



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIYA EN LOS  
PREDIOS DEL SUBSUELO DEL TEATRO UNIVERSITARIO DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA  
MATRIZ EN EL AÑO 2022. DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA  
ENERGÉTICA”**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Gestión de Energías

**Autor:**

Ing. Luis Eduardo Hinojosa Guanoluisa

**Tutor:**

Ing. Marco Anibal León Segovia MSc.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2022**


## **AVAL DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “(“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIYA EN LOS PREDIOS DEL SUBSUELO DEL TEATRO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ EN EL AÑO 2022. DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA” presentado por: Hinojosa Guanoluisa Luis Eduardo, para optar por el título magíster en Gestión de Energías.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, 26 de agosto del 2022



.....  
Ing. Marco Anibal León Segovia MSc.  
CC.: 0502305402

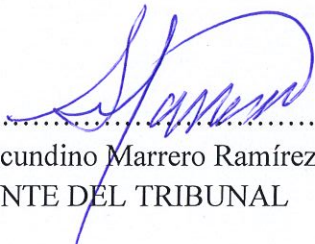
## AVAL DEL TRIBUNAL

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Hinojosa Guanoluisa Luis Eduardo, con el título del proyecto de investigación y desarrollo: **“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIYA EN LOS PREDIOS DEL SUBSUELO DEL TEATRO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ EN EL AÑO 2022. DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa del proyecto de investigación.

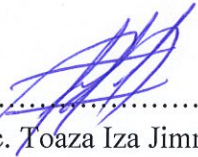
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 26 de agosto del 2022

Para constancia firman:

  
.....  
PhD. Secundino Marrero Ramírez  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

  
.....  
MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco  
LECTOR 2

  
.....  
MSc. Toaza Iza Jimmy Xavier  
LECTOR 3

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación está dedicado a todos los ingenieros electrónicos del país, que aportamos con proyectos de innovación, tecnología, conservación del medio ambiente y cambio de la matriz productiva. El mismo que sea la base importante para el desarrollo y crecimiento de la industria del Ecuador

A mis padres Enrique y Amelita por proporcionarme y enseñarme valores positivos que encaminaron el camino de mi vida para ser un hombre de bien, a mi mujer Sonia que directa o indirectamente ha estado en el transcurso de mi vida a mis hijos Anthony y Melani que son el motor, motivación y razón de seguir adelante en las metas que me pongo en mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Al todopoderoso DIOS por enseñarme el camino de la sabiduría y la felicidad junto a mis seres queridos, por darme la oportunidad de obtener el sostén para mi familia y por estar presente en los momentos más difíciles.

A los docentes de Posgrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quién con su profesionalismo y don de gente me encaminó para cumplir los objetivos propuestos en esta maestría.

A mi tutor, Marco Aníbal León Segovia, por sus sabios recomendaciones y soporte académico incondicional.

A los hijos de Eléctrica que aportaron para la culminación de mi proyecto de investigación.

***Luis Eduardo Hinojosa.***

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, 26 de agosto del 2022.



---

Luis Eduardo Hinojosa Guanoluisa

0502365810

## **RENUNCIA DE DERECHO**

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 26 de agosto del 2022

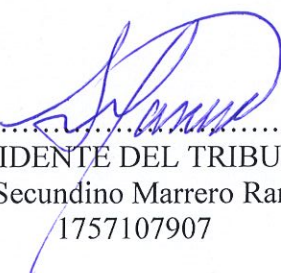


.....  
Luis Eduardo Hinojosa Guanoluisa  
0502365810

## **AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: **“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIYA EN LOS PREDIOS DEL SUBSUELO DEL TEATRO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ EN EL AÑO 2022. DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”**, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, 26 de agosto del 2022

  
.....  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL  
PhD. Secundino Marrero Ramírez  
1757107907

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **UNIDAD DE POSGRADOS**

### **MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**“EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIYA EN LOS PREDIOS DEL SUBSUELO DEL TEATRO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ EN EL AÑO 2022. DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.”**

**Autor:** Hinojosa Guanoluisa Luis Eduardo

**Tutor:**

### **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz de la Ciudad de Latacunga, en cuyas instalaciones se realizó el estudio del sistema eléctrico de iluminación y los niveles de iluminación recomendados basado en normas de la EEQ (Empresa eléctrica Quito S.A.), La Norma Europea UNE-EN 12464-1, norma INEN 1154, donde se determinó que el consumo del sistema de iluminación es muy alto debido a que las instalaciones se encuentra en la parte subterránea y existe una carencia de iluminación natural, por lo cual la mayoría de tiempo el sistema de iluminación se activa en un 90% de la carga total para el funcionamiento correcto de la utilización de los laboratorios, donde se determinando que algunos laboratorios no poseen un nivel de iluminación adecuada de acuerdo a una norma.

El plan de medidas es la automatización, cambio de luminarias más eficientes, segmentar los sistemas de iluminación, alumbrados generales localizados y la implementación de un sistema de utilización de la energía eléctrica por parte de la comunidad universitaria. Políticas que permitirán concientizar a la comunidad universitaria de tener un menor consumo de energía.

Los recursos económicos destinados al pago de las planillas eléctricas disminuirían con la implementación y cambio de lámparas más eficientes en el sistema de iluminación permitiendo en un ahorro del 65% del consumo total actual y la adecuada iluminación en los diferentes laboratorios.

**Palabras claves:** Eficiencia energética, consumo energético.

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**THEME:**“ENERGY EFFICIENCY OF THE LIGHTING SYSTEM FOR THE LABORATORIES OF THE ACADEMIC UNIT OF CIYA OF THE ELECTRICAL, ELECTROMECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING CAREERS OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI IN THE YEAR 2022. DESIGN OF AN ENERGY EFFICIENCY PLAN”.

**Author:** Hinojosa Guanoluisa Luis Eduardo

**ABSTRACT**

This research work was conducted in the laboratories of the Department of CIYA in the next to the university theater of the Technical University of Cotopaxi in La Matriz campus in Latacunga, in whose facilities the study of the electrical lighting system and the recommended lighting levels based on EEQ standards (Empresa Eléctrica Quito S.A.), the European Standard UNE-EN 12464-1, INEN 1154 standard, where it was determined that the consumption of the lighting system is very high due to the fact that the facilities are located in the underground part and there is a lack of energy consumption in the lighting system. ), the European Standard UNE-EN 12464-1, INEN 1154, where it was determined that the consumption of the lighting system is very high because the facilities are located subway and there is a lack of natural lighting, so most of the time the lighting system is activated at 90% of the total load for the proper functioning of the use of laboratories, where it was determined that some laboratories do not have an adequate level of illumination according to a standard. The plan of measures is the automation, change of more efficient luminaries, segmentation of lighting systems, localized general lighting and the implementation of a system for the use of electrical energy by the university community. Policies that will make the university community aware of having a lower energy consumption. The economic resources destined to the payment of electric bills would decrease with the implementation and change of more efficient luminaries in the lighting system allowing a saving of 65% of the current total consumption and the adequate illumination in the different laboratories.

**KEYWORDS:** Energy efficiency, Energy consumption.

Alison Paulina Mena Barthelotty, con cédula de identidad número: 0501801252 Licenciada en Ciencias de la Educación especialidad Inglés, con número de registro de la SENESCYT: 1020-06-657642 CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE CIYA EN LOS PREDIOS DEL SUBSUELO DEL TEATRO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ EN EL AÑO 2022. DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. de Hinojosa Guanoluisa Luis Eduardo, aspirante a Magister en Gestión de Energías.

  
Lic. Alison Mena Barthelotty MSc.  
CC: 0501801252



CENTRO  
DE IDIOMAS

Latacunga, agosto de 2022

## ÍNDICE GENERAL.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.....	I
AVAL DEL TUTOR.....	II
AVAL DEL TRIBUNAL .....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA .....	VI
RENUNCIA DE DERECHO.....	VII
AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
<i>AVAL DEL TRIBUNAL AVAL DE TRADUCCIÓN .....</i>	<i>X</i>
ÍNDICE GENERAL.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	3
Formulación del problema.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivo Específicos.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	6
HIPOTESIS.....	7
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLOGICA.....	8
1.1. Fundamentación del estado de arte.....	8
1.1.1. Uso Consciente de la Energía.....	10
1.1.2. Iluminación como Eficiencia Energética.....	11
1.2. Definiciones básicas.....	12
1.2.1. Luminancia.....	15

1.2.2. Rendimiento o eficiencia luminosa. ....	16
1.2.3. Deslumbramiento.....	17
1.2.4. Curvas de distribución luminosa.....	18
1.3. Tipo de lámparas recomendadas para la iluminación de áreas de trabajo. ....	21
1.3.1. Tipos de alumbrado. ....	21
1.3.2. Tipos de lámparas recomendados.....	24
1.3.3. Análisis Comparativo de Eficiencia de Lámparas Incandescentes, Fluorescentes y Led.....	25
1.3.4 Lúmenes o luxes .....	30
1.3.5 Valor de eficiencia energética de la instalación .....	32
1.4 Calidad de energía eléctrica .....	34
1.4.1. Factor de potencia (REGULACIÓN No. CONELEC 004/01) .....	37
1.5 Fundamentación Metodológica. ....	41
1.5.1 Enfoque Cuantitativo. ....	41
1.5.2 Tipos de Investigación .....	41
1.5.3 Técnicas de recolección de información.....	42
1.5.4 Qué son las hipótesis.....	43
1.5.5 Procedimiento de obtención y análisis de la información.....	44
1.6. Conclusiones del Capítulo I. ....	44
<b>CAPITULO II. PROPUESTA</b> .....	46
2.1. Título de la propuesta.....	46
2.2. Objetivo de propuesta. ....	46
2.3. Justificación de la Propuesta. ....	46
2.4. Fundamentación de la propuesta. ....	47
2.5. Desarrollo de la metodología. ....	47
2.5.1. Plan de eficiencia energética. ....	48
2.6 Conclusiones del Capítulo II. ....	75
<b>CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.</b> .....	77
3.1. Análisis de los resultados. ....	77
3.2. Evaluación técnica-económica de la propuesta. ....	78
3.2.1 Sustitución del sistema de Iluminación.....	78
3.2.2. Costos de penalización por bajo factor de potencia en el medidor N.-940....	79
3.2.3. Costos referenciales del consumo de energía del sistema de iluminación al utilizar diferentes tipos de lámparas.....	80
3.3. Evaluación del número de luminarias obtenido por el método de lúmenes.....	82
3.4. Datos obtenidos con la Simulación con el programa ETAP. ....	85
3.5. Evaluación de impactos o resultados. ....	94

3.6. Conclusiones del capítulo III.....	94
Conclusiones generales:.....	95
Recomendaciones .....	96
ANEXOS .....	104

### **ÍNDICE DE FIGURAS.**

Figura 1: Requerimientos en iluminación para empresas industriales. ....	10
Figura 2: Requerimientos en iluminación para empresas industriales .....	16
Figura 3: Rendimiento. ....	17
Figura 4: Deslumbramiento. ....	18
Figura 5: Curva fotométrica.....	19
Figura 6. Curva fotométrica.....	19
Figura 7: Alumbrado general. ....	22
Figura 8: Alumbrado localizado.....	23
Figura 9: Alumbrado general localizado. ....	23
Figura 10: Estructura de una lámpara incandescente. ....	26
Figura 11: Estructura de una lámpara incandescente. ....	27
Figura 12: Estructura de una lámpara LFC.....	27
Figura 13: Flujo luminoso de diferentes lámparas.....	31
Figura 14: Flujo luminoso de diferentes lámparas.....	31
Figura 15: Luxómetro Digisense 202050. ....	32
Figura 16: Triángulo de Potencias Factor de Potencia.....	38
Figura 17: Analizadores de calidad eléctrica y energía 435 de Fluke.....	42
Figura 18: Analizadores de calidad eléctrica y energía 435 de Fluke.....	43
Figura 19: Metodología para la realización de auditorías (Rodríguez, 2016). ....	47

Figura 20: Niveles de iluminación bajos en los laboratorios de CIYA.....	56
Figura 21: Especificaciones técnicas de lámparas seleccionadas para la propuesta. ....	56
Figura 22: Analizador de energía FLUKE 435.....	67
Figura 23: Medición de tensión.....	67
Figura 24: Medición de corriente. ....	68
Figura 25: Consumo de corriente. ....	68
Figura 26: Medición de Potencia Activa. ....	69
Figura 27: Potencia Activa Consumida. ....	69
Figura 28: Medición de Potencia Reactiva. ....	70
Figura 29: Medición de Potencia Reactiva. ....	70
Figura 30: Medición de Potencia Reactiva. ....	70
Figura 31: Medición luxómetro. ....	71
Figura 32: Costos de penalización en comparación con el factor de potencia en el periodo 2021-2022.....	79
Figura 33: Diagrama Unifilar con cargas balanceadas con lámparas fluorescentes tradicionales.....	88
Figura 34: Diagrama Unifilar con cargas balanceadas con lámparas Led.....	92

### **ÍNDICE DE TABLAS.**

Tabla 1: Plan para implementar la eficiencia energética. ....	10
Tabla 2: Plan para implementar la eficiencia energética. ....	12
Tabla 3: Luminancia.....	15
Tabla 4: Rendimiento luminoso.....	16
Tabla 5. Tipos de Iluminación. ....	20

Tabla 6: Rendimiento luminoso.....	24
Tabla 7: Desventaja de las lámparas LFC. ....	28
Tabla 8: Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados .....	35
Tabla 9: Nomenclatura de los Laboratorios de CIYA por carrera.....	51
Tabla 10: Planos de distribución de las áreas de los laboratorios.....	52
Tabla 11: Inspección visual de la acometida .....	54
Tabla 12: Inventario total de las lámparas por área.....	55
Tabla 13: Flujo luminoso en cada Laboratorio. ....	57
Tabla 14: Numero de lámparas de cada área en los Laboratorios de la Facultad de CIYA. .....	60
Tabla 15: Emplazamiento de lámparas en cada área de los Laboratorios de la Facultad de CIYA.....	63
Tabla 16: Técnicas e Instrumentos de recolección de la información .....	66
Tabla 17: Técnicas e Instrumentos de recolección de la información. ....	72
Tabla 18: Inversión del cambio de lámparas a LED. ....	78
Tabla 19: Datos de facturación con penalización 2021-2022.....	79
Tabla 20: Utilización de 2 tipos de lámparas para el consumo de energía eléctrica.....	80
Tabla 21: TIR - VAN .....	80
Tabla 22: Presupuesto para el incremento de lámparas y cambio de lámparas LED con normativa INEN.....	81
Tabla 23: Validación de lámparas bajo la normativa INEN1154. ....	82
Tabla 24: Resumen de datos en tablero de distribución principal. ....	86
Tabla 25: Flujo de corriente en conductores.....	86

Tabla 26: Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión...	86
Tabla 27: Resumen de datos en tablero de distribución principal. ....	88
Tabla 28: Flujo de corriente en conductores.....	89
Tabla 29: Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión...	89
Tabla 30: Resumen de datos en tablero de distribución principal. ....	90
Tabla 31: Flujo de corriente en conductores.....	91
Tabla 32: Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión...	91
Tabla 33: Resumen de datos en tablero de distribución principal. ....	92
Tabla 34: Flujo de corriente en conductores.....	93
Tabla 35: Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión...	93

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	32
Ecuación 2.....	37
Ecuación 3.....	40
Ecuación 4.....	57
Ecuación 5.....	60
Ecuación 6.....	63
Ecuación 7.....	63

## **INTRODUCCIÓN.**

### **Antecedentes.**

La eficiencia energética en edificaciones y viviendas es de vital importancia adoptados a nivel internacional que provoca minimizar el efecto invernadero, entre ellos el CO<sub>2</sub>, el mismo que está encargado de minimizar el efecto invernadero a nivel global y mejorar la calidad de vida de los seres vivos en el mundo.

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) es la agencia especializada de las Naciones Unidas que promueve el desarrollo industrial sostenible e inclusivo para disminuir la pobreza, lograr una globalización inclusiva y la sostenibilidad ambiental de las actividades productivas. Tiene su sede principal en Viena, Austria.

En el ámbito de la energía, la Unión Europea (UE) se enfrenta a desafíos sin precedentes, que resultan de su creciente dependencia con respecto a las importaciones de energía, así como de las preocupaciones que despiertan las fuentes de combustibles fósiles y los efectos del cambio climático. Sin embargo, continuamos perdiendo por lo menos una quinta parte de la energía, solamente por mera ineficiencia. Este derroche se produce a pesar de que el ahorro de energía es más eficaz de mejorar simultáneamente la seguridad del abastecimiento energético y la reducción de las emisiones del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

En Latinoamérica, analizar el potencial mercado de servicios energéticos vinculados a la EE, que podría resultar de la implantación de políticas de mejora de la eficiencia experimentadas en países industrializados. El análisis se centrará en la mejora de la eficiencia en edificios. La intensidad energética (consumo total de energía por unidad de PIB) en Latinoamérica ha tenido una evolución desigual entre países. Se observa que, mientras países

como México, Perú y Colombia han tenido un comportamiento relativamente positivo (baja intensidad energética) y con tendencia a reducirse durante las últimas dos décadas, otras economías importantes de la región como Argentina, Brasil y Venezuela han mantenido una intensidad energética relativamente alta, y en el caso de Venezuela, incluso con tendencia al alza.

En el Ecuador en las entidades y organismos de la Administración Pública Central deben implementar tecnologías de eficiencia energética, así como programas de capacitación sobre uso racional de la energía dirigidos a todos sus funcionarios. Esta es una disposición dada por el Gobierno Nacional, mediante el Decreto Ejecutivo No.1681 que fue firmado por el presidente de la República, Rafael Correa. El Decreto señala que todas las instituciones gubernamentales deben conformar un Comité de Eficiencia Energética que asumirá la labor de implementar medidas de ahorro energético, en coordinación con la Dirección de Eficiencia Energética del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).

La Universidad Técnica de Cotopaxi es una institución pública de educación superior la cual se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi en los cantones de la Latacunga, Pujilí y La Maná, la misma que posee cuatro campus universitarios que se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Dos en la ciudad de Latacunga, uno en la ciudad de Pujilí y uno en la ciudad de La Maná la misma que presta servicios de Educación Superior durante un tiempo de 27 años aproximadamente, determinándose en sus instalaciones un alto consumo de energía eléctrica, desperdicio de energía eléctrica, pérdidas económicas de la institución, plan de ahorro energético, debido a la falta de concientización del ahorro de la energía eléctrica, a la carencia de automatización de sistemas de energía y la falta de políticas institucionales.

Estipular que la causa principal del problema es la falta de un plan de ahorro de energía y el efecto principal es el alto consumo de energía eléctrica.

En el caso de no dar una solución al problema, el consumo de energía eléctrica seguirá siendo alto, desperdiciando recursos económicos, se considera que una posible solución a este problema es el diseño de un plan de ahorro energético eficiente, creando políticas institucionales las misma que deberán ser sociabilizadas a toda la comunidad universitaria.

### **Planteamiento del problema.**

En los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz, no poseen un nivel de iluminación adecuada de acuerdo con una norma, para el correcto funcionamiento y utilización de sus instalaciones. No existe un plan de medidas en la automatización, cambio de lámparas más eficientes, segmentación de los sistemas de iluminación, alumbrados generales localizados y la implementación de un sistema de utilización de la energía eléctrica. Al no existir Políticas de concientización de ahorro y del correcto consumo de energía eléctrica por ende va a existir mayor consumo energético, mayor costo de mantenimiento y niveles de iluminación deficientes en las instalaciones de los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz.

### **Formulación del problema.**

La falta de un plan de eficiencia energética para tener medidas de control, automatización en el sistema de iluminación, para minimizar el consumo de energía eléctrica y la eficiencia de iluminación en los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz.

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo general.**

Diseñar un plan de eficiencia energética a fin de reducir el consumo de energía eléctrica en los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Campus la Matriz año 2022.

### **Objetivo Específicos.**

- Identificar la situación actual del consumo de energía eléctrica de iluminación, en los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz.
- Identificar y recopilar información actual sobre el consumo de energía eléctrica en la iluminación de las instalaciones de los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz.
- Realizar un diagnóstico energético a las instalaciones del sistema de iluminación en los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz para promover la eficiencia energética.
- Identificar las causas que influyen en el excesivo consumo de energía eléctrica en la iluminación, para tomar medidas correctivas para eliminarlos.

## SISTEMA DE TAREAS RELACIONADOS A LOS OBJETIVOS

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
Identificar la situación actual del consumo de energía eléctrica de iluminación, en los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz.	Revisar los dispositivos eléctricos y electrónicos con los que cuenta los laboratorios para visualizar en qué estado se encuentra el sistema de iluminación.	Verificar la tecnología de los dispositivos en los laboratorios de CIYA en el sistema de iluminación.	Realice las inspecciones visuales. Obtuve información de que tipo de lámparas cuentan los laboratorios
Recopilar información sobre el consumo de energía eléctrica en la iluminación de las instalaciones de los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz.	Revisar el consumo mensual de energía eléctrica mediante la recopilación de planillas de pago de 1 año atrás.	Constatación del consumo energético, y pago de planillas	Verifique el pago del consumo energético.
Realizar un diagnóstico energético a las instalaciones del sistema de iluminación en los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el	Realizar un estudio completo de las instalaciones de iluminación para poder obtener información objetiva sobre la energía consumida. (Analizador FLUKE 435)	Resultados de los parámetros eléctricos del Analizador FLUKE 435.	Instale el equipo analizador de energía eléctrica FLUKE 435.

campus la Matriz, para promover la eficiencia energética.			
Identificar las causas que influyen en el excesivo consumo de energía eléctrica en la iluminación, para tomar medidas correctivas para eliminarlos.	Se deben proponer todas aquellas mejoras técnicas necesarias en el edificio, las instalaciones u otros factores que consideremos adecuadas para reducir el consumo de energía	Tener una iluminación adecuada y bajar el consumo de energía eléctrica.	Cambio de tecnología de lámparas y políticas de concientización del uso adecuado de la energía eléctrica.

## **JUSTIFICACIÓN.**

El estado debe establecer políticas y acciones que se cumplan para aplicar la eficiencia energética en todo tipo de edificaciones. La utilización eficientemente de la energía significa hacer un uso racional de la misma, aprovechándola al máximo sin sacrificar la calidad de vida que brindan los servicios que de ella se reciben. Esta práctica favorece tanto a los consumidores, como al medio ambiente y a la sociedad en su conjunto. Propiciar este tipo de cambios en los hábitos de consumo, constituye un importante reto. Sensibilizar sobre la importancia que tienen las pequeñas acciones que desarrollamos y el impacto que las mismas pueden tener en el desarrollo sustentable del país.

Un beneficio es el factor económico ya que al reducir el consumo energético se reducirá el pago del consumo de energía, permitiendo utilizar dichos recursos para mejorar la infraestructura de la institución.

Se considera que es posible implementar un plan de eficiencia energética en el sistema de iluminación, en los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz, ya que se dispone de la tecnología y los conocimientos técnicos necesarios para realizar un diseño

de un plan de ahorro energético eficiente, a fin de determinar los aspectos que deben atacarse para reducir el consumo de energía eléctrica.

### **HIPOTESIS.**

¿El estudio de eficiencia energética del sistema de iluminación de los laboratorios de CIYA de la Universidad técnica de Cotopaxi, partiendo del portador electricidad facilitará la disminución del consumo de energía eléctrica?

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLOGICA.**

### **1.1. Fundamentación del estado de arte.**

La eficiencia energética (Pérez, 2012, pág. 22) “La eficiencia energética es el reducir los elevados e innecesarios consumos, manteniendo el mismo nivel de actividad y producción final. El uso racional y eficiente de energía es la manera más viable de ahorro económico y cuidado en términos ambientales, es esa la razón por la que la “eficiencia energética” representa un concepto que involucra a todos los entes relacionados con el uso de energía permitiéndose a sí mismos tomar medidas que contribuyan a su uso óptimo.

Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel de:

- Tecnología: diseñando o modificando dispositivos para que utilicen de forma eficiente la energía.
- Gestión: optimizando los recursos siempre escasos, para producir el mismo producto, de igual o mejor calidad, pero a un costo energético menor.
- Hábitos culturales en la comunidad: asumiendo como propio el desafío de usar eficientemente la energía, adoptando medidas tan simples como apagar las luces que no se estén ocupando.”

“El hecho de garantizar la seguridad mediante una correcta iluminación con los sistemas de alumbrado también está íntimamente relacionado con el concepto de eficiencia energética.

Las normativas están orientadas a fijar unos requisitos mínimos de eficiencia energética que descataloguen automáticamente a aquellos sistemas que no puedan cumplirlos. La iluminación deberá competir con otros sistemas que consumen energía en el mismo ámbito como edificios o instalaciones industriales exteriores, así, su potencial de reducción de consumo será una ventaja muy importante desde el punto de vista económico y medioambiental.

Otro aspecto fundamental y también relacionado con la eficiencia global de los sistemas de alumbrado es la contaminación lumínica. La emisión de flujo luminoso de las fuentes artificiales nocturnas en cualquier dirección que no sea justo aquellas para las que han sido diseñadas las instalaciones genera problemas cada vez más extendidos en todas las ciudades del mundo. Casos como proyectores y cañones láser, iluminaciones publicitarias o monumentales son algunos ejemplos de sistemas de alumbrado que provocan este efecto.” (Fernández, 2012)

(Celi, 2011, pág. 2) “Eficiencia energética, es el resultado obtenido de aprovechar al máximo un determinado recurso, como el agua, electricidad, gas, etc. Reduciendo así, el consumo de energía sin sacrificar con esto el normal estilo de vida y confort. En relación con las crisis energéticas y al crecimiento del consumo a nivel mundial, se han hecho extensas campañas a favor de la reducción de la intensidad energética, buscando mantener el respeto por el medio ambiente y fomentar un ahorro económico

La adopción de medidas de optimización de la energía (EE) trae beneficios directos al país y a su desarrollo sustentable en cuatro áreas básicas:

- Estratégicos: Reduce la dependencia de fuentes energéticas externas.

- Económicos: el ahorro de energía permite aumentar el ahorro económico, esto debido a la reducción de la demanda energética por parte de consumidores e industria.
- Ambientales: disminución de la demanda de recursos naturales. Esto incluye alivio de presiones locales, así como presiones globales tales como las emisiones de CO2, conducentes al calentamiento global.”

### 1.1.1. Uso Consciente de la Energía.

A continuación, se listan algunos procedimientos que pueden ser útiles para un mejor aprovechamiento de la energía y que conducen hacia una eficiencia energética:



**Figura 1:** Requerimientos en iluminación para empresas industriales.

**Fuente:** Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial (Contreras, 2010, pág. 9).

**Tabla 1:** Plan para implementar la eficiencia energética.

<p><b>Evaluación Energética</b></p>	<p>Para implementar un plan de eficiencia energética es necesario hacer una evaluación de los equipos existentes, para determinar cuáles son los que consumen mayor cantidad de energía. Esto mostrará</p>
-------------------------------------	--

	los sectores menos eficientes y permitirá adoptar medidas al respecto.
<b>Elaboración de un Plan de Ahorro</b>	En este plan de ahorro se debe detallar en orden aquellos lugares donde se desperdicia la mayor cantidad de energía, lo cual tiene por objetivo determinar la inversión en tiempo y dinero necesaria para mantenimiento, reparaciones y compras potenciales
<b>Adoptar Acciones</b>	La primera de las acciones a considerar es la de utilizar los equipos eléctricos y electrónicos solo en la medida justa y necesaria, sin encender aquellos que se van a utilizar, sobre todo aquellos que demanden un mayor consumo, optar por dispositivos eficientes, no abusar de las temperaturas, tanto del aire acondicionado en verano, como de la calefacción en invierno, entre otras.

**Fuente:** Análisis de un sistema de un sistema de iluminación utilizando lámparas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos (Peréz, 2012, pág. 21).

### **1.1.2. Iluminación como Eficiencia Energética.**

“El diseño de iluminación permite proporcionar luz en cantidades adecuadas a fin de facilitar la ejecución de las actividades con el alto rendimiento visual. Teniendo en cuenta esta nueva perspectiva, se puede mencionar que un sistema de iluminación eficaz es aquel que, además de satisfacer las necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables.

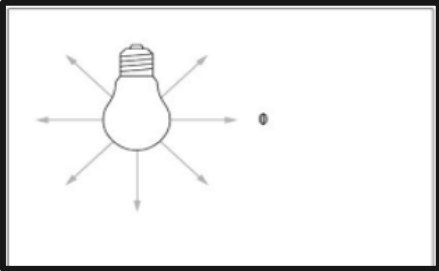
Uno de los obstáculos que se presentan dentro de la eficiencia energética es el costo de energía eléctrica, esto debido a que es muy bajo, lo cual no exige una concientización por parte de los usuarios, a diferencia de los países desarrollados.” (Chimborazo, 2015, pág. 3).

## 1.2. Definiciones básicas.

**Tabla 2:** Plan para implementar la eficiencia energética.

<b>Tubo fluorescente</b>	Es una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial. Su gran ventaja, frente a las incandescentes, es su eficiencia
<b>Luminaria</b>	Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz transmitida desde una o varias lámparas y que incluye todas las piezas necesarias para fijar y proteger las mismas
<b>Sistema de iluminación:</b>	Es el conjunto de lámparas de una superficie o plano de trabajo, que con su correcta distribución proporcionara un nivel de iluminación adecuada según el tipo de actividades que se realice.
<b>Balastro electromagnético</b>	<p>El balastro electromagnético consiste básicamente de un núcleo de láminas de acero, rodeadas por dos bobinas de cobre o aluminio. Éste arreglo transforma potencia eléctrica en una forma apropiada, para arrancar y regular la corriente en la lámpara fluorescente.</p> <p>El componente principal de la mayoría de los balastros electromagnéticos es el capacitor, el cual optimiza el factor de</p>

	<p>potencia, de tal forma que puede utilizar la energía de forma más eficiente.</p>
<b>Balastro electrónico</b>	<p>El balastro electrónico está basado en una tecnología diferente a los electromagnéticos. Enciende y regula las lámparas en altas frecuencias.</p> <p>Estos presentan ventajas con respecto a los balastos tradicionales, tales como la eliminación del parpadeo de la lámpara en el encendido, el ruido audible, la habilidad de ajustar la salida de luz de la lámpara, a casi cualquier nivel, cuando es usado un control de intensidad luminosa. El balastro electrónico proporciona mayor rendimiento, control de la potencia de salida, larga vida a la lámpara y volumen reducido.</p>
<b>Flujo luminoso</b>	<p>Se define el flujo luminoso como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa, a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es <math>\Phi</math> y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de la energía y equivale a: <b>1 watt-luz a 555 nm = 683 lm</b></p> <p>Flujo luminoso                      Símbolo: <math>\Phi</math>  Unidad: lumen (lm)</p>

	
<b>Vida Útil:</b>	Horas de encendido de la lámpara cuando ya el 50% de una muestra se ha apagado
<b>Tiempo de estabilización de flujo lumínico y potencia</b>	Es el tiempo que demora una ampolleta en alcanzar la estabilidad total en iluminación y potencia.
<b>Luxómetro</b>	Es un instrumento que mide el nivel de iluminación real del ambiente laboral, por lo común su sistema de media es en luxes
<b>Reflexión</b>	Es la luz proyectada a una superficie y reflejada con el mismo ángulo con el que fue incidida
<b>Transmisión</b>	La luz se propaga a través de la materia. El paso de una radiación a través de un medio sin cambio de frecuencia de las radiaciones monocromáticas que la componen.
<b>Absorción</b>	La luz se detiene en la materia. Se denomina absorción a la transformación de la energía radiante en otra forma de energía, generalmente en forma de calor.
<b>Refracción</b>	Se define como la desviación de la luz al atravesar de un medio a otro, el rayo de luz puede cambiar su dirección

<p><b>Factor de mantenimiento</b></p>	<p>Todos los elementos que contribuyen a la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo sufren con el tiempo un cierto grado de depreciación.</p> <p>Las lámparas sufren pérdidas en el flujo luminoso emitido, ya sea por envejecimiento, acumulación de polvo sobre su superficie, efectos de la temperatura, etc. Las pantallas reflectoras y las luminarias pierden eficiencia. Las paredes y cielorrasos se ensucian y disminuye su poder reflectante.</p>
---------------------------------------	--

**Fuente:** Diseño de un sistema eficiente de control de iluminación con luminarias apropiadas para un edificio de la EPN e implementación de este en un laboratorio de área de 200 m<sup>2</sup> (Celi, 2011, págs. 5-8).

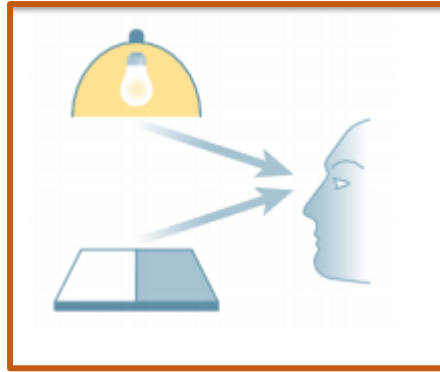
### 1.2.1. Luminancia.

(Catro & Posligua, 2015, págs. 32-35)“Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m<sup>2</sup>.

**Tabla 3:** Luminancia.

<p>Iluminancia</p> $E = \frac{\Phi}{S}$	<p>Símbolo: E</p>	$Lx = \frac{lum}{m^2}$
	<p>Unidad: lux (lx)</p>	

**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 32).



**Figura 2:** Requerimientos en iluminación para empresas industriales

**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 32).

### 1.2.2. Rendimiento o eficiencia luminosa.

El rendimiento luminoso es el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W...).

Mientras mayor sea, mejor será la lámpara y menos consumirá. La unidad es el lumen por watt (lm/W).

**Tabla 4:** Rendimiento luminoso

Rendimiento luminoso	Símbolo: $\eta$	<b>Rendimiento</b> $= \frac{\text{Flujo luminosos}}{\text{Potencia consumida}}$
	Unidad: lm/W	
$\eta = \frac{\phi}{\omega}$		

**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 32).

Cuando entra a funcionar una lámpara, una parte de la energía eléctrica se transforma en luz emitida y otra parte se convierte en calor. Exceptuando unos pocos casos, no deseamos que una bombilla caliente el ambiente, sino que lo ilumine. Una lámpara eficaz convierte la

mayor parte de la energía eléctrica en emisión de luz. Si dos luminarias tienen la misma emisión de luz, pero utilizamos la que tiene mejor eficiencia, ahorraremos energía y dinero por mantener el mismo nivel de iluminación durante cierto tiempo.



**Figura 3:** Rendimiento.

**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 34).

### **1.2.3. Deslumbramiento.**

Es la sensación producida por las zonas brillantes en el campo de visión y puede ser experimentado, ya sea como malestar o discapacidad. El deslumbramiento ocurre cuando en nuestro campo de visión observamos con una fuente de luz (directo) o cuando la luminancia de un objeto (reflejado) es superior al conjunto en el cual se encuentra. En este caso sólo percibimos el objeto de mayor intensidad sin poder distinguir bien nuestro entorno debido a la saturación que se produce en nuestros ojos. Se debe controlar para eliminarlo o disminuirlo en la medida de lo posible, debido a que puede producir velo de visión borrosa (deslumbramiento perturbador) o fatiga al recibir la luz de manera constante (deslumbramiento molesto).



**Figura 4:** Deslumbramiento.

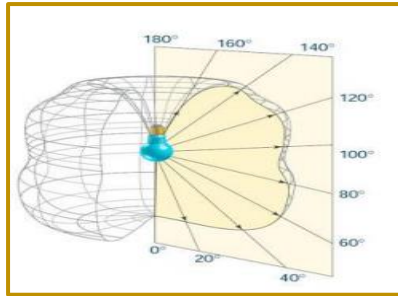
**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 34)

#### **1.2.4. Curvas de distribución luminosa.**

Según (Catro & Posligua, 2015, págs. 35-37) “Es la representación gráfica de las medidas de intensidades luminosas según las direcciones que parten del centro óptico de la luminaria.

La curva de distribución luminosa también conocida como curva fotométrica, define la forma y la dirección de la distribución de la luz emitida por la luminaria en el espacio. Esta curva es el resultado de tomar mediciones de la intensidad luminosa en diversos ángulos alrededor de una luminaria y transcribirlos en forma gráfica, generalmente en coordenadas polares. Es una de las principales características especificadas por el fabricante, y permite evaluar la intensidad y direccionalidad del flujo emitido, esta información se utiliza para conocer de antemano como se distribuye la luz y poder hacer una selección adecuada para una aplicación determinada.

Las coordenadas que dan forma al sólido fotométrico y determinan la distribución luminosa de la luminaria en el espacio son la intensidad luminosa ( $I$ ), plano vertical  $\theta$  y la inclinación con respecto al eje vertical ( $\gamma$ ).

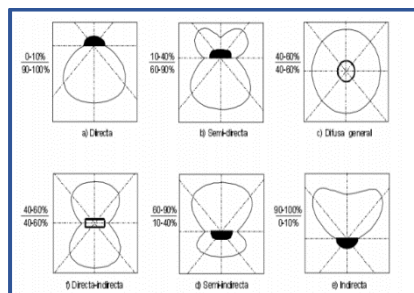


**Figura 5:** Curva fotométrica.

**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 35).

El uso de la curva fotométrica permitirá elegir una luminaria más adecuada que cumpla con la iluminación deseada y lograr un proyecto más económico. Una luminaria de distribución “ancha” y de buen rendimiento permitirá tener una distancia mayor entre luminaria y luminaria sin sacrificar la uniformidad.

Las características de la distribución luminosa permiten clasificar las luminarias en grupos que tienen propiedades parecidas, la más importante de las funciones que cumple una luminaria es la de modificar la distribución del flujo luminoso que emite la fuente a la cual contiene. La CIE establece una clasificación de las luminarias en función de su distribución hacia el hemisferio superior y hemisferio inferior.



**Figura 6.** Curva fotométrica.

**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 35).

**Tabla 5.** Tipos de Iluminación.

<p><b>Iluminación directa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es del 90 - 100% y en el hemisferio superior es del 0 - 10%.</li> <li>• Alta eficiencia energética. Posibilita buena uniformidad.</li> <li>• Puede requerir iluminación suplementaria para mejorar la uniformidad en el plano vertical</li> </ul>
<p><b>Iluminación semidirecta:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior está entre 60 – 90% y en el hemisferio superior es de 10 – 40%.</li> <li>• Posee menor eficiencia energética que las de iluminación directa.</li> <li>• El flujo es emitido hacia abajo y el resto hacia el techo o paredes superiores, suaviza sombras y mejora las relaciones de claridad.</li> </ul>
<p><b>Iluminación difusa:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior está entre 40 – 60% y en el hemisferio superior es de 40 – 60%.</li> <li>• Es decir, el flujo luminoso es emitido en igual cantidad hacia arriba y hacia abajo. La luz reflejada produce buenas relaciones de claridad y suavizado de sombras.</li> </ul>
<p><b>Iluminación directa – indirecta:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio superior es la misma que en el hemisferio inferior entre en 40 – 60%.</li> <li>• Características similares que la iluminación difusa, pero con una mayor eficiencia energética.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emiten poco flujo en ángulos próximos a la horizontal a lo cual reduce las luminancias en la zona de deslumbramiento</li> </ul>
<b>Iluminación semi indirecta:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es de 10 – 40% y en el hemisferio superior esta entre 60 – 90%.</li> <li>• Similar al tipo semi – directo, pero con menor eficiencia energética.</li> </ul>
<b>Iluminación indirecta:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el porcentaje de la luz emitida en el hemisferio inferior es de 0 – 10% y en el hemisferio superior es de 90 – 100%.</li> <li>• El mayor flujo luminoso es emitido hacia arriba sobre el techo o paredes superiores.</li> <li>• Elimina virtualmente las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado, pero tiene baja eficiencia energética</li> </ul>

**Fuente:** Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (Catro & Posligua, 2015, pág. 35).

### **1.3. Tipo de lámparas recomendadas para la iluminación de áreas de trabajo.**

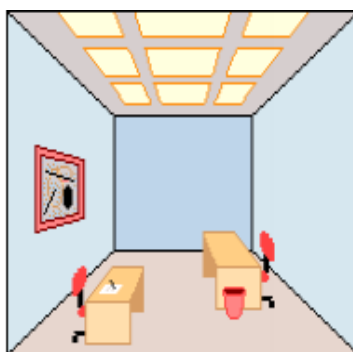
#### **1.3.1. Tipos de alumbrado.**

Según (Chimborazo, 2015, págs. 8-15) “El flujo generado por una lámpara al encenderse puede llegar a los objetos a iluminar de forma directa o indirecta [por reflexión en paredes y techo], esto es lo que determina los diferentes sistemas de iluminación.

El alumbrado se caracteriza por la concentración de luz necesaria para efectuar una tarea determinada, dependiendo la actividad la luz se reparte en las zonas que necesiten ser

iluminadas. Los sistemas de alumbrado apropiado dependiendo de las necesidades de las diferentes áreas de actividad que se realizan en un centro de educación superior.

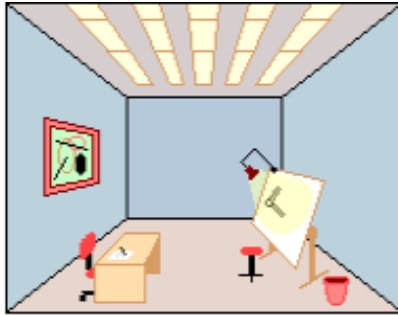
- **Alumbrado general.** La iluminación es dirigida uniformemente por todo el plano a ser iluminado, tomando en cuenta que se debe tener una buena distribución de las luminarias, logrando así obtener similitud del nivel lumínico en todos los puntos dentro
- de las áreas. Este tipo de alumbrado es el más común se utiliza en cualquier entorno de trabajo.



**Figura 7:** Alumbrado general.

**Fuente:** Identificación de riesgos del nivel de iluminación de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica ESPOCH bajo normas vigentes (Chimborazo, 2015, pág. 10).

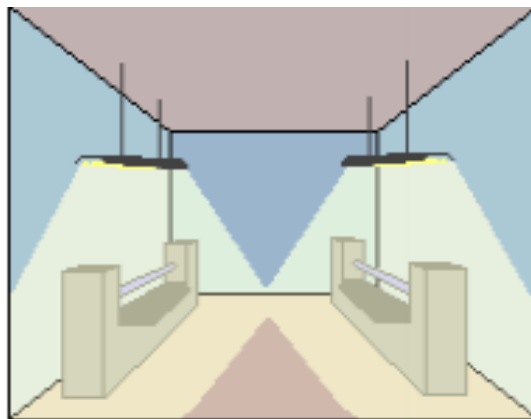
- **Alumbrado localizado.** Este tipo de alumbrado es dirigido a zonas específicas o tareas de distintas actividades de un puesto de trabajo se puede adoptar con el alumbrado general, un ejemplo típico sería a trabajos de alta precisión o que manipulan objetos muy pequeños, por lo común este tipo de alumbrado se requerirá un nivel de iluminación que supere a 1000 luxes.



**Figura 8:** Alumbrado localizado.

**Fuente:** Identificación de riesgos del nivel de iluminación de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica ESPOCH bajo normas vigentes (Chimborazo, 2015, pág. 10)

- **Alumbrado general localizado.** Es la combinación del alumbrado general y el localizado, es decir la luz está directamente dirigida a todo el puesto de trabajo o áreas de 11 actividad laboral, evitando que existan deslumbramientos, las luminarias deben ser uniforme y deben de tener diferentes características que las utilizadas para alumbrado general.



**Figura 9:** Alumbrado general localizado.

**Fuente:** Identificación de riesgos del nivel de iluminación de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica ESPOCH bajo normas vigentes (Chimborazo, 2015, pág. 11).

### 1.3.2. Tipos de lámparas recomendados.

El más conveniente o apto para los diferentes tipos de actividades dentro de los centros académico se basa en considerar parámetros técnicos, el consumo eléctrico y estética dependiendo de los requerimientos del diseño.

Si por otra parte lo predominante es el buen nivel de iluminación general o localizada se tomará como referencia los parámetros técnicos y de consumo energético con el fin de que cumpla con las especificaciones establecidas en la normativa vigente.

Para escoger la adecuada se debe de tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- La forma y distribución de la luz.
- El rendimiento del conjunto lámpara-luminaria.
- El deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios.
- La fácil instalación y mantenimiento.
- La estética.

**Tabla 6:** Rendimiento luminoso.

TIPOS DE LÁMPARAS Y PREFERENCIAS DE USO		
Tipo	Uso	
Lámparas Incandescentes	Convencionales	<b>Ocasional</b> cuando se necesite un haz potente y concentrado. Limitar su uso (son las más ineficientes) y sustituir por lámparas halógenas.
	Halógenos	<b>Fuente de luz puntual,</b> cuando se

		necesite un haz potente y concentrado. Iluminación localizada o decorativa.
		<b>Fluorescentes:</b> Iluminación prolongada general.
<b>Lámparas de descarga</b>	<b>Con vapores de mercurio</b>	<b>De bajo consumo:</b> Iluminación prolongada general, localizada o decorativa
	<b>Con vapor de sodio</b>	Para alumbrado de exteriores o para uso decorativo.

**Fuente:** Identificación de riesgos del nivel de iluminación de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica ESPOCH bajo normas vigentes (Chimborazo, 2015, pág. 11).

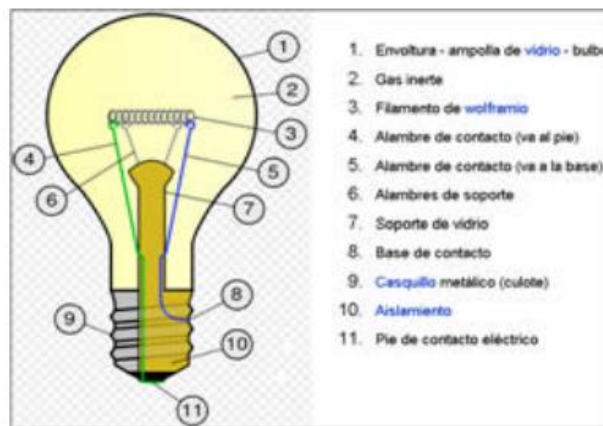
### **1.3.3. Análisis Comparativo de Eficiencia de Lámparas Incandescentes, Fluorescentes y Led**

(Pérez, 2012, pág. 32) “Es común a la hora de comprar una lámpara, usar como primer criterio de selección el precio de esta, lo cual es perfectamente entendible, el segundo parámetro corresponde a la potencia de la lámpara, lo cual se asocia a una mayor o menor luminosidad.

Si bien es cierto el precio del equipo es un factor fundamental, no es conveniente realizar la elección solo por el ahorro que se podría conseguir al momento de la compra, sino que es necesario evaluar otros factores tanto o más importantes como la eficiencia del equipo. Por otro lado, un error común es atribuir a la potencia la total responsabilidad de iluminar más o menos, aunque si depende en parte de esta, la gran responsable de iluminar más o menos es

la eficiencia de la lámpara, ya que mientras más eficiente sea, mayor será la cantidad de luz (lm) generada por cada Watt de potencia consumido.

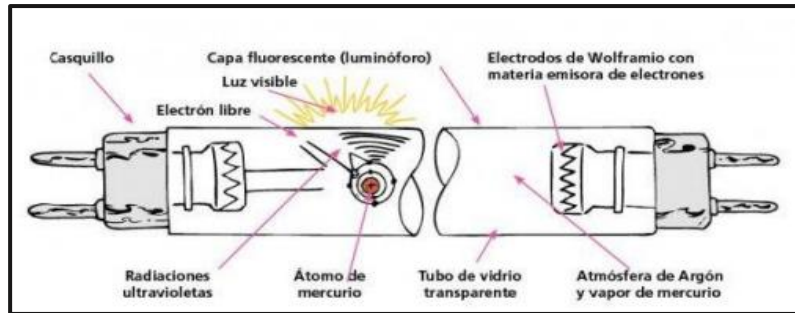
- **Lámparas Incandescentes:** Son las de mayor consumo eléctrico, las más baratas y las de menor duración (aprox.1.000 horas). La cantidad de luz que emite una lámpara incandescente depende fundamentalmente de la potencia de esta. Mientras que la longitud del filamento, el tamaño y forma de la lámpara o bulbo de cristal dependen directamente de la potencia de la lámpara, ya que la temperatura del filamento es proporcional a la potencia, el desprendimiento de calor aumenta, por lo tanto, es necesario aumentar la superficie de enfriamiento



**Figura 10:** Estructura de una lámpara incandescente.

**Fuente:** Análisis de un sistema de un sistema de iluminación utilizando luminarias de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos (Pérez, 2012, pág. 33).

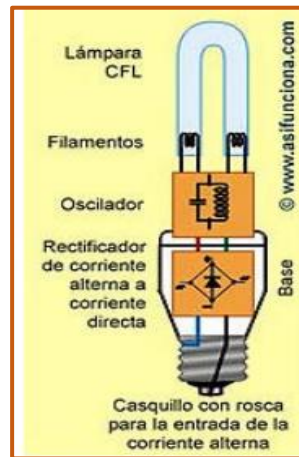
- **Fluorescente:** Las lámparas fluorescentes es la del encendido por precalentamiento. Este tipo de lámpara no puede conectarse directamente a la red. El correspondiente balastro situado entre la corriente de alimentación y la lámpara limita y controla la corriente de la lámpara y asegura así un funcionamiento fiable bajo condiciones específicas.



**Figura 11:** Estructura de una lámpara incandescente.

**Fuente:** Análisis de un sistema de un sistema de iluminación utilizando luminarias de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos (Peréz, 2012, pág. 33)

- **Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC):** corresponden a una versión mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, los cuales utilizan balastos electromagnéticos o electrónicos para su encendido, diferenciándose de ellas en su forma y dimensiones. La ventaja de las LFC frente a las lámparas incandescentes es la eficiencia de conversión de la energía.



**Figura 12:** Estructura de una lámpara LFC.

**Fuente:** Análisis de un sistema de un sistema de iluminación utilizando luminarias de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos (Peréz, 2012, pág. 34).

Las lámparas LFC, estas presentan una serie de inconvenientes descritos a continuación

**Tabla 7:** Desventaja de las lámparas LFC.

<b>Desventajas de las lámparas LFC</b>	
<b>Contaminación:</b>	Las lámparas LFC contienen mercurio, compuesto muy contaminante que obliga a extremar las precauciones de reciclado, ya que la rotura de estas puede generar complicaciones a la salud y contaminación del medio ambiente expuesto.
<b>Vida útil:</b>	Los ciclos de encendido y apagado de algunas lámparas LFC afectan la duración de su vida útil, de manera que las lámparas sometidas a frecuentes encendidos y apagados pueden disminuir su vida útil
<b>Lentitud de respuesta:</b>	Existen algunas lámparas que demoran alrededor de un segundo en arrancar y que tardan hasta 2 minutos en alcanzar su máxima luminosidad.
<b>Contaminación:</b>	Las lámparas LFC contienen mercurio, compuesto muy contaminante que obliga a extremar las precauciones de reciclado, ya que la rotura de estas puede generar complicaciones a la salud y contaminación del medio ambiente expuesto.
<b>Vida útil:</b>	Los ciclos de encendido y apagado de algunas lámparas LFC afectan la duración de su vida útil, de manera que las lámparas sometidas a frecuentes encendidos y apagados pueden disminuir su vida útil

<b>Lentitud de respuesta:</b>	Existen algunas lámparas que demoran alrededor de un segundo en arrancar y que tardan hasta 2 minutos en alcanzar su máxima luminosidad.
<b>Zumbido:</b>	Es frecuente que con el tiempo algunas lámparas comiencen a emitir un zumbido, aunque casi imperceptible.
<b>Parpadeo:</b>	Algunas lámparas de bajo consumo pueden presentar parpadeos, especialmente las que usan transformador o balasto electromagnéticos, este parpadeo se debe a que trabajan a una frecuencia de 60 Hertz, la cual es baja para este tipo de dispositivos. En el peor de los casos, una LFC deja de encender (una incandescente en cambio puede explotar y generar una serie de daños y peligros)

**Fuente:** Análisis de un sistema de un sistema de iluminación utilizando luminarias de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos (Pérez, 2012, pág. 35)

- **LED:** (Arellano, 2015, págs. 68-70) “Este tipo de lámparas en la actualidad tienen muchos usos, ya que su gama es muy amplia y abarca casi todos los campos lumínicos, son dispositivos capaces de generar importantes ahorros en el consumo energético. Los sistemas de iluminación LED suponen una ventaja frente a la iluminación convencional son su larga vida útil, su escaso consumo, y la reducción al mínimo de la emisión de calor y rayos ultravioleta. Tampoco contienen gases ni metales pesados, por lo tanto, son menos contaminantes que el resto ya que incluso las de bajo consumo, fluorescentes compactas, llevan mercurio. Las lámparas led poseen muchas ventajas:

- Voltaje de operación muy bajos.

- Tiempo de vida útil muy prolongado.
- Posee muy alta eficiencia.
- Reducidos costos de mantenimiento.
- Flexibilidad de instalación.
- Encendido instantáneamente al 100% de sus rendimientos.
- Es insensible a las vibraciones.
- Ausencia de radiaciones.
- Colores vivos y saturados sin filtro.

#### **1.3.4 Lúmenes o luxes**

Para compara dos tecnologías de iluminación diferentes no se puede mirar los lúmenes, sino que debe mirar los luxes.

- Los lúmenes son la cantidad total de luz emitida en todas las direcciones.
- Los luxes son los lúmenes por metro cuadrado.

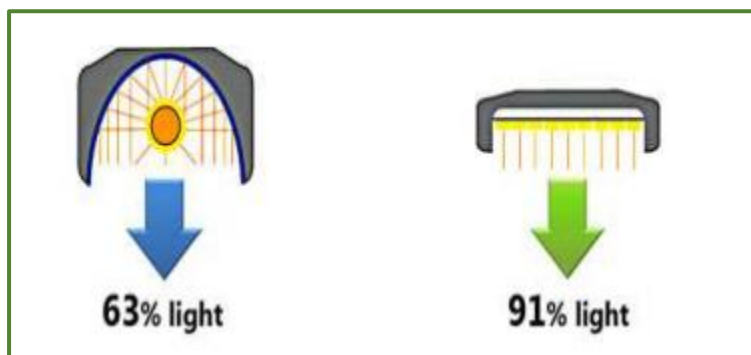
Todas normativas hablan con luxes, ya que los lúmenes totales que hay en un espacio, no llegan todos al suelo, hay muchos que se pierden, en reflectores, en paredes o sea que no se pueden aprovechar, podemos ver que la luz convencional, en este caso las lámpara incandescente y fluorescente emiten luz por todas partes, en cambio el LED realiza una emisión de luz unidireccional, en una dirección”



**Figura 13:** Flujo luminoso de diferentes luminarias

**Fuente:** Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS - Ibarra  
(Arellano, 2015, pág. 68)

El LED aprovecha mejor la energía, para dar luz, su rendimiento es mucho más elevado, generando así un ahorro en su utilización, luces convencionales sólo el 63% de luz, del flujo lumínico, es útil. El LED aprovecha un 91% de los lúmenes.



**Figura 14:** Flujo luminoso de diferentes luminarias.

**Fuente:** Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS - Ibarra  
(Arellano, 2015, pág. 69).

### **Luxómetro.**

El medidor de iluminancia le permite medir la intensidad de la luz de LED blancos, lámparas fluorescentes, vapor de sodio de alta presión y fuentes de luz incandescentes, con una capacidad de medición de hasta 4.000.000 lux. Una de sus principales características es su larga vida útil.



**Figura 15:** Luxómetro Digisense 202050.

**Fuente:** (Test equipment depot, 2022).

### 1.3.5 Valor de eficiencia energética de la instalación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) por cada 100 lux, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

**Ecuación 1**

Donde:

P = la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W].

S = la superficie iluminada [ $\text{m}^2$ ].

$E_m$  = la iluminancia media horizontal mantenida [lux].

Otras consideraciones para tener en cuenta son:

- Aprovechamiento de la luz natural.
- Rendimiento de las luminarias. Entendidas como la relación entre el flujo de las lámparas y el flujo útil a la salida del reflector. Se considera eficiente a partir del 60%

- Utilización de lámparas con una eficacia luminosa Lm/W superior 60 Lm/W.  
(Fluorescencia)
- Utilización de equipos electrónicos de control de lámparas.

Una buena práctica de iluminación para puestos de trabajo es más que proporcionar solamente una buena visibilidad de la tarea. Es esencial que las tareas se ejecuten con facilidad y comodidad. Luego, la iluminación debe satisfacer los aspectos cuantitativos y cualitativos demandados por el entorno. En general, la iluminación ha de garantizar:

- La comodidad visual, para que los ocupantes tengan una sensación de bienestar,
- La ejecución visual, para que los ocupantes sean capaces de realizar sus tareas visuales con rapidez y precisión, aún en circunstancias difíciles y durante largos períodos,
- La seguridad visual, para ver alrededor y detectar los peligros.

Para satisfacer estos aspectos, se necesita prestar atención a todos los parámetros que contribuyen al entorno luminoso, siendo los más importantes:

- Distribución de la luminancia,
- La iluminancia,
- El deslumbramiento,
- La direccionalidad de la luz,
- Aspecto del color de la luz y las superficies,
- El parpadeo,
- La luz natural,
- El mantenimiento.

## 1.4 Calidad de energía eléctrica

La calidad de energía hace referencia cuando ésta es suministrada por toda la instalación hacia equipos de manera adecuada, evitando fallas en el trabajo manteniendo un buen desempeño de la energía.

La Regulación de Calidad de Servicio Eléctrico de Distribución del Ecuador (Regulación No. CONELEC-004/01), establece patrones en tres aspectos tales como:

- Calidad del Producto
- Calidad de Servicio Técnico
- Calidad de Servicio Comercial

El detalle de los incumplimientos y las penalizaciones correspondientes se incorporarán a los respectivos contratos de concesión. El estudio presente tomará a consideración solo la parte de “Calidad del Producto” de esta regulación, debido a que los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuentan con dicho estudio, y para ello tomar como referencia cada una de las presentes mediciones para observar las características de Calidad del Suministro Eléctrico de la Industria. Según la regulación No. CONELEC-004/01, la Calidad del Producto comprende los siguientes aspectos: (CONELEC, 2011)

- Nivel de voltaje.
- Perturbaciones de voltaje.
- Factor de potencia

**Tabla 8:** Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

ÍTEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA															
<p align="center"><b>1</b></p>	<p align="center"><b>VOLTAJE DE ESTADO ESTACIONARIO:</b></p> <p>Variaciones máximas permitidas en baja voltaje:</p> <p>Las variaciones de voltaje permitidas en condiciones normales de operación para redes de baja voltaje (menores a 1 kV) deben estar entre el 90% y el 110% del voltaje nominal, en periodos superiores a 1 minuto.</p>	<p align="center"><b>REGULACIÓN CONELEC 004/01</b></p> <p>Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:</p> <table border="1" data-bbox="813 594 1365 1255"> <thead> <tr> <th></th> <th>Subetapa 1</th> <th>Subetapa 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alto Voltaje</td> <td align="center">± 7,0 %</td> <td align="center">± 5,0 %</td> </tr> <tr> <td>Medio Voltaje</td> <td align="center">± 10,0 %</td> <td align="center">± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje Urbanas</td> <td align="center">± 10,0 %</td> <td align="center">± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje Rurales</td> <td align="center">± 13,0 %</td> <td align="center">± 10 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los laboratorios de la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, prevalece actualmente la subetapa 2</p>		Subetapa 1	Subetapa 2	Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %	Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje Rurales	± 13,0 %	± 10 %
	Subetapa 1	Subetapa 2															
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %															
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje Rurales	± 13,0 %	± 10 %															
<p align="center"><b>3</b></p>	<p align="center"><b>FRECUENCIA</b></p> <p>Variaciones máximas permitidas en frecuencia: La frecuencia nominal del SIN es 60 Hz y su rango de variación de operación está entre 59.8 y 60.2 Hz en condiciones normales de operación.</p>	<p align="center"><b>REGULACIÓN CONELEC 004/01</b></p> <p>Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico.</p>															

<b>5</b>	<b>FACTOR DE</b>	<b>REGULACIÓN CONELEC 004/01</b>
	<b>POTENCIA:</b> El factor de potencia inductivo de las instalaciones deberá ser igual o superior a 0.90.”	Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico. Establece el límite en 0,92.

**Fuente:** Análisis de carga del hospital San Vicente de Paúl de la Ciudad de Ibarra (**Aguirre & Germán,**

**2012)**

### **NORMA ISO 50001**

La Norma ISO 50001, Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn), establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para sistematizar la mejora de su desempeño energético, el aumento de su eficiencia energética y la reducción de los impactos ambientales. Así como el incremento de sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan, todo esto sin sacrificio de la productividad (ISO, 2011).

Establece la implementación de política energética y el uso significativo de la energía. Cuyos beneficios son:

- Establecimiento de una metodología, clara y estructurada, de la gestión de la energía.
- Reducción de los consumos de energía
- Reducción de los costos de producción permitiendo aumentar la competitividad de la empresa.
- Permite controlar el consumo energético en cada proceso, permitiendo tomar acciones correctivas.
- Incremento en el uso de energías renovables.
- Aprovechamiento de energías excedentes.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo en la conservación del medio ambiente.
- Reducción de costos y oportunidades para el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios.

### **1.4.1. Factor de potencia (REGULACIÓN No. CONELEC 004/01)**

En la Regulación CONELEC – 004/01 al hablar de factor de potencia dice que “para efectos de evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.”

- **Límite**

El valor mínimo es de 0,92. (Regulación CONELEC 004/01)

Entonces operativamente las empresas eléctricas distribuidoras tienen la obligación de realizar las mediciones de la calidad del producto, recopilar, analizar y mantener registros de la información relacionada con la calidad del producto y del servicio, para analizar y reportar al Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

- **Cargos por bajo factor de potencia**

Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92 el distribuidor aplicará los cargos establecidos en el Reglamento de Tarifas del Pliego y Cargos Tarifarios de Ecuador, en concepto de cargos por bajo factor de potencia.

Donde se deduce que la penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicando por el siguiente factor. Según: (ARCONEL, 2016)

$$Bfp = \left( \frac{0,92}{fpr} \right) - 1$$

**Ecuación 2**

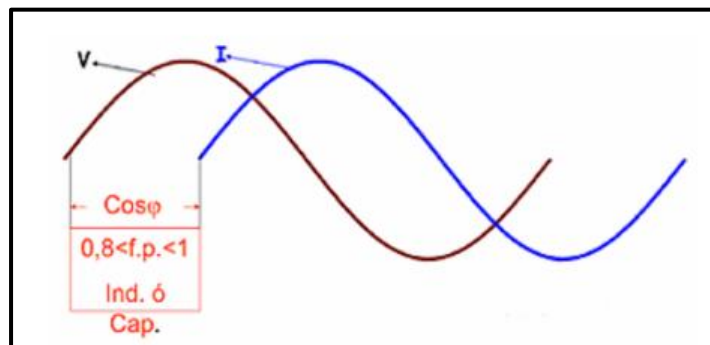
Donde:

**Bfp**: Factor de penalización por bajo factor de potencia.

**fpr**: Factor de potencia registrado.

- **Bajo factor de potencia, causas y consecuencias**

Según (Velasategui, 2017, págs. 22-23) El bajo factor de potencia se debe a la alta demanda de potencia reactiva por un sistema, la potencia reactiva está encargada de producir el funcionamiento de los equipos y su elevado uso es una consecuencia de un bajo factor de potencia



**Figura 16:** Triángulo de Potencias Factor de Potencia

**Fuente:** Auditoría Energética de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato (Velasategui, 2017, pág. 22)

- **Causas Principales.**

- Transformadores que se encuentren trabajando con poca carga.
- Hornos de Inducción o a arco.
- Máquinas de tratamiento térmico.
- Soldadoras.
- El nivel de tensión sobre el valor nominal, incrementando el uso de la potencia reactiva.

- Los motores que se encuentran trabajando a vacío.
- Los reactores de un sistema de iluminación se encuentren trabajando con un bajo factor de potencia.
- **Consecuencias principales.**
  - Variación de la tensión en sistema de distribución.
  - Se limita la vida útil de los equipos por sobrecargas.
  - Se eleva la cuenta de energía.
  - Se limita la capacidad que poseen los transformadores.
  - Incremento en pérdidas eléctricas por efecto Joule.
  - Se producen sobrecargas en líneas de distribución, así como en los transformadores

#### **Ventajas de la corrección del factor de potencia.**

- El costo por energía eléctrica requerida es menor, así mismo no se deben pagar penalizaciones por el hecho de trabajar con un bajo factor de potencia.
- El sistema aumenta la capacidad y trabaja de manera óptima.
- Mejor calidad de voltaje.
- Se eleva la vida útil de los equipos y sistemas que hacen uso de la energía eléctrica

#### **Desbalances de carga**

Los sistemas eléctricos industriales son propensos a sufrir desbalance de voltaje, esto significa que los valores de voltajes se diferencian entre sí.

Las razones para que esto ocurra pueden ser:

- Razones Externas:

Que la Compañía Eléctrica entregue un voltaje desbalanceado. Esto requiere un reclamo ante la empresa suministradora para que corrija la situación.

- Razones Internas:

Crecimiento desordenado de la instalación eléctrica, al incluirse cargas Monofásicas sin control, como: Cargas especiales, motores, aires acondicionados, otros.

Falsos contactos en Breakers, Fusibles, Contactores. De manera que se produzcan caídas de voltaje en alguna de las líneas. Según (Enríquez, 2005)

Fórmula:

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga Fase Mayor} - \text{Carga Fase menor}}{\text{Carga Fase Mayor}} \quad \text{Ecuación 3}$$

El desbalance permitido no debe exceder al 5%, lo que quiere decir que las cargas totales conectadas a cada Fase de un sistema bifásico o trifásico no deben ser diferentes una de la otra en un porcentaje mayor al 5%

#### **Analizador de Calidad de energía Fluke 435.**

El analizador de calidad eléctrica y energía 435-II de Fluke están diseñados para ayudarle a minimizar el tiempo de inactividad, resolver rápidamente problemas de calidad eléctrica y averiguar fácilmente los costes de la pérdida de energía (FLUKE, 2022).

## **1.5 Fundamentación Metodológica.**

### **1.5.1 Enfoque Cuantitativo.**

La presente propuesta tecnológica detalla un enfoque cuantitativo, ya que mide parámetros eléctricos en tiempo real y los almacena, mediante un analizador de energía FLUKE 435 la cual nos permite visualizar parámetros eléctricos.

### **1.5.2 Tipos de Investigación**

- Experimental

Se hizo referencia, que la investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada (Análisis de consumo de energía eléctrica en las instalaciones de iluminación de los laboratorios de la Facultad de CIYA). Mediante este procedimiento se detalló cada uno de los equipos de medición y software a utilizar, donde se determina las magnitudes evaluadas.

- Descriptiva

Se realizó un diagnóstico visual de las luminarias y la toma de datos de la potencia de las lámparas instaladas en los laboratorios de la facultad de CIYA y el consumo de energía eléctrica con la medición de un analizador de la energía Fluke 435.

- Explicativa

La investigación se llevaba a cabo para investigar de forma puntual un fenómeno que no se había estudiado antes, va más allá de la descripción de conceptos y características

establecidas de las variables eléctricas. Su interés es de tomar datos y visualizar los parámetros eléctricos del sistema de iluminación de los laboratorios de la facultad de CIYA.

### 1.5.3 Técnicas de recolección de información.

#### Observación

La observación como técnica fue empleada para identificar los diferentes tipos de alumbrado, tipos de luminarias, control de luminarias que posee los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### Medición

Se utilizó en el proyecto de titulación el analizador de redes Fluke435 para la adquisición de parámetros eléctricos para realizar el análisis del consumo de energía eléctrica de las luminarias de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi, obteniendo datos de lecturas confiables.



**Figura 17:** Analizadores de calidad eléctrica y energía 435 de Fluke.

**Fuente:** (FLUKE, 2022)

## Simulación

Para el diseño de un plan de eficiencia energética, del sistema de iluminación de los laboratorios de la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se empleó el software ETAP donde se simuló las cargas iluminación con cargas de lámparas fluorescentes y lámparas led.

Este software permite el desarrollo de análisis, diseño, simulación y evaluación para cada uno de los eslabones de un sistema de potencia (generación, transmisión, distribución y disposición final de la energía eléctrica).



. **Figura 18:** Analizadores de calidad eléctrica y energía 435 de Fluke.

**Fuente:** (FLUKE, 2022)

### 1.5.4 Qué son las hipótesis.

Es la guía para la investigación e indica los resultados que deseamos probar que tipo de alumbrado, tipo de luminarias y tipo de control que poseen los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi Con los resultados obtenidos se podrá diseñar un plan de eficiencia energética.

### **1.5.5 Procedimiento de obtención y análisis de la información.**

1. Para la obtención de la información se seguirá el siguiente procedimiento:
  - a) Planificación de la visita in-situ (Instalaciones de los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi)
  - b) Levantamiento de la información del sistema de iluminación (Tipo de alumbrado, tipo de luminarias).
  - c) Levantamiento de cargas del sistema de iluminación en los laboratorios de la Facultad de CIYA.
  
2. Para el análisis de información, se seguirá el siguiente procedimiento:
  - a) Recepción de información de la visita in-situ.
  - b) Información del tipo de iluminación existente en los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
  - c) Resultados de las luminarias de la potencia de placa que están distribuidas en los diferentes laboratorios.
  - d) Elaboración de informes y resultados

### **1.6. Conclusiones del Capítulo I.**

- La iluminación eficiente permite proporcionar luz en cantidades adecuadas a fin de facilitar la ejecución de las actividades con el alto rendimiento visual.

- Se debe conocer los tipos de alumbrado apropiados que existe para implementar en las áreas, sitios de trabajo y llegar tener una mejor iluminación en las áreas de un centro de educación superior.
- Las normas ISO 50001 permiten llevar un orden cronológico en la obtención de mejor calidad energética, mediante los pasos: planificar, hacer, verificar y actuar.
- La falta de conocimiento de las diferentes normas aplicables al sector eléctrico ha sido un factor determinante en el incremento de la facturación eléctrica generando un rubro económico alto difícil de cubrir.

## **CAPITULO II. PROPUESTA**

### **2.1. Título de la propuesta.**

Eficiencia energética del sistema de iluminación para los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el año 2022. Diseño de un plan de eficiencia energética.

### **2.2. Objetivo de propuesta.**

Diseñar un plan de eficiencia energética a fin de reducir el consumo de energía eléctrica en los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz en el año 2022.

### **2.3. Justificación de la Propuesta.**

Utilización eficientemente de la energía significa hacer un uso racional de la misma, aprovechándola al máximo sin sacrificar la calidad de vida que brindan los servicios que de ella se reciben. Esta práctica favorece tanto a los consumidores, como al medio ambiente y a la sociedad en su conjunto. Propiciar este tipo de cambios en los hábitos de consumo, constituye un importante reto. Sensibilizar sobre la importancia que tienen las pequeñas acciones que desarrollamos y el impacto que las mismas pueden tener en el desarrollo sustentable del país.

Reducir el consumo energético en el sistema de iluminación se reducirá el pago del consumo de energía, permitiendo utilizar dichos recursos para mejorar la infraestructura de la institución, ya que se dispone de la tecnología y los conocimientos técnicos necesarios para

realizar un diseño de un plan de ahorro energético eficiente, a fin de determinar los aspectos que deben atacarse para reducir el consumo de energía eléctrica.

#### 2.4. Fundamentación de la propuesta.

Se considera que es posible implementar un plan de eficiencia energética en el sistema de iluminación, en los Laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz, ya que se dispone de la tecnología y los conocimientos técnicos necesarios para realizar un diseño de un plan de ahorro energético eficiente, a fin de determinar los aspectos que deben atacarse para reducir el consumo de energía eléctrica.

#### 2.5. Desarrollo de la metodología.

En el desarrollo de la metodología para la realización de un plan de eficiencia energética se tomó como referencia la norma ISO 50001 se basa en la metodología del Ciclo de Deming para la mejora continua, también llamado “PHVA” por las siglas Planificar–Hacer-Verificar-Actuar, descrita gráficamente a continuación:



**Figura 19:** Metodología para la realización de auditorías (Rodríguez, 2016).

En la que se llevaron a cabo las siguientes fases en un ciclo continuo de mejoramiento:

- Primera etapa: Diseño de un plan de eficiencia energética
- Segunda etapa: Implementación de medidas de ahorro energético
- Tercera etapa: Medición y monitoreo de los resultados
- Cuarta etapa: Evaluación de cumplimiento de objetivos

### **2.5.1. Plan de eficiencia energética.**

En este plan de eficiencia energética del sistema de iluminación para los Laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz, se realizó este plan de eficiencia energética con el objetivo central concienciar a la comunidad universitaria de una cultura del uso eficiente de energía, para realizar algunas medidas de contingencia para el buen uso de la energía eléctrica en sus instalaciones del sistema de iluminación, así como algunas acciones que ayudarán a su buen desempeño y a menorar el pago de las planillas eléctricas.

**Iluminación Eficiente.** - Consideramos Sistemas de Iluminación Eficiente a la sustitución de las lámparas actuales, equipos auxiliares (transformadores o balastos) y luminarias por otros más eficientes más la instalación de sistemas de control (detectores de presencia o reguladores) que optimicen su uso, los beneficios que aporta son:

- Menor consumo energético.
- Menor coste de mantenimiento.
- Mejora de la calidad lumínica.
- Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Esto se constituye en una propuesta para ser un referente que trascienda del ejercicio académico a la práctica por parte de la Universidad Técnica de Cotopaxi. A continuación, describiré algunas consideraciones para el desarrollo del plan de eficiencia energética en el sistema de iluminación:

- *Medidas de mejoramiento para la implementación de un plan de eficiencia energética.*
- *Seguimiento del consumo de energía eléctrica trimestral.*
- *Planificación de los niveles de consumo de energía en función de las actividades desarrolladas en los laboratorios.*
- *Ejecución de las actividades para mejorar el uso eficiente del consumo de energía.*
- *Análisis de cumplimiento de las actividades para ver si ha mejorado el uso eficiente de energía.*

En las actividades para mejorar el uso eficiente de energía la sustitución de lámparas fluorescentes a tecnología LED describimos a continuación:

**Diseño de la luminaria:** El reflector y el cuerpo de la luminaria tienen que ser diseñados para que se maximice su rendimiento y se aproveche el mayor flujo lumínico posible, manteniendo el confort visual y evitar el deslumbramiento.

- **Lámpara utilizada:** a la hora de escoger el tipo de lámpara debemos tener en cuenta una serie de factores como son: la reproducción cromática, su vida útil, su regulación y su eficiencia energética [lumen/Watt]. Así como su clasificación energética.

- **Equipos auxiliares:** La tendencia es la completa eliminación de equipos electromagnéticos frente a los equipos electrónicos que ofrecen más ventajas y más ahorro energético.
- **Sistemas de regulación y control:** utilizando diversos sistemas de regulación podemos moldear el consumo en función de los horarios de uso de los diferentes espacios, como también aprovechar la aportación de luz natural pudiendo conseguir un ahorro incluso del 60% de la energía.
- **Mantenimiento de la instalación:** Con el tiempo, el rendimiento de la instalación decrece ya sea por la disminución de flujo de la fuente de luz o por la pérdida del rendimiento de la luminaria causada por el envejecimiento o suciedad. Para evitar esto es necesario el diseño de un plan de mantenimiento de la instalación para la sustitución de lámparas según su vida nominal y remplazarlas a pesar de que sigan funcionando ya que, a partir de este tiempo definido como vida útil, su flujo disminuye considerablemente.

### **2.5.2 Implementación de medidas de ahorro energético**

Se levanto información de la infraestructura que posee los laboratorios de la facultad de CIYA donde se realizó una inspección visual de las áreas con los que cuenta los laboratorios de la facultad de CIYA donde se visualizó las cargas del sistema de iluminación del consumo de energía eléctrica y niveles de iluminación.

#### **Distribución de los Laboratorios**

Se determino una distribución de las áreas que conforman los laboratorios conectados al transformador.

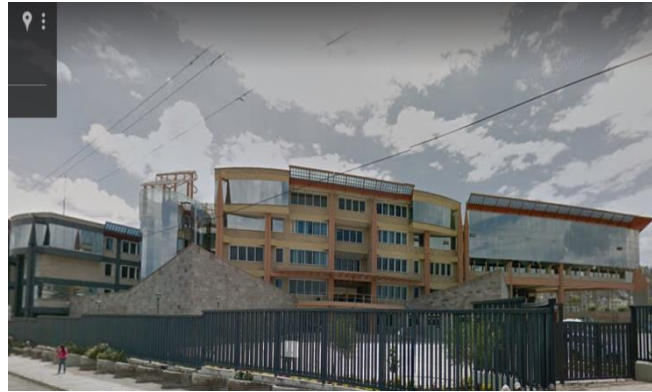
Los laboratorios de la facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi cuenta con sus respectivas áreas de cada carrera las cuales están, conectados al transformados de distribución de 300 kVA.

**Tabla 9:** Nomenclatura de los Laboratorios de CIYA por carrera.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>DIRECCIÓN DE POSGRADOS</b> Maestría Gestión de energías		
<b>UBICACIÓN</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi	
Provincia	Cotopaxi	
Cantón	Latacunga	
Parroquia	Eloy Alfaro	
Dirección	Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe.	
<b>DISTRIBUCIÓN DE LOS LABORATORIOS DE CIYA</b>		
<b>AREA LABORATORIO 1 (ELECTRICA)</b>	<b>AREA LABORATORIO 2 (ELECTROMECHANICA)</b>	<b>AREA LABORATORIO 3 (INDUSTRIAL)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>A1</b> ÁREA DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y MICROS.</li> <li>• <b>A2</b> ÁREA DE MÁQUINAS</li> <li>• <b>A3</b> ÁREA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN</li> <li>• <b>A4</b> ÁREA DE CIRCUITOS ELECTRICOS</li> <li>• <b>B1</b> ÁREA DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS</li> <li>• <b>B2</b> ÁREA DE DOMOTICA</li> <li>• <b>B3</b> ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>B5</b> ÁREA DE ELECTRONICA Y APLICADAS</li> <li>• <b>B6</b> ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES</li> <li>• <b>B7</b> ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES</li> <li>• <b>B8</b> ÁREA DE OLEONEUMATICA</li> <li>• <b>B9</b> ÁREA DE MECANIZADO</li> <li>• <b>B10</b> ÁREA DE SOLDADURA</li> <li>• <b>B11</b> ÁREA DE AJUSTE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>A5</b> ÁREA DE FÍSICA</li> <li>• <b>A6</b> ÁREA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL</li> <li>• <b>C1</b> ÁREA DE PRODUCCIÓN</li> </ul>



Fuente Figura: <https://www.google.com.ec/maps>



Edificio de la Matriz

**Elaborado: Autor**

**Tabla 10:** Planos de distribución de las áreas de los laboratorios.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>DIRECCIÓN DE POSGRADOS</b> Maestría Gestión de energías	
<b>UBICACIÓN</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi
Provincia	Cotopaxi
Cantón	Latacunga
Parroquia	Eloy Alfaro
Dirección	Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe.



Elaborado: Autor

### Información de la acometida de los laboratorios

Los laboratorios de Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz dispone de un transformador de 300 kVA que alimenta al circuito de iluminación, al circuito de tomacorrientes y circuitos de cargas especiales donde se determinó que si cumple con los calibres adecuados que determina las normas NEC.

**Tabla 11:** Inspección visual de la acometida

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>DIRECCIÓN DE POSGRADOS</b> Maestría Gestión de energías</p>					
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>					
Ubicación				Laboratorios de la Facultad de CIYA	
Hora inicio	9:00	Hora final	10:00	Inspección	1 de 1
Instrumentos				Cámara fotográfica	
Fecha de ejecución		8/ 03/2022		Revisado por	Ing.
Contenidos: Imágenes de las condiciones de la acometida de los laboratorios de la Facultad de CIYA de la UTC.					
					
<b>OBSERVACIONES</b>					
Podemos identificar en el cuarto de transformación con un transformador de distribución de 300 kVA y el tablero principal de distribución.					

**Elaborado:** Autor

### **Información de las cargas de iluminación por laboratorio**

Se observo las áreas de los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz, las mismas que están instaladas lámparas fluorescentes tradicionales de 3x17 watts, 3x32 watts en las

diferentes áreas donde se describe el total de lámparas instaladas las mismas que no cumplen con la normativa INEN 1154 1984-05 que a continuación se muestra en la tabla 14.

**Tabla 12:** Inventario total de las luminarias por área.

<b>INVENTARIO DE LÁMPARAS POR AREAS</b>		
<b>AREA</b>	<b># DE LAMPARAS de 17 WATTS</b>	<b># DE LAMPARAS 32 WATTS</b>
OFICINA1		4
HALL	48	
A1	30	
A2		16
A3		16
A4	39	4
A5	15	6
A6	24	
PASILLO 1	18	
B1	3	2
B2		4
B3	12	
B4	6	
BODEGA 1		2
BODEGA 2		2
BODEGA 3	1	
B5		7
B6	12	
B7	12	
PASILLO 2	3	
B8	12	
C1	48	
<b>TOTAL</b>	<b>235</b>	<b>63</b>

Elaborado: Autor

### **Información de los niveles de iluminación por laboratorio**

Se observo las áreas de los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz, donde los niveles de iluminación son muy bajos con un promedio general de 173. 6 luxes en todas las áreas de los laboratorios Facultad de CIYA de iluminación para la utilización en la parte académica como se muestra en la figura 30.



**Figura 20:** Niveles de iluminación bajos en los laboratorios de CIYA.

## Características de las luminarias

Para la implementación de la propuesta del sistema de iluminación LED es necesario el uso de lámparas de alto rendimiento, con la finalidad de cumplir los niveles de iluminación dados por las normativas INEN 1154 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, cuyas características de la luminaria LED se muestran en la Figura 32.

### Especificaciones técnicas

Descripción del producto	Potencia (W)	Voltaje (V)	Base	Longitud (cm)	Angulo de haz	Vida útil (horas)	Lúmenes de salida (lm)	Temperatura de color (K)	Índice de reproducción* (Típico)	Unidades x caja	Referencia
ESSENTIAL LEDtube 1200mm 18W 840 T8 C W G	18	100-240	G13	120	240	30.000	1850	4000	82	10	9290011939
ESSENTIAL LEDtube 1200mm 18W 840 T8 I W G	18	100-240	G13	120	240	30.000	1850	4000	82	10	9290011939
ESSENTIAL LEDtube 1200mm 18W 865 T8 C W G	18	100-240	G13	120	240	30.000	1850	6500	82	10	9290011945
ESSENTIAL LEDtube 1200mm 18W 865 T8 I W G	18	100-240	G13	120	240	30.000	1850	6500	82	10	9290011945
ESSENTIAL LEDtube 600mm 9W 840 T8 C W G	9	100-240	G13	60	240	30.000	900	4000	82	10	9290011946
ESSENTIAL LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G	9	100-240	G13	60	240	30.000	900	6500	82	10	9290011947
ESSENTIAL LEDtube 580mm 9W 840 T8 I W G	9	100-240	G13	58	240	30.000	900	4000	82	10	9290011948
ESSENTIAL LEDtube 580mm 9W 865 T8 I W G	9	100-240	G13	58	240	30.000	900	6500	82	10	9290011949

\* Mínimo 80

**Figura 21:** Especificaciones técnicas de lámparas seleccionadas para la propuesta.

**Fuente:** Anexo 3.

## Implementación de lámparas

En la propuesta de la implementación de lámparas lo realizamos basado al consumo de energía, al confort visual y al mejoramiento de las actividades en el desarrollo de los laboratorios. Para la determinación de la propuesta para la adquisición de la compra de lámparas y lámparas led se determinó el cálculo según el método de lúmenes que determina

el número de luminarias o lámparas que debe contener un espacio arquitectónico, las cuales formarán parte del proyecto de la instalación de iluminación, para obtener una iluminación uniforme y un nivel de iluminancia de acuerdo con la norma INEN 1154 se realiza los siguientes cálculos:

- **Cálculo de flujo luminoso.** - En el cálculo se va a fijar un valor según la norma INEN 1154 el nivel de iluminación de 300 luxes para laboratorios y para otros espacios físicos que contemplan los laboratorios de 100 luxes se aplica la siguiente formula:

$$\Phi = \frac{Em * S}{Cu * Cm} \quad \text{Ecuación 4}$$

$\Phi$ = Flujo luminoso determinado en el lugar necesita en lúmenes.

$Em$ = Nivel de iluminación medio (en lux)

$Cu$ = Coeficiente de utilización

$Cm$  = Coeficiente de Mantenimiento

A continuación, se describe la tabla 14 donde se muestra el flujo luminoso en lúmenes de cada laboratorio de la Facultad de CIYA como se indica en el Anexo2:

**Tabla 13:** Flujo luminoso en cada Laboratorio.

FLUJO LUMINOSO				
ÁREA DE PRODUCCIÓN (C1)				
SUPERFICIE	Em	Cu	Cm	$\Phi T$
123,51	300	0,5	0,8	92630,93
ÁREA DE ELECTRÓNICA (A1)				

<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
61,52	300	0,5	0,8	46136,25
<b>ÁREA DE MÁQUINAS (A2)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
53,17	300	0,5	0,8	39877,5
<b>ÁREA DE CONTROL AUTOMATIZACIÓN (A3)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
70,5	300	0,5	0,8	52875
<b>ÁREA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS (A4)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
43,95	300	0,5	0,8	32962,5
<b>ÁREA DE FISICA (A5)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
39,5	300	0,5	0,8	29625
<b>ÁREA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (A6)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
63,8	300	0,5	0,8	47850
<b>ÁREA DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS (B1)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
15	300	0,5	0,8	11250
<b>ÁREA DE DOMÓTICA (B2)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
34	300	0,5	0,8	25500
<b>ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (B3)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>

36,04	300	0,5	0,8	27030
<b>OFICINA 2 (B4)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
26,5	300	0,5	0,8	19875
<b>ÁREA DE ELECTRÓNICA Y APLICADAS (B5)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
29,95	300	0,5	0,8	22462,5
<b>ÁREA DE FÍSICA (B6)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
28	300	0,5	0,8	21000
<b>ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES (B7)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
34,96	300	0,5	0,8	26220
<b>ÁREA DE OLEONEUMÁTICA (B8)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
35	300	0,5	0,8	26250
<b>ÁREA DE MECANIZADO, SOLDADURA Y AJUSTE (B9,B10,B11)</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
158,1	300	0,5	0,8	118575
<b>BODEGA 2</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
30	100	0,5	0,8	7500
<b>TABLERO PRINCIPAL</b>				
<b>SUPERFICIE</b>	<b>Em</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>ϕt</b>
34,77	100	0,5	0,8	8692,5
<b>CAMARA DE TRANSFORMACIÓN</b>				

SUPERFICIE	Em	Cu	Cm	$\phi t$
12,25	100	0,5	0,8	3062,5
<b>BODEGA 1</b>				
SUPERFICIE	Em	Cu	Cm	$\phi t$
3,48	100	0,5	0,8	870

Elaborado: Autor

- **Cálculo de luminarias.** - En el cálculo de luminarias de la propuesta se aplica la siguiente formula:

$$NL = \frac{\phi T}{n * \phi L}$$

**Ecuación 5**

NL= Numero de luminarias

$\phi T$ = Flujo luminoso total necesario en la zona o local

$\phi L$ = Flujo luminoso de una lampara (se toma del catálogo)

n= Numero de lámparas que tiene la luminaria

A continuación, se describe la tabla 15 donde se muestra el cálculo de luminarias de cada laboratorio de la Facultad de CIYA el valor total de luminarias (NT) se redondea como se indica en el Anexo2:

**Tabla 14:** Numero de luminarias de cada área en los Laboratorios de la Facultad de CIYA.

<b>NUMERO DE LUMINARIAS POR AREA</b>			
<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN (C1)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
92630,93	900	3	34,31
<b>ÁREA DE ELECTRÓNICA (A1)</b>			

$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
46136,25	900	3	17,09
<b>ÁREA DE MÁQUINAS (A2)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
39877,50	1850	4	5,39
<b>ÁREA DE CONTROL AUTOMATIZACIÓN (A3)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
52875	1850	4	7,15
<b>ÁREA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS (A4)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
32962,5	900	3	12,21
<b>ÁREA DE FISICA (A5)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
29625	900	3	10,97
<b>ÁREA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (A6)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
47850	900	3	17,72
<b>ÁREA DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS (B1)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
11250	900	3	4,17
<b>ÁREA DE DOMÓTICA (B2)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
25500	900	3	9,44
<b>ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (B3)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias

27030	900	3	10,01
<b>OFICINA 2 (B4)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
19875	900	3	7,36
<b>ÁREA DE ELECTRÓNICA Y APLICADAS (B5)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
22462,5	900	3	8,32
<b>ÁREA DE FÍSICA (B6)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
21000	900	3	7,78
<b>ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES (B7)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
26220	900	3	9,71
<b>ÁREA DE OLEONEUMÁTICA (B8)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
26250	900	3	9,72
<b>ÁREA DE MECANIZADO, SOLDADURA Y AJUSTE (B9,B10,B11)</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
118575	900	3	43,92
<b>BODEGA 2</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
7500	900	3	2,78
<b>TABLERO PRINCIPAL</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
8692,5	900	3	3,22
<b>CAMARA DE TRANSFORMACIÓN</b>			

$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
3062,5	1850	2	0,83
<b>BODEGA 1</b>			
$\phi T$	$\phi L$	N	NT luminarias
870	1850	1	0,47

Elaborado: Autor

- **Cálculo del emplazamiento de las luminarias.** - Una vez calculado el mínimo de luminarias se procede a la distribución de las luminarias en cada área de los laboratorios de la Facultad de CIYA aplicando las siguientes formulas:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b}} * a \quad \text{Ecuación 6}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} * \left(\frac{b}{a}\right) \quad \text{Ecuación 7}$$

A continuación, se describe la tabla 16 donde se muestra el cálculo de emplazamiento de luminarias de cada laboratorio de la Facultad de CIYA como se realizó aplicando las fórmulas del Anexo2:

**Tabla 15:** Emplazamiento de luminarias en cada área de los Laboratorios de la Facultad de CIYA.

<b>EMPLAZAMIENTO DE LUMINARIAS</b>				
<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN (C1)</b>				
NT	LARGO	ANCHO	N/ANCHO	N/LARGO
34,31	12,59	9,81	5,17	6,64
<b>ÁREA DE ELECTRÓNICA (A1)</b>				
NT	LARGO	ANCHO	N/ANCHO	N/LARGO
17,09	13,67	4,5	2,37	7,20

<b>ÁREA DE MÁQUINAS (A2)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
5,39	11,61	4,58	1,46	3,70
<b>ÁREA DE CONTROL AUTOMATIZACIÓN (A3)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
7,15	11,61	4,58	1,68	4,26
<b>ÁREA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS (A4)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
12,21	8,79	5	2,64	4,63
<b>ÁREA DE FISICA (A5)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
10,97	7,9	5	2,64	4,16
<b>ÁREA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (A6)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
17,72	14,5	4,4	2,32	7,64
<b>ÁREA DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS (B1)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
4,17	5	3	1,58	2,64
<b>ÁREA DE DOMÓTICA (B2)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
9,44	6,8	5	2,64	3,58
<b>ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (B3)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
10,01	6,8	5,3	2,79	3,58
<b>OFICINA 2 (B4)</b>				

<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
7,36	5,3	5	2,64	2,79
<b>ÁREA DE ELECTRÓNICA Y APLICADAS (B5)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
8,32	5,99	5	2,64	3,16
<b>ÁREA DE FÍSICA (B6)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
7,78	5,6	5	2,64	2,95
<b>ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES (B7)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
9,71	6,3	5,55	2,92	3,32
<b>ÁREA DE OLEONEUMÁTICA (B8)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
9,72	7	5	2,64	3,69
<b>ÁREA DE MECANIZADO, SOLDADURA Y AJUSTE (B9,B10,B11)</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
43,92	15,5	10,2	5,38	8,17
<b>BODEGA 2</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
2,78	6	5	1,52	1,83
<b>TABLERO PRINCIPAL</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
3,22	6,1	5,77	1,75	1,84
<b>CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>

0,83	3,5	3,5	0,91	0,91
<b>BODEGA 1</b>				
<b>NT</b>	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>N/ANCHO</b>	<b>N/LARGO</b>
0,47	2,9	1,2	0,44	1,07

Elaborado: Autor

### 2.5.3 Medición y monitoreo de los resultados.

Se realizó lecturas de mediciones de parámetros eléctricos, medición de luminosidad de un ambiente de trabajo y monitoreo del sistema de iluminación de los laboratorios de la Facultad de CIYA.

#### Técnicas e Instrumentos en la medición y monitoreo de la información

La medición y monitoreo se realizó en campo en los laboratorios de la Facultad de CIYA, se utilizó mediciones in-situ y bases de datos que permitieron evaluar el comportamiento eléctrico del sistema de iluminación y niveles de iluminación en cada área de los laboratorios de la Facultad de CIYA se utilizó técnicas e instrumentos como se observa en la tabla 15.

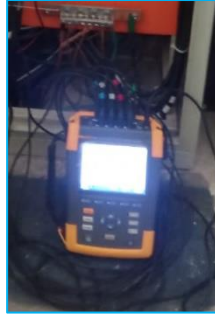
**Tabla 16:** Técnicas e Instrumentos de recolección de la información

<b>TECNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Medición y control	Analizador de redes, pinza amperimétrica, luxómetro, computador

Elaborado: Autor

#### **Analizador de calidad de energía.**

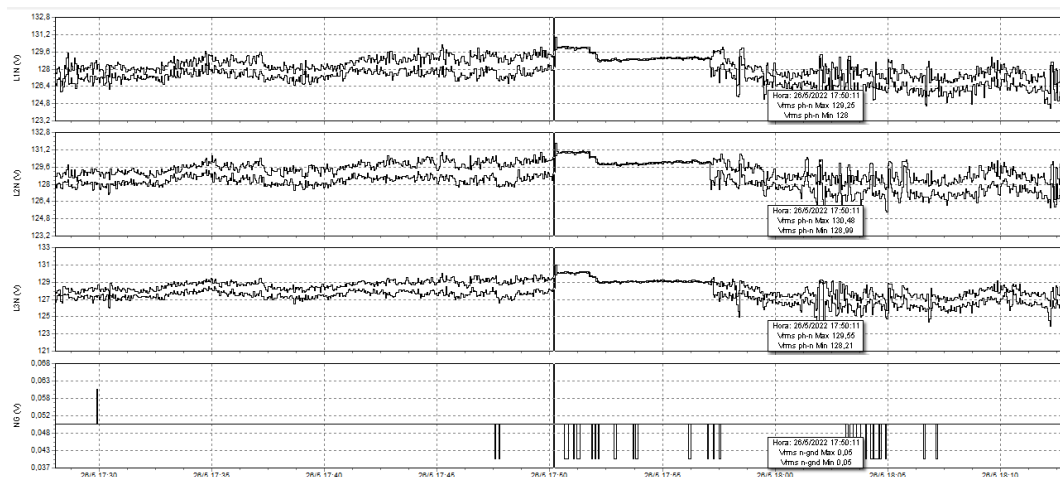
En el siguiente apartado se pretende registrar y analizar los datos recopilados a partir de las mediciones relacionados con la calidad de energía en un sistema eléctrico, indicando todos los parámetros del sistema de iluminación.



**Figura 22:** Analizador de energía FLUKE 435.

### Medidas de Tensión.

Las gráficas obtenidas mediante el registro del analizador de redes Fluke 435, muestra la tensión en las líneas con respecto al neutro que el valor pico está en un rango de 129 a 127,35 voltios en función del tiempo de medición como se muestra en la figura 29, estos valores son los más críticos durante la medición 3 líneas con respecto al neutro que están en valores aceptables.

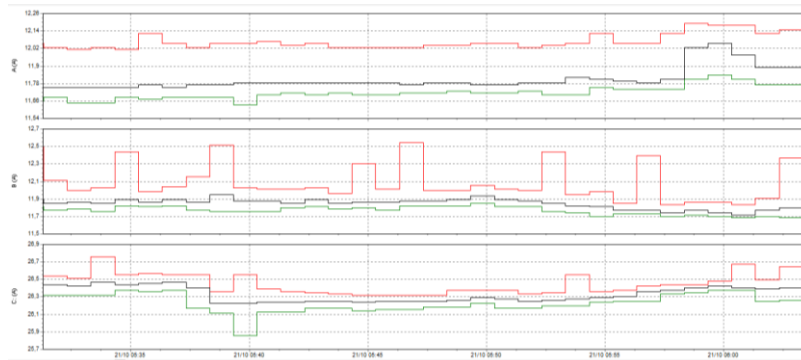


**Figura 23:** Medición de tensión.

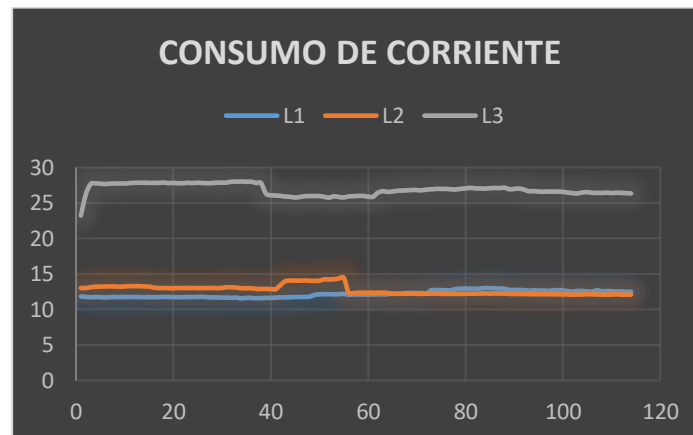
### Medidas de Corriente

Durante la medición de la corriente se visualiza que las líneas presentan variaciones significativas por cada línea debido a todos los factores de cargas de lámparas instaladas en el circuito de iluminación. La figura 31 se establece un rango aproximado de 12 A en la línea

L1, L2, y un máximo de corriente 27 A en operación dichas mediciones tienden a cero cuando se apaga el circuito de iluminación.



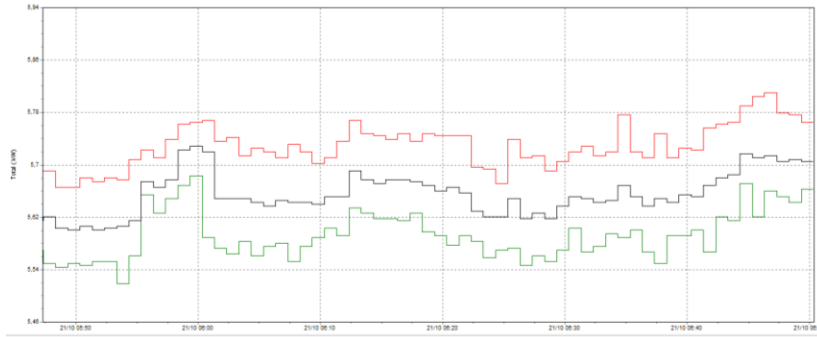
**Figura 24:** Medición de corriente.



**Figura 25:** Consumo de corriente.

### **Mediciones de potencia activa.**

Al realizar la medición en referencia a la potencia activa del sistema se puede observar valores máximos y mínimos entre un rango de 4,5 a 4,7 kW encontrando variabilidad durante el funcionamiento del sistema, figura 33.



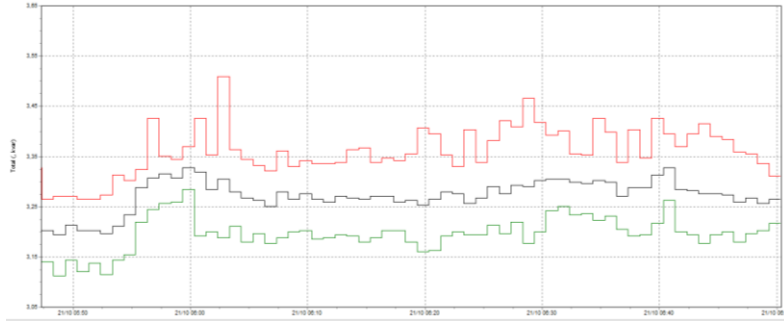
**Figura 26:** Medición de Potencia Activa.



**Figura 27:** Potencia Activa Consumida.

**Mediciones de potencia reactiva.**

Al realizar la medición en referencia a la potencia reactiva del sistema se puede observar valores máximos y mínimos entre un rango de 2,45 kVAr a 2,55 kVAr , como se puede observar en la figura 34.



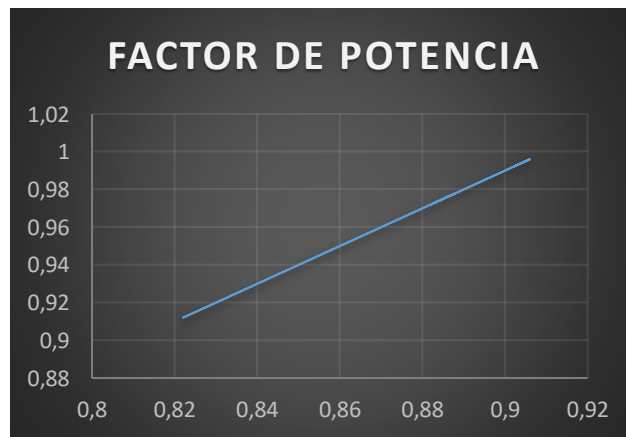
**Figura 28:** Medición de Potencia Reactiva.



**Figura 29:** Medición de Potencia Reactiva.

**Medición del factor de potencia.**

Al realizar la medición en referencia al factor de potencia del sistema se observan valores máximos y mínimos entre un rango de 0 a 0.8 presentando variabilidad durante el funcionamiento del sistema, figura 18.



**Figura 30:** Medición de Potencia Reactiva.

### **Potencia nominal de las lámparas fluorescentes instaladas en las áreas de los laboratorios.**

En la tabla 16 podemos ver la potencia nominal de las lámparas fluorescentes instalada en las diferentes áreas de los laboratorios de la Facultad de CIYA.

### **Mediciones luxómetro.**


En el siguiente apartado se pretende mostrar los datos recopilados a partir de las mediciones generadas mediante el uso del luxómetro el cual permite evidenciar de manera acertada las variaciones de luminosidad en las diferentes áreas de los laboratorios de la Facultad de CIYA, presentadas en las diferentes luminarias del sistema a medir.



**Figura 31:** Medición luxómetro.

Podemos observar en la tabla 13 los niveles de iluminación tomados con el equipo luxómetro en los diferentes laboratorios de la Facultad de CIYA utilizando el protocolo de iluminación verificando que ningún laboratorio no cuenta con los niveles de iluminación adecuado según la normativa INEN 1153 1984-05, donde determina que debe de ser de 300 luxes.

**Tabla 17:** Técnicas e Instrumentos de recolección de la información.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>DIRECCIÓN DE POSGRADOS</b> <b>Maestría Gestión de Energías</b>						
<b>UBICACIÓN</b> Provincia Cantón Parroquia Dirección			Universidad Técnica de Cotopaxi Cotopaxi Latacunga Eloy Alfaro Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe.			
<b>LABORATORIO DE SIMULACION (C1)</b>						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
12,59	9,81	3,9	1,41	16	216.62	0,63
<b>AREA LABORATORIO 1 (ELECTRICA)</b>						
<b>AREA DE ELECTRONICA DE POTENCIA Y MICROS (A1)</b>						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
13,67	4,5	3,3	1,03	9	180	0,83
<b>ÁREA DE MÁQUINAS (A2)</b>						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
11,61	4,58	3,3	1,00	9	147.22	0,92
<b>ÁREA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN (A3)</b>						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
14,1	5	3,3	1,12	9	143,88	0,9
<b>ÁREA DE CIRCUITOS ELECTRICOS (A4)</b>						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
5	8,79	3,3	0,97	9	180	0,89
<b>ÁREA DE FÍSICA (A5)</b>						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
5	7,9	3,3	0,93	9	170	0,76

<b>ÁREA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (A6)</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
14,5	4,4	3,3	1,02	9	180	0,94
<b>BODEGA ELÉCTRICA 1</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
2	4,5	3,3	0,42	9	43,3	0,7
<b>BODEGA ELÉCTRICA 2</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
1,5	5	3,3	0,35	9	107	0,74
<b>ÁREA DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS (B1)</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
3	5	3,1	0,60	9	160	0,69
<b>ÁREA DE DOMOTICA (B2)</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
5	6,8	3,1	0,93	9	180	0,67
<b>ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (B3)</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
5	6,8	3,1	0,93	9	180	1,39
<b>LABORATORIO 2 (ELECTROMECHANICA)</b>						
<b>OFICINA (B4)</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
5	5,3	3,1	0,83	9	200	0,7
<b>ÁREA DE ELECTRONICA Y APLICADAS (B5)</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
5	6,8	3,1	0,93	9	150	1,39
<b>ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES (B6)</b>						
<b>ANCHO</b>	<b>LARGO</b>	<b>ALTO</b>	<b>Índice de K</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Iluminación Promedio lux</b>	<b>Uniformidad</b>
5	5,3	2,5	1,03	9	150	0,87

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES (B7)						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
5	5,3	3	0,86	9	180	0,89
ÁREA DE OLEONEUMATICA (B8)						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
4,7	7	3	0,94	9	180	0,61
ÁREA DE MECANIZADO, SOLDADURA Y AJUSTE (B9,B10,B11)						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
10,2	15,5	3,1	1,98	16	180,31	0,89
BODEGA 2						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
5	6	2,3	1,19	9	61.11	0,5
OTROS						
TABLERO PRINCIPAL						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
5,7	6,1	3,1	0,95	9	100	0,5
CAMARA DE TRANSFORMACIÓN						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
2,8	3,5	3,1	0,50	9	100	0,9
BODEGA 1						
ANCHO	LARGO	ALTO	Índice de K	PUNTOS DE MUESTREO	Iluminación Promedio lux	Uniformidad
2,9	1,2	3,1	0,27	9	120	0,59
PASILLO						
ÁREA					Iluminación Promedio lux	Uniformidad
147					170	0,71

Elaborado: Autor

#### 2.5.4 Evaluación del cumplimiento de objetivos. (acciones)

Informe de acciones de la propuesta.

El informe de propuestas se realizó en base a las instalaciones eléctricas cuando se realizó el plan de eficiencia energética de los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del

subsuelo del teatro universitario en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la Matriz donde se determinó los siguientes pasos:

- Cambio de tecnología de luminarias de lámparas fluorescentes a lámparas led para reducir su consumo energético y reducir la emisión de CO<sub>2</sub>.
- Separación de circuitos eléctricos de iluminación para los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la Matriz.
- Control de iluminación (programado, supervisado y gestionado de uno o más dispositivos inteligentes).
- Implementación de un sistema de generación alternativo de energía.

#### **Análisis de las cargas del sistema de iluminación eléctrico y redimensionamiento.**

Las luminarias existentes en los laboratorios de la Facultad de CIYA son lámparas fluorescentes; el cambio de luminarias a tecnología led ofrece una alternativa mucho más eficiente que las tecnologías mencionadas, pero con un consumo inferior, además de mejorar la calidad de energía ya que las lámparas fluorescentes contribuyen a la distorsión armónica total.

#### **2.6 Conclusiones del Capítulo II.**

- La utilización de instrumentos de medición que permiten llevar un registro de datos continuos que evidencian de manera clara todos los parámetros eléctricos y pérdidas energéticas en los sistemas de iluminación de los laboratorios de la facultad de CIYA.

- La propuesta del plan de eficiencia energética del sistema de iluminación de los laboratorios de la Facultad de CIYA se basó en las normas ISO 50001 con la metodología de DEMING para obtener una mejora continua en los sistemas de iluminación.
- La iluminación es un factor importante en el aprendizaje de conocimientos para los estudiantes, docentes y la comunidad universitaria.
- Se debe aumentar más luminarias con lámparas eficientes (LED) para mejorar los niveles de iluminación bajo una normativa INEN 1154.
- Las medidas obtenidas de los niveles de iluminación realizadas con el equipo de medida luxómetro nos proporcionó unos valores muy bajos en la mayoría de los laboratorios los cuales sus niveles de iluminación no son adecuados.

## **CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.**

### **3.1. Análisis de los resultados.**

Los resultados obtenidos por las planillas, registro del analizador Fluke 435 y simulación de las cargas del sistema de iluminación con el software ETAP nos permitió determinar un plan de eficiencia energética para los laboratorios de la Facultad de CIYA para proporcionar soluciones operativas y económicas, con el respaldo y validación de expertos en el área técnica y financiera. En las visitas in-situ se determinó los siguientes parámetros que causan deficiencia energética en el sistema de iluminación de los laboratorios de la Facultad de CIYA.

**Infraestructura del sistema de Iluminación:** Las luminarias que cuenta el sistema de iluminación son obsoletos y de tecnología tradicional, que no cumplen con estándares de ahorro y de eficiencia energética. El sistema de iluminación con que cuenta los laboratorios de la Facultad de CIYA son luminarias que utilizan equipos adicionales como son balastos eléctricos que están conectados a una red desbalanceada. Los laboratorios no se encuentran seccionados con respecto a los pasillos, no posee un sistema de control para encendido y apagado de las luminarias.

**Cámara de transformación:** Los laboratorios de la Facultad de CIYA poseen un transformador de distribución reductor de 300kVA conexión DELTA- ESTRELLA marca ECUATRAN, el mismo que se encuentra sobredimensionado para las cargas instaladas en los laboratorios.

### 3.2. Evaluación técnica-económica de la propuesta.

Para evaluar la propuesta de Eficiencia energética en el sistema de iluminación se realiza un análisis monetario de las cotizaciones del mercado actual.

#### 3.2.1 Sustitución del sistema de Iluminación

Con la finalidad de reducir los costos de energía eléctrica en los Laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz, se sugiere sustituir las luminarias fluorescentes tradicionales por tecnología LED.

**Tabla 18:** Inversión del cambio de lámparas a LED.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Lámparas tubo Led 3x9 Watts (reemplaza a la de T8 17W)	Pza.	244	1,786	<b>435,78</b>
Cable solido#14 (100 metros)	Pza.	1	<b>22,32</b>	<b>22,32</b>
Taípe 3m	Pza.	4	<b>1</b>	<b>4,00</b>
Mano de Obra		1	<b>240</b>	<b>240,00</b>
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>702,10</b>
			<b>I.V.A 12%</b>	<b>84,25</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>786,36</b>

**Elaborado:** Autor

La inversión para la sustitución de lámparas LED es de un rubro de USD 786,36 como se muestra en la tabla 19.

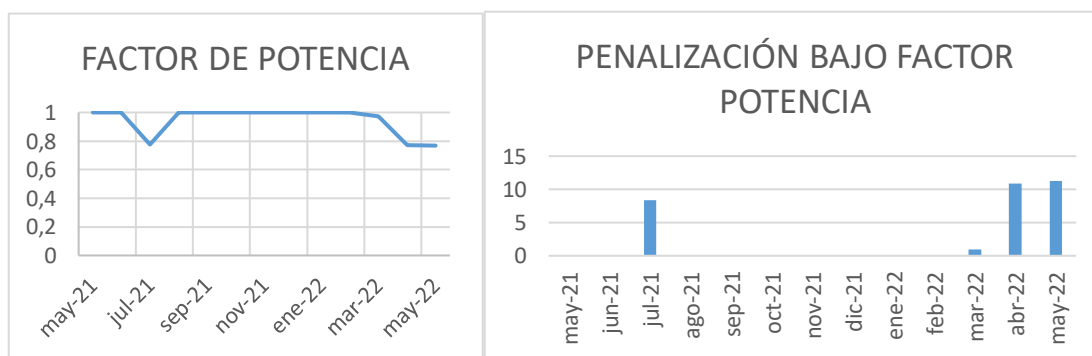
### 3.2.2. Costos de penalización por bajo factor de potencia en el medidor N.-940

**Tabla 19:** Datos de facturación con penalización 2021-2022.

PERIODO	CONSUMO kWh	kVAR (actual)	FACTOR POTENCIA	PENALIZACIÓN FP	FACTURACION DEL SERVICIO ENERGETICO
may-21	2539	6992	1	0	191,97
jun-21	2770	7000	1	0	211,36
jul-21	5532	7003	1	103,87	243,89
ago-21	3135	7010	1	0	234,02
sep-21	2735	7031	1	0	215,62
oct-21	2671	7054	1	0	206,87
nov-21	3102	7081	1	0	249,99
dic-21	2655	7155	1	0	227,53
ene-22	2794	7161	1	0	219,58
feb-22	3398	7317	0,999	0	277,96
mar-22	1269	7631	0,971	0,971	143,381
abr-22	475	8026	0,77	10,9	85,33
may-22	490	8436	0,768	11,3	86,54
				31,511	2417,971

**Elaborado:** Autor

En la Tabla 20 se puede marcar claramente la existencia de variación en el factor de potencia por mes, dichos valores obtenidos de la medición y como dato histórico la medición mediante facturación y costos cancelados en las facturas del medidor N.-940 que corresponde a los laboratorios de la Facultad de CIYA en el periodo mayo 2021 y mayo 2022 donde existe una penalización en tres meses.



**Figura 32:** Costos de penalización en comparación con el factor de potencia en el periodo 2021-2022.

### 3.2.3. Costos referenciales del consumo de energía del sistema de iluminación al utilizar diferentes tipos de lámparas.

**Tabla 20:** Utilización de 2 tipos de lámparas para el consumo de energía eléctrica.

Tipo de lámparas	Día de la semana	Horas de uso diario	N.-Días	Total horas de uso al mes	Carga instalada kW	Demanda de energía kWh	Precio tarifa kWh	PAGO CONSUMO MES	PAGO CONSUMO POR AÑO
Fluorescentes	Lunes a viernes	7	20	140	6,164	862,96	0,105	90,61	1087,33
Led	Lunes a viernes	7	20	140	4,212	589,68	0,105	61,92	743,00
Ahorro								28,69	344,33

Elaborado: Autor

En la Tabla 20 se puede observar que al sustituir lámparas fluorescentes tradicionales a lámparas led el consumo de energía eléctrica va a disminuir en un 31,6% de la demanda de la energía y por consiguiente el ahorro del pago tarifario va a hacer de 28,69 dólares mensuales con un ahorro aproximado de 344,33 dólares al año.

#### Datos Financieros de la propuesta de cambio de lámparas a LED.

Se realizó un análisis financiero del TIR – VAN para ver si es rentable el proyecto de sustituir lámparas fluorescentes a Led para mejorar el nivel de iluminación en los laboratorios.

**Tabla 21:** TIR - VAN

CAMBIO DE LAMPARAS A LED TIR - VAN	
AÑOS	FLUJO DE CAJA
0	-786,36
1	344,33
2	344,33
3	344,33
4	344,33
5	344,33
<b>T. DESCUENTO</b>	12%
<b>TIR</b>	33%
<b>VAN</b>	454,87

Elaborado: Autor

En la tabla 22 se demuestra que el proyecto es viable ya el TIR es mayor a la tasa de descuento.

### Periodo de recuperación de la inversión

Mide en cuanto tiempo se va a recuperar la inversión de la propuesta para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$PRI = \frac{\text{Inversión de capital}}{\text{Ahorros anuales netos}}$$

$$PRI = \frac{786,36}{344,33}$$

**PRI= 2,88**

Se recuperará la inversión del presupuesto 2 años y 9 meses aproximadamente.

### Propuesta incremento de luminarias y cambio de lámparas a led con normativa INEN 1154.

En esta propuesta se realizó con el aumento de luminarias y cambio de lámparas led de acuerdo con el método de lúmenes.

**Tabla 22:** Presupuesto para el incremento de luminarias y cambio de lámparas LED con normativa INEN.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Luminaria Led empotrable 3X9 watts	Pza.	131	33,93	4444,83
Cable THHN Flexible #14 "Rollo" (blanco)	Pza.	2	37,6	75,20
Cable THHN Flexible #14 "Rollo" (rojo)	Pza.	2	37,6	75,20
Tubo LED vidrio T8 9W 110-240V 6500K 900LM	Pza.	392	1,786	700,11
Mano de Obra	Pza.	1	2000	2000,00
SUBTOTAL				7295,34
I.V.A 12%				<b>875,44</b>
<b>TOTAL</b>				<b>8170,78</b>

Elaborado: Autor

### 3.3. Evaluación del número de luminarias obtenido por el método de lúmenes.

Se evaluó la propuesta del número de luminarias que se tendría que incorporar para que las áreas de los laboratorios de la Facultad de CIYA tenga la iluminación adecuada de acuerdo con la norma INEN 1154.

A continuación, se describe la tabla 22 donde se valida el número de luminarias de cada laboratorio de la Facultad de CIYA como se realizó aplicando las fórmulas del Anexo2:

**Tabla 23:** Validación de luminarias bajo la normativa INEN1154.

<b>VALIDACIÓN DE LUMINARIAS DE LA PROPUESTA NORMATIVA INEN 1154</b>					
<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN (C1)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b><math>\phi</math>L</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
35	3	900	0,5	0,8	306,053297
<b>ÁREA DE ELECTRÓNICA (A1)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b><math>\phi</math>L</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
18	3	900	0,5	0,8	316,020483
<b>ÁREA DE MÁQUINAS (A2)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b><math>\phi</math>L</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
6	4	1850	0,5	0,8	334,02
<b>ÁREA DE CONTROL AUTOMATIZACIÓN (A3)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b><math>\phi</math>L</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
8	4	1850	0,5	0,8	335,89
<b>ÁREA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS (A4)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b><math>\phi</math>L</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
13	3	900	0,5	0,8	319,45

<b>ÁREA DE FISICA (A5)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
11	3	900	0,5	0,8	300,76
<b>ÁREA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (A6)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
18	3	900	0,5	0,8	304,70
<b>ÁREA DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS (B1)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
5	3	900	0,5	0,8	360,00
<b>ÁREA DE DOMÓTICA (B2)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
10	3	900	0,5	0,8	317,65
<b>ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (B3)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
10	3	900	0,5	0,8	299,67
<b>OFICINA 2 (B4)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
8	3	900	0,5	0,8	326,04
<b>ÁREA DE ELECTRÓNICA Y APLICADAS (B5)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
9	3	900	0,5	0,8	324,54
<b>ÁREA DE FÍSICA (B6)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
8	3	900	0,5	0,8	308,57

<b>ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES (B7)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
12	3	900	0,5	0,8	370,71
<b>ÁREA DE OLEONEUMATICA (B8)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
10	3	900	0,5	0,8	308,57
<b>ÁREA DE MECANIZADO, SOLDADURA Y AJUSTE (B9,B10,B11)</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
45	3	900	0,5	0,8	307,40
<b>BODEGA 2</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
3	3	900	0,5	0,8	108,00
<b>TABLERO PRINCIPAL</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
4	3	900	0,5	0,8	124,25
<b>CAMARA DE TRANSFORMACIÓN</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
1	2	1850	0,5	0,8	120,82
<b>BODEGA 1</b>					
<b>Nt sugerido</b>	<b>N LAMPARAS</b>	<b>φL</b>	<b>Cu</b>	<b>Cm</b>	<b>LUXES</b>
1	1	1850	0,5	0,8	212,64

Elaborado: Autor

Después de validar el cálculo del método de lúmenes de las luminarias se determinó que el número de luminarias es el adecuado para una adecuada iluminación como se muestra en tabla 22.

### **3.4. Datos obtenidos con la Simulación con el programa ETAP.**

Los datos obtenidos con la simulación del programa ETAP donde se simuló el sistema de carga de iluminación en cuatro escenarios, el primer escenario en un estado desbalanceado como se encuentra el sistema de iluminación, el segundo escenario en un estado balanceado del sistema de iluminación, estos dos con luminarias fluorescentes tradicionales, el tercer escenario en un estado desbalanceado del sistema de iluminación y el cuarto escenario en un estado balanceado de simulación de cargas.

- **Simulación del sistema actual de cargas desbalanceadas con luminaria fluorescentes tradicionales.**

En el sistema actual las cargas se encuentran desbalanceadas en vista de que la fase C maneja aproximadamente el doble de potencia que las fases A y B, esto ocasiona que la caída de voltaje sea mucho mayor en la fase. Entre el lado de baja tensión del transformador (T1) y el tablero de distribución principal (TDP) existe una caída de voltaje de 3,5 %. Este valor está por encima del recomendado por el Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 19:2001 donde en la sección 215 Alimentadores se establece que los conductores de los alimentadores deben tener un calibre tal que se evite una caída de voltaje superior al 3%. En este caso, el problema no es el calibre del conductor sino el desbalance que existe en las fases.

Por lo anterior, se recomienda balancear las cargas de tal manera que se tenga aproximadamente la misma en cada una de las fases.

**Tabla 24:** Resumen de datos en tablero de distribución principal.

	Fase	W	VAR	I(A)	%Voltage	Ángulo (Grados)	%FP
TDP	A	1480	734	13,1	99,3	-56,4	89,6
	B	1695	802	14,9	99,1	-175,4	90,4
	C	3280	1589	29,8	96,3	64,1	90,0
	N			15,7			
		6455	3125				

Elaborado: Autor

**Tabla 25:** Flujo de corriente en conductores.

ID	Fase	Carga Amp
T1-TDP	A	13,06
	B	14,87
	C	29,77
TDP-TDS 1	A	4,87
	B	0,00
	C	12,61
TDP-TDS 2	A	4,42
	B	1,77
	C	0,00
TDP-TDS 5	A	2,66
	B	11,22
	C	3,01
TDP-TDS 6	A	0,00
	B	1,88
	C	14,15
TDP-TDS 7	A	1,11
	B	0,00
	C	0,00
TDS 5-TDS 8	A	0,00
	B	3,73
	C	0,00

Elaborado: Autor

**Tabla 26:** Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión.

Circuito/Rama	Fase	Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		%Tensión		
		MW	MVAr	MW	MVAr	kW	kVAr	Origen	Destino	%Caída
T1-TDP	A	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	99,9	99,3	0,7
	B	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,9	99,1	0,8
	C	0,003	0,002	-0,003	-0,002	0,1	0,1	99,9	96,3	3,5
TDP-TDS 1	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,3	99,2	0,1
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,2	0,1
	C	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	96,3	96,0	0,3

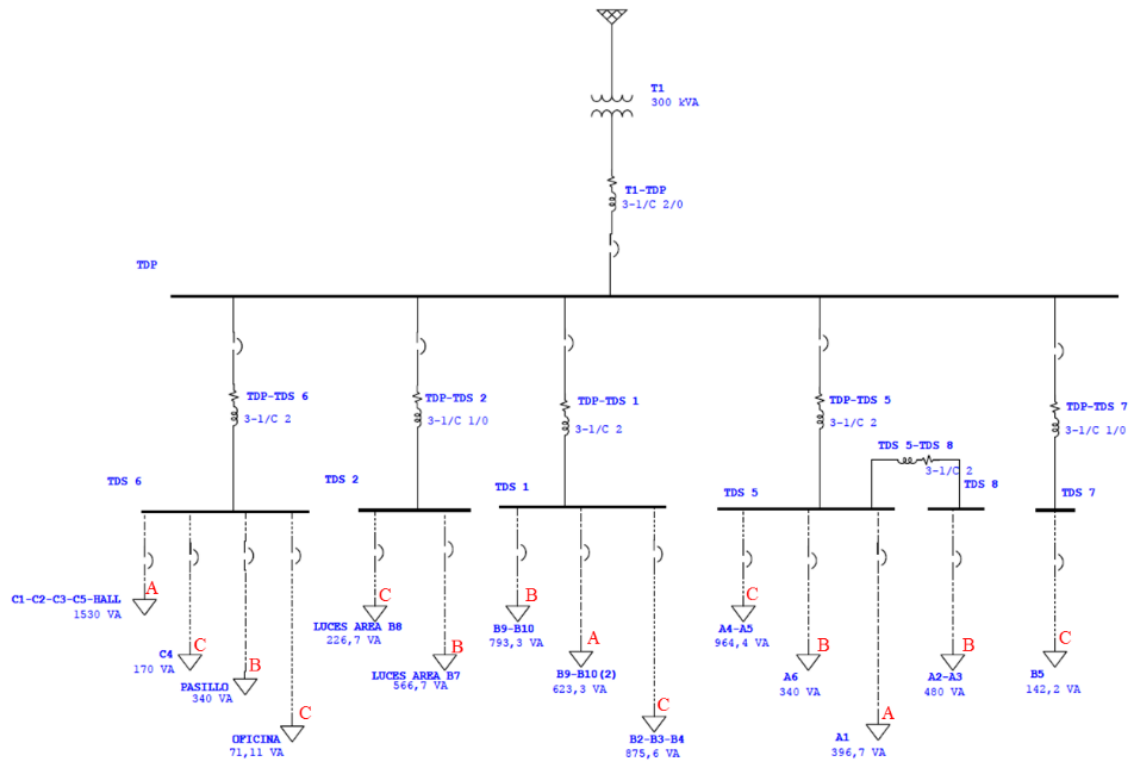
TDP-TDS 2	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,3	99,1	0,1
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	96,3	96,4	0,0
TDP-TDS 5	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,3	99,3	0,0
	B	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	99,1	98,7	0,4
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	96,3	96,3	0,0
TDP-TDS 6	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,3	99,3	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	C	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	96,3	96,1	0,2
TDP-TDS 7	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,3	99,2	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	96,3	96,3	0,0
TDS 5-TDS 8	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,3	99,3	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,6	98,7	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	96,3	96,3	0,0
T1	A	0,002	0,001	-0,001	-0,001	0,1	0,0	100,0	99,9	0,1
	B	0,003	0,001	-0,002	-0,001	1,1	-0,1	100,0	99,9	0,1
	C	0,002	0,002	-0,003	-0,002	-1,2	0,1	100,0	99,9	0,1
						0,2	0,1			

Elaborado: Autor

Nota: \*Valor excede lo recomendado por el CPE INEN 19.

- **Simulación del sistema actual de cargas balanceadas con luminaria fluorescentes tradicionales.**

Al balancear la caída desde el T1 hasta el TDP no excede el 1,8% (fase A). Además, la potencia que entrega cada fase es aproximadamente igual, alrededor de 2100 Watts por fase. Sumado a esto se ha disminuido las pérdidas en el sistema, pasando de 0,2 kW a 0,1 kW.



**Figura 33:** Diagrama Unifilar con cargas balanceadas con luminarias fluorescentes tradicionales.

**Tabla 27:** Resumen de datos en tablero de distribución principal.

	Fase	W	VAR	Amp	% Voltage	Áng	%FP
TDP	A	2211	1071	19,7	98,2	-55,9	90,0
	B	2189	1059	19,5	98,2	-175,9	90,0
	C	2123	1029	18,9	98,3	64,1	90,0
	N			0,7			
		6523	3159				

**Elaborado:** Autor

**Tabla 28:** Flujo de corriente en conductores.

ID	Fase	Carga Amp
T1-TDP	A	13,06
	B	14,87
	C	29,77
TDP-TDS 1	A	4,87
	B	0,00
	C	12,61
TDP-TDS 2	A	4,42
	B	1,77
	C	0,00
TDP-TDS 5	A	2,66
	B	11,22
	C	3,01
TDP-TDS 6	A	0,00
	B	1,88
	C	14,15
TDP-TDS 7	A	1,11
	B	0,00
	C	0,00
TDS 5-TDS 8	A	0,00
	B	3,73
	C	0,00

**Elaborado:** Autor

**Tabla 29:** Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión.

Circuito/Rama	Fase	Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		%Tensión		
		MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	%Caída
T1-TDP	A	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,9	98,2	1,8
	B	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,9	98,2	1,7
	C	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,9	98,3	1,6
TDP-TDS 1	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	98,2	98,1	0,1
	B	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	98,2	98,1	0,1
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	98,3	98,1	0,1
TDP-TDS 2	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,2	98,2	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,2	98,0	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,3	98,2	0,0
TDP-TDS 5	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,2	98,1	0,0
	B	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	98,2	98,0	0,1
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	98,3	98,1	0,2
TDP-TDS 6	A	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	98,2	98,0	0,2
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,2	98,2	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,3	98,3	0,0
TDP-TDS 7	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,2	98,2	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,2	98,2	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,3	98,3	0,0

TDS 5-TDS 8	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,2	98,1	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	97,9	98,0	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,1	98,1	0,0
T1	A	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	100,0	99,9	0,1
	B	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	100,0	99,9	0,1
	C	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,1	0,0	100,0	99,9	0,1
						0,1	0,1			

Elaborado: Autor

- **Simulación de un sistema nuevo de cargas desbalanceado con luminarias led.**

En el sistema de cargas de iluminación con luminarias led se realiza una simulación con un sistema desbalanceado en vista de que la fase C maneja aproximadamente el doble de potencia que las fases A y B, se puede observar que en este sistema de simulación la potencia se reduce esto ocasiona que la caída de voltaje sea mucho menor en la fase C TDP. Entre el lado de baja tensión del transformador (T1) y el tablero de distribución principal (TDP) existe una caída de voltaje de 2 %, la misma que se encuentra dentro de la norma de caída de voltaje permitido.

Por lo anterior, se recomienda balancear las cargas de tal manera que se tenga aproximadamente la misma en cada una de las fases para tener un sistema eficiente.

**Tabla 30:** Resumen de datos en tablero de distribución principal.

	Fase	W	VAR	Amp	% Voltage	Áng	%FP
TDP	A	784	384	6,9	99,6	-56,1	89,8
	B	923	442	8,1	99,5	-175,6	90,2
	C	1869	904	16,7	97,9	64,1	90,0
	N			9,1			
		3576	1730				

Elaborado: Autor

**Tabla 31:** Flujo de corriente en conductores.

ID	Fase	Carga Amp
T1-TDP	A	6,95
	B	8,14
	C	16,68
TDP-TDS 1	A	2,59
	B	0,00
	C	7,44
TDP-TDS 2	A	2,35
	B	0,94
	C	0,00
TDP-TDS 5	A	1,41
	B	6,18
	C	1,62
TDP-TDS 6	A	0,00
	B	1,02
	C	7,62
TDP-TDS 7	A	0,59
	B	0,00
	C	0,00
TDS 5-TDS 8	A	0,00
	B	2,11
	C	0,00

**Elaborado:** Autor

**Tabla 32:** Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión.

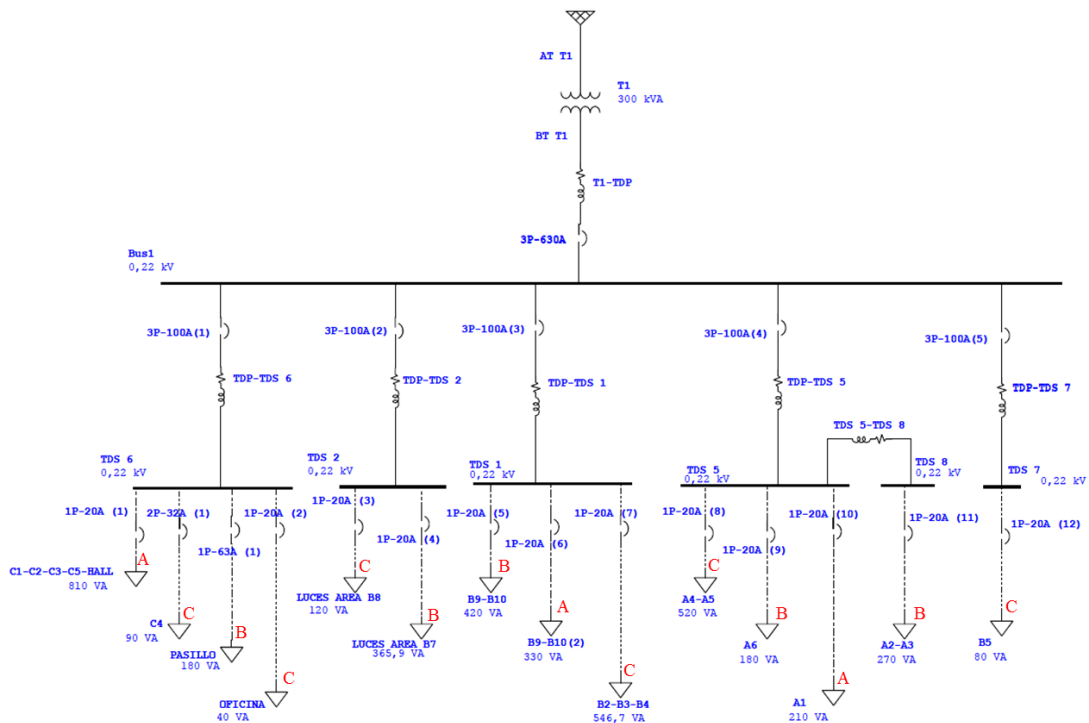
Circuito/Rama	Fase	Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		%Tensión		
		MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	%Caída
T1-TDP	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	100,0	99,6	0,3
	B	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	100,0	99,5	0,5
	C	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,0	0,0	99,9	97,9	2,0
TDP-TDS 1	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,1
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,5	99,6	0,1
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	97,9	97,7	0,2
TDP-TDS 2	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,1
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,5	99,5	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	97,9	97,9	0,0
TDP-TDS 5	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,7	0,0
	B	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,5	99,3	0,2
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	97,9	97,9	0,0
TDP-TDS 6	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,7	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,5	99,5	0,0
	C	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	97,9	97,8	0,1
TDP-TDS 7	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,6	99,6	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,5	99,5	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	97,9	97,9	0,0

TDS 5-TDS 8	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,7	99,7	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,2	99,3	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	97,9	97,9	0,0
T1	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,1	0,0	100,0	100,0	0,0
	B	0,002	0,000	-0,001	0,000	0,6	0,0	100,0	100,0	0,0
	C	0,001	0,001	-0,002	-0,001	-0,7	0,1	100,0	99,9	0,1
						0,1	0,0			

Elaborado: Autor

- **Simulación de un sistema nuevo de cargas balanceado con luminarias led.**

Al balancear la caída desde el T1 hasta el TDP bajan a 1% (fase B,C). Además, la potencia que entrega cada fase es aproximadamente igual, alrededor de 1200 Watts por fase. Sumado a esto se ha disminuido las pérdidas en el sistema, pasando de 0,1 kW a 0,0 kW.



**Figura 34:** Diagrama Unifilar con cargas balanceadas con luminarias Led.

**Tabla 33:** Resumen de datos en tablero de distribución principal.

	Fase	W	VAR	Amp	%Voltage	Áng	%FP
TDP	A	1189	577	10,5	99,1	-55,9	90,0
	B	1187	685	10,9	99,0	-179,9	86,6
	C	1232	597	10,9	98,9	64,1	90,0
	N			1,1			
		3608	1859				

Elaborado: Autor

**Tabla 34:** Flujo de corriente en conductores.

ID	Fase	Carga Amp
T1-TDP	A	10,53
	B	10,94
	C	10,87
TDP-TDS 1	A	2,57
	B	3,27
	C	4,26
TDP-TDS 2	A	0,00
	B	2,85
	C	0,93
TDP-TDS 5	A	1,64
	B	3,50
	C	4,05
TDP-TDS 6	A	6,31
	B	1,40
	C	1,01
TDP-TDS 7	A	0,00
	B	0,00
	C	0,62
TDS 5-TDS 8	A	0,00
	B	2,10
	C	0,00

**Elaborado:** Autor

**Tabla 35:** Informe de pérdidas eléctricas en los cables y Reporte de caída de tensión.

Circuito/Rama		Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		% Tensión		
ID	Fase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	% Caída
T1-TDP	A	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	100,0	99,1	0,9
	B	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	99,9	99,0	1,0
	C	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	99,9	98,9	1,0
TDP-TDS 1	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,0	98,9	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,9	98,8	0,1
TDP-TDS 2	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,0	98,9	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,9	98,9	0,0
TDP-TDS 5	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,0	98,9	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,9	98,8	0,1
TDP-TDS 6	A	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,0	0,0	99,1	99,0	0,1
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,0	99,0	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,9	99,0	0,0
TDP-TDS 7	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,0	99,0	0,0
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,9	98,9	0,0
TDS 5-TDS 8	A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	99,1	99,1	0,0
	B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,8	98,9	0,1
	C	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	98,8	98,8	0,0

T1	A	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,1	100,0	100,0	0,0
	B	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	-0,1	100,0	99,9	0,1
	C	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	100,0	99,9	0,1
						0,0	0,0			

Elaborado: Autor

### 3.5. Evaluación de impactos o resultados.

La presente evaluación en la investigación de un Diseño de un plan de Eficiencia Energética en el sistema de iluminación de los laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del Teatro Universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz. Servirá para menorar el pago del consumo eléctrico y mejorar la iluminación en la infraestructura ya que juega un papel esencial en el proceso de aprendizaje académico de los estudiantes y mejorar la percepción visual al realizar las prácticas determinadas en cada uno de los laboratorios que cuenta la Facultad de CIYA. Los resultados obtenidos en la investigación al implementar luminarias de tecnología led con respecto a las luminarias fluorescentes tradicionales, permitirá a la Universidad Técnica de Cotopaxi un ahorro energético, reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorar la iluminación en cada uno de los laboratorios.

### 3.6. Conclusiones del capítulo III.

- La propuesta técnica de sustituir las lámparas tradicionales a tecnología led es la más adecuada debido que mejorara el sistema de iluminación y menora el pago en las planillas de energía eléctrica.
- En la simulación actual del sistema de cargas de iluminación con lámparas fluorescentes tradicionales podemos indicar que debemos balancear las cargas en el Tablero de distribución principal (TDP) para que la caída de voltaje no exceda el 3%.

- En la simulación con un sistema de cargas balanceadas y con luminaria con tecnología led las pérdidas son mínimas en el conductor y las caídas de voltajes se encontraría dentro de los parámetros indicados por el Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 19:2001.

### **Conclusiones generales:**

- Se realizó un análisis al sistema de iluminación en los Laboratorios de la Facultad de CIYA en los predios del subsuelo del teatro universitario de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus la Matriz para determinar el uso de la tecnología más eficiente para el sistema de iluminación.
- El transformador que posee los laboratorios de la Facultad de CIYA se encuentra sobredimensionado con la carga que posee actualmente provocando pérdidas técnicas y económicas.
- Políticas de mejora continua del sistema de iluminación, la cual es deficiente en los laboratorios de la facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz.
- El método utilizado para el análisis técnico de la propuesta del plan de eficiencia energética del sistema de iluminación es el método de lúmenes que permite calcular los niveles adecuados de acuerdo con una normativa y mejorar su consumo y eficiencia energética.

## Recomendaciones

- Se debe aumentar más carga al transformador de distribución trifásico de 300 kVA de la facultad de CIYA para mejorar el factor de potencia, con el objeto de que el transformador trabaje dentro de las condiciones aceptables, y no sea penalizado por la empresa eléctrica.
- Generar normativas dentro de la institución para motivar a la comunidad universitaria, sobre el uso eficiente de la energía eléctrica.
- Separar los circuitos de iluminación de los pasillos con respecto a los laboratorios y tener un control automático del encendido de lámparas para mejorar el consumo de energía eléctrica.
- Ampliar el sistema fotovoltaico para el sistema de iluminación en general de todos los laboratorios para bajar el consumo de energía eléctrica y llegar a tener un sistema de iluminación autosustentable.
- Realizar una mejora continua en el sistema de iluminación aplicando la norma ISO 50001, para el sistema de gestión de energía en los laboratorios de facultad de CIYA.

## BIBLIOGRAFÍA

- A.Castejon y G. Santamaria. (1993). *Tecnología electrica*. MCGraw-Hill.
- AEC, A. e. (2016). *www.aec.es*. Recuperado el 2016, de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/sistemas-de-gestion-energetica>.
- Aguirre, L., & Germán, H. (2012). “*Análisis de carga del hospital San Vicente de Paúl de la Ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según la regulación No. CONELEC 004/01*”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- ANANTA. (2015). Auditoria electrica. *Soluciones industriales*.
- APIEM. (2012). *GUÍA BASICA DE EFICIENCIA ENRGETICA*. MADRID: FUNDACION DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID.
- ARCONEL. (2016). ARCONEL. QUITO, ECUADOR.
- ARCONEL. (2016). *Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas*. Coordinación Nacional de Regulación.
- ARCONEL. (2016). *TARIFAS ELECTRICAS*. QUITO.
- Arellano, O. (2015). *Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS - Ibarra*. Sangolqui: Universidad de la Fuerzas Armadas.
- Báez, S. (2011). *Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del título*. Quito.
- Bayas, B. r. (2009). La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energetica. *Revsita politecnica*, 53-68.
- Bonilla, A. (2009). *PROYECTO FINAL DE AHORRO ENERGÉTICO*. Cali: Pontificia Universidad Javeriana.
- bulbsdepot. (2014). Diferencias entre T5 T10 y T12. *Bulbsdepot*.
- Camacho, J. (2015). *Estudio de Factibilidad para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica en la planta Industrial INDUCUERDAS*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- CARRERA, J. L. (4 de Agosto de 2014). *REPOSITORIO SALESIANA DE QUITO*. Recuperado el 10 de enero de 2020, de [www.repositoriosalesiana/ingenieriaelectrica.com.ec](http://www.repositoriosalesiana/ingenieriaelectrica.com.ec)
- Catro, M., & Posligua, N. (2015). *Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.
- Celi, D. (2011). *Diseño de un Sistema eficiente de control de iluminación con luminarias apropiadas para un edificio de la EPN e implementación del mismo en un laboratorio de área de 200 metros cuadrados*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Chimborazo, J. (2015). *Identificación de riesgos del Nivel de Iluminación de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica Epoch bajo normas vigentes*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- CONELEC. (2011). Regulación del Servicio Eléctrico de Distribución No CONELEC 004/01. *EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD*, 4-10.
- CONELEC. (2011). Regulación del Servicio Eléctrico de Distribución No CONELEC 004/01. *EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD*, 4-10.
- Conelec. (1 de diciembre de 2011). *regulacioneolica*. Recuperado el 23 de marzo de 2017, de [regulacioneolica](http://regulacioneolica.com).
- Contreras, A. (2010). *Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Definicion.de. (2003). *Definición.de*. Obtenido de <http://definicion.de/potencia/>
- ELREN. (2007). *www.elren.net*. Obtenido de ISBN: 978-0-9546561-2-6
- energética, A. c. (2010). *AChEE*. Obtenido de <http://www.acee.cl/eficiencia-energetica/ee>
- Enforce. (2007). *Enforce*. Obtenido de <http://www.enforce-ee.eu/esp/proyecto/el-proyecto-enforce/>

- Enríquez, G. (2005). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Residenciales*. México: Limusa.
- Fenercom. (2010). *Guía de auditorías energeticas en centros docentes*. Madrid.
- Fernández, J. (2012). *Desarrollo de un algoritmo de propagación de flujo luminosos para un dispositivo fotométrico móvil con capacidad de discretización angular*. Terrassa: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Figueroa. (2015). *AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS ADMINISTRATIVO Y DOCENTE*. AMBATO: UTA.
- Galarza, G., Gordillo, C., & Rivera, C. (2013). *Implementación de energía solar y estudio de la energía eólica en Puerto Roma*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana .
- Galeon. (2009). *Energia*.
- iluminación, C. i. (1995). Discomfort glare in interior lighting. *Publicacion CIE N° 117*.
- Indexmundi. (1 de enero de 2014). *www.indexmundi.com*. Recuperado el 23 de marzo de 2017, de *www.indexmundi.com*.
- ingenieros, N. (20 de 05 de 2014). *Navartec.com*. Obtenido de [http://navartec.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8&Itemid=24](http://navartec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=24)
- InstitutoTecnológico de Canarias, S.A. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: ISBN.
- J.Roger,M.Riera y C.Roldan. (2000). *Tecnologia electrica*. Sintesis D.L.
- Jimenez, C. (1997). *Manuales de luminotecnia*. Ceac, D.L.
- Laurencio, D. H. (2013). Energía Hidráulica. En D. H. Laurencio, *Energía hidrpaulica*. Moa.
- Lighting, G. (2010). ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. *Iluminacion*, 25-26.
- LLoa, G. a. (2012). *Plan de ordenamiento y desarrollo territorial de la Parroquia de LLoa 2012-2025*. Quito.
- LRSE, L. D. (2013). *LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELECTRICO*. Quito.
- Mentor, P. (1987). Planificación de sistemas de distribución. En P. Mentor, *Planificación de sistemas de distribución*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

- Montalvo, D. (2016). *Análisis y diseño del alumbrado en espacios exteriores utilizando lámparas LED microcontroladas, alimentadas por un sistema de energía solar fotovoltaico*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Mora, J., & Cevallos, Y. (2014). *Estudio y análisis de calidad de energía enfocado en nivel de armónicos en el sistema eléctrico de la subestación enfriadora Holcim Ecuador Planta Guayaquil*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- NEC-11, N. E. (2013). *Eficiencia energética en la construcción en Ecuador*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Normas para sistemas de distribución . (s.f.). En P. A.-G. diseño, *Normas para sistemas de distribución*.
- OIT, E. (2008). Riesgos laborales. En OIT, *Riesgos laborales* (págs. Tomo 2, cap 46). Madrid.
- OLADE. (2010). Manual de evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales. *OLADE*, 160-168.
- OLADE. (2011). *Consumo energético*. Quito.
- Padilla, E. V. (1 de marzo de 2012). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de [dspace.ups.edu.ec](http://dspace.ups.edu.ec).
- Perez Alvarez, B. L. (2008). Eficiencia energética de edificios. En B. L. Perez Alvarez, *Eficiencia energética de edificios*.
- Peréz, D. (2012). *Análisis de un sistema de iluminación, utilizando luminarias de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Philips. (2002). Philips lighting. *Catalogos*.
- Philips. (s.f.). Philips standart lamps. En Gluehbime.
- Plastigama. (12 de 06 de 2014). *Plastigama*. Obtenido de [www.plastigama.com.ec](http://www.plastigama.com.ec)
- Poveda, M. (1987). Planificación de Sistemas de Distribución. En M. Poveda, *Planificación de Sistemas de Distribución*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Quito, E. d. (2007). Estudio del factor de carga para el diseño de edificios y locales comerciales del sector comercial de Quito. En T. EPN, *Estudio del factor de*

- carga para el diseño de edificios y locales comerciales del sector comercial de Quito.* Quito: EPN.
- Quito, E. d. (2007). Estudio del factor de carga para el diseño de edificios y locales comerciales en el sector comercial de Quito. En *Estudio del factor de carga para el diseño de edificios y locales comerciales en el sector comercial de Quito.* Quito.
- Quito, E. d. (2007). Estudio del factor de carga para el diseño eléctrico de los edificios de oficinas y locales comerciales del sector comercial en la ciudad de Quito. En T. EPN, *Tesis Epn.* Quito.
- Rivas, M. (2014). *Diseño e Implementación de un sistema de iluminación autónoma para espacios exteriores con celdas solares.* Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.
- Rodriguez, Castro, & Alberto. (2009). *Hidráulica básica.* México: Universidad de Michoacán.
- Rumiñahui, G. (2009). Sangolquí. *Canton Rumiñahui.*
- SALGADO, J. M. (2011). *EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS EDIFICIOS 1 ED.* MADRID: A. MADRID VICENTE.
- Schneider. (2000). Corrección del factor de potencia. *Centro de formación Schneider,* 10,11.
- Schneider. (2009). Guía de diseño de instalaciones eléctricas. En Schneider, *Mejora del factor de potencia y filtrado de armónicos* (pág. 3). Mexico.
- Schneider. (2013). *Manual de Compensación de energía reactiva.* Schneider.
- SEMPLADES. (2013). *Plan del buen vivir.*
- Sierra, J. (2009). Guía Técnica de eficiencia energética eléctrica. *Circuitos,* 23-25.
- Significados. (2005). *Significados.com.* Obtenido de <http://www.significados.com/ibidem/>
- sinceo. (16 de junio de 2015). *www.sinceo2.com.*
- Solingesa. (2016). Realización de auditorías energéticas. *Cumplimiento al R.D. 56, norma UNE EN 16247.*
- Spectrum. (2000). *Catálogo general de lámparas.* General electric lighting.
- Spitta, Gunter. (2001). *Instalaciones Eléctricas Tomo I.* SEIP.

- SRT. (2012). *La iluminación en el ambiente laboral*. Buenos Aires.
- Thales, & Cica. (02 de 05 de 2009). *Thales\_Cica*. Obtenido de [http://www.jenijos.com/CENTRALESHIDROELECTRICAS/centrales\\_hidroelectricas.htm](http://www.jenijos.com/CENTRALESHIDROELECTRICAS/centrales_hidroelectricas.htm)
- Velasco. (2006). 44.
- Velasco, G. (2006). *Introducción a la calidad de energía eléctrica*. Ibarra - Ecuador.
- Velastegui, C. (2017). *Auditoría Energética de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Viani, B. (1995). *Micro centrales hidroeléctricas, una introducción al trabajo de campo*. Lima: ITDG.
- Villavicencio-Villablanca. (25 de 10 de 2012). *INIA-URURI*. Obtenido de [http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo\\_INIA\\_Ururi\\_50.pdf](http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_50.pdf)
- Vintimilla. (2012). *Auditoria a la facbrica de cartones Cartopel*. Cuenca.
- Wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Zimbra>
- www.sinceo2.com. (2011). *auditoria-energetica*. Obtenido de [www.sinceo2.com/auditoria-energetica](http://www.sinceo2.com/auditoria-energetica). (2015). *www.sinceo2.com/auditoria-energetica*. Obtenido de [www.sinceo2.com/auditoria-energetica](http://www.sinceo2.com/auditoria-energetica).
- ZAVALA, I. V. (24 de junio de 2003). <http://eprints.uanl.mx/>. Recuperado el 6 de Agosto de 6 -08-2017
- FLUKE. (2022). *Analizadores de calidad eléctrica y energía 434 / 435 de Fluke | Fluke*. <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435>
- ISO. (2011). *La Norma ISO 50001:2011 y la Gestión de la Energía. Una baja de costos y una mejora de la eficiencia energética de las Organizaciones. Estructura de la norma*. <https://www.isotools.org/pdfs/monografico-ISO-50001.pdf>
- Rodriguez, M. (2016, December 5). *ISO 50001: Sistema de Gestión Energética* . <https://geoinnova.org/iso-50001-sistema-de-gestion-energetica/>
- Test equipment depot. (2022). *Digi-Sense 20250-00 Datalogging Light Meter with NIST Traceable Calibration, 0 to 40000 Fc, 0 to 400000 Lux, 87000 Readings 0.01 Fc/Lux*

*Resolution - at the Test Equipment Depot.* <https://www.testequipmentdepot.com/digisense/light-meters/data-logging-light-meter-nist-20250-00.htm>

# ANEXOS