

Auditoría energética en el campus de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la ciudadela el Olivo, entre la panamericana norte y la avenida 17 de julio e implementación de un tablero didáctico para el laboratorio de la carrera de ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

Edison Recalde

Edison Tulcán

Ing. Mauricio Vásquez

Universidad Técnica del Norte

Ibarra- Ecuador

raulrecaldesanchez1990@gmail.com

javito2308@gmail.com

Abstract. El presente proyecto se realizó basado en el estudio técnico orientado a la eficiencia energética en el edificio central, siendo un tema novedoso que en los últimos años ha cobrado importancia, debido a la conservación del medio ambiente, es por ello que se ha visto necesario realizar un diagnóstico y evaluación de los parámetros eléctricos en: la acometida principal, en cada uno de los tableros de distribución, en las protecciones eléctricas y en los conductores que conforman los circuitos eléctricos de cada una de las oficinas, como también se realizó el diagnóstico y evaluación de los parámetros lumínicos del edificio central, el uso de equipos eléctricos con tecnología decadente y que no son amigables con el medio ambiente lo que ocasiona un consumo innecesario de energía. Para el análisis de los parámetros eléctricos se utilizaron equipos como: analizador de red, luxómetro y pinza amperimétrica, los que permiten un análisis real de: voltaje, corriente, factor de potencia, armónicos, flicker, curvas de carga, nivel de iluminación, entre otros.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de verificar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en el edificio central de la Universidad Técnica del Norte.

Se menciona de manera contextual el origen del problema y de igual manera la formulación y el planteamiento del mismo; se determinan la delimitación espacial y temporal de acuerdo al alcance que se desea lograr con la auditoría. Una vez determinado el problema de investigación se describe el marco teórico, en el que se hace mención a los procesos para llevar a cabo la auditoría energética.

A. Fundamento teórico

Los conceptos que se presentan a continuación son importantes para el desarrollo del proyecto, se analizan temáticas como: aspectos legales, la energía en la educación, auditoría energética, iluminación eficiente, conductores eléctricos, perturbaciones entre otros.

Aspectos legales

Para el presente trabajo investigativo fue necesario conocer los aspectos legales que rigen la ejecución del mismo, es así se parte de la máxima Ley que existe en el país como es la Constitución del Ecuador, que en varios de sus artículos hace referencia al uso eficiente de la energía eléctrica, además cita los derechos y deberes de las empresas eléctricas y de los clientes.

Constitución del Ecuador

En la CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR, (2008), el capítulo VII REGIMEN DEL BUEN VIVIR. Sección séptima correspondiente a la biosfera, ecología y eficiencia energética, perteneciente al Art. 413 dice textualmente: “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” (pag. 125).

La energía en la educación

El programa EDUCAREE, (2012), manifiesta que fomentar, en centros educativos, culturales, organismos de participación social,

empresas y organismos internacionales, la formación del individuo en la cultura del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para contribuir con un desarrollo sustentable.

Es de gran importancia sensibilizar a la población, sobre las necesidades de un consumo responsable y racional de la electricidad, lo cual consiste en sembrar la cultura del ahorro de energía eléctrica y de los mecanismos que hacen esto posible. La educación es importante para ayudar a comprender la importancia del uso sustentable de los recursos naturales. Promover en centros culturales, educativos, empresas, organismos de participación social y organismos internacionales, la formación humana en la cultura del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, para contribuir con un desarrollo sustentable, informando sobre los beneficios económicos y ambientales que conlleva el ahorro de la energía eléctrica, realizando talleres, cursos, conferencias, videos y jornadas de ahorro de energía eléctrica; para lo cual se debe facilitar materiales didácticos que promuevan la cultura del ahorro energético en las escuelas de educación básica, media superior y superior a nivel nacional, con el fin de transmitir y brindar capacitación y asesoría a asociaciones, empresas, cámaras, organismos gubernamentales y a todos los usuarios de energía eléctrica. La auditoría energética debe ser parte de los programas o planes de eficiencia energética en los establecimientos educativos. Estos planes deben comprender acciones encaminadas a conseguir la máxima eficiencia en el consumo de energía eléctrica, los máximos ahorros y el conocimiento del comportamiento energético de las instalaciones eléctricas. (pag. 1-3)

Optimización de la energía

Las actividades que logran la utilización eficiente y equilibrada de los recursos energéticos se denominan conservación de la energía, el ahorro de energía se logra mediante la eficiencia en transformación y transportación, hasta no conocerse dónde y cómo está siendo usada y donde su eficiencia puede ser mejorada, la energía no puede ser ahorrada; para alcanzar el objetivo de optimización de energía el primer paso es la implementación de una auditoría energética.

El análisis de la red eléctrica, teniendo presente la normativa vigente, el conocimiento de la infraestructura del sector eléctrico nacional, las leyes, reglamentos y normas vigentes, permitirá analizar, sugerir y fomentar el ahorro de energía eléctrica, así como realizar diagnósticos energéticos para el ahorro de la energía eléctrica, conocer y utilizar los diferentes equipos de alta eficiencia para su aplicación en el ahorro de la energía eléctrica. La optimización busca mejorar las condiciones generales de una instalación eléctrica de cualquier tipo, pero es más usada en los lugares donde la eficiencia de la instalación eléctrica influye

mucho en el buen funcionamiento del establecimiento. Se deberá realizar el análisis de las condiciones actuales de la instalación eléctrica, y se propondrá la alternativa de mejora general, donde se garantiza una reducción del consumo de energía y el valor de facturación, manteniendo las mismas condiciones de iluminación y cargas.

Balcells, (2012). Afirma que “cualquier acción que tienda a mejorar la eficiencia energética de las cargas, medios de distribución y todo lo que represente un uso racional de la energía tendrá repercusiones importantes sobre la economía de todos” (pag.13).

Para esto, primero se debe realizar un diagnóstico energético del lugar, analizar cuidadosamente cada uno de los datos obtenidos, mediante cálculos, plantear la alternativa de mejora que se adapte a las necesidades de los usuarios y que no represente un gasto excesivo, es decir se busca una inversión mínima, pero que tenga grandes efectos en la economía de los usuarios y que además se recupere el dinero invertido en el menor tiempo posible.

A pesar de que existen grandes potencialidades de mejoramiento de eficiencia del uso de la energía en la pequeña y mediana industria, los empresarios no han implementado las medidas necesarias; probablemente, debido a los obstáculos técnicos e institucionales que enfrentan y a su percepción respecto de la incidencia poco significativa del gasto de la electricidad en sus costos totales; situación que también se observa en las instituciones educativas.

Auditoría energética

Definición de auditoría energética

Flórez, (2007), indica que, la auditoría energética es un estudio de revisión sistemático y organizado del flujo y la utilización de la energía mediante el que se recolecta datos sobre el suministro de energía eléctrica, basado en información histórica y puntual, obteniendo un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de un equipo o un conjunto de ellos en un proceso global, del edificio o de la empresa; para detectar los factores que afectan a dicho consumo e identificar y evaluar las posibilidades de ahorro de energía en función de su rentabilidad. La auditoría energética consigue predecir el resultado de un programa de conservación de energía antes de invertir dinero y mano de obra. La auditoría energética permite lograr la eficiencia energética en un edificio o planta industrial, una vez que ésta ha sido realizada, se puede estimar de manera cierta, los costos y beneficios que el cliente puede conseguir, en algunos casos los costos involucrados pueden ser despreciables, en otros, se pueden considerar inversiones adicionales, para lograr un programa exitoso se requiere el apoyo y la participación activa de la gerencia y el personal de mantenimiento de la misma institución. La Auditoría

Energética es un proceso sistemático mediante el cual se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa para detectar los factores que afectan el consumo de energía e identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad, (p.15).

Tipos de auditorías energéticas.

Metodología básica de auditoría._ es un estudio genérico, aplicable en suministros pequeños y medianos, con descripción de inventario, repartos de consumos y propuestas de mejoras.

Metodología exhaustiva de auditoría._ se trata del estudio exhaustivo en cuanto a: descripción de inventarios, repartos de consumos y definición de propuestas de mejora.

De acuerdo a la información antes obtenida, se ve factible la aplicación de la metodología que se describe a continuación, para llevar a cabo al auditoría energética en el edificio centra

Metodología exhaustiva de auditoría energética

La Agencia Andaluza de Energía (2011), propone la siguiente metodología de auditoría energética:

Objetivo

La auditoría energética tiene como objetivo disminuir el consumo energético, analizando las causas que reducen el rendimiento de los sistemas energéticos. Para lo cual es necesario examinar el proceso productivo y el uso total de la energía.

Alcance

El alcance de la auditoría contempla las siguientes acciones:

- Análisis de los suministros energéticos._ suministros energéticos exteriores.
- Análisis del sistema productivo._ equipos que participan en el proceso de producción. Subprocesos: equipos de poco consumo que participan en el proceso de producción. Grandes consumidores: equipos de mayor potencia que se miden de forma independiente.
- Análisis de tecnologías horizontales._ instalaciones que no pertenecen al proceso productivo, pero que son necesarios para el desarrollo.

Materiales necesarios para realizar la auditoría

- Analizador de redes eléctricas

Son instrumentos de medida de los siguientes parámetros eléctricos de una red, normalmente de bajo voltaje: voltaje, intensidad, potencia, energía activa y reactiva, factor de potencia, así como los parámetros de calidad eléctrica que se amparan en la regulación CONELEC 004/01; armónicos, interarmónicos. Estos equipos tienen la posibilidad de memorizar y registrar dichos parámetros mediante funciones de programación.

- Luxómetro

Es un instrumento que permite medir la iluminancia o nivel de iluminación (lux) sobre una determinada superficie. Son equipos sencillos, ligeros y compuestos por el analizador y la sonda fotosensible.

- Otros equipos de medida

Dependiendo del alcance de la auditoría, puede ser de utilidad el uso de otros equipos portátiles de medida, por ejemplo: anemómetros, caudalímetros, pirómetros ópticos, entre otros.

Se recomienda emplear un registrador universal con varias entradas y posibilidades de programación junto con las sondas que sea preciso.

Herramientas

En la auditoría pueden resultar necesarios otros materiales y herramientas de uso común:

Destornilladores, alicates, tijeras, cables eléctricos, borneras, cinta aislante, flexómetro, entre otros.

Fase 1, análisis de la estructura energética

En la primera fase se conoce cómo se recibe la energía, cómo se transforma, distribuye y consumen los equipos.

Actividad y proceso productivo

Realizar un detallado estudio del proceso productivo, con énfasis en los procesos consumidores de energía, para lo cual se contará con información facilitada por la institución acerca de la distribución de trabajo, turnos y horarios, planos de la institución, planos de iluminación, inventario de luminarias, listado de equipamiento instalado, informaciones históricas de suministro de electricidad, esquemas unifilares eléctricos, consumidores de energía, sistemas de distribución de energía, operación anual.

Estructura del consumo energético

Identificar los servicios, equipos y las zonas de mayor importancia desde el punto de vista energético, se analizarán los datos de los equipos de medida y se estudiarán las posibles desviaciones en el consumo medido.

Mediciones

Las mediciones se realizan para identificar la energía consumida en un equipo, en una parte del proceso o en el proceso total, obteniendo un consumo energético del equipo o un proceso.

Tipos de mediciones

- Suministro energético._ se mide la acometida general de la planta
- Sistema productivo

Subprocesos: se mide en conjunto todos los elementos de bajo consumo de un mismo proceso.

Grandes consumidores: se mide de forma individual los grandes consumidores de energía.

- Tecnologías horizontales

Iluminación: se mide el consumo de forma conjunta de todas las luminarias que estén dentro de un mismo sector.

Niveles de iluminación: se miden los niveles de iluminación de toda la planta.

Fase 2, análisis de eficiencia energética

Eficiencia energética en los sistemas de distribución de energía

Se analizan las lecturas obtenidas para conocer las condiciones actuales y poder optimizarlas, es necesario conocer la legislación del mercado eléctrico, realizar un estudio de eficiencia en los sistemas de distribución de energía, la propuesta de mejora energética irá asociada a la disminución de pérdidas o a la mejora de las condiciones de operación. Se tratará de la siguiente manera:

Balance de Cargas

Consiste en distribuir la carga total entre cada uno de los circuitos que hayan resultado, los que a su vez se reparten entre las fases. Si la instalación es bifásica o trifásica por norma se tiene que hacer el balance de cargas respectivo.

El equilibrio de las cargas siempre es una estimación, es sumamente complicado balancearlas y que se mantengan en constante equilibrio a lo largo de las 24 horas del día, es prácticamente imposible dado que su naturaleza es variable, pero el balance de carga debe ser lo más cercano posible al equilibrio ideal.

Fase 3, evaluación de medidas de ahorro energético

Las medidas propuestas por el auditor deben analizarse técnicamente y detallar el valor económico de inversión. Una vez examinadas todas las posibles alternativas de ahorro energético, se considerará con la metodología siguiente:

Tipo de medidas de ahorro energético

- Mejora de eficiencia en la distribución de energía
- Mejora de eficiencia en el consumo energético de los equipos

Para cada medida se debería evaluar el ahorro energético.

Para calcular el ahorro energético de la medida propuesta se deberá realizar, el análisis del consumo energético del equipo y debe compararse con el de uso actual, obteniéndose el ahorro potencial de la medida.

Valor actual neto (VAN)

El VAN permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Consiste en actualizar mediante una tasa todos los flujos de caja del proyecto. La fórmula que nos permite calcular el (VAN) es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n es el número de períodos considerado.

k es la tasa de renta fija utilizada.

Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR de una inversión es la tasa de interés con el cual el valor actual neto es igual a cero. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. Se utiliza para decidir la aceptación o rechazo de un proyecto.

Analíticamente la TIR se determina como:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

En la ecuación se observa que se requiere un análisis largo para obtener el valor de la TIR.

Período de recuperación

El período de recuperación de la inversión es la medida de conveniencia económica elemental.

El período de recuperación simple (PRS) en años será:

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

Mientras menor tiempo se demore en recuperar la inversión con referencia al tiempo de vida del producto, en el cual se invierte, más factible es el proyecto.

Relación costo beneficio (RCB)

Es la relación entre el valor actual neto de los costos (VANC) y el valor actual neto de los beneficios (VANB).

$$RCB = \frac{VANB}{VANC}$$

Para que un proyecto sea económicamente viable los valores límites de los diferentes criterios de evaluación son los siguientes:

- Valor actual neto mayor que cero. $VAN > 0$.
- Tasa interna de retorno mayor que tasa de descuento. $TIR > K$.
- Período de recuperación de la inversión menor que la vida útil. $PRS < n$.
- Relación costo/beneficio menor que 1. $RCB < 1$.

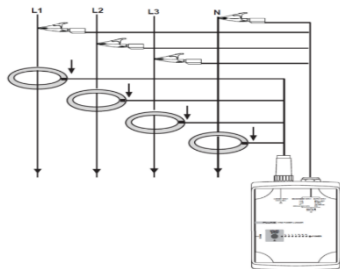
AUDITORÍA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO CENTRAL

Análisis y diagnóstico de resultados

Objetivo

Disminuir el consumo energético, analizando el uso de la energía eléctrica.

Alcance de la auditoría energética en el edificio central



Fase 1. Análisis de la estructura energética del edificio central

El edificio central está ubicado en la ciudadela universitaria, en el Olivo, entre la avenida 17 de julio y panamericana norte; el mismo que se abastece de energía eléctrica del circuito J1 de la subestación eléctrica Ajaví, perteneciente a la concesión de la empresa pública EMELNORTE. Mediante un transformador trifásico de 37.5 kVA, ubicado en una estructura tipo “H”, la cual se encuentra junto al edificio central.

En la información preliminar no se consiguieron planos eléctricos ni planos de iluminación del edificio, solo se contemplan esquemas arquitectónicos.

Actividad y proceso productivo del edificio central

En el edificio central se llevan a cabo actividades administrativas y el funcionamiento de la radio y televisión universitaria; todas las áreas administrativas, las cuales contemplan el uso de equipos informáticos e iluminación tienen un período de funcionamiento promedio de 9 horas diarias entre los días lunes a viernes a excepción de días feriados y vacaciones. Los sets de radio, televisión y edición tienen un promedio de operación de 7 horas al día de lunes a viernes; las áreas programación funcionan las 24 horas del día ininterrumpidamente, aquí se operan equipos informáticos, audio, video e iluminación.

A continuación se realiza la descripción arquitectónica de cada una de las áreas que conforman el edificio central.

Descripción general del edificio central

El estudio de auditoria energética, se realizó en un edificio perteneciente al sector institucional educativo, en dicho edificio se llevan a cabo actividades administrativas de la Universidad Técnica del Norte, se procede a realizar los respectivos inventarios de: estructura arquitectónica, equipos informáticos y luminarias.

Fase 2. Eficiencia energética en el sistema de distribución de energía en el edificio central

Se procede al análisis de las medidas obtenidas por los instrumentos de medida utilizados en la acometida, tablero de distribución y oficinas del edificio central, con el fin de proponer mejoras energéticas y disminuir las pérdidas

Balace de cargas

Cálculo para determinar el balance de cargas en cada uno de los tableros de distribución del edificio central y propuesta de mejora.

$$\%D = (CM - cm) \times 100 / CM$$

Cálculo del balance carga del tablero de distribución principal.

$$\%D = \frac{(CM - cm) \times 100}{CM} = \frac{(104,3 - 58,3) \times 100}{104,3} = 44,1\%$$

En este caso se necesita reacomodar las cargas, hasta obtener un porcentaje dentro del 5%.

Se propone realizar el ajuste que se describe a continuación para que el balance de cargas esté dentro del nivel permitido por la normativa.

El tablero principal es trifásico, en el cual se sugiere conectar a la fase 1 los interruptores de: (63, 80) amperios; en la fase 2 se conectará el interruptor de: (80) amperios y en la fase 3 irán los interruptores de: (80, 80) amperios; obteniendo como resultado corrientes totales de: (72,5 ; 72,3 ; 72,6) amperios, en cada una de las fases de entrada al tablero, aplicando la fórmula se tiene:

$$\%D = \frac{(CM - cm) \times 100}{CM} = \frac{(72,6 - 72,3) \times 100}{72,6} = 4,13\%$$

De esta manera queda comprobado que el cambio de los interruptores afianzan que el porcentaje está dentro del 5% admisible.

Cambio de conductores de la acometida del edificio central

Se propone realizar el cambio de los conductores de la acometida, debido a la variable de sobrecalentamiento de los cables eléctricos, que fue el resultado del análisis realizado, el aumento de sección en los conductores considera un ahorro económico mediante la reducción de pérdidas energéticas, esto contribuye a reducir la factura eléctrica, así como disminuir los riesgos debido a un inadecuado dimensionamiento del conductor. Es posible obtener una sección optima la que permita ahorros por perdidas de energía y de esta manera compensa los costos asociados al cambio de sección del conductor de la acometida, para fines de eficiencia energética.

Cálculo del conductor

Para el cálculo del conductor de la acometida del edificio central, se propone instalar: acometida trifásica, TTU # 3/0 AWG, con neutro de cobre desnudo # 3/0 AWG. A una distancia de 70

metros, cumpliendo con el nivel de caída de voltaje del 2% en el circuito alimentador.

Cálculo:

Se verifica en la tabla 4, el calibre de conductor de acuerdo a la capacidad de conducción de corriente del cable.

De acuerdo a la tabla 4, se elige el conductor TTU # 3/0 AWG , debido a la característica de aislamiento y temperatura de operación, se procede a corregir la caída de voltaje, con la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * Z * L * i}{V_{ff}} * 100 = \frac{\sqrt{3} * 0,213 * 0,070 * 91}{128,3} * 100 = 1,83\%$$

El valor de impedancia se toma de anexo 8.1.8 Conductores eléctricos en tubo conduit.

$$Z = 0,213$$

El valor de caída de voltaje se encuentra dentro del límite de la normativa, de esta manera se confirma la propuesta de cambio del conductor.

Perturbaciones en la red eléctrica de alimentación al edificio central

De acuerdo con los gráficos de las perturbaciones antes analizados, se determina que las perturbaciones existentes en la red son: flicker, THDv y el factor de potencia; los mismos que hasta el momento se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa, actualmente la normativa no incluye el análisis de armónicos de corriente pero se sugiere que en el futuro se realice el respectivo análisis.

Cambio de luminarias fluorescentes por tubos led's en el edificio central

Se propone realizar el cambio de los tubos fluorescentes por tubos led's en las luminarias dispuestas en cada departamento. A continuación se indican los valores de consumo de energía eléctrica en kWh durante un mes, obtenidos del cálculo de la iluminación existente en el edificio, en el que se disponen de luminarias fluorescentes de (3 x 32 W) y (2 x 40 W).

Sistema de iluminación led

El objetivo de la propuesta es reducir el consumo de energía eléctrica destinada a la iluminación fluorescente, para lograr un ahorro económico, mejorando además el nivel de iluminación actual. Los ineficientes sistemas de iluminación desperdician energía y dinero.

Se propone cambiar los tubos fluorescentes actuales de 40 y 32 W a tubos led's de 16 W; además se eliminará el balasto electromagnético, este cambio presenta un ahorro de 60%, además

se conserva el mismo plafón y se mantiene el emplazamiento actual de los plafones en el techo.

Total de tubos fluorescentes para el cambio = # de lámparas por el número de tubos.

$$\text{Total de tubos fluorescentes para el cambio} = [161 * (3 \text{ de } 32 \text{ W}) + [106 * (2 \text{ de } 40 \text{ W})] = 695$$

El total de tubos fluorescentes para el cambio es de 695.

Ventajas adicionales:

Tabla 1. Características de tubos led's

Tiene arranque instantáneo	Elimina el ruido
Operación independiente de las lámparas	Disminuye el peso del equipo
Mejora la vida útil de la lámpara	Existe una menor temperatura de operación
Tiene 1650 lm por tubo led	
La vida útil de los tubos de alta eficiencia de 16 W es de 30.000 horas y su garantía es de 5 años	

Fuente: Master Light

El desarrollo de esta propuesta consta de lo siguiente:

Inventario de luminarias fluorescentes en el edificio central, datos de placa y estimación de tiempo de utilización del sistema para calcular la energía consumida y mediciones de niveles de luminosidad.

Cálculo del ahorro en el consumo de energía

Para el cálculo se toma en cuenta únicamente la diferencia entre el consumo de energía del sistema existente y el sistema propuesto, el tipo de iluminación actual, el costo mensual de energía por dependencia, tomando en cuenta:

Las 106 luminarias existentes tienen 2 tubos fluorescentes de 40 W, más 10 W del balasto, consumen una potencia activa de 90 W, las que se propone cambiar por tubos led's de 16 W cada tubo.

Las 161 luminarias actuales tienen 3 tubos fluorescentes de 32 W, más 10 W del balasto, consumen una potencia activa de 106 W; las que se propone cambiar por tubos led's de 16 W cada tubo. Basándose en las potencias del nuevo sistema y bajo las mismas condiciones de tiempo de utilización, se calcula el consumo de energía.

$$\text{Energía 1} = \# \text{ lámparas total} * \text{Potencia} * \text{tiempo de uso al mes} = 161 \text{ lámparas} * 48 \text{ W} * 180 \text{ h al mes} = 1.391,04 \text{ kWh al mes.}$$

$$\text{Energía 2} = \# \text{ lámparas total} * \text{Potencia} * \text{tiempo de uso al mes} = 106 \text{ lámparas} * 32 \text{ W} * 180 \text{ h al mes} = 610,56 \text{ kWh al mes.}$$

$$\text{Energía consumida total del sistema propuesto} = \text{Energía 1} + \text{Energía 2 (kWh/mes)}$$

Energía consumida total del sistema propuesto = 2.001,6 kWh/mes

Análisis financiero de la propuesta del nuevo sistema de iluminación

A continuación se describe la comparación de la potencia del sistema de iluminación existente y propuesto:

ANÁLISIS FINANCIERO

$$\text{vida útil tubos led's} = \frac{30.000}{9 * 20 * 12} = 14 \text{ años}$$

Se considera la vida útil de los tubos led's de 14 años

INGRESO ANUAL = \$ 3.344,9

INVERSIÓN = \$ 15.488,75

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

$V_t = 3.344,9$ Flujo constante en todos los años

$I_0 = 15.488,75$

$n = 14$

$k = 12 \%$

$$VAN = -15.488,75 + 3.344,9 \left[\frac{1}{(1+0,12)^1} + \frac{1}{(1+0,12)^2} + \frac{1}{(1+0,12)^3} + \dots + \frac{1}{(1+0,12)^{14}} \right]$$

$$VAN = -15.488,75 + (3.344,9 * 6,64)$$

$$VAN = 6.721,4$$

CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

$$VAN = -15.488,7 + 3.344,9 \left[\frac{1}{(1+TIR)^1} + \frac{1}{(1+TIR)^2} + \frac{1}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{1}{(1+TIR)^{14}} \right] = 0$$

$$15.488,7 = 3.344,9 \left[\frac{1}{(1+TIR)^1} + \frac{1}{(1+TIR)^2} + \frac{1}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{1}{(1+TIR)^{14}} \right]$$

$$4,6 = \left[\frac{1}{(1+TIR)^1} + \frac{1}{(1+TIR)^2} + \frac{1}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{1}{(1+TIR)^{14}} \right] = \alpha$$

En Excel existe la función "TIR" que calcula directamente el valor de la Tasa Interna de Retorno y requiere como argumentos únicamente el flujo neto de caja.

Años	beneficios netos
0	-15.489
1	3.349,90
2	3.349,90
3	3.349,90
4	3.349,90
5	3.349,90
6	3.349,90
7	3.349,90
8	3.349,90
9	3.349,90
10	3.349,90
11	3.349,90

12	3.349,90
13	3.349,90
14	3.349,90
TIR	20%

TIR = 20 %

CÁLCULO DEL PERÍODO DE RECUPERACIÓN

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

$$PRS = \frac{15.488,75}{3.349,90} = 5 \text{ años}$$

PRS = 5 años

CÁLCULO RELACIÓN BENEFICIO - COSTO

$$RBC = \frac{VANB}{VANC}$$

A continuación se calcula el valor actual neto de costo y beneficio.

Valor actual neto beneficios (VANB)

$$VANB = \sum_{t=1}^{14} \frac{V_t}{(1+k)^t}$$

$$VANB = 0 + 3.349,9 \left[\frac{1}{(1+0,12)^1} + \frac{1}{(1+0,12)^2} + \frac{1}{(1+0,12)^3} + \dots + \frac{1}{(1+0,12)^{14}} \right]$$

$$VANB = 3.349,9 * 6,64$$

$$VANB = 22.246,3$$

Valor actual neto costos (VANC)

$$VANC = I_0 + \sum_{t=1}^{14} \frac{V_t}{(1+k)^t}$$

$$VANC = 15.488,75 + 0$$

$$VANC = 15.488,75$$

$$RBC = \frac{VANB}{VANC} = \frac{22.246,3}{15.448,75}$$

$$RCB = 1,4$$

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- VAN > 0.
- TIR > 20 %.
- PRS < 5 años.
- RCB > 1,4

Según los resultados del análisis financiero, ésta propuesta es atractiva económicamente ya que cumple con todos los requisitos evaluados.

CONCLUSIONES

La carga más significativa en el edificio central es la iluminación es por eso que se considera como la mejor opción de ahorro de energía, el reemplazo de las lámparas fluorescentes a tubos led's.

Con la instalación del sistema de iluminación propuesto, la potencia instalada de iluminación se reduce de 27,242 kW a 11,120 kW, lo que constituye un decremento del 59.18 %.

La sustitución de equipos informáticos amigables con el medio ambiente por los equipos en uso (antiguos), nos brindan menor consumo de energía eléctrica, mayor aprovechamiento de los recursos, aceleran los procesos informáticos, más versatilidad logrando trabajos eficientes; (impresión, escaneo, copiado y fax). Sin embargo su financiamiento es elevado por lo que no es rentable.

Se ha conseguido implementar un tablero didáctico, que permita al estudiante realizar prácticas de laboratorio. El módulo es de fácil comprensión y operación, logrando crear un entorno amigable hacia la práctica, con el objetivo de complementar la enseñanza a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

Con el planteamiento y ejecución de planes de mantenimiento predictivo y preventivo en los circuitos eléctrico y lumínicos del edificio central, se logrará mantener y prolongar la vida útil de las instalaciones eléctricas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el cambio de conductor de la acometida, así como la implementación de un tablero principal de control y fuerza el cual permita realizar monitoreos local y remoto; con el propósito de prevenir fallas en el sistema eléctrico y si es el caso corregirlas.

Al momento de readecuar o implementar significativamente áreas, departamentos o equipos eléctricos, se debe realizar con anterioridad un estudio para determinar la disponibilidad, y de ser el caso equilibrar las cargas en cada una de las fases del sistema de alimentación eléctrica, para que éste permanezca balanceado.

Es aconsejable ubicar un punto centralizado o área específica en cada piso del edificio; para el uso de cafeteras, microondas, neveras entre otros.

Estimular el desarrollo e investigación de programas que faciliten la automatización de procesos, con el fin de implementar y mejorar el funcionamiento del sistema eléctrico de la institución, como pueden ser la aplicación de procesos informáticos.

La Universidad Técnica del Norte debería realizar campañas de orientación a todos los usuarios y a la comunidad, con el fin de recomendar medidas técnicas de ahorro energético, aplicables en el entorno en el cual se desembuelven; mediante los medios de comunicación como son: UTV y Radio (UTN), con el fin de concientizar el ahorro energético en los usuarios de la Universidad Técnica del Norte y la comunidad.

Se sugiere realizar y mantener actualizada una base de datos de toda la carga instalada en el edificio central, con lo cual será más fácil realizar un levantamiento de carga.

Seleccionar apropiadamente los motores eléctricos de los ascensores (tipo y potencia), ya que el sobredimensionamiento provoca pérdida de energía.

Apagar el computador durante los períodos de reuniones o actividades similares de duración superior a una hora, al final de la jornada laboral y durante los fines de semana o días de ausencia del puesto de trabajo.

Aprovechar al máximo la luz natural para disminuir el consumo energético en luminarias.

REFERENCIAS

- Baladron, M. (2013). Primera Edición. Auditoría energética de un edificio terciario: residencia de mayores.
- Benalcazar, M. (2010). Guía para Realizar Trabajos de Grado. Ecuador.
- Cárdenas, F. (2012). Auditoría energética eléctrica del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana de Quito.
- Carrasco A, Castillo J. (2010) (tesis de Ingeniería en Mecánico Electricista). Universidad Veracruzana, Valencia, España.
- Carretera, A. García, J. (2015). ISBN. Segunda Edición. Gestión de la eficiencia energética: Cálculo del consumo, indicadores y mejora. España.
- Chuquitarco, N. Ortiz, S. (2012). Levantamiento, rediseño y auditoría energética interna del sistema eléctrico de la empresa Cereales la Pradera, para optimizar la calidad de energía eléctrica. Latacunga / ESPE.
- Comisión Europea Cómo hacer más con menos. Libro Verde sobre la eficiencia energética Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas 2005 — 45 pp. — 21 x 29,7 cm ISBN 92-79-00014-4.
- Fernandez, J. (2011). Segunda Edición. Eficiencia Energética en los Edificios. España Comunidad de Madrid. Depósito legal: M-16865-2015. Guía sobre tecnología LED en alumbrado. España.
- Hernandez. C. García, R. Primera Edición abril, 2008. ISBN 978-84-69093-86-3 Depósito legal TF 1000-08.
- Hernandez, C. García, R. (2008). ISBN. Energías renovables y eficiencia energética. Primera edición. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- Llancamán, C. Porflitt, D. (2007). PRIMERA Edición. Desarrollo de un manual de auditorías energéticas para empresas y edificios. Chile.
- Navarro, J. Móles, F. (2015). ISBN. Primera Edición. Gestión energética en plantas industriales. España.

Núñez, S. (2005). Auditoria Energética en la Escuela Politecnica. Ecuador.

Peña, A. y García, J. (2012). Segunda Edición. Gestion de la Eficiencia Energética: Cálculo del Consumo, Indicadores y Mejora. España.

Pérez, J. (2006). ISBN 9788496300231. Editorial: CREACIONES COPYRIGHT. Acometidas eléctricas. España.

Pérez, J. (2004). ISBN 9788496300033. Editorial: CREACIONES COPYRIGHT. Insalaciones eléctricas de enlace en edificios. España.

Rey, F. Gómez, E. (2006). ISBN 9788497324199. Editorial Paraninfo. Eficiencia energética en edificios. Ediciones Paraninfo. España.

SIEMENS, A. (2014). Sistema de automatización S7-200, "Manual del sistema C79000-G7078-C230-02 ". Alemania.

Yunus A. Cengel, M. A. (2009). Termodinámica. Mexico: Mc Graw- Hill.

BIOGRAFÍA

Autor.- Edison Tulcán. Nació el 23 de Agosto de 1990. Realizó sus estudios secundarios en ITS "17 de Julio" donde obtuvo el título de Bachiller técnico en Electricidad. Culminó sus estudios en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en el 2013. Fue Presidente de CIMANELE en el periodo 2012 – 2013.

Autor.- Raúl Recalde. Nació en la ciudad de Urcuquí el 21 de Julio de 1990. Realizó sus estudios secundarios en la Colegio Nacional Técnico Urcuquí donde obtuvo el título de Bachiller en la especialidad de Mecánica Industrial. Culminó sus estudios en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en el 2014.