

## **Análisis de la eficiencia energética en los sistemas eléctricos en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UTELVT Sede Nuevos Horizontes**

Analysis of energy efficiency in electrical systems in the Laboratories of the Faculty of Electrical Engineering of the UTELVT Headquarters Nuevos Horizontes

**Marcos Jackson Cañizares-Reasco**  
marcos.canizares@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-0685-7905>  
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

**Andrea Gabriela Cortés-Gutiérrez**  
andrea.cortes.gutierrez@utelvt.edu.ec  
<http://orcid.org/0000-0003-2831-5947>  
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

**Eduardo Alexander Cruz Somoza**  
eduardo.cruz@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0004-8122-8708>  
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

**Sara Alexandra González-Burbano**  
sara.gonzalez.burbano@utelvt.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0002-2788-0573>  
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

**Andrea Gabriela Cortés-Gutiérrez**  
andrea.cortes.gutierrez@utelvt.edu.ec  
<http://orcid.org/0000-0003-2831-5947>  
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

### **RESUMEN**

La gestión eficaz de la energía juega un papel importante en el logro de los objetivos del desarrollo sostenible, por lo que se ha convertido en un desafío para los países y todos los sectores de la economía, y han avanzado en el desarrollo de evaluaciones y la mejora de los métodos en las últimas décadas. Es por ello que, las organizaciones públicas y privadas, incluidas la academia y los grupos de investigación, han emprendido una serie de iniciativas, incluida la implementación de programas de auditoría industrial de eficiencia energética (EE) y el desarrollo de métodos de medición de gestión de energía (GE). Debido a la inclusión masiva de dispositivos electrónicos en los sistemas de distribución, las instalaciones se encuentran expuestas a condiciones de operación diferentes a las diseñadas debido a la circulación de corrientes excesivas. El efecto de las corrientes armónicas debe cuantificarse para determinar la capacidad del transformador para soportar estas nuevas condiciones de operación y con ello mejoras significativas en el suministro eléctrico.

**Palabras claves:** Academia, desarrollo sostenible, eficiencia energética, gestión eficaz de la energía

### **ABSTRACT**

Effective energy management plays an important role in achieving sustainable development goals, which is why it has become a challenge for countries and all sectors of the economy, and they have advanced in the development of assessments and the improvement of the methods in the last decades. For this reason, public and private organizations, including academia and research groups, have undertaken a series of initiatives, including the implementation of industrial energy efficiency (EE) audit programs and the development of management measurement methods of energy (GE). Due to the massive inclusion of electronic devices in the distribution systems, the facilities are exposed to operating conditions different from those designed due to the circulation of excessive currents. The effect of harmonic currents must be quantified to determine the capacity of the transformer to withstand these new operating conditions and with it significant improvements in the electrical supply.

**Keywords:** Academy, sustainable development, energy efficiency, effective energy management.

### **INTRODUCCIÓN**

En el presente proyecto se realizará un análisis de la eficiencia energética en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Esmeraldas "Luis Vargas Torres" (UTELVT) Sede Nuevos Horizontes, para identificar la realidad del consumo energético y determinar las medidas de uso eficiente de la energía eléctrica.

El cambio climático, el constante crecimiento del consumo energético y los altos niveles de emisiones que registra el sector energético, requieren de la implementación de soluciones concretas. La rehabilitación de edificios ofrece una oportunidad significativa para contribuir en este aspecto [1].

El interés por dinamizar la investigación dentro de las universidades ha puesto en evidencia la necesidad de creación de grupos de investigación [2].

Con la finalidad de determinar las medidas de uso eficiente, se realizará un análisis de eficiencia energética en los sistemas de alimentación eléctrica de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UTELVT. En la cual se investigará las normativas existentes en relación con la eficiencia energética en establecimientos educativos de educación superior; por otra parte, se realizará un análisis de la calidad de energía eléctrica y eficiencia energética en los Laboratorios ya mencionados.

Desde hace varios años en la UTELVT Sede Nuevos Horizontes, no se ha evaluado el consumo y balance de energía por la utilización de equipos, dispositivos y maquinaria implementados en los Laboratorios de Ingeniería Eléctrica de dicha Institución. Serán objeto de estudio dichas instalaciones debido a que en los laboratorios existen diferentes equipos, unos en buen estado, pero otros presentan vetustez, debido a que son elementos fabricados desde hace varias décadas, lo cual hace que estos equipos presenten un alto consumo energético y la Universidad podría incurrir en multas por parte de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) si se llegara a verificar en la institución un bajo factor de potencia. Además, se sabe que la institución ha edificado nuevos salones de clases, la adhesión de cargas ha sido desmedida y sin ningún estudio previo de balance de cargas eléctricas, lo cual agrava la problemática.

En la actualidad es necesario realizar un estudio integral del sistema energético que poseen dichos laboratorios de la institución educativa en mención para determinar indicadores de energía relacionados con sus actividades; por otra parte, en estos laboratorios se pueden observar equipos que no funcionan por diferentes causas, con lo cual se da a entender la falta de conocimiento y de recursos para ponerlos en funcionamiento. En función del análisis del problema, es necesario realizar un diagnóstico y auditoría en el comportamiento del sistema eléctrico de los laboratorios para elaborar la propuesta de medición y ahorro energético, que permitan a la Universidad reducir el consumo de energía y evitar penalizaciones causadas por el bajo factor de potencia y pérdidas relevantes por fallos en equipos tecnológicos de la institución.

El análisis y caracterización energética de cada proceso dentro de un edificio, permite definir indicadores propios enfocados a la eficiencia energética. Estos indicadores sirven como base de comparación y monitoreo para controlar y reducir las pérdidas energéticas de las distintas actividades y evaluar los potenciales de reducción de dichas pérdidas, debidas principalmente a la tecnología empleada y hábitos de consumo [3].

La eficiencia energética de un equipo o sistema energético es el cociente entre los flujos energéticos útiles y deseables producidos y los flujos consumidos.

El indicador general que permitirá medir la eficiencia energética en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UTELVT sede Nuevos Horizontes es el consumo total de electricidad de los equipos, dispositivos y máquinas. Dentro de este indicador general podemos desglosar los siguientes Indicadores estructurales del estudio:

Indicador de intensidad energética, se pretende medir la relación entre el consumo de energía y la capacidad de producción de los equipos, dispositivos y máquinas.

Indicador de consumo promedio energético, se busca medir el consumo promedio energético de los equipos, dispositivos y máquinas que disponen dichos laboratorios.

Indicador de las condiciones climáticas de operación, está orientado a medir las condiciones climáticas en las que operan dichos equipos, dispositivos y máquinas.

Indicador del Factor de Potencia, se busca medir el factor de potencia en la red eléctrica de los laboratorios ya mencionados.

Indicador de servicio, con este indicador se pretende separar aquellos equipos, dispositivos y máquinas que cumplen con un estándar de eficiencia energética de aquellos que no cumplen.

Indicador de validez, bajo este indicador se pretende medir que equipos, dispositivos y máquinas están en buenas condiciones y que prestan servicio, aquellos que es posible repararlos para que presten servicio, y de los que no es posible repararlos por diferentes causas.

En vista de lo anterior mencionado, el presente trabajo cuenta con una Introducción, Antecedentes, un Marco Teórico donde se detalla el principio de la eficiencia energética, ahorro energético, normativa aplicada a la gestión de la eficiencia energética, eficiencia energética eléctrica, calidad de la energía eléctrica y los costes de una instalación eléctrica; la metodología aplicada fue cuantitativa experimental, donde además se apoyó en la técnica documental, en la cual se realizó un levantamiento de información documental de los equipos y componentes de dicho laboratorio; además cuenta con los resultados obtenidos, donde también incluye las conclusiones y recomendaciones en base al estudio realizado y por último las referencias bibliográficas que permitió realizar la investigación pertinente.

## **Antecedentes**

En el desarrollo de este proyecto se realizará una investigación documental basada en recopilación de información a través de publicaciones e información técnica relacionada con una auditoría de eficiencia energética, calidad energética y consumo energético en el sector industrialmente.

Tanto el ahorro en el consumo de energía como la eficiencia energética determinan la base de los principios esenciales para la protección del medio ambiente; por lo tanto, es necesario pensar en los factores que influyen en las decisiones de ahorro y eficiencia energética, y reflexionar sobre las políticas de mejor ajuste para su desarrollo.

Como se sabe en los edificios del sector público se presentan elevados índices de pérdidas energéticas, pues muchas de estas instalaciones no están enfocadas en el ahorro energético como tal. Como se ha podido notar, en los últimos años ha habido un incremento notable de estudiantes en la UTELVT Sede Nuevos Horizontes, con lo cual se ha ido incorporando nuevos equipos para los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FACI) con la finalidad de mejorar en el aprendizaje de los estudiantes, ello trae consigo un incremento en la demanda de energía eléctrica pues el consumo es mayor.

Según estudio realizado sobre eficiencia energética en los laboratorios de Mecánica Industrial y soldadura de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, por (P. S. Aulestia Araujo and C. del R. Sánchez Lara, 2022)

concluyen que: El levantamiento de información durante la inspección visual de las fuentes de energía, acometidas, tableros de distribución, entre otras instalaciones del campus se puede evidenciar de manera efectiva un deterioro en las mismas, permite dar una evaluación clara del estado para obtener los parámetros de mejora continua a largo plazo; manejando un cronograma de mantenimiento y mejora de sistemas eléctricos de potencia y luminosidad que mejoraran la calidad energética del campus [4].

Este trabajo también se evidenció deterioro de los equipos, componentes e instalaciones, por lo cual urge un adecuamiento de los mismos, ya sea que fuesen sustituidos, reparados o en mejora continua con la finalidad de que estos sean eficientemente energéticos y así dar un buen servicio, puesto que la práctica es parte importante en la adquisición del aprendizaje y el desarrollo del conocimiento de los futuros profesionales.

En este estudio se ha considerado un análisis de calidad de energía eléctrica, de manera minuciosa en los armónicos presentes en el sistema eléctrico de los laboratorios de Ingeniería eléctrica de dicha Sede, con la finalidad de determinar la aparición de estos fenómenos tanto de tensión como de corriente.

Bajo este estudio, se busca determinar en esta línea de investigación estrategias de filtrado de la señal eléctrica que es suministrada a los laboratorios de dicha facultad mediante estudio de los armónicos y análisis de la calidad de la energía eléctrica, y con ello poder determinar si las medidas son de uso eficiente de la energía eléctrica.

### **Bases teóricas**

La sostenibilidad económica, desarrollo social e impacto ambiental son factores de que influyen de manera ponderante en el desarrollo de un país, y los índices de consumo energético son claves para la toma de decisiones. Además, el ahorro de energía y la eficiencia energética son de gran relevancia para conservar el medio ambiente de manera más eficaz.

La gestión eficiente de la energía tiene un impacto significativo en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, por ello se ha convertido en un reto para las naciones y todos los sectores de la economía, quienes a lo largo de las últimas décadas han avanzado en la creación de metodologías para evaluarla y mejorarla [5].

En toda edificación es vital considerar un análisis de consumo de energía, con la finalidad de hacer ajustes en cuanto consumos de energía eléctrica y bajar costos de facturación, para ello se incurre en la necesidad de reemplazar los accesorios de iluminación obsoletos sustituir los motores viejos con motores de calidad de alta eficiencia, usar los espacios de trabajo de manera eficiente y usar la menor cantidad de iluminación posible garantizando la seguridad y la salud de los empleados sin comprometer la comodidad.

El principio de la eficiencia energética permite una disminución del consumo de energía conservándose los mismos beneficios energéticos; las consecuencias positivas del ahorro energético incluyen la protección del medio ambiente, la seguridad del suministro y el fomento de hábitos sostenibles en el uso de energía por parte de las instituciones públicas. En el caso de las escuelas, el consumo de energía es un área excelente para alcanzar mejoras en la eficiencia energética sin afectar los niveles de confort [6].

Los índices energéticos más altos son visibles en los edificios públicos, entre estos se encuentra el consumo eléctrico en los hospitales y centros de salud, puesto que estos operan continuamente las 24 horas; por otra parte, otro punto importante de alto consumo de energía son las industrias tanto de producción como de manufactura.

Además, para lograr la eficiencia energética en una empresa u organización no basta con que exista un plan de ahorro de energía derivado de un estudio o diagnóstico. Se debe contar con un sistema de gestión que garantice la mejora continua [3].

Organizaciones públicas y privadas, incluidos la académica y grupos de investigación, han trabajado en iniciativas que comprenden la ejecución de programas de auditoría industrial en eficiencia energética (EE), así como en el desarrollado metodologías para la medición de la gestión energética (GE) [5].

### **Ahorro energético**

Se trata de mejorar los sistemas eléctricos para así obtener el menor consumo de energía y para que sean más eficientes y de ser así conseguir un sistema inteligente; capaz de considerar múltiples pasos que optimicen entre la suma el consumo energético y los servicios solicitados aumentan la mejor gestión tanto tecnológicamente como de cultura.

La cultura de uso eficiente de la energía, trata de hacer uso de la misma, pero de manera inteligente, para ello se han implementado varias técnicas como las que se muestran a continuación:

- Ahorro y eficiencia energética en iluminación.
- Ahorro y eficiencia energética en equipos de oficina.

- Ahorro y eficiencia energética en sistemas industriales.
- Ahorro y eficiencia energética en vehículos.
- Ahorro y eficiencia energética en climatización de instalaciones.

Todo lo anterior de cara no solamente a reducir costos energéticos, sino también con miras al cuidado del medio ambiente.

La regulación y control de los sistemas eléctricos instalados en instituciones educativas deben tener condiciones de diseño establecidas por la normativa vigente en cuanto a la calidad de energía y eficiencia energética bajo la metodología de calificación energética que permita llevar una contabilización de consumo eléctrico versus equipos, sistemas eléctricos instalados en diferentes laboratorios que satisfagan la demanda de los usuarios [7].

### **Normativa**

La organización de las naciones unidas para el desarrollo Industrial( ONUDI), reconoció la importancia en dar respuesta al cambio climático y analizó las normas internacionales en el tema de energía, en el 2007 la ONUDI, solicito a la ISO desarrollar un estándar internacional de la gestión de la energía; en el 2008 se crea el comité de proyectos de gestión de energía y este se transformó en comité técnico en el 2011, donde posteriormente en junio de 2011 se hizo la publicación de la norma donde se estimó que podría influir en un 60% en el uso de la energía en el mundo [8].

Los parámetros obtenidos de la gestión energética, permiten la aplicación de la Norma internacional ISO 50001, que tiene que ver con los sistemas de gestión de la energía, ya que esta norma está destinada a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de los costos y consumos de la energía y de otros impactos ambientales relacionados (Organización Internacional de Normalización, ISO, 2011), en tal sentido la implementación de los indicadores supone una mejora continua en estos aspectos establecidos en la norma [3].

### **Eficiencia energética eléctrica**

Se puede decir que es la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico, sin embargo, esto no tiene que afectar a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación, sean estos equipos eléctricos o electrónicos.

Con ello se logra una mejor gestión técnica de las instalaciones, lo cual potencializa el rendimiento de las mismas. Por otra parte, permite la reducción de costes económicos al consumir menos energía eléctrica; además, esto ayuda a la sostenibilidad del sistema y también a la protección del medio ambiente, lográndose menos emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

### **Calidad de la energía**

La calidad de la energía eléctrica se define cuando la energía eléctrica es suministrada a equipos, componentes y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

En ese sentido, en la calidad de la energía debe de haber ausencia de problemas manifestados en la tensión, la corriente o a su vez en la frecuencia que pudieran producir algún fallo o hasta salida de operación en los equipos de los consumidores; es decir, los aspectos relacionas con la calidad de onda de la energía eléctrica que se recibe cuando hay suministro. Mientras que la calidad del suministro son aspectos relacionados con la continuidad del servicio, límites de las variaciones de tensión y control de la frecuencia; todo esto referidos a un valor nominal.

El término calidad de energía eléctrica se refiere al cumplimiento de los parámetros que permitan mejorar o disminuir las afectaciones de varios fenómenos (perturbaciones) electromagnéticos que distorsionan el voltaje, la corriente y la frecuencia en un sistema de energía en un momento y lugar determinados. Actualmente, este tema es de especial interés para las entidades encargadas de regular los sistemas energéticos, las empresas prestadoras de servicios eléctricos, los usuarios conectados a los sistemas de distribución eléctrica y los fabricantes de equipos tanto eléctricos como electrónicos.

Es por ello que para cualquier cantidad de energía eléctrica que se aproveche en un sistema, la explotación de estos recursos debe hacerse bajo normas de calidad, con la finalidad de obtener el máximo aprovechamiento de la misma.

### **Costes de una instalación eléctrica**

Para que una instalación funcione adecuadamente es necesario aplicar políticas de eficiencia energética eléctrica, con ello se reducirán consumos eléctricos y se optimizara la instalación. Estos costes los podemos desarrollar en dos grupos: costos técnicos y costos ecológicos.

El primer grupo llamado Costos técnicos, son aquellos en los que existe pérdida de la capacidad de transporte y

distribución de la energía, en ellos se incluyen las pérdidas por efecto joule, las perturbaciones, caídas de tensión, etc. en el sistema eléctrico. Son varios los factores que influyen para que aparezcan dichos costos, entre ellos se pueden tener:

- Puntas de máxima demanda de energía.
- Cargas desequilibradas.
- Existencia de corrientes armónicas.
- Exceso o disminución de potencia reactiva en el sistema eléctrico.
- Equipos receptores no eficientes.

Para la reducción de los costes técnicos se pueden utilizar varios métodos dependiendo de que los causan, entre los cuales se tienen:

- Filtrado de armónicos.
- Amortización de las puntas de máxima demanda, en las que también se incluye la reubicación de equipos.
- Compensadores de energía reactiva.
- Equilibrado de fases.
- Uso de receptores eficientes.
- La mejora de los costos técnicos aporta significativamente a:
  - Menos consumo de energía eléctrica.
  - Reducción de pérdidas de energía.
  - Reducción de calentamientos de las líneas y equipos.
  - Mayor rendimiento de las instalaciones mediante la optimización de las líneas de distribución y de equipos.
  - Continuidad del servicio eléctrico.
  - Reducción de averías en el sistema.
  - Reducción de los costes económicos.

Los costos técnicos generados dan lugar a facturas no optimizadas y el desembolso económico como consecuencia de una mala optimización de la instalación eléctrica, los costes técnicos se pueden dividir en dos partes: costes visibles y costes ocultos. Los Costes visibles, son los que se deducen mediante la interpretación de la factura eléctrica, como:

- Tarifa eléctrica no adecuada.
- Potencia eléctrica contratada no adecuada.
- Consumo horario de energía no adecuado.
- Puntas de demanda.
- Consumo de energía reactiva.
- Estos costes visibles se pueden reducir mediante:
  - Ajuste de la potencia eléctrica contratada, no sin antes realizar un estudio de los consumos de energía eléctrica.
  - Ajuste de la tarifa eléctrica, obviamente esto es dependiendo del tipo de consumidor.
  - Eliminación del coste de energía reactiva habiéndose realizado la debida compensación a los límites fijados por norma.

Amortiguamiento de las puntas de demanda máxima; es decir, no sobrepasar el máximo de potencia permitido por la empresa suministradora y usar ciertas cargas de mayor consumo en momentos en las que la demanda de energía es menor.

En tanto que los Costes ocultos, se refiere a todo consumo de energía eléctrica innecesario, ya sean estos por sobrecalentamiento en la propia instalación o en los equipos, los cuales son producto de receptores que generan perturbaciones al sistema. Estos costes ocultos se dividen en dos tipos, por un lado, tenemos los Costes en instalaciones eléctricas los cuales pueden deberse a:

- Ampliación de la instalación, debido a: sobrecarga de líneas, sobrecarga de transformadores.

- Pérdidas económicas debidas por efecto joule en el sistema de distribución de la energía, especialmente con cargas a distancias largas de líneas.
- Averías de máquinas, componentes y equipos de control.

Y por otra parte se tienen los Costes en procesos productivos que se deben a:

- Paradas de instalaciones, ya sean por fallo o por mantenimiento.
- Perdidas de producto no finalizado por fallo en la instalación.
- Costes adicionales en horas de mano de obra debido a fallo en la instalación.
- Los costes ocultos pueden hacerse visibles realizando un estudio de eficiencia de la empresa o industria.

En tanto que en el segundo grupo se tienen los Costes ecológicos, los cuales se refieren a las emisiones de CO<sub>2</sub> que produce el consumo de energía innecesaria. Estos pueden reducirse mediante un plan general de consumo de energía eléctrica en toda la empresa o industria; para esto es necesario llevar a cabo auditorías energéticas, en la cual se determina:

- Hábitos de consumo de la energía eléctrica.
- Estado de las instalaciones.
- El consumo de energía en cada área o planta.
- Que consumos de energía pueden ser reducidos.
- Que receptores deben ser reemplazados por otros más eficientes.
- Instalación de equipos que permitan el control y supervisión del consumo energético de las instalaciones.
- La mejora de los costes ecológicos posee sus ventajas, estas pueden ser:
- Disminución tanto de costos técnicos como económicos.
- Reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

### Sistema eléctrico

El sistema eléctrico instalado en la Universidad Técnica de Esmeraldas "Luis Vargas Torres" sede Nuevos Horizontes corresponde a niveles de medio voltaje de 13.8 KV suministrado por el Sistema Nacional Interconectado (SNI), y comercializado y distribuido por la empresa eléctrica CNEL EP. Unidad de Negocio Esmeraldas.

### Sistema eléctrico de bajo voltaje

El sistema eléctrico por el cual es suministrado hacia los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de dicha Universidad y Sede corresponde a los mencionados en la Tabla 1. Por otra parte, para que se obtenga un bajo voltaje el sistema cuenta con un transformador de potencia de 13.8KV/120V/240V/400 V cuya potencia es de 125 KVA.

Tabla 1. Voltajes nominales en baja tension

Monofásico	Trifásico
120 V	208/120 V
120/240 V	127/220 V
	400 V

### Laboratorios, equipos y componentes

La Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UTELVT Sede Nuevos Horizontes posee varios Laboratorios de automatización Industrial, entre estos se tienen:

#### UTLVTE-LAB-E-001

Este laboratorio de automatización industrial es un Tablero didáctico de automatización industrial básica para la simulación y comprobación de procesos en la industria [9], el cual también posee un Manual de procedimiento de prácticas y uso correcto del tablero didáctico de automatización básica para la simulación y comprobación de procesos en la industria [10], se alimenta de la red eléctrica con tensiones de 100-230 VAC, también posee un inversor de 100-230 VAC / 24VDC 2.5AMP, para su control y automatización posee un PLC S71200 y un HMI (Interfaz Hombre Máquina) de la marca SIEMENS el cual puede controlar los 3 motores que se pueden conectar a la salida del sistema. Este equipo se encuentra en buenas condiciones, en la Figura 1 se puede observar dicho laboratorio.



Figura 1. Laboratorio de automatización industrial con HMI.

**UTLVTE-LAB-E-002**

Este Laboratorio de automatización industrial es un Módulo didáctico de variadores de velocidad y arrancadores suaves controlados por PLC [11], se alimenta de la fuente de 100-230VAC, como carga tiene incorporado un motor de 0.5HP 3F el cual puede operar a tensiones de 220/400VAC, para su control dispone de un PLC LOGO! 230RC de la marca SIEMENS, además posee los dispositivos correspondientes de protección y mando. Este equipo se encuentra en buen estado, tal como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Laboratorio de automatización industrial con PLC LOGO

**UTLVTE-LAB-E-006**

Este laboratorio es un Módulo didáctico basado en un motor eléctrico de 72 terminales [12], posee un motor trifásico jaula de ardilla de 2 Hp, el cual en arranque directo en conexión delta a 220 VAC consume 2.1 Amp con rpm de 3590; en conexión delta de 4 polos dispuesto en arranque directo a 220VAC consume 2.8 Amp con una velocidad de 1790 rpm; en conexión delta a 6 polos en arranque directo a 220 VAC consume 4.7 Amp con 1190 rpm; a 8 polos en conexión delta y arranque directo a 220 VAC consume 7.25 Amp con 895 rpm, en la Figura 3 se puede apreciar el Módulo didáctico mencionado.



Figura 3. Laboratorio de motor eléctrico de 72 terminales.

**UTLVTE-LAB-E-013**

Dicho laboratorio de automatización industrial posee un PLC y dos módulos de ampliación SIEMENS cuya tensión de entrada es de 110-240VAC y una tensión de salida de 24VDC para operación con la finalidad de controlar un motor trifásico de 3HP. Posee un selector de 3 posiciones, un regulador de velocidad, fuente rectificadora de 110VAC-110VDC; dicho laboratorio incorpora dos Breakers de 2P para su protección, 3 Contactores de 9 y 12 Amp, y 2 Guardamotores de 2.5 y 4.0 Amp. Este equipo se encuentra en buen estado, en la Figura 4 se puede visualizar el laboratorio mencionado.



Figura 4. Laboratorio de automatización industrial con PLC y módulos de ampliación.

**UTLVTE-LAB-E-017**

Este laboratorio es un Módulo de corrección de factor de potencia (FP) con analizador de red (ver Figura 5), el Analizador PM 500 ha sido retirado, posee un Relé Varimétrico, además para realizar la compensación necesaria cuenta con una batería de 5 condensadores de 3.0KVAR cada uno, que mediante el analizador y relé pueden corregir el FP a través de los 5 niveles dependiendo del estado del sistema a corregir. Este equipo no funciona, por falta de componentes, por lo cual no se puede conectar a la red.



Figura 5. Laboratorio de Módulo de corrección de factor de potencia con analizador.

**UTLVTE-LAB-E-011**

Es un sistema motor – generador, posee un generador 3F de 6.6KVA 230V 16.6 Amp 1800rpm, y el motor de inducción eléctrico 3F 220V 10.2 Amp 60Hz; dicho laboratorio posee un Cuadro de control el cual dispone de un inversor de 12VDC – 110/220VAC, y un microcontrolador de 12-24-48 VDC con sus respectivos componentes de protección; este equipo debería de poseer un banco de 3 baterías, pero no se encuentran disponibles (en la Figura 6 se muestra lo mencionado); este equipo no se conecta a la red por falta de componentes.



Figura 6. Laboratorio motor-generador.

### UTLVTE-LAB-E012

Se trata de un Módulo didáctico de generación eléctrica por medio de un sistema solar fotovoltaico (ver Figura 7), cuenta con un inversor de 160W, una batería de 12VDC, un microcontrolador, dispone de una salida de carga de 110VAC, el panel fotovoltaico no se encuentra disponible por lo que el equipo no funciona.



Figura 7. Módulo didáctico de generación eléctrica por medio de un sistema solar fotovoltaico.

### UTLVTE-LAB-E-020

Dicho laboratorio es un Módulo didáctico que dispone de PLC Schneider Electric modelo Telemecanique SR3 XT141BD cuya potencia es de 3.5W, debido a sus años de antigüedad sus componentes internos se encuentran deteriorado, por lo tanto, este equipo no puede ser conectad a la red, en la Figura 8 se puede visualizar dicho laboratorio.



Figura 8. Laboratorio UTLVTE-LAB-E-020.

**UTLVTE-LAB-E-009**

En la Figura 9 se puede observar el Panel principal de alimentación a los Laboratorios de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la UTLVTE Sede Nuevos Horizontes, dicha alimentación proviene de un Transformador trifásico de 35KVA conectado a la red de distribución de la empresa CNEL EP.



Figura 9. Panel principal de alimentación a los Laboratorios de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

**UTLVTE-LAB-E-010**

Este es un Laboratorio de un Panel de Sincronización manual y automática didáctico de un generadores eléctricos [12] (ver Figura 10), en el cual se utiliza una máquina de CD para llevar al generador síncrono conectado en Y a la velocidad síncrona y así regular la corriente de excitación para obtener el voltaje nominal en las terminales de la armadura, en el cual se disponen dos voltímetros uno para medir la tensión del generador y otro para medir la tensión del Bus de la red (ver Tabla 2); además lleva incorporado tres lámparas, para la sincronización visual del Módulo, si estas se apagan y encienden al mismo tiempo. De ser así, la secuencia de fases del generador síncrono y de la red eléctrica es la misma; en caso contrario, el orden de las fases es diferente y se debe invertir dos fases entre sí. Es necesario monitorear la velocidad y el voltaje del generador síncrono de modo que se tengan condiciones nominales que cumplan con los requerimientos de la red eléctrica; se debe observar las tres lámparas y en caso de que estén totalmente apagadas, cerrar los interruptores rápidamente; en ese momento, el generador estará sincronizado a la red eléctrica, de lo contrario, será necesario regular la velocidad y corriente de excitación hasta lograr la sincronización. Una vez sincronizado el generador a la red eléctrica se procede a desconectar el motor CD.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del Panel de sincronismo

Características	Trifásico
Voltaje de control	120 VAC (1PH+N)
Voltaje de bus principal	220 VAC (3PH+N)
Voltaje de generador	220 VAC (3PH+N)
Frecuencia	60Hz
<b>Potencia</b>	<b>0,8 KW</b>



Figura 10. Laboratorio de Sincronización de un generador a la red eléctrica.

Por otra parte, el Laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica dispone de un área de alrededor de 40m<sup>2</sup> que además cuenta con 8 luminarias de tipo fluorescente (CFL) de doble tubo de 1.2 m de 18 W cada uno, posee un Aire Condicionado (A/C) de 36000BTU, estos operan alrededor de 8 horas diarias de lunes a viernes; también dicho laboratorio cuenta con 2 computadoras en buenas condiciones de funcionamiento, en las Figura 11 y 12 se puede observar lo mencionado.



Figura 11. A/C del laboratorio de 36000 BTU.



Figura 12. Luminarias fluorescentes de doble tubo del laboratorio.

### **Analizador de la calidad de la energía eléctrica**

Equipo de medición que permite registrar y analizar los posibles problemas relacionados con la calidad de energía en un sistema eléctrico, indicando las perturbaciones, eventos en cambios de corriente alterna, frecuencia, demanda, distorsión armónica y factor de potencia en el sistema eléctrico.

### **Monitorización mediante el analizador de red**

Mediante el analizador DRANETZ HDPQ Visa se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 3):

Tabla 3. Resumen del medidor

Fase	Voltaje (V)	Amperaje (Amp.)
A	117.89	0.042
B	119.88	19.79
C	119.19	0.135
<b>D</b>	<b>0.084</b>	<b>17.52</b>

En la Tabla 3 podemos observar los resultados que nos dio el medidor de analizador de red; en la Figura 13 se muestran las formas de ondas de las diferentes fases, mientras que en la Figura 14 se muestran las perturbaciones registradas de tensión del mediante el Analizador de red.

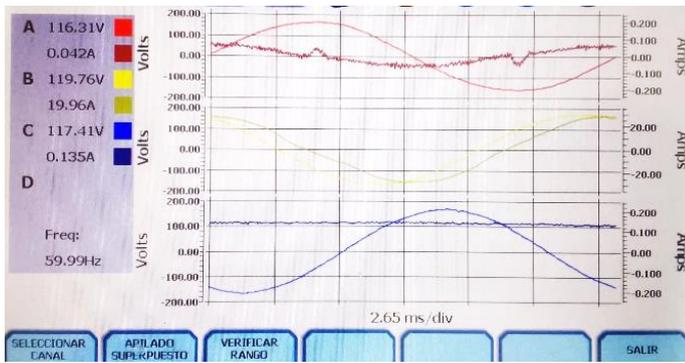


Figura 13. Resultados del análisis de red de la salida del transformador

En la Figura 14 observamos el desbalance total de tensión; mientras que en la Figura 15 observamos la distorsión de corriente de cada fase.

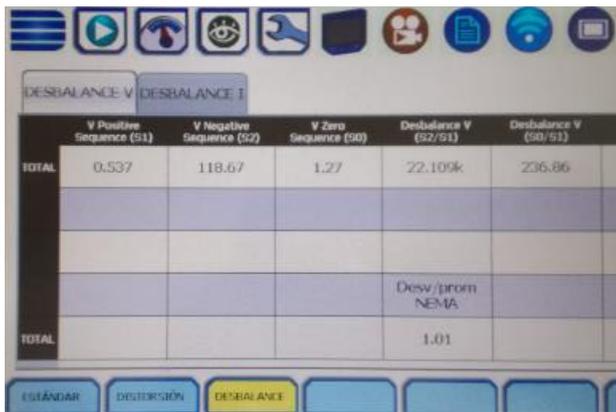


Figura 14. Desbalance total de tensión.



Figura 15. Distorsión de corriente de cada fase

Se denota en el 3 armónico que tiene mayor porcentaje de distorsión armónica de tensión con el 1.8%, lo cual podemos apreciar en las Figura 16 y 17.

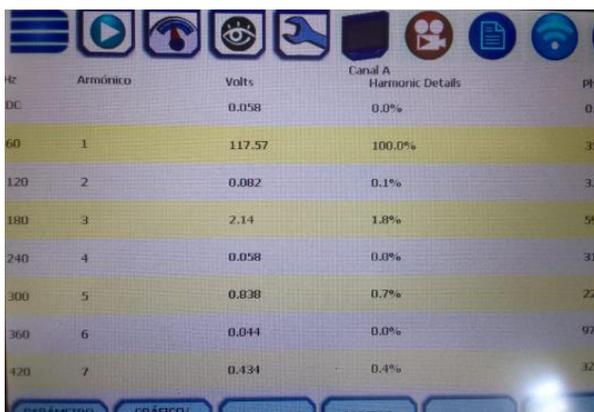


Figura 16. Distorsión armónica de tensión del 1 al 7 armónico



Figura 17. Distorsión armónica de tensión.

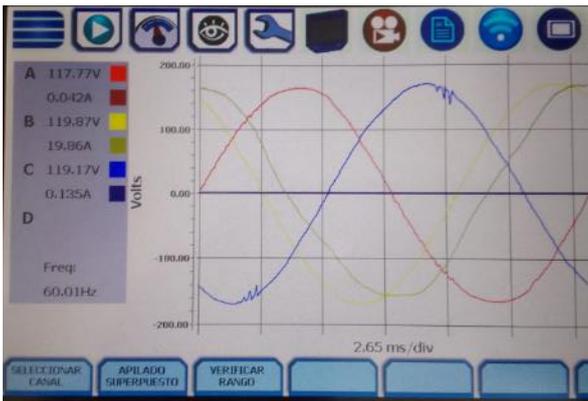


Figura 18. Resultados de las formas de ondas de tensión mediante el analizador de red.

## RESULTADOS

Como se pudo constatar existen varios Laboratorios que por falta de componentes y equipos no se pueden utilizar; por otra parte, se puede notar que la iluminación del área de dicho laboratorio opera alrededor de 8 horas diarias.

Como se sabe la iluminación es parte vital en dicho laboratorio, es así que posee 8 luminarias CFL de doble tubo de 18W cada lámpara con un tono de color blanco frío y de 1350 Lm cuyo tamaño de lámpara es T8 que equivale a 16mm, estas luminarias tienen un índice de eficiencia energética bajo. Haciendo una comparativa con otras luminarias en cuanto a intensidad lumínica (ver Tabla 4), se puede notar que estas no son tan eficientes, pues se nota que consumen más energía.

Tabla 4. Estimación de Lúmenes por tipo de luminarias

Tipo Brillo	450 Lm	800 Lm	1100 Lm	1600 Lm	2600 Lm	5800 Lm
LED	6W	9-10W	13W	16-18W	24W	45W
CFL	8-5W	13-14W	18-19W	23W	40W	85W
Halógeno	29W	43W	53W	72W	150W	300W
<b>Incandescente</b>	<b>40W</b>	<b>60W</b>	<b>75W</b>	<b>100W</b>	<b>150W</b>	<b>30W</b>

Con las 8 luminarias CFL dobles estas tienen una potencia de 288 W, ya que estas operan 8 horas diarias de lunes a viernes (261 días en el año), se obtiene que consumen 601.35 KWh al año, considerando que el precio por KWh es de \$0.092 dólares, entonces se pagaría alrededor de \$ 55.32 dólares anuales; en tanto que el Índice de eficiencia energética da como resultado 0.74, lo que da una calificación de D (ver Tabla 5). Sin embargo, si se cambiara a luminarias LED de 13 W lo que da una potencia total de 208 W con la misma carga horaria, por lo que consumirían 434.3 KWh, con lo cual se tendría que pagar solo alrededor de \$ 39.95 dólares anuales; en cambio el Índice de eficiencia energética con este cambio sería de 0.84, lo que se obtendría una calificación de C; se evidencia una reducción de \$ 15.37 dólares anuales que equivale a un ahorro muy importante para la UTELVT del 27.78%.

Tabla 5. Índice de eficiencia energética de una instalación de alumbrado.

Calificación	Índice de consumo energético	Índice de eficiencia energética
A	$\geq 0.91$	$> 1.1$
B	0.91 - 1.09	1.1 - 0.92
C	1.09 - 1.35	0.92 - 0.74
D	1.35 - 1.79	0.74 - 0.56
E	1.79 - 2.63	0.56 - 0.38
F	2.63 - 5.00	0.38 - 0.20
<b>G</b>	<b><math>\geq 5.00</math></b>	<b><math>\leq 0.20</math></b>

El A/C también se le da un uso de aproximadamente de 8 horas diarias, para dicha área de 40m<sup>2</sup> se necesitan mínimo unas 4000 frigorías, haciendo la transformación a la Unidad Térmica Británica (BTU) da 15873 BTU mínimo (18000 BTU comercial) con una potencia de frío de 5.27 KW y con una potencia eléctrica de 1.58 KW. Considerando que solo opera de lunes a viernes (261 días del año), este equipo consume anualmente 3301.12 KWh, por lo que se tendría que pagar \$ 303.7 dólares al año; si el equipo opera con los tiempos previstos se emplearían unas 37522.82 BTU anuales, con lo cual se puede obtener un coeficiente de eficiencia energética (SEER) de 11.33, el cual corresponde a A+++ según la Tabla 6. Pero considerando que el A/C instalado es de 36000 BTU, este tendría una potencia de 10.55 KW y una potencia eléctrica de entrada de 3.16 KW, con lo cual tendría un consumo anual de 6598.08 KWh, por lo que se tendría que pagar alrededor de \$ 607.02 dólares anualmente. Con lo cual se evidencia un incremento en el pago de la planilla del servicio eléctrico del 50 %.

Tabla 6. Calificación de eficiencia energética de refrigeración y de calefacción.

Ponderación	SEER	SCOP
A+++	$\geq 8.5$	5.1
A++	6.1	4.6
A+	5.6	4.0
A	5.1	3.4
B	4.6	3.1
C	4.1	2.8
<b>D</b>	<b>3.6</b>	<b>2.5</b>

Según los resultados del analizador, la fase B se encuentra con la mayor carga con respecto a la fase A y C dando como resultados 19.79 Amperes, esto trae consigo consecuencias de desbalance de cargas en el sistema; además, se manifiestan distorsiones armónicas total de corriente (THD-i) de 6.17 Amp en dicha fase, debido a consecuencias de las cargas no lineales. El tercer armónico es el que mayor incurre siendo este de 2.14 voltios que represente el 1.8% de distorsión armónica total de tensión (THD-v). Según, estudio realizado en los Laboratorios de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), existían varias luminarias que se encontraban quemadas, varios circuitos que se mezclan iluminación con fuerza, no existe una adecuada distribución eléctrica para los circuitos de iluminación [13]. En nuestro estudio también se evidenciaron las mismas problemáticas

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En vista que dicho laboratorio opera con la iluminación en funcionamiento continuo de 8 horas diarias durante el día de Lunes a Viernes, ya que el área debe mantenerse bien iluminada para que los estudiantes realicen sus prácticas con un buen confort visual, que además dicha área no cuenta con iluminación natural, se recomienda cambiar dichas luminarias CFL de doble tubo de 18 W por luminarias de tipo LED puesto que harán el mismo trabajo, se puede decir que las lámparas LED son un 40% más eficientes que las lámparas fluorescentes. A diferencia de la iluminación de CFL, las luces LED convierten el 95 % de su energía en luz y solo el 5 % se desperdicia como calor; todo esto sin dejar de usar mucha menos energía para proporcionar una salida fuerte y consistente a un voltaje más bajo, como se puede verificar en la Tabla 4 puede ser reemplazadas por luminarias LED de alrededor de 13 W, con este cambio se obtendría un ahorro significativo anual en el pago de la planilla del servicio eléctrico del 27.78 %. Además, con el cambio se obtendría un Índice de eficiencia energética con una calificación de C, ya que con el sistema que dispone se obtiene una calificación de D; esto evidencia que no es muy eficientemente energético el sistema de iluminación actual. Además, según nuestro análisis, si se siguen las recomendaciones la inversión se puede recuperar a base de concepto de ahorro en el consumo energético; por otra parte, el mantenimiento de dichos equipos se realizará a largo plazo, lo que también se transforma en ahorro económico para la UTELVT.

Con referente a la climatización del habitáculo, se pudo comprobar que hay veces que donde el equipo se encuentra en funcionamiento, pero la puerta de entrada a dicho laboratorio se ha encontrado abierta por largos periodos de tiempo de alrededor de 1 hora, con lo cual el clima del habitáculo se vuelve a calentar, de esta manera no se aprovecha de forma

eficiente dicho equipo ya que se desperdicia energía durante dicho periodo haciendo que haya mayor consumo energético, haciendo que aparezcan los costos técnico, obviamente esto se refleja en la factura del servicio de energía que la UTLVTE debe de cancelar a la empresa suministradora del servicio de energía eléctrica; por otra parte se calculó que dicho equipo está sobredimensionado, con lo cual esto se refleja un incremento del 50 % en el pago de la planilla del servicio eléctrico anualmente, si bien es cierto que este equipo es costoso en su reemplazo debido a su costo económico, se recomienda hacerlo debido al alto consumo energético, y de esta manera obtener un ahorro importante para la UTELVT.

Atreves del analizador de red se pudo recopilar datos sobre el consumo de potencia, se puede visualizar las posibles perturbaciones que incurren en el sistema. Como se constató durante las mediciones, se detectaron distorsiones de tensión y distorsiones armónicas totales, tanto de tensión como de corriente; a más de eso se pudo observar las gráficas de las diferentes distorsiones de onda. Por otra parte las cargas del transformador están desbalanceadas pues la línea B esta sobrecargada, se recomienda que se haga un balance de cargas, y se aplique las debidas protecciones para evitar posibles distorsiones de tensión y de corriente, con la finalidad de reducir los costos técnicos, ya que como se mencionó tienen un impacto significativo en el pago del servicio eléctrico que tiene como responsabilidad la UTELVT con la empresa suministradora del servicio eléctrico CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.

Se concluye que los Laboratorios de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la UTELVT Sede Nuevos Horizontes no están siendo operados de manera eficiente, pues se pudo constatar que hay equipos que no funcionan (ya sea por falta de componentes o por daño de algunos equipos), mal uso de equipos y aparatos eléctricos, perturbaciones eléctricas importantes en el sistema eléctrico.

## REFERENCIAS

- [1] M. Guillermina Ré, M. Pía Mazzocco, and C. Filippín, "Metropolitana De San Juan , Argentina Energy Efficiency Improvements in Heating . Potential," *Rev. Habitad Sustentable*, vol. 11, no. 1, pp. 20–31, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2021.11.01.02>.
- [2] C. C. D. L. Reyes, S. Viñán-Ludeña, M. I. Vivanco-Villavicencio, and F. Moncayo-Serrano, "Architecture research trends between 2016-2020 in the scopus database, and their relationship with the creation of research groups," *Habitat Sustentable*, vol. 11, no. 2, pp. 46–59, 2021, doi: 10.22320/07190700.2021.11.02.04.
- [3] J. D. Pinzón C, A. Corredor R, F. Santamaría R, J. A. Hernández M, and C. L. Trujillo R, "Implementación de Indicadores Energéticos en Centros Educativos Caso de Estudio: Edificio Alejandro Suárez Copete- Universidad Distrital Francisco José de Caldas," *Rev. EAN*, vol. 77, pp. 184–201, 2014, ISSN: 0120-8160, [Online]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602014000200010&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602014000200010&script=sci_arttext&tlng=es).
- [4] P. S. Aulestia Araujo and C. del R. Sánchez Lara, "Estudio de eficiencia energética en los laboratorios de Mecánica Industrial y soldadura de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga," Universidad Técnica de Cotopaxi, 2022.
- [5] A. Piñeres Castillo, J. J. Cabello Eras, and M. Hinojosa Revera, "Factores determinantes para la Evaluación de la Eficiencia Energética en las Organizaciones: Una visión desde las condiciones de Colombia," *Rev. Univ. y Soc.*, vol. 14, no. 2, pp. 509–520, 2022, ISSN: 2218-3620, [Online]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000200509&script=sci\\_abstract](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000200509&script=sci_abstract).
- [6] G. S. M. Rezusta, M. M. Molina-López, and G. I. Llanes, "Energy efficiency in Spanish schools as an indicator of economic management competence: Differences between public and private centres," *Gest. y Polit. Publica*, vol. 29, no. 2, pp. 387–411, 2020, doi: 10.29265/gypv.v29i2.778.
- [7] C. R. Corrales Tapia, "Análisis de eficiencia energética en el sistema eléctrico del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional SECAP-Ambato," Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019.
- [8] Y. M. Ladeuth, D. D. López, and C. A. Socarrás, "Electrical energy consumption diagnosis for planning a quality and technical standard ISO 50001: 2011," *Inf. Technol.*, vol. 32, no. 1, pp. 101–112, 2021, doi: 10.4067/S0718-07642021000100101.
- [9] N. A. Congacha Macas, "Diseño y construcción de un tablero didáctico de automatización industrial básica para la simulación y comprobación de procesos en la industria," Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, 2014.
- [10] N. A. Congacha Macas, "Manual de procedimiento de prácticas y uso correcto del tablero didáctico de automatización básica para la simulación y comprobación de procesos en la industria," Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, 2014.
- [11] D. B. Valdiviezo Díaz, "Diseño y construcción de un Módulo de variadores de velocidad y arrancadores suaves controlados por PLC para laboratorio de automatización," Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, 2014.
- [12] L. F. Renterías Bolaños, "Diseñar e implementar un Módulo didáctico basado en un motor de 72 terminales para el Laboratorio de Máquinas eléctricas," Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, 2015.
- [13] J. L. Palacios Carrera, "Estudio para el Mejoramiento de la eficiencia energética de los laboratorios de Ingeniería Eléctrica UPS," Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [14] Erazo Ávila, L. A. , & Guamán Segarra, J. C. . (2022). Análisis de la eficiencia energética en los sistemas de distribución de bajo voltaje por medio de la reducción de armónicos. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 154–163. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.505>
- [15] Ibarra Caicedo, M. R. (2022). Mejoras de la eficiencia energética de una vivienda ubicada en la zona urbana del Cantón Esmeraldas. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(2), 537–548. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i2.358>