500	27850	25920	35550

Para poder hacer el respectivo cambio de luminarias convencionales a LED se tomó como referencia las tablas anteriores donde se aprecia la luminancia y hacer una comparación de la luminancia entre luminarias para tener un valor aproximado que se encuentran en el mercado eléctrico y después hacer el respectivo cambio, cabe recalcar que las características de las luminarias utilizadas para luminarias que se encuentra en la siguiente tabla se las puede apreciar en los anexos.

Tabla 5.7. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias LED.

	Cambio de luminarias de mercurio a LED							
NUEVA POTENCIA (W)	18,6	20	41	36	52,5	79	100	148
NUEVA EFICIENCIA LUMINICA (lm/W)	102,2	130	112,2	150	125,71	126,6	152	135,14
NUEVA LUMINANCIA (lm)	1900	2600	4600	5400	6600	10000	15200	20000

La tabla siguiente muestra los resultados de la luminancia de calculada multiplicando la potencia por la eficiencia luminosa para poder comparar esos valores antiguos de mercurio y con estos de LED que están vigentes en el mercado para hacer su cambio.

Tabla 5.8. Resultado de cálculo de luminancia de luminarias LED

Cambio de luminarias de Sodio a LED								
NUEVA POTENCIA (W)	36	41	41	36	80	200	200	280
NUEVA EFICIENCIA LUMINICA (lm/W)	150	112,2	112,2	150	150	154	154	142,86
NUEVA LUMINANCIA (lm)	5400	4600	4600	5400	12000	30800	30800	40000

Como se puede apreciar los valores de la nueva potencia se los obtuvo con la recopilación de las luminarias Led de marca Sylvania y Schröder los cuales están vigentes en sus catálogos de 2023 con sus respectivas características, posteriormente se buscó el costo unitario de cada luminaria Led con su valor en dólares en el mercado actual con la ayuda de portales de distribuidoras en el Ecuador como son las distribuidoras de Sylvania, QUITOLED y T&C Ecuador.

Tabla 5.9. Costo individual de cambio de luminarias de mercurio a LED.

Cambio de luminarias de mercurio a LED								
NUEVA POTENCIA (W)	18,6	20	41	36	52,5	79	100	148
COSTO UNITARIO (\$)	56	75,2	150	110	198	250	389	598

La tabla a continuación tiene como objetivo mostrar el otro cambio característico de las luminarias en función de las luminarias de sodio a LED

Tabla 5.10. Costo individual de cambio de luminarias de sodio a LED.

Cambio de luminarias de Sodio a LED								
NUEVA POTENCIA (W)	36	41	41	36	80	200	200	280
COSTO UNITARIO (\$)	110	150	150	110	280	610	610	809,4

Después con ayuda del cuadro de compras públicas de Ecuador se determinó cual es el coste de inversión que se presentaría para cambiar las luminarias de mercurio a las de tecnología LED, estos costos van cambiando únicamente en función de la luminaria para cada caso de diferentes como se puede apreciar en las tablas 5.11 y 5.12:

Tabla 5.11. Costo de reposición de luminarias de mercurio por LED.

TECNOLOGIA	MERCURIO							
POTENCIA NUEVA	18,6	20	41	36	52,5	79	100	148
COSTO REPOSICION DE LUMINARIAS LED	166,04	191,84	292,37	238,61	356,89	426,77	613,59	894,49

Tabla 5.12. Costo de reposición de luminarias de sodio por LED.

TECNOLOGIA	SODIO							
POTENCIA NUEVA	36	41	41	36	80	200	200	280
COSTO REPOSICION DE LUMINARIAS LED	238,61	292,61	292,37	238,61	467,09	910,61	910,61	1178,61

Después se procedió a restar el valor de las potencias de las luminarias convencionales con las de Led y esa diferencia se la multiplico por 12 horas y por 365 días y multiplicar ese valor por el costo del KWh en Ecuador que está en 0,09(\$/KWh) en este caso se utilizó este valor para el estudio, el modelo matemático es para las luminarias es el siguiente:

Tabla 5.13. Ahorro del primer año del cambio de luminaria.

	Mercurio							
VALORES UNITARIOS	70	100	125	150	175	250	400	500
RESTA DE POTENCIAS ANTIGUAS Y NUEVAS (W)	51,4	80	84	114	122,5	171	300	352
POTENCIA RESULTANTE*12*365 (KWh/año)	225,13	350,4	367,92	499,3	536,55	748,98	1314	1541,76
AHORRO AÑO 1 DE CADA CASO (\$ EN UN AÑO)	20,262	31,536	33,1128	44,94	48,2895	67,4082	118,26	138,758

A continuación, se muestra los valores del ahorro para el primer año de las luminarias de sodio, estos valores se los obtiene en función de dólares en un año.

Tabla 5.14. Ahorro del primer año de las luminarias de sodio

	Sodio							
	70	75	100	125	150	250	400	500
	34	34	59	89	70	50	200	220
	148,92	148,92	258,42	389,82	306,6	219	876	963,6
	13,4028	13,4028	23,2578	35,084	27,594	19,71	78,84	86,724

Por último, para determinar si se tiene o no una ganancia o una pérdida al momento de cambiar las luminarias con ayuda de variables definidas como son la tasa de descuento (WACC) para calcular el VA (valor actual) y la tasa de crecimiento (g) que está actualmente vigente en el Ecuador que es 3,10% que ayuda a calcular el ahorro de consumo del segundo año progresivamente hasta el año 25, también se calculó el coste económico de las luminarias convencionales en función de las potencias antiguas por LED de forma unitaria como se muestra en la tabla 5.15, en este punto se utilizó todos los valores antes mencionados [11]:

Tabla 5.15. Cálculo matemático para obtener indicadores financieros para luminarias de mercurio.

Periodo	Detalle	MERCURIO							
		70 W	100 W	125 W	150 W	175 W	250 W	400 W	500 W
		DINERO							
Año 0	<i>Inversión</i>	\$ -166,04	\$ -191,84	\$ -292,37	\$ -238,61	\$ -356,89	\$ -426,77	\$ -613,59	\$ -894,49
Año 1	<i>Ahorro consumo año 1</i>	\$20,26	\$31,54	\$33,11	\$44,94	\$48,29	\$67,41	\$118,26	\$138,76
Año 2	<i>Ahorro consumo año 2</i>	\$20,89	\$32,52	\$34,14	\$46,33	\$49,79	\$69,50	\$121,93	\$143,06
Año 3	<i>Ahorro consumo año 3</i>	\$21,54	\$33,53	\$35,19	\$47,77	\$51,33	\$71,65	\$125,71	\$147,50
Año 4	<i>Ahorro consumo año 4</i>	\$22,20	\$34,57	\$36,29	\$49,25	\$52,92	\$73,88	\$129,60	\$152,07
Año 5	<i>Ahorro consumo año 5</i>	\$22,89	\$35,64	\$37,41	\$50,78	\$54,56	\$76,17	\$133,62	\$156,78
Año 6	<i>Ahorro consumo año 6</i>	\$23,60	\$36,74	\$38,57	\$52,35	\$56,25	\$78,53	\$137,76	\$161,64
Año 7	<i>Ahorro consumo año 7</i>	\$24,33	\$37,88	\$39,77	\$53,97	\$58,00	\$80,96	\$142,03	\$166,65
Año 8	<i>Ahorro consumo año 8</i>	\$25,09	\$39,05	\$41,00	\$55,65	\$59,80	\$83,47	\$146,44	\$171,82
Año 9	<i>Ahorro consumo año 9</i>	\$25,86	\$40,27	\$42,27	\$57,37	\$61,65	\$86,06	\$150,98	\$177,15
Año 10	<i>Ahorro consumo año 10</i>	\$26,67	\$41,51	\$43,58	\$59,15	\$63,56	\$88,73	\$155,66	\$182,64
Año 11	<i>Ahorro consumo año 11</i>	\$27,49	\$42,80	\$44,93	\$60,98	\$65,53	\$91,48	\$160,48	\$188,30
Año 12	<i>Ahorro consumo año 12</i>	\$28,35	\$44,13	\$46,32	\$62,88	\$67,56	\$94,31	\$165,46	\$194,14
Año 13	<i>Ahorro consumo año 13</i>	\$29,22	\$45,50	\$47,76	\$64,82	\$69,66	\$97,24	\$170,59	\$200,16
Año 14	<i>Ahorro consumo año 14</i>	\$30,13	\$46,91	\$49,24	\$66,83	\$71,82	\$100,25	\$175,87	\$206,36
Año 15	<i>Ahorro consumo año 15</i>	\$31,06	\$48,36	\$50,77	\$68,91	\$74,04	\$103,36	\$181,33	\$212,76
Año 16	<i>Ahorro consumo año 16</i>	\$32,03	\$49,86	\$52,34	\$71,04	\$76,34	\$106,56	\$186,95	\$219,35
Año 17	<i>Ahorro consumo año 17</i>	\$33,02	\$51,40	\$53,96	\$73,24	\$78,70	\$109,87	\$192,74	\$226,15
Año 18	<i>Ahorro consumo año 18</i>	\$34,04	\$53,00	\$55,64	\$75,51	\$81,14	\$113,27	\$198,72	\$233,16
Año 19	<i>Ahorro consumo año 19</i>	\$35,10	\$54,64	\$57,36	\$77,86	\$83,66	\$116,78	\$204,88	\$240,39
Año 20	<i>Ahorro consumo año 20</i>	\$36,19	\$56,33	\$59,14	\$80,27	\$86,25	\$120,40	\$211,23	\$247,84
Año 21	<i>Ahorro consumo año 21</i>	\$37,31	\$58,08	\$60,97	\$82,76	\$88,93	\$124,14	\$217,78	\$255,53
Año 22	<i>Ahorro consumo año 22</i>	\$38,47	\$59,88	\$62,86	\$85,32	\$91,68	\$127,98	\$224,53	\$263,45
Año 23	<i>Ahorro consumo año 23</i>	\$39,66	\$61,74	\$64,81	\$87,97	\$94,53	\$131,95	\$231,49	\$271,62
Año 24	<i>Ahorro consumo año 24</i>	\$40,89	\$63,65	\$66,82	\$90,69	\$97,46	\$136,04	\$238,66	\$280,04
Año 25	<i>Ahorro consumo año 25</i>	\$42,15	\$65,63	\$68,89	\$93,51	\$100,48	\$140,26	\$246,06	\$288,72

VA	\$242,55	\$377,60	\$396,39	\$538,02	\$578,13	\$807,03	\$1.415,81	\$1.661,24
VAN	\$76,51	\$185,76	\$104,02	\$299,41	\$221,24	\$380,26	\$802,22	\$766,75
TIR	14,39%	19,09%	13,37%	21,63%	15,91%	18,40%	22,09%	18,09%

A continuación, se puede apreciar el costo del cambio de las luminarias de sodio por LED en función de las potencias antiguas:

Tabla 5.16. Cálculo matemático para obtener indicadores financieros para luminarias de sodio.

SODIO								
70 W	75 W	100 W	125 W	150 W	250 W	400 W	500 W	
DINERO								
\$ -238,61	\$ -292,37	\$ -292,37	\$ -238,61	\$ -467,09	\$ -910,61	\$ -910,61	\$ -1.178,61	
\$13,40	\$13,40	\$23,26	\$35,08	\$27,59	\$19,71	\$78,84	\$86,72	
\$13,82	\$13,82	\$23,98	\$36,17	\$28,45	\$20,32	\$81,28	\$89,41	
\$14,24	\$14,24	\$24,72	\$37,29	\$29,33	\$20,95	\$83,80	\$92,18	
\$14,69	\$14,69	\$25,49	\$38,44	\$30,24	\$21,60	\$86,40	\$95,04	
\$15,14	\$15,14	\$26,28	\$39,64	\$31,17	\$22,27	\$89,08	\$97,98	
\$15,61	\$15,61	\$27,10	\$40,87	\$32,14	\$22,96	\$91,84	\$101,02	
\$16,09	\$16,09	\$27,94	\$42,13	\$33,14	\$23,67	\$94,69	\$104,15	
\$16,59	\$16,59	\$28,80	\$43,44	\$34,16	\$24,41	\$97,62	\$107,38	
\$17,11	\$17,11	\$29,69	\$44,78	\$35,22	\$25,16	\$100,65	\$110,71	
\$17,64	\$17,64	\$30,62	\$46,17	\$36,31	\$25,94	\$103,77	\$114,14	
\$18,18	\$18,18	\$31,56	\$47,60	\$37,44	\$26,75	\$106,99	\$117,68	
\$18,75	\$18,75	\$32,54	\$49,08	\$38,60	\$27,58	\$110,30	\$121,33	
\$19,33	\$19,33	\$33,55	\$50,60	\$39,80	\$28,43	\$113,72	\$125,09	
\$19,93	\$19,93	\$34,59	\$52,17	\$41,03	\$29,31	\$117,25	\$128,97	
\$20,55	\$20,55	\$35,66	\$53,79	\$42,30	\$30,22	\$120,88	\$132,97	
\$21,18	\$21,18	\$36,77	\$55,45	\$43,61	\$31,16	\$124,63	\$137,09	

\$21,84	\$21,84	\$37,91	\$57,17	\$44,97	\$32,12	\$128,49	\$141,34
\$22,52	\$22,52	\$39,08	\$58,95	\$46,36	\$33,12	\$132,48	\$145,72
\$23,21	\$23,21	\$40,30	\$60,77	\$47,80	\$34,15	\$136,58	\$150,24
\$23,93	\$23,93	\$41,55	\$62,66	\$49,28	\$35,20	\$140,82	\$154,89
\$24,68	\$24,68	\$42,83	\$64,60	\$50,81	\$36,30	\$145,18	\$159,70
\$25,44	\$25,44	\$44,16	\$66,60	\$52,38	\$37,42	\$149,69	\$164,65
\$26,23	\$26,23	\$45,53	\$68,67	\$54,01	\$38,58	\$154,33	\$169,75
\$27,04	\$27,04	\$46,94	\$70,80	\$55,68	\$39,78	\$159,11	\$175,01
\$27,88	\$27,88	\$48,40	\$72,99	\$57,41	\$41,01	\$164,04	\$180,44
\$160,43	\$160,43	\$278,47	\$419,98	\$330,31	\$235,97	\$943,88	\$1.038,21
\$-78,18	\$-131,94	\$-13,90	\$181,37	\$-136,78	\$-674,64	\$33,27	\$-140,40
5,71%	3,95%	9,14%	17,21%	6,17%	-1,49%	10,07%	8,31%

Como se puede apreciar a diferencia de la tabla 5.15 en la tabla 5.16 tenemos los indicadores VA(Valor actual), VAN (Valor actual neto) y TIR (Taza interna de retorno) indican la rentabilidad de invertir en las luminarias, en el caso de las luminarias que presentan VAN negativo, significa que la inversión no genera suficiente dinero para cubrir el costo inicial y obtener un retorno positivo, eso implica que no se recuperara la inversión, por tal motivo no es necesario reemplazar las lámparas de sodio funcionales por lámparas LED; donde radica el beneficio es en la sustitución de las lámparas de mercurio, ya que al estar descontinuadas y prohibidas por su peligrosidad, ya no es posible encontrar repuestos, en dicho caso, la empresa eléctrica espera que terminen su ciclo de vida útil y son reemplazadas por lámparas LED o lámparas de sodio, siendo las LED la opción más adecuada, es por ello que en los análisis prospectivos construidos a partir de datos históricos, se aprecia que las lámparas LED tienen un crecimiento mayor y a las lámparas de sodio, y a pesar que las lámparas de sodio también incrementarían por su costo más bajo, siendo el preferido para las zonas rurales, ya que no se requiere niveles de iluminación elevados por el tipo de vía, y porque siempre se tendrá más stock de lámparas de sodio, ya que cuando se sustituyen lámparas se arreglan y se instalan donde se requiera; en cambio las lámparas LED son más eficientes y costosas, pero son mejores en tipos de vías que requieren elevado nivel de iluminación,

por ejemplo, parques en la ciudad y zonas de alto tráfico nocturno.

Por último, el costo unitario del cambio de las luminarias se las puede apreciar de manera más resumida para poder conocer que los valores en función del dinero indican que a largo plazo va a ser beneficioso hacer un cambio de luminarias de mercurio por completo, pero no es beneficioso al momento de cambiar dos tipos de potencia de luminarias da sodio.

Tabla 5.17. Resumen de indicadores financieros a largo plazo

	POTENCIA	VAN	TIR	RBC
MERCURIO	70 W	\$ 76,51	14,39%	\$ 1,46
	100 W	\$ 185,76	19,09%	\$ 1,97
	125 W	\$ 104,02	13,37%	\$ 1,36
	150 W	\$ 299,41	21,63%	\$ 2,25
	175 W	\$ 221,24	15,91%	\$ 1,62
	250 W	\$ 380,26	18,40%	\$ 1,89
	400 W	\$ 802,22	22,09%	\$ 2,31
	500 W	\$ 766,75	18,09%	\$ 1,86
SODIO	70 W	\$ - 78,18	5,71%	\$ 0,67
	75 W	\$ - 131,94	3,95%	\$ 0,55
	100 W	\$ - 13,90	9,14%	\$ 0,95
	125 W	\$ 181,37	17,21%	\$ 1,76
	150 W	\$ - 136,78	6,17%	\$ 0,71
	250 W	\$ - 674,64	-1,49%	\$ 0,26
	400 W	\$ 33,27	10,07%	\$ 1,04
	500 W	\$ - 140,40	8,31%	\$ 0,88

Por último, se puede expresar que los valores de RBC obtenidos en la tabla 5.4.15 nos hace referencia a la ganancia o pérdida de valores a obtener en función del año 0 de inversión y multiplicar esa cantidad por el RBC indicando de esa manera que si el valor calculado es mayor a la inversión del año 0 es factible su cambio caso contrario no será factible.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.CONCLUSIONES

- Se analizó las luminarias existentes en la provincia de Cotopaxi y se determinó que existen 3399 luminarias de mercurio, 54059 luminarias de mercurio, 13 luminarias de Haliduro metálico y 3400 luminarias LED en la actualidad, pero al momento de estimar el número de lámparas a corto, medio y largo plazo, las lámparas de mercurio tienden a bajar su número de forma progresiva, mientras que las lámparas de sodio y LED tienden a incrementar, siendo las lámparas LED las que tienen un crecimiento más rápido.
- Mediante métodos estadísticos se conoció la tendencia de crecimiento o decrecimiento de las lámparas de luminaria pública, donde las lámparas de sodio y LED tienen una tendencia al crecimiento del 1% cada año, siendo las lámparas LED las que tienen un crecimiento más acelerado, esto se debe según el estudio financiero, al ahorro energético, ya que, pese a que no son económicamente mejores que las de sodio, su ahorro energético ayuda a la matriz energética nacional. En cambio, las de sodio son menos eficientes, pero más baratas de instalar.
- Al evaluar el impacto económico del cambio de luminarias a tecnología LED se determinó que, si es económicamente para las luminarias de mercurio y sodio de 125 W y 400 W, en cambio para potencias de 70, 75, 100, 150, 250 y 500 W de Sodio no es económicamente factible ya que la suma de ahorros generados por el cambio, no justifica la inversión inicial de la lámpara, aun así es técnicamente factible el cambio ya que el ahorro puede ayudar a la matriz energética del país para evitar que se requiera más plantas de generación.

6.2.RECOMENDACIONES

- Se debe agrupar los datos de las luminarias de manera que se pueda encontrar fácilmente las características necesarias para agrupar sus valores necesarios.
- Se debe usar de manera correcta los valores a colocar en la función estadística dividiendo los valores que se deben colocar en el eje x e y.
- Los costos de la inversión en el año 0 de ser tomado con relación al número de luminarias que se cambiarán a futuro o de manera individual con relación al lapso de tiempo del año 1.

7. REFERENCIAS

- [1] R. Guzmán Sepúlveda, “Análisis De Eficiencia Energética En Instalaciones De Alumbrado Público. Indicador Pm2,” p. 313.
- [2] P. Otero, R. Ayala, and V. Calle, “Metodología de cálculo de pérdidas de potencia y energía en el sistema de alumbrado público del Ecuador,” *Rev. Técnica “energía,”* vol. 17, no. 1, pp. 43–51, 2020, doi: 10.37116/revistaenergia.v17.n1.2020.405.
- [3] M. A. Dávila and E. F. Durán, “Utilización de Luminarias Led como Reemplazo de Luminarias Incandescentes y Fluorescentes: Análisis de Potencias,” *Rev. Técnica “Energía,”* vol. 9, no. 1, pp. 150–155, 2013, doi: 10.37116/revistaenergia.v9.n1.2013.145.
- [4] P. El, “PanoramaElctricoXVIII,” *Agencia Regul. y Control Energía y Recur. Nat. No Renov.*, vol. XVIII, no. Panorama Eléctrico, p. 58, 2023.
- [5] Diego Eduardo Mehan Casiano, “Metodología para el diseño de iluminación de interiores de centros docentes utilizando la herramienta DIALux evo,” 2023.
- [6] V. Guillén Mena, F. Quesada Molina, M. López Catalán, D. Orellana Valdés, and A. Serrano, “Energetic efficiency in residential buildings,” *Estoa*, vol. 004, no. 007, pp. 59–67, 2015, doi: 10.18537/est.v004.n007.07.
- [7] P. Urquiza, L. Sebastián, R. Rebollar, C. Juárez, H. Martínez, and G. Tenorio, “Análisis De Viabilidad Económica Para La Producción Comercial De Aguacate Hass,” *Rev. Mex. Agronegocios*, vol. 19, no. 36, pp. 1325–1338, 2015.
- [8] Montenegro Tobar, “Análisis de consumo energético y propuestas de mejora de eficiencia energética en las instalaciones de concesionaria de autos Ambacar,” *Duke Law J.*, vol. 1, no. 1, 2019.
- [9] C. C. Véliz, “Estadística para la administración y los negocios,” *Prim. Edición. Pearson Educ. México*, p. 472 pág, 2011.
- [10] J. A. Arango Marin, J. A. Giraldo Garcia, and O. D. Castrillón Gómez, “Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC Inventory and buy management from Holt-Winters forecasting and service level discrimination by ABC classification,” *Sci. Tech. Año XVIII*, vol. 18, no. 4, pp. 743–747, 2013.

- [11] D. E. C. Na and C. Hipertensiva, “PROGRAMACION ECONOMICA SECTOR REAL 2023-2026,” *Banco Cent. del Ecuador*, no. PROGRAMACION ECONOMICA SECTOR REAL 2023-2026, p. 30.

8. ANEXOS

Anexo A. Luminarias LED del catálogo de Sylvania

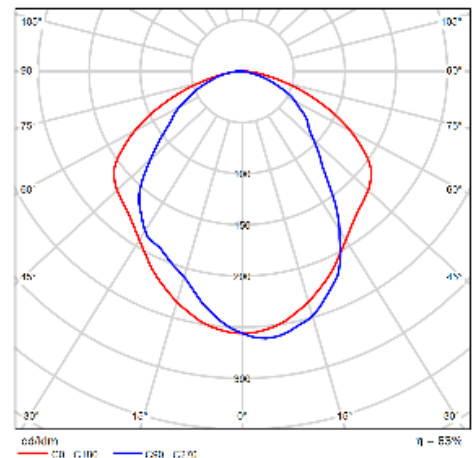
CÓDIGO	POTENCIA (W)	TENSIÓN DE OPERACIÓN (V)	FLUJO LUMINOSO (lm)	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA DE LA LUMINARIA (lm/W)	TEMP. DE COLOR (K)	IRC	VIDA ÚTIL (h)
P29509-36	36-60	100-277	5.400 - 9.000	>0,95	>150	4.000	≥70	100000
P29459-36	61-80	100-277	9.350 - 12.290	>0,95	>150	4.000	≥70	100000
P29510-36	70-100	100-277	10.680 - 15.400	>0,96	>152	4.000	≥70	100000
P29511-36	90-120	100-277	13.590 - 18.000	>0,95	>151	4.000	≥70	100000
P29512-36	110-150	100-277	16.880 - 23.150	>0,96	>153	4.000	≥70	100000
P29513-36	130-180	100-277	20.000 - 27.380	>0,96	>153	4.000	≥70	100000
P29514-36	150-200	100-277	23.210 - 30.790	>0,96	>154	4.000	≥70	100000

Anexo B. Luminaria de mercurio de 125 W de catálogo de DIALux evo

Golnoor - Mahtab1_L

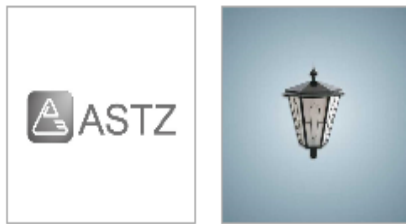


Article No.	125W
P	125.0 W
Φ_{Lamp}	6800 lm
$\Phi_{Luminaire}$	4257 lm
η	62.61 %
Luminous efficacy	34.1 lm/W
CCT	2000 K
CRI	36

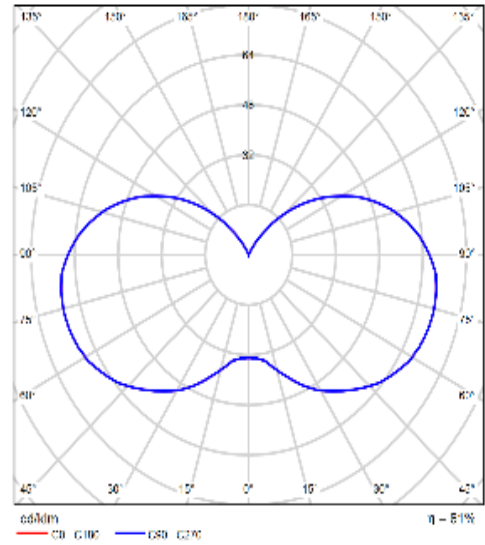


Polar LDC

Anexo C. Luminaria de mercurio de 250 W de catálogo de DIALux evo



Article No.	-
P	270.0 W
Φ_{Lamp}	13000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	7932 lm
η	61.01 %
Luminous efficacy	29.4 lm/W
CCT	3940 K
CRI	51



Polar LDC

Anexo D. Luminaria de mercurio de 400 W de catálogo de DIALux evo

1 x Lámpara de vapor de mercurio a alta presión

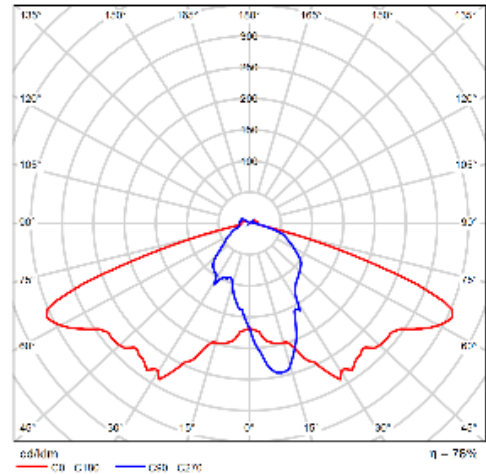
Potencia nominal de lámpara	400 W	LOR	74 %
Flujo de lámpara	22000 lm	Flujo total	16374 lm
Eficiencia luminosa	38 lm/W	Potencia total	430 W
CCT	3940 K		
CRI	51		

Anexo E. Luminaria de sodio de 70 W de catálogo de DIALux evo

Golnoor - Mahtab2_N



Article No.	70W
P	70.0 W
Φ_{Lamp}	6600 lm
$\Phi_{Luminaire}$	5135 lm
η	77.80 %
Luminous efficacy	73.4 lm/W
CCT	2000 K
CRI	25



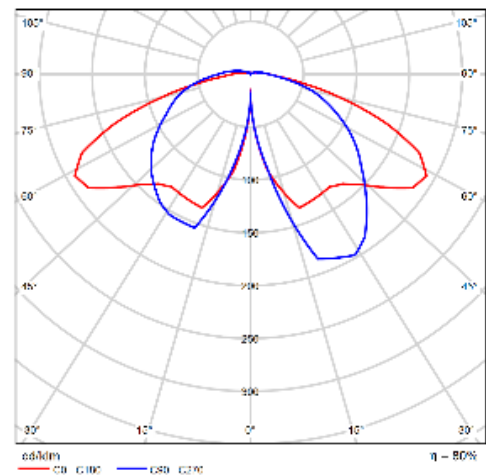
Polar LDC

Anexo F. Luminaria de sodio de 75 W de catálogo de DIALux evo

Leipziger Leuchten GmbH - LUCAS VIII (1-armed beaded)



Article No.	9.858.2056.16
P	83.0 W
Φ_{Lamp}	5600 lm
$\Phi_{Luminaire}$	4479 lm
η	79.99 %
Luminous efficacy	54.0 lm/W
CCT	2000 K
CRI	25



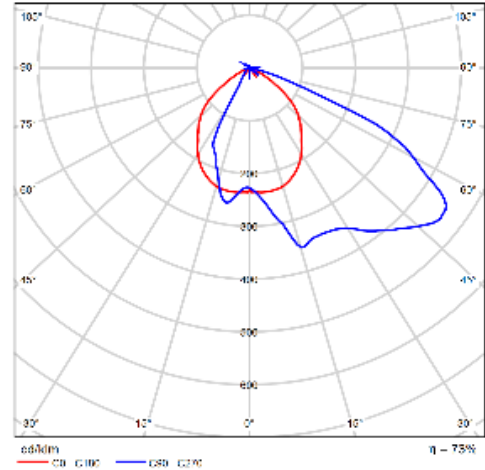
Polar LDC

Anexo G. Luminaria de sodio de 100 W de catálogo de DIALux evo

NIKKON - S0070 RX7s



Article No.	S1598 ASY
P	99.5 W
Φ_{Lamp}	6000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	4357 lm
η	72.62 %
Luminous efficacy	43.8 lm/W
CCT	2000 K
CRI	20



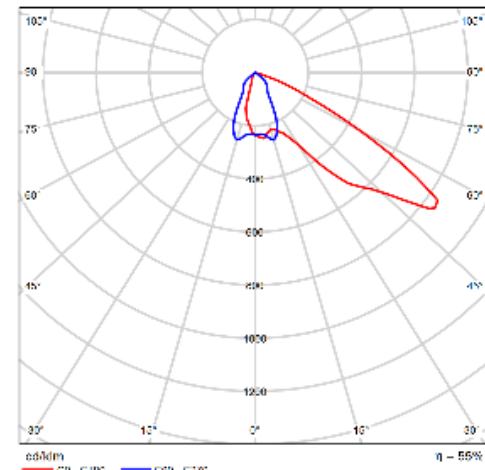
Polar LDC

Anexo H. Luminaria de sodio de 125 W de catálogo de DIALux evo

WE-EF - PFL240-HPS100/E [A60]



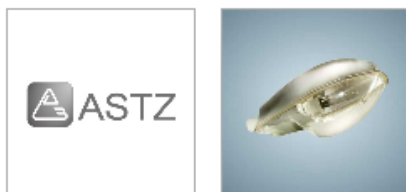
Article No.	660-1471
P	125.0 W
Φ_{Lamp}	9500 lm
$\Phi_{Luminaire}$	5237 lm
η	55.13 %
Luminous efficacy	41.9 lm/W
CCT	2000 K
CRI	22



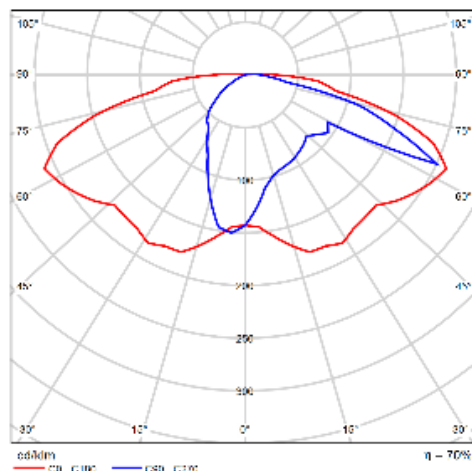
Polar LDC

Anexo I. Luminaria de sodio de 150 W de catálogo de DIALux evo

ASTZ - ZKU11-150-011 Street



Article No.	-
P	150.0 W
Φ_{Lamp}	15000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	10505 lm
η	70.03 %
Luminous efficacy	70.0 lm/W
CCT	1690 K
CRI	36



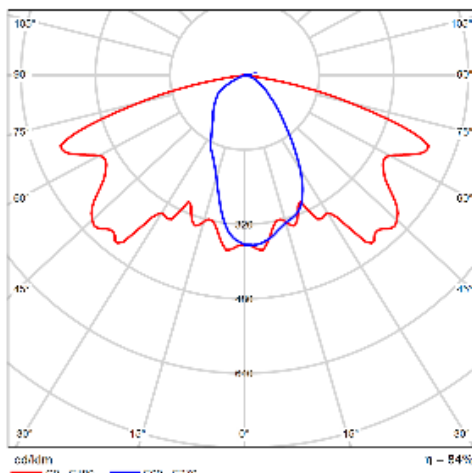
Polar LDC

Anexo J. Luminaria de sodio de 250 W de catálogo de DIALux evo

Golnoor - Keihan_N



Article No.	250W
P	250.0 W
Φ_{Lamp}	33200 lm
$\Phi_{Luminaire}$	27845 lm
η	83.87 %
Luminous efficacy	111.4 lm/W
CCT	2000 K
CRI	36



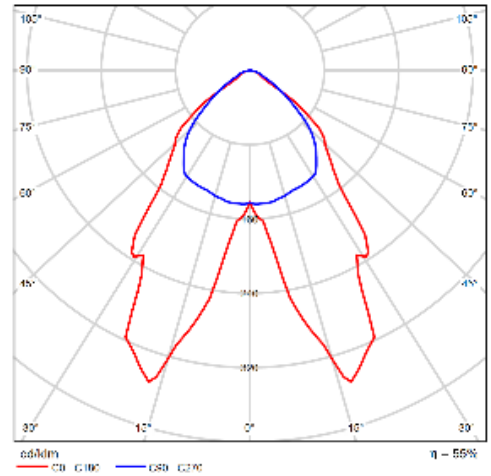
Polar LDC

Anexo K. Luminaria de sodio de 400 W de catálogo de DIALux evo

Eaton's Crouse-Hinds Business - PX0440S-wide beam



Article No.	PX
P	400.0 W
Φ_{Lamp}	47000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	25920 lm
η	55.15 %
Luminous efficacy	64.8 lm/W
CCT	1690 K
CRI	25



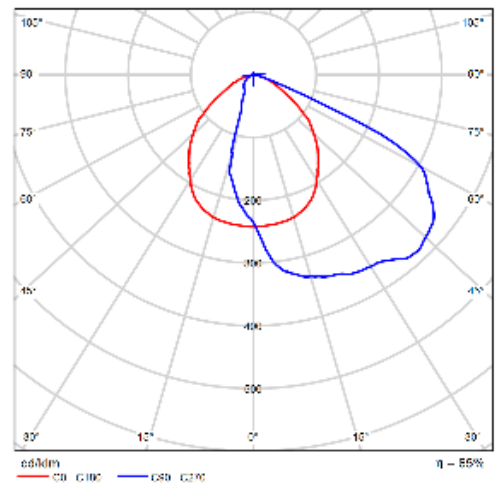
Polar LDC

Anexo L. Luminaria de sodio de 500 W de catálogo de DIALux evo

NIKKON - S0400.



Article No.	S2098 ASY
P	460.1 W
Φ_{Lamp}	50000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	32689 lm
η	65.38 %
Luminous efficacy	71.1 lm/W
CCT	2100 K
CRI	25



Polar LDC

Anexo M. Costo del cambio de luminarias convencionales de 70 W de mercurio por luminaria LED de 18,6 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 18,6 W	30	1	56
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			123,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			18,531
OTROS INDIRECTOS (5%)			6,177
SUBTOTAL			148,248
IVA			17,78976
TOTAL COSTOS			166,038

Anexo N. Costo del cambio de luminarias convencionales de 100 W de mercurio por luminaria LED de 20 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 20 W	30	1	75,2
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			142,74
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			21,411
OTROS INDIRECTOS (5%)			7,137
SUBTOTAL			171,288
IVA			20,55456
TOTAL COSTOS			191,843

Anexo O. Costo del cambio de luminarias convencionales de 125 W de mercurio por luminaria LED de 41 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 41 W	30	1	150
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			217,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			32,631
OTROS INDIRECTOS (5%)			10,877
SUBTOTAL			261,048
IVA			31,32576
TOTAL COSTOS			292,374

Anexo P. Costo del cambio de luminarias convencionales de 150 W de mercurio por luminaria LED de 36 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 36 W	30	1	110
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			177,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			26,631
OTROS INDIRECTOS (5%)			8,877
SUBTOTAL			213,048
IVA			25,56576
TOTAL COSTOS			238,614

Anexo Q. Costo del cambio de luminarias convencionales de 175 W de mercurio por luminaria LED de 52,5 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 52,5 W	30	1	198
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			265,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			39,831
OTROS INDIRECTOS (5%)			13,277
SUBTOTAL			318,648
IVA			38,23776
TOTAL COSTOS			356,886

Anexo R. Costo del cambio de luminarias convencionales de 250 W de mercurio por luminaria LED de 79 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 79 W	30	1	250
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			317,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			47,631
OTROS INDIRECTOS (5%)			15,877
SUBTOTAL			381,048
IVA			45,72576
TOTAL COSTOS			426,774

Anexo S. Costo del cambio de luminarias convencionales de 400 W de mercurio por luminaria LED de 100 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 100 W	30	1	389
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			456,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			68,481
OTROS INDIRECTOS (5%)			22,827
SUBTOTAL			547,848
IVA			65,74176
TOTAL COSTOS			613,590

Anexo T. Costo del cambio de luminarias convencionales de 500 W de mercurio por luminaria LED de 148 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 148 W	30	1	598
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro electrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			665,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			99,831
OTROS INDIRECTOS (5%)			33,277
SUBTOTAL			798,648
IVA			95,83776
TOTAL COSTOS			894,486

Anexo U. Costo del cambio de luminarias convencionales de 70 y 125 W de sodio por luminaria LED de 36 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 36 W	30	1	110
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro electrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			177,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			26,631
OTROS INDIRECTOS (5%)			8,877
SUBTOTAL			213,048
IVA			25,56576
TOTAL COSTOS			238,614

Anexo V. Costo del cambio de luminarias convencionales de 75 y 100 W de sodio por luminaria LED de 41 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 41 W	30	1	150
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			217,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			32,631
OTROS INDIRECTOS (5%)			10,877
SUBTOTAL			261,048
IVA			31,32576
TOTAL COSTOS			292,374

Anexo W. Costo del cambio de luminarias convencionales de 150 W de sodio por luminaria LED de 80 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 80 W	30	1	280
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro eléctrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			347,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			52,131
OTROS INDIRECTOS (5%)			17,377
SUBTOTAL			417,048
IVA			50,04576
TOTAL COSTOS			467,094

Anexo X. Costo del cambio de luminarias convencionales de 250 y 400 W de sodio por luminaria LED de 200 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 200 W	30	1	610
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro electrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			677,54
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			101,631
OTROS INDIRECTOS (5%)			33,877
SUBTOTAL			813,048
IVA			97,56576
TOTAL COSTOS			910,614

Anexo Y. Costo del cambio de luminarias convencionales de 500 W de sodio por luminaria LED de 280 W.

COSTO DE REPOSICION O INSTALACION DE LUMINARIAS LED			
Materiales	Precio Unitario	CANTIDAD	TOTAL
Luminaria LED 280 W	30	1	809,4
Accesorios	1	1	50
MANO DE OBRA	Precio Unitario por hora	CANTIDAD	TOTAL
Eléctricista	4,285	2	8,57
Peon	4,23	1	4,23
Maestro electrico	4,74	1	4,74
TOTAL COSTOS DIRECTOS			876,94
INDIRECTOS Y UTILIDADES (15%)			131,541
OTROS INDIRECTOS (5%)			43,847
SUBTOTAL			1052,328
IVA			126,27936
TOTAL COSTOS			1178,607