

GUÍA DE ESTUDIO DEL POTENCIAL DE AHORRO ELÉCTRICO

STUDY GUIDE OF THE POTENTIAL OF ELECTRIC SAVING

**AUTOR**

MARÍA ISABEL GARCÍA FAJARDO
Ingeniera en Automática Industrial
*Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones
Ms (c) en Automática
garciafajardo@unicauca.edu.co
COLOMBIA

AUTOR

JUAN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA
Magister en Ingeniería Electrónica
*Universidad del Cauca
Docente Planta Tiempo Completo
Facultad de Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones
jflorez@unicauca.edu.co
COLOMBIA

***INSTITUCIÓN**

Universidad del Cauca
UNICAUCA
Universidad Pública
Calle 5 No. 4 - 70
rectoria@unicauca.edu.co
COLOMBIA

INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN O DEL PROYECTO: Esta investigación realiza un estudio del potencial de ahorro eléctrico de las instalaciones del sector Santo Domingo de la Universidad del Cauca, mediante el análisis del consumo actual de los edificios que conforman el sector, se identifican áreas y equipos que representan mayor consumo de energía eléctrica al mes. Finalmente, se proponen medidas de ahorro eléctrico para el sector que sea económicamente sustentable.

RECEPCIÓN: 8 de Abril de 2016

ACEPTACIÓN: 14 de Julio de 2016

TEMÁTICA: Competitividad y productividad.

TIPO DE ARTÍCULO: Investigación e Innovación

Forma de citar: García Fajardo, M. I. (2016). Guía de estudio del potencial de ahorro eléctrico según NTC ISO 50001. En R, Llamosa Villalba (Ed.). Revista Gerencia Tecnológica Informática, 15(42), 53-67. ISSN 1657-8236.

RESUMEN ANALÍTICO

Este artículo presenta resultados de una guía propuesta para estudio del potencial de ahorro eléctrico en las instalaciones de un edificio. En la literatura se identificaron procedimientos primordiales para el análisis de consumo de energía eléctrica en una instalación, mediante los cuales se diseñó una guía que consta de cuatro fases: Análisis de la instalación, análisis de la información, identificación del potencial de ahorro y propuestas de medidas de ahorro, las cuales se aplicó al sector Santo Domingo de la Universidad del Cauca, compuesto por 4 edificios localizados en el centro histórico de la ciudad de Popayán a los cuales llega una única factura de cobro de energía eléctrica. El proceso implicó realizar el inventario de 2.203 equipos consumidores de energía eléctrica en todos los edificios, verificando el estado de las instalaciones eléctricas y las características de diseño de cada edificio, estimando un consumo mensual de energía en el sector de 20.298,61 KWh, del cual el 49% corresponde al Claustro Santo Domingo, siendo el edificio de mayor consumo, el 64% del consumo total del sector equivalente a 13.021,43 KWh se presenta en iluminación por lo que se consideró como potencial de ahorro eléctrico. Finalmente, se propuso como medida de ahorro el cambio de luminaria actual por tecnología Led, proyectando un consumo mensual aproximando de 13.802,95 KWh que significa un ahorro del 32% mensual, mediante análisis de costo-beneficio se determinó que el tiempo de recuperación de dicha inversión es de 2.3 años una vez implementada la medida de ahorro.

PALABRAS CLAVES: Potencial de ahorro eléctrico, consumo de energía eléctrica, instalaciones eléctricas, medidas de ahorro, tecnología Led, análisis costo-beneficio.

ANALYTICAL SUMMARY

This paper presents the results from a proposed guide to study the potential electricity savings of a building. In literature were identified important procedures for the energy analysis consumption in a particular place. This information was used in order to develop a guide of four phases: The first one, related to the installation Analysis, the second one, information analysis, the third one, the potential savings identification and finally, the last one related to some saving proposal measures. This procedure was applied to Santo Domingo's faculty from University of Cauca. This place is formed by four buildings located at the historic center from Popayan city with only one energy bill. The process started making an inventory of 2,203 electric energy consuming equipment in the buildings, checking the status of electrical installations and the design features of each building, it was estimated a monthly energy consumption around 20.298,61 KWh, which 49% corresponds to Santo Domingo, being the building of more energy consumption. The 64% of the total energy consumption was around 13,021.43kWh, this quantity is related to lighting, and then, it was considered as potential electricity savings. Finally, it was proposed as an economy measurement to migrate from the current lighting technology to LED technology, projecting a monthly consumption of 13.802,95 KWh which means a saving of 32% per month. Considering the cost-benefit analysis, it was found that recovery time of this investment is 2.3 years once implemented the saving measure.

KEYWORDS: Energy power saving potential, energy power consumption, electrical installation, saving measures, Led technology, cost-benefit analysis.

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de recursos naturales energéticos ha representado a lo largo de la historia un pilar fundamental del desarrollo social y tecnológico de la humanidad, percibiéndose una continua actualización en los métodos tanto de explotación como de aplicación para dar satisfacción a las necesidades de la sociedad [1]. Sin embargo, el uso irracional de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) ha conllevado al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

causantes del cambio climático, amenaza ambiental más grande del último siglo [2]. Por ello surge la necesidad de estudiar estrategias e implementar medidas y acciones que permitan el uso eficiente de la energía eléctrica.

La International Organization for Standardization (ISO) presenta la norma ISO 50001 que establece los requisitos de Sistemas de Gestión de Energía, cuyo propósito es facilitar a las organizaciones diseñar sistemas y procesos para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y uso racional de la energía [3].

La guía para el uso eficiente de energía desarrollada por la dirección general de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid (España) [4], determina procedimientos necesarios para llevar a cabo auditorías energéticas reconociendo las ineficiencias de los sistemas principales de consumo energético en oficinas y despachos. En [5] se presenta un modelo de diagnóstico energético en una institución educativa, que incluye el análisis de los consumos históricos, el consumo actual, la identificación de las áreas críticas de consumo de energía y finalmente presenta alternativas para disminuir el consumo de energía, dentro de las cuales se encuentra la sustitución de equipos de iluminación, la modificación de los hábitos y mejoras en la gestión de la energía, finalmente realiza el análisis del ahorro de energía obtenido con la modificación de la jornada laboral. En [6] se diseñó un procedimiento para la planificación energética teniendo en cuenta los requerimientos de la NC-ISO 50001, adecuación de ISO 50001 para Cuba, aplicable a organizaciones de producción o de servicios, implementada en la empresa Oleohidráulica Cienfuegos, el cual consiste de cuatro etapas, a partir de las cuales se establece una línea base y metas energéticas, finalmente se diseñan planes de mejora que en su mayoría involucran inversiones económicas, pero no se realiza el análisis económico respectivo a dichos planes.

Con la aprobación en Colombia de la Ley 697 de 2001, que fomenta el uso racional y eficiente de la energía y se promueve la utilización de energías renovables alternativas, se crea el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y fuentes no convencionales "PROURE" que tiene un plan de acción al 2015 con visión al 2020 [7], diseñado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) del Ministerio de Minas y Energía. En junio de 2011 se aprobó en Colombia la Norma Técnica Colombiana (NTC ISO 50001), Sistemas de Gestión de la Energía, adecuación para Colombia de la ISO 50001 [8]. Por otra parte, la Ley 1715 de 2014 promueve la utilización de fuentes de las energías renovables no convencionales en el Sistema Energético Nacional [9].

En [10] se plantea un modelo de gestión energética basado en la (NTC ISO 50001) para la Universidad Autónoma de Occidente a partir de un diagnóstico energético realizado en sus instalaciones, se propuso un sistema de medición y control diario del consumo de energía en la Universidad y finalmente se realizan recomendaciones que permiten optimizar y reducir el consumo de energía en el sistema de aire acondicionado, iluminación y equipos de cómputo, mayores consumidores de energía en la Universidad. En [11] se evaluó el estado de gestión energética en una compañía productora de cemento y mediante herramientas

estadísticas se determinaron potenciales de ahorro energético basándose sólo en energía no asociada a la producción y no en cambios tecnológicos sobre equipos y procesos, se implementó el Sistema de Gestión Energética durante un año, logrando la reducción del 4,6% del consumo de energía eléctrica de la compañía. En [12] se realizó un proyecto que tiene en cuenta la (NTC ISO 50001) para mejorar la gestión de la energía en la clínica Nuestra Señora del Rosario, donde se usa una metodología planteada para la Revisión Energética, realizando un análisis y diagnóstico energético a las instalaciones de la clínica y proponiendo estrategias de ahorro de energía en áreas específicas que representan un mayor consumo de energía eléctrica.

A nivel local, la Compañía Energética del Occidente, está desarrollando un proyecto dentro de sus instalaciones denominado "Plan de Eficiencia Energética para la Compañía Energética de Occidente", donde se implementan una serie de medidas definidas sobre un diagnóstico elaborado técnicamente y soportado sobre una evaluación económica, incluyendo mejora de hábitos de consumo [13].

Los planes, normas y guías mencionadas anteriormente ofrecen modelos de procedimientos generales necesarios para que una organización inicie un uso eficiente de los recursos energéticos, pero no brindan las orientaciones precisas de cómo realizar un estudio del consumo energético total de una organización ni mucho menos permiten derivar propuestas de mejoramiento basadas en la relación costo-beneficio. Por tal razón se plantea demostrar cómo un procedimiento sistemático organizado en guía para llevar a cabo el estudio del potencial de ahorro eléctrico en una organización conduce a un propuesta de mejoramiento basada en una relación costo –beneficio. El procedimiento se aplica y valida en la Universidad del Cauca y los resultados obtenidos han generado un primer paso para el uso eficiente de la energía en el alma mater.

En la Sección 2 se presentan las herramientas y fases del procedimiento diseñado para realizar el estudio del potencial de ahorro eléctrico; la Sección 3 presenta los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento diseñado y en la Sección 4 se consignan las conclusiones.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

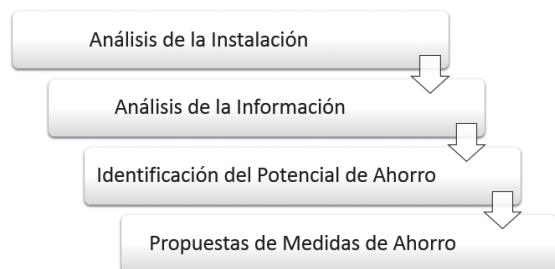
Partiendo de la NTC ISO 50001 [8] y teniendo en cuenta trabajos realizados, a nivel local [13], nacional [12] e internacional [4], se infiere que para realizar estudios del potencial de ahorro eléctrico, existen diversas metodologías, aún así se identifican procedimientos similares como:

- Realización de inventario de equipos consumidores de energía.
- Estimación de consumos energéticos.
- Análisis de datos e identificación de posibles puntos de ahorro.
- Estudio y selección de medidas de reducción.
- Elaboración de plan de acción.

Por lo que se propone un procedimiento para realizar el estudio del potencial de ahorro eléctrico en una instalación en cuatro fases: análisis de la instalación, análisis de la información, identificación del potencial de ahorro y propuesta de medidas de ahorro (Figura 1). Para ello se usan como herramientas:

- Planos del edificio
- Permisos de acceso al edificio
- Formatos de tablas
- Formatos de encuestas
- Pinza voltiamperimétrica
- Portátil o tableta
- Cámara fotográfica
- Microsoft Excel

FIGURA 1. Procedimiento de estudio del potencial de ahorro eléctrico de cuatro fases.



Cada fase contiene procedimientos específicos que varían según las características del edificio y los servicios que allí se presten. A continuación se detalla cada fase.

2.1 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN

Realizar análisis de la instalación implica identificar: características de diseño del edificio, comportamiento de equipos consumidores de energía y cuanto aportan al consumo total del edificio, conocer el historial de consumo de los últimos meses y conocer sobre hábitos de consumo de empleados, profesores, estudiantes y personas en general que ingresan a diario a las instalaciones. Si se realiza el estudio en un sector que comprende más de un edificio, es necesario organizar

un plan de acción teniendo en cuenta características como: tamaño, áreas de trabajo, complejidad de las actividades que allí se realizan y conocimiento del mismo, con el fin de evitar pérdida de tiempo e incomodidad a las personas. El análisis de la instalación implica un proceso de recolección de información y se organiza en un procedimiento de cuatro pasos:

1. Observación de instalaciones eléctricas y características de diseño del edificio.
2. Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica.
3. Recopilación de consumos históricos.
4. Encuestas hábitos de consumo de energía.

2.1.1 Observación de instalaciones eléctricas y características de diseño del edificio

Durante el proceso de recolección de información, es importante observar el estado de las instalaciones eléctricas y características de diseño del edificio, para ello se debe registrar por área de trabajo:

1. El estado de interruptores y toma corrientes.
2. Si la iluminación es focalizada o general.
3. Distribución de luminarias en las áreas de trabajo.
4. Número interruptores por número de luminarias.
5. Existencia de sensores que activen iluminación o sistemas de aire acondicionado.
6. Elementos de infraestructura que permitan aprovechar iluminación natural (ventanas, claraboyas, etc).
7. Distribución de los puestos de trabajo.

Estos siete aspectos generalmente se pasan por alto al realizar el análisis de instalaciones del edificio, ya que típicamente se limita solo a información de consumo energético de equipos eléctricos. Tener en cuenta los aspectos listados anteriormente facilita el desarrollo de la fase 4 de la metodología propuesta.

2.1.2 Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica

Esto es útil para estimar el consumo de energía eléctrica del edificio, ya que los tipos de equipos, cantidad y horas de uso influyen directamente en la demanda eléctrica.

Para realizar el inventario de equipos se propone la Tabla 1, que recoge información necesaria para determinar el consumo de energía de los equipos existentes en el edificio.

TABLA 1. Equipos consumidores de energía eléctrica.

(NOMBRE EDIFICIO)									
Nombre del Equipo	Cantidad	Ubicación	Grupo	Potencia Equipo (Watts)	Potencia consumida (Watts)	Utilización (h/día)	Utilización (día/mes)	Consumo Día (E=P*t)	Consumo Mes (KWh)
Consumo de energía total al mes (Nombre del edificio)									

2.1.3 Recopilación de consumos históricos

Recopilar las facturas de energía eléctrica de al menos doce meses atrás, es necesario para observar el comportamiento del consumo de energía real del

edificio. Teniendo en cuenta la información general que traen las facturas de energía eléctrica como: periodo de facturación, consumo de energía activa, tarifa mensual, etc. se propone la Tabla 2 para recolección de los consumos históricos.

TABLA 2. Consumos históricos del sector.

INVENTARIO DE LAS FACTURAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SECTOR DE SANTO DOMINGO							
Fecha expedición	Periodo facturación	Consumo Energía Activa (KWh)	Tarifa regulada mes (\$/KWh)	Tarifa No regulada mes (\$/KWh)	Valor \$ cargos prom. regulados	Valor \$ cargos prom. No regulados	Total \$

El contenido de la Tabla 2 puede variar según el operador de red, pues presentan de variadas formas la misma información en sus recibos.

2.1.4 Encuestas hábitos de consumo

Las encuestas son útiles para realizar una mejor estimación de los consumos de energía eléctrica e identificar aquellas pautas de comportamiento que deben ser modificadas para evitar consumos innecesarios; la encuesta se debe realizar al total del personal que labora en el edificio si este no supera las 100 personas, de lo contrario se debe extraer una muestra que dependerá del tamaño de la población, teniendo en cuenta que a mayor población, se necesita menor porcentaje.

Entre las preguntas que se deben incluir en un formulario de encuesta se proponen:

1. ¿Deja luces encendidas cuando sale de la oficina y ésta se queda vacía?
2. ¿Utiliza la configuración de ahorro de energía en los equipos de oficina (PC, impresora, fotocopiadoras, etc.)?
3. ¿Deja el computador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlo?
4. ¿Desenchufa aparatos electrónicos y cargadores

cuando no los usa y al terminar la jornada?

5. ¿Carga la batería de su teléfono móvil o computador portátil en las instalaciones del edificio?

2.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de información recolectada debe responder preguntas como: ¿Cuál es el consumo de energía eléctrica mensual y anual del edificio?, ¿Cuál es el área o dependencia que presenta mayor consumo?, ¿Cuál equipo influye más en el aumento de dicho consumo?, ¿Cuál es la influencia de los malos hábitos de empleados en el consumo total del sector?; tener clara esta información es fundamental para identificar el potencial de ahorro eléctrico en el edificio.

2.2.1 Análisis equipos consumidores de energía eléctrica

Una vez realizado el inventario de equipos consumidores de energía eléctrica en las instalaciones del edificio, se realizan los cálculos correspondientes para identificar los consumos mensuales y anuales de las áreas del edificio (Ecuaciones 1 y 2). Si el área cuenta con equipos trifásicos se hace necesario aplicar la Ecuación 3, ésta ecuación es válida si el sistema trifásico está balanceado.

$$\text{Consumo Día} = \left(\text{Utilización} \frac{h}{\text{día}} \right) * (\text{Potencia consumida Watts}) \quad (1)$$

$$\text{Consumo Mes KWh} = \frac{\left(\text{Consumo Día} * \text{Utilización} \frac{\text{día}}{\text{mes}} \right)}{1000} \quad (2)$$

$$P = I * V * \sqrt{3} * FP \quad (3)$$

- Áreas de mayor consumo:

Para identificar el porcentaje de consumo mensual que le corresponde a las distintas áreas del edificio, se parte de la información obtenida durante el análisis de la instalación realizado previamente.

- Consumo energético de los equipos:

Para analizar el consumo de los diferentes equipos de las instalaciones, se propone organizar estos en grupos dependiendo del tipo de carga: Iluminación, Equipos ofimáticos (Impresora, Fotocopiadora, Computador, etc.) Electrodomésticos (Estufa, Nevera, Televisor, etc.), Acondicionamiento (Ventilador, aire acondicionado, etc.) y Otros; esto facilita identificar los equipos que presentan mayor porcentaje de consumo de energía eléctrica.

2.2.2 Análisis consumos históricos

Los consumos registrados en las facturas de meses anteriores ilustran el comportamiento del consumo de energía eléctrica real del edificio. En un caso ideal estos consumos serían iguales mes a mes, sin embargo en la práctica el consumo varía por diferentes factores como: vacaciones, actividades extras, mantenimientos, etc. por lo que es necesario determinar un consumo mensual promedio (Ecuación 4).

$$\text{Prom. Consumos históricos} = \frac{\text{Sum. Consumos históricos}}{\# \text{ facturas}} \quad (4)$$

- Consumo estimado vs Consumo real

El consumo obtenido mediante el inventario de equipos debe corresponder al consumo promedio obtenido mediante las facturas de energía, claro está, bajo una situación ideal. Sin embargo, en la práctica los resultados obtenidos presentan diferencias, ya que es difícil conocer con exactitud datos como número de horas de uso de un equipo, en este caso se hacen estimaciones. Se asume un margen de error, donde se considera resultados bien calculados si la diferencia entre consumo real y consumo estimado es $\pm 10\%$ [4].

2.2.3 Análisis encuestas hábitos de consumo

Las encuestas realizadas brindan información sobre buenos y malos hábitos de consumo de energía por parte del personal del edificio. El propósito es observar la influencia de los malos hábitos en el consumo de energía del edificio, pues en ocasiones los elevados consumos de energía obedecen a uso ineficiente de equipos eléctricos, ya sea por desconocimiento de pautas de ahorro de energía o por falta de concientización.

2.3 IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO.

Generalmente el uso ineficiente de equipos de oficina, electrodomésticos y demás aparatos consumidores de energía, la falta de mantenimiento periódico tanto de los equipos como de las instalaciones eléctricas, los malos hábitos de consumo y sobre todo el desconocimiento de cómo se está utilizando la energía en las instalaciones, son causantes de altos consumos de energía. Por lo tanto, para identificar el potencial de ahorro en una edificación se deben plantear preguntas como: ¿Cuál es el proceso, el grupo o equipo donde se presenta el mayor porcentaje de consumo de energía?, ¿Qué implica el aumento del consumo?, ¿Se puede eliminar, modificar o sustituir este proceso, grupo o equipo?

Es común que los equipos de mayor consumo sean indispensables para el proceso productivo que se realiza en el edificio, impidiendo ser eliminados o modificados, o que existan limitaciones para realizar modificaciones en su estructura con el fin de aprovechar luz natural. Estos aspectos se deben tener en cuenta al identificar el potencial de ahorro eléctrico en un edificio.

2.4 PROPUESTAS DE MEDIDAS DE AHORRO

Las medidas de ahorro de energía eléctrica a implementarse en un edificio pueden o no requerir de inversiones económicas, por ejemplo, concientizar al personal hacia el uso racional de la energía no requiere de inversiones económicas y la reducción en el consumo es inmediata, por otra parte, el cambio de equipos viejos u obsoletos por tecnologías más eficientes y la implementación equipos eléctricos sencillos como temporizadores o sensores, requieren de una inversión económica considerable cuyo tiempo de recuperación es generalmente mayor a un año, mientras que la implementación de sistemas de energías renovables requieren grandes inversiones económicas, cuyo tiempo de recuperación es generalmente mayor a 10 años.

Según [4], estas medidas pueden conseguirse a través de uno o varios de los siguientes aspectos:

- Modificación de los hábitos y pautas de consumo.
- Inversión económica.
- Cambios en la gestión.

Para determinar las medidas de ahorro se requiere tener un alto nivel de conocimiento acerca del comportamiento energético del edificio, cómo es la demanda de energía y dónde se presenta el mayor consumo, por lo tanto, para el diseño de las medidas de ahorro se debe partir de los resultados obtenidos durante las Fases 1, 2 y 3. Finalmente, aplicar procedimientos que permitan analizar la relación costo – beneficio, es decir, cuantificar la inversión, el ahorro de energía obtenido y el tiempo de recuperación de la inversión para cada una de las medidas de ahorro que se planteen y así determinar cuál o cuáles son las más apropiadas para ser implementadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento diseñado se aplicó al sector Santo Domingo de la Universidad del Cauca. Este comprende cuatro (4) edificios: claustro Santo Domingo, claustro El Carmen, la Unidad de Salud y el Instituto de Posgrados localizado en la Casa Rosada; edificios de arquitectura clásica localizados en el centro histórico de la ciudad de Popayán, separados entre sí no más de dos cuadras eléctrica de estos edificios existe un único medidor localizado en el claustro Santo Domingo, por lo que llega solo una única factura de cobro de la Empresa Municipal de Energía Eléctrica S.A. lo cual dificulta conocer el consumo mensual de energía de cada uno de los edificios.

FIGURA 2. Mapa edificios Sector Santo Domingo.



Fuente: Google Maps.

3.1 ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN

3.1.1 Observación instalaciones eléctricas y características de edificios sector Santo Domingo

Los edificios universitarios e históricos, presentan particularidades y desafíos para un buen análisis de la instalación, ya que presenta variedad de sitios como: oficinas administrativas, de profesores, de investigadores, salones de clase, cafeterías, bibliotecas, que exigen organizar un plan de acción con cuidado.

El plan de acción determinó iniciar con la recolección de la información por el edificio El Carmen, debido a que presenta menor complejidad por ser un edificio

compuesto principalmente de oficinas y salones de clase, luego se continuó con los edificios de la Unidad de Salud y la Casa Rosada, que son edificios de menor tamaño y finalmente el claustro Santo Domingo que comprende salones, oficinas administrativas, auditorios e incluso la planta de emergencia y una subestación eléctrica.

Durante el proceso de análisis de la instalación se encontraron problemas debidos a los acabados históricos propios de los edificios y en general mala distribución de luminarias e interruptores, que influyen significativamente en el consumo energético del sector. La Tabla 3 consigna la información relacionada con el estado de las instalaciones eléctricas y el diseño de los edificios del sector Santo Domingo.

TABLA 3. Estado instalaciones eléctricas y características de diseño del sector Santo Domingo.

Estado interruptores y toma corrientes.	
Ubicación	Observación
Oficina de pensionados (Unidad de Salud)	Interruptores y cables están separados de la pared
Dirección de Posgrados (Casa Rosada)	Interruptores y cables están separados de la pared
Distribución de las luminarias en áreas de trabajo/ independencia de los circuitos de iluminación.	
Ubicación	Observación
Biblioteca (El Carmen)	Carencia de interruptores para la totalidad de lámparas
Oficina de Planeación (Santo Domingo)	2 interruptores para 16 lámparas
la Oficina de Coordinadores (Santo Domingo)	2 interruptores para 17 lámparas

Iluminación en los puestos de trabajo (Ubicación)	Focal	General
Oficina de Planeación (Santo Domingo)		x
la Oficina de Coordinadores (Santo Domingo)		x
Existencia de más de un puesto de trabajo con una sola luminaria o un puesto con exceso de lámparas		
Ubicación	Observación	
Oficina de Planeación (Santo Domingo)	Puestos de trabajo con una sola luminaria	
Existencia de sensores que activen la iluminación (Ubicación)	Sí	No
Baños públicos (Unidad de Salud)	x	
Condiciones de infraestructura para aprovechar la iluminación natural (ventanas, claraboyas, etc).		
Ubicación	Observación	
Sala de trabajo Biblioteca (El Carmen)	Claraboya sobre las mesas de trabajo de la biblioteca	

3.1.2 Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica en sector Santo Domingo

Mediante el inventario de equipos se obtuvo información sobre la cantidad y tipos de equipos consumidores de

energía de cada edificio del sector Santo Domingo. La Tabla 4 contiene una muestra de los 2.203 equipos obtenida durante el inventario realizado en el claustro Santo Domingo.

Tabla 4. Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica en el claustro Santo Domingo.

Nombre Equipo	Cant.	Ubicación	Grupo	Pot. Equipo (Watts)	Pot. Cons. (Watts)	Util. h/día	Util. días/mes	Cons. Día	Cons. Mes (KWh)
Tubo fluor. T12 (x2) (75W)	4	Salón 101	Iluminación	150	600	4,4	20	2640	52,8
TV Plasma	1	Salón 111	Electrodomésticos	130	130	0,16	20	20,8	0,416
PC escritorio	12	Sala de sistemas	Equipos ofimáticos	100	1200	3	20	3600	72
Greca	1	Cafetería	Electrodomésticos	450	450	2	20	900	18
Bombilla fluorescente espiral	24	Patio principal 1er piso	Iluminación	20	480	4	20	1920	38,4

3.1.3 Recopilación consumos históricos del sector Santo Domingo

Se consideraron 24 facturas de consumo de energía eléctrica del sector Santo Domingo correspondiente a los meses de Enero de 2012 hasta Diciembre de 2013. De toda la información brindada en las facturas, es relevante para el desarrollo del proyecto considerar:

1. Consumo mensual energía activa
2. Periodo de facturación
3. Tarifa promedio no regulada
4. Tarifa promedio regulada
5. Consumo mensual energía reactiva
6. Tarifa energía reactiva
7. Cobros extras.

La tarifa mensual para el KWh esta determinada por la suma de dos tarifas: cargos regulados y cargos no regulados. Al promediar las tarifas se obtiene una tarifa promedio mensual de \$232,9 por KWh. La moneda usada es peso colombiano. Con respecto al consumo de energía reactiva; el promedio en el sector Santo Domingo durante los últimos dos años es de 1,54 KVArh con una tarifa mensual promedio \$107,77.

3.1.4 Encuestas hábitos de consumo en el sector Santo Domingo

La encuesta se aplicó al azar a una muestra de 120 personas, 54 empleados administrativos, 16 docentes y 50 estudiantes del sector Santo Domingo. La tabla 5 consigna las preguntas realizadas.

TABLA 5. Tipos de preguntas realizadas en sector Santo Domingo.

Preguntas encuestas hábitos de consumo	
Docentes y Administrativos	Estudiantes
¿Apaga las luces cuando sale de la oficina y ésta se queda vacía?	¿Apaga las luces cuando sales del salón y/o baños cuando estos se quedan vacíos?
¿Aprovecha la luz natural en su lugar de trabajo?	¿Carga la batería de tu celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?
¿Utiliza la configuración de ahorro de energía en los equipos de la oficina (PC, impresoras, fotocopiadoras, etc.)?	¿Desconecta los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utilizas?
¿Mantiene el computador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlos?	¿Desconecta los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utilizas?
¿Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza y al terminar la jornada?	¿Carga la batería de tu celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?
¿Carga la batería de tu celular o computador portátil en las instalaciones de la Universidad?	¿Como calificaría sus hábitos de consumo de energía eléctrica dentro de las instalaciones de la Facultad?
¿Reporta rápidamente algún daño en las instalaciones eléctricas de su lugar de trabajo?	¿Cree que es importante hacer un buen uso de la energía eléctrica en la Facultad?
¿Realiza o solicita mantenimiento periodico a los equipos de su oficina?	¿Cree que es importante hacer un buen uso de la energía eléctrica en la Facultad?
¿Pone en práctica algun plan de ahorro de energía en su oficina?	¿Cree que es importante hacer un buen uso de la energía eléctrica en la Facultad?
¿Como calificaría sus hábitos de consumo de energía eléctrica en su lugar de trabajo?	¿Cree que es importante hacer un buen uso de la energía eléctrica en la Facultad?
¿Le parece bien que la Universidad del Cauca ponga en marcha un plan de uso racional de la energía eléctrica y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo energético de los centros de trabajo?	

Para las diversas preguntas se diseñaron respuestas tipo seleccionables. Tres fueron las opciones planteadas: Siempre / Casi siempre / Algunas veces / Nunca / No es posible, Bueno / Muy bueno / Regular / Malo, Sí / No.

3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.2.1 Análisis de equipos consumidores de energía eléctrica según inventario

Según el inventario de equipos consumidores de energía eléctrica en el sector Santo Domingo Se estimó un consumo mensual de energía de aproximadamente 20.298,61KWh, del cual el 49% corresponde al Claustro Santo Domingo, el 33% al Claustro El Carmen, el 12% a la Unidad de Salud y finalmente el 6% a la Casa Rosad, ver Tabla 6.

TABLA 6. Distribución del consumo de energía por edificio en el sector Santo Domingo.

Edificio	Consumo(KWh)	%
Claustro Santo Domingo	9900,14	49
Claustro El Carmen	6600,22	33
Unidad de Salud	2489,12	12
Casa Rosada	1309,13	6

El mayor consumo de energía en el sector Santo Domingo se ve reflejado en el sistema de Iluminación, pues este representa el 64% del consumo total, ver Tabla 7. Esto se debe a la existencia de 1750 luminarias, de las cuales el 92% son fluorescentes con potencias variables de 17W a 100W y de 150W a 400W en el caso de los reflectores, las cuales están encendidas un promedio de 5 horas a día.

TABLA 7. Distribución del consumo de energía por grupos de cargas en sector Santo Domingo.

Grupo	Consumo (KWh)	%
Iluminación	13021,43	64
Equipos Ofimáticos	5757,41	28
Electrodomésticos	1028,77	5
Acondicionamiento	353	2
Otros	138,1	1

La distribución del consumo mensual de energía por grupo en cada edificio es similar, siendo la iluminación la que demanda mayor porcentaje de energía en el Claustro Santo Domingo, Claustro El Carmen y la Casa Rosada, sólo en la Unidad de Salud el mayor consumo de energía se ve reflejado en los equipos ofimáticos, ver Tabla 8.

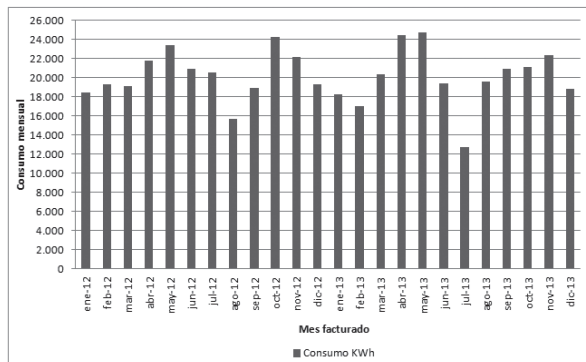
TABLA 8. Distribución estimada por grupos de consumo eléctrico edificios sector Santo Domingo.

Edificio	Consumo total (KWh)	Consumo mensual por grupo				
		Iluminación (KWh)	Equipos Ofimáticos (KWh)	Electrodomésticos (KWh)	Acondicionamiento (KWh)	Otros (KWh)
Claustro El Carmen	6600,22	4767,22 (72%)	1607,22 (25%)	218,98 (3%)	0 (0%)	6,8 (0%)
Unidad de Salud	2489,12	849,28 (34%)	1047,07 (42%)	255,36 (10%)	248,4 (10%)	89 (4%)
Casa Rosada	1309,13	941,22 (72%)	354,39 (27%)	12,61 (1%)	0,9 (0%)	0 (0%)
Claustro Santo Domingo	9900,14	6463,71 (65%)	2748,72 (28%)	541,81 (6%)	103,7 (1%)	42,2 (0%)

Usando la tarifa promedio KWh de consumos históricos, se estimó un consumo por año aproximado en todo el sector Santo Domingo de 243.583,32 KWh, equivalente a \$56'672.259,21.

3.2.2 Análisis consumos históricos

El consumo mensual del sector Santo Domingo durante el 2012 y el 2013 exhibe un comportamiento variable, donde se logra evidenciar que se presenta una disminución en el consumo durante los meses de vacaciones correspondientes a enero, febrero, julio y agosto (Figura 3). Se calcula un consumo mensual promedio de 20.167 KWh.

FIGURA 3. Consumos históricos sector Santo

Se calculó un consumo real anual aproximado 242.004 KWh equivalente a \$56'360.009,1.

- Consumo Estimado vs Consumo Real

El consumo energético estimado mediante el inventario de equipos es de 20.298,61 KWh y el consumo real determinado promediando las facturas recolectadas es 20.167 KWh, para una diferencia de 131,61 KWh equivalente al 0,66% del consumo real, obteniendo

un resultado mucho más acotado a cero que el recomendado en [3].

3.2.3 Análisis encuestas hábitos de consumo

Las encuestas realizadas a administrativos, docentes y estudiantes del sector Santo Domingo permiten identificar cuatro aspectos principales que implican de manera indirecta un aumento en el consumo mensual de energía eléctrica del sector:

- Desconocimiento del uso eficiente de equipos
- Falta de concientización
- Limitaciones en los circuitos de iluminación
- Limitaciones por características históricas de los edificios.

Es de importancia y utilidad para el planteamiento de medidas de ahorro que el 100% de los encuestados, manifestaran como positivo que la institución ponga en marcha un plan de uso racional de la energía eléctrica y campañas informativas, entre empleados y estudiantes para reducir el consumo energético en el centro educativo.

3.3 IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO

En 3.2.1 se evidencia que las lámparas fluorescentes equivalen al 92% de la luminaria actual, sin embargo la iluminación es el grupo que representa el 64% del consumo total de energía. Esto se explica debido a las características de pobre iluminación natural de los edificios históricos, que conlleva una alta cantidad de lámparas y un uso continuo de las mismas. Por lo tanto, se considera un potencial de ahorro eléctrico el cambio de las luminarias "ahorradoras" por tecnologías más eficientes; pero en consonancia con una campaña cultural de uso racional de la energía eléctrica, entre empleados y estudiantes del sector, para mejorar los

hábitos de consumo. Este es un componente importante del potencial de ahorro eléctrico que se debe tener en cuenta si se quiere lograr un ahorro económico aún mayor en el consumo mensual.

3.4 PROPUESTAS DE MEDIDAS DE AHORRO

Las propuestas de medidas de ahorro que se plantean a continuación son consecuencia de los resultados obtenidos durante la realización de las tres primeras fases, por lo tanto para disminuir el consumo de energía en el sector Santo Domingo se propone:

- Cambio de la luminaria actual por luminaria más eficiente.
- Promover el uso racional y eficiente de la energía.
- Instalación de sensores de presencia para el encendido y apagado de luminarias en áreas comunes.
- Mantenimiento y limpieza de las ventanas, claraboyas, cubiertas y demás instalaciones que permiten optimizar la iluminación natural.
- Modificación y redistribución de lámparas, tomacorrientes e interruptores en áreas específicas.
- Mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Cada una de las anteriores medidas de ahorro requiere de un análisis técnico y económico, en el cual se determine el ahorro esperado, la inversión necesaria, los beneficios y el tiempo de recuperación de la inversión. En el presente trabajo se aborda en detalle la medida de ahorro correspondiente al cambio de la luminaria actual por luminaria más eficiente.

3.4.1 Cambio de luminaria actual por luminaria más eficiente

Las lámparas fluorescentes consumen hasta trece veces menos potencia que las lámparas incandescentes, emiten más luz que las incandescentes de la misma potencia, su luz es más uniforme y su área de iluminación es mayor, el foco se calienta mucho menos que las incandescentes y la vida útil esta entre 5000 y 7000 horas, sin embargo son fuente de discusión debido a los graves problemas de contaminación por gases de mercurio que conlleva esta tecnología cuando sufren ruptura o son recicladas [14]. Por lo que, el desarrollo de la tecnología Led de luz blanca

brinda una alternativa de iluminación eficiente. Esta tecnología presenta grandes ventajas en comparación a focos incandescentes y lámparas fluorescentes. Las lámparas Led presentan requerimientos bajos de voltaje y consumo lo que las hace más eficientes, consumen aproximadamente un 90% menos que las incandescentes de uso común y el 30% menos que la mayoría de las lámparas fluorescentes, además no contienen ninguna sustancia toxica [15].

Con lo anterior se observa que plantear como medida de ahorro el cambio de las luminarias existentes por luminarias Led es una opción para disminuir el consumo eléctrico del sector. La desventaja más grande que presenta la tecnología Led es su elevado costo con respecto a la luminaria fluorescente. Por lo tanto, para determinar el impacto económico y de consumo energético en el sector al implementar ésta medida, es necesario determinar una relación costo-beneficio.

3.4.2 Análisis costo - beneficio

Para realizar el análisis costo - beneficio del cambio de luminarias del sector Santo Domingo a Leds se realizan las siguientes actividades [16]:

- Clasificar la luminaria actual existente en el sector Santo Domingo.
- Identificar el tipo de luminaria Led que reemplazaría la luminaria actual.
- Estimar el consumo mensual de energía eléctrica con la luminaria Led.
- Calcular el ahorro energético con el cambio de luminarias.
- Determinar el costo total tanto de la tecnología actual como de la tecnología Led.
- Calcular el tiempo de recuperación de la inversión en la tecnología led.

A continuación se presenta el desarrollo de cada una de las actividades.

- Clasificación luminaria existente

De acuerdo a la tabla de inventario la Tabla 9 resume y clasifica los tipos de luminarias existentes, cantidad y potencia y su correspondiente consumo mensual.

TABLA 9. Consumo de energía mensual según el tipo de lámpara en el sector Santo Domingo.

Cant.	Tipo de luminaria	Pot. (W)	Consumo mensual (KWh)
418	Fluorescente espiral	20	506,66
27	Fluorescente tubo	32	88,32
68	Incandescente	100	290,56
4	Fluorescente mariposa	38	0,96
155	Incandescente vela	40	466
3	Bombilla LED	7	3,36
480	Tubo T12 (x2) (39W)	39	4.796,32
194	Tubo T12 (x2) (75W)	75	3.623,79
129	Tubo T5 (x2) (28W)	28	904,96
217	Tubo T8 (x2) (32W)	32	1.873,92
12	Tubo T12 (x1) (75W)	75	132
29	Tubo T8 (x4) (17W)	17	140,08
7	Reflector	400	168
2	Reflector	150	25
5	Reflector	250	1,5
Consumo mensual grupo Iluminación			13.021,43

- Identificación tipo de luminaria Led que reemplazaría a luminaria actual

Existen lámparas Led de diversas formas, tamaños y potencias, sin embargo para determinar el tipo de luminaria Led que reemplace los distintos tipos de lámparas se debe contemplar aspectos como: tipo de lámpara, potencia, dimensiones, tipo de base, flujo luminoso, eficacia lumínica y temperatura de color [13].

Para el caso Santo Domingo la tabla 10 recoge el grupo de lámparas Led para sustituir las lámparas actuales. La

equivalencia a luminarias Led no se realiza para Tubos fluorescentes T5 ya que un tubo Led T5 no es muy eficiente lumínicamente debido a sus dimensiones.

TABLA 10. Equivalencia luminaria actual y luminaria Led.

Cant.	Luminaria actual	Lámpara Led (Potencia)	
517	Bombillas base E27 (20W y 100W)	Led bulbo	7W
155	Tipo vela (40W)	Led tipo vela	2W
960	Tubo T12 (39W)	Tubo led T8	18W
400	Tubo T12 (75W)	Tubo led T8	36W
434	Tubo T8 (32W)	Tubo led T8	18W
116	Tubo T8 (17W)	Tubo led T8	10W
14	Reflector (400W)	Reflector led	128W
258	Tubo T5 (28W)	Tubo T5	28W
3	Bombilla LED (7W)	Bomb. LED	7W

- Consumo mensual de energía eléctrica con luminaria Led

De acuerdo a las horas de uso de las lámparas existentes y según las características de las lámparas Led seleccionadas, se estimó el nuevo consumo mensual del sector. El Consumo mensual I del grupo Iluminación con las lámparas actuales es 13.021,43 KWh, mientras que el consumo con las lámparas Led sería 6.525,78 KWh; obteniéndose un ahorro total de 49,88% en el consumo de la iluminación.

La Tabla 11 presenta el consumo actual del grupo Iluminación y el consumo estimado con el cambio de luminarias.

TABLA 11. Comparación consumos mensual luminaria actual y consumos luminarias Led.

Cant.	Consumo lum. Actual (KWh)	Consumo lum. Eficiente (KWh)	Ahorro %
517	886,51	231,27	73,9
155	466,00	23,3	95
960	4.796,32	2.213,68	53,8
400	3.755,79	1.871,89	50,2
434	1.873,92	1.054,08	43,8
116	140,08	82,6	41,1
14	195	140,64	27,7
258	904,96	904,96	0
3	3,36	3,36	0
13.021,43		6.525,78	49,88%

- Cálculo ahorro energético con el cambio de luminarias

La medida de ahorro solo tiene en cuenta cambio de luminarias, por lo que el consumo de Equipos Ofimáticos, Electrodomésticos, Acondicionamiento y Otros seguirá siendo el mismo.

Al implementarse el cambio de luminarias en el sector Santo Domingo se obtiene un consumo energético mensual aproximado de 13.802,95 KWh con un ahorro de 6.495,66 KWh, disminuyendo el consumo total del sector en un 32% del consumo mensual actual (Figura 4).

Teniendo en cuenta el nuevo consumo mensual de 13.802,95 KWh, se proyecta un consumo anual en el sector Santo Domingo con luminaria Led de aproximadamente 165.635,04 KWh equivalente a \$38'576.400,816 anuales.

- Costo total luminaria actual

Los tubos fluorescentes y los reflectores necesitan de Reactancias o Balastos los cuales proporcionan la tensión

de encendido para el arranque de la lámpara, así como la tensión de operación necesaria para que funcione la lámpara, proporcionándole un voltaje continuo, un balasto puede encender una o más lámparas. Por lo tanto los balastos se deben tener en cuenta en el cálculo del costo de la luminaria actual. Los cálculos que se describen en la Tabla 12 no tienen en cuenta el costo de mano de obra.

FIGURA 4. Comparación consumo actual y consumo con cambio de luminarias.

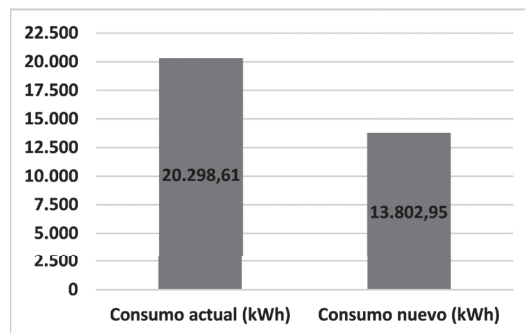


TABLA 12. Cálculo del costo luminaria actual

INVERSIÓN LUMINARIA ACTUAL					COSTO MANTENIMIENTO LUMINARIA ACTUAL			
Cant.	Tipo de luminaria	Ciclo de vida (años)	Costo unitario	Costo total	Costo Kit reactancias	Ciclo de vida Balasto (años)	Cant. actual balastos	Costo cambio balastos (3 años)
418	Fluo. espiral	1	\$10.000	\$4'180.000	0	0	0	0
27	Fluo. tubo	1	\$10.000	\$270.000	0	0	0	0
68	Incandescente	1	\$1.000	\$68.000	0	0	0	0
4	Fluo. mariposa	1	\$12.000	\$48.000	0	0	0	0
155	Incand. vela	1	\$1.000	\$155.000	0	0	0	0
960	Tubo T12 (39W)	1	\$7.000	\$6'720.000	\$9.000	3	480	\$4'320.000
400	Tubo T12 (75W)	1	\$8.000	\$3'200.000	\$12.000	3	206	\$2'472.000
434	Tubo T8 (32W)	1	\$7.000	\$3'038.000	\$9.000	3	217	\$1'953.000
116	Tubo T8 (17W)	1	\$6.000	\$696.000	\$8.000	3	29	\$232.000
14	Reflector	1	\$140.000	\$1'960.000	\$25.000	3	14	\$350.000
Inversión total luminaria actual				\$20'335.000	Inversión total mantenimiento luminaria actual			\$9'327.000

El costo inicial de las lámparas actuales es de \$20'335.000 y teniendo en cuenta que esta luminaria tiene un promedio de vida útil de un año, ésta inversión se debe hacer cada año. Por otra parte, el costo inicial de las reactancias actuales es

de \$9'327.000 pero a diferencia de las lámparas, los balastos tienen un promedio de vida útil de tres años,

por lo tanto la inversión en balastos se debe hacer cada tres años, con un promedio de costo por año de \$3'109.000. Por lo tanto, teniendo en cuenta el costo y vida útil de las lámparas y costo promedio anual del cambio de balastos, se obtiene una inversión en la luminaria actual de \$23'444.000 al año.

- Costo total luminaria Led

A diferencia de las lámparas fluorescentes, las lámparas Led no necesitan balastos, estas funcionan conectándose directamente a la red eléctrica. Los costos promedios de las luminarias Led a septiembre de 2016 se presentan en la Tabla 13 [17].

TABLA 13. Cálculo inversión luminaria Led

Cant.	Tipo de lumin.	Vida útil (años)	Costo unitario	Costo total
517	Bulbo Led 7w	8	\$16.706	\$8.637.002
1394	Led T8 18w	8	\$35.265	\$49.159.410
400	Led T8 36w (2x18 + Adaptador)	8	\$72.112	\$28.844.800
116	Led T8 10w	8	\$21.527	\$2.497.132
14	Reflector Led 128w	8	\$268.600	\$3.760.400
155	Led tipo Vela 2w	8	\$7.000	\$1.085.000
Costo total luminarias LED				\$93.983.744

Las lámparas Led no requieren mantenimiento ni uso de balasto, por lo tanto la inversión inicial de las lámparas Led es de \$93.983.744 [17].

- Costo total anual con luminaria actual

Teniendo en cuenta la Tabla 12 y el tiempo de vida útil de las lámparas y de los balastos actuales, se obtiene un costo anual de \$80'116.259,21 que incluye el costo por consumo energético, mantenimiento anual de balastos y compra de lámparas actuales, ver Tabla 14.

TABLA 14. Costo consumo energético y mantenimiento anual de luminaria actual.

Conceptos de pago	valor
Consumo anual	\$ 56'672.259,21
Costo inversión luminarias actual	\$ 20'335.000,00
Costo mantenimiento	\$ 3'109.000,00
Costo anual con lámparas actuales	\$ 80'116.259,21

- Costo total anual con luminaria Led

Como las luminarias Led no requieren mantenimiento y tienen una vida útil de ocho (8) años, el costo anual corresponderá únicamente al consumo de energía al

año, durante los ocho años siguientes a instalación de las luminarias Led, el cual se estimó en \$38'576.400,816,

De esta manera al implementarse el cambio de la tecnología actual por tecnología Led, se obtiene un ahorro anual de \$41'539.858. Se determina que la inversión en las luminarias Led se recupera durante los dos punto tres (2,3) años siguientes a la implementación de la medida de ahorro.

3.4.3 Mejora de hábitos de consumo de energía eléctrica.

Tecnología eficiente de la mano con buenos hábitos de consumo energético producen una reducción significativa del consumo de energía mensual. Por lo tanto, se propone realizar una campaña de información y concientización en torno al uso eficiente de la energía eléctrica dirigida a la comunidad universitaria (Empleados administrativos, servicios varios, docentes y estudiantes).

4. CONCLUSIONES

Se diseñó una guía sistemática que permite realizar el estudio del potencial de ahorro eléctrico en una edificación, organizado en cuatro fases: Análisis de la instalación, Análisis de la Información, Identificación del potencial de ahorro y Propuestas de medidas de ahorro. Esta brinda las orientaciones necesarias para realizar el estudio del consumo energético actual de un edificio o sector, para derivar potenciales medidas de ahorro soportadas en una evaluación económica.

Se aplicó la guía al sector Santo Domingo, conformado por cuatro edificios: claustro Santo Domingo, claustro El Carmen, Casa Rosada y la Unidad de Salud. Se obtuvo que el consumo mensual estimado del sector es de 20.298,61KWh distribuidos de la siguiente manera: Santo Domingo con 9.900,14 KWh equivalente al 49% del total, El Carmen con 6.600,22 KWh equivalente al 33% del total, la Unidad de Salud con 2.489,12 KWh equivalente al 12% del total y finalmente la Casa Rosada con 1.309,13KWh equivalente al 6%. En cuanto al consumo por equipos, se obtuvo que la Iluminación presenta un consumo estimado de 13.021,43 KWh equivalente al 64% del consumo total, convirtiéndose en el grupo de mayor consumo en el sector.

En la aplicación del procedimiento al caso de estudio se identificó como principales potenciales de ahorro energético el cambio de la luminaria actual por luminaria más eficiente y la realización de una campaña de información y concientización sobre el uso eficiente de la energía eléctrica en el sector. Para el cambio de luminarias se propuso el cambio a la tecnología

Led, realizando una proyección del consumo mensual aproximada a 13.802,95 KWh, representando un ahorro energético del 32%. Finalmente, mediante el análisis de relación costo-beneficio se obtuvo un tiempo de recuperación de inversión de 2.3 años a partir de la implementación de la medida de ahorro.

Realizar un completo análisis del consumo de energía en las instalaciones es la base para identificar los potenciales de ahorro y diseñar las medidas de ahorro, donde el análisis del costo-beneficio es una parte fundamental para seleccionar las que mejor se ajusten a la organización.

5. REFERENCIAS

- [1] ARR G. O. Lahoud, "la importancia de los recursos naturales renovables y no renovables para la defensa nacional", Instituto de investigación en ciencias sociales. Universidad del Salvador. Buenos Aires, Argentina, 2004.
- [2] Cumbre sobre el desarrollo sostenible "Energía", Johannesburgo, Sudáfrica, 2002.
- [3] "Win the energy challenge with ISO 50001" [www.iso.org. \[En línea\]. Available: http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy.pdf.](http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy.pdf) [Último acceso: 3 Septiembre 2015].
- [4] "Guía de ahorro y eficiencia energética en despachos y oficinas" Dirección General de Industria, Energía y Minas, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2007.
- [5] J. H. Hernández López, R. León Velázquez, "Diagnóstico energético y elaboración de propuestas de uso eficiente de energía eléctrica para una institución educativa" Impulso, revista de electrónica, eléctrica y sistemas computacionales. 2005.
- [6] J. Correa, A. Borroto, M. Alpha. "Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011". Ingeniería Energética Vol. XXXV, No. 1/ 2014 p.38-47, Enero/Abril, ISSN 1815 – 5901
- [7] Unidad de Planeación Minero Energética "Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales en Colombia". Ministerio de Minas y Energía. Colombia. 2012. [En línea]. Available: https://www.minminas.gov.co/documents/10180/558752/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf/e8cdf796-d7b1-4bb1-90b9-e756c7f48347. [Último acceso: 10 Septiembre 2014].
- [8] ICONTEC. "Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001". Colombia. 2012.
- [9] Ley 1715. Integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, Republica de Colombia, 2014.
- [10] A. Gaviria Rojas, M. F. Sandoval Mera. "Implementación y evaluación de un sistema de gestión de uso eficiente de energía en la Universidad Autónoma de Occidente". Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia. 2012.
- [11] R. Castaño, A. González, E. Ciro. "Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía". Dyna, año 80, Edición 177, pp. 115-123, Medellín. 2013. ISSN 0012-7353
- [12] L. F. Millán Castaño, "Diseño de una Estrategia para la Revisión Energética de la Clínica Nuestra Señora del Rosario", Universidad autónoma de Occidente, Cali. 2013.
- [13] W. León, Interviewee, Eficiencia Energética Compañía Energética de Occidente. [Entrevista]. 3 Febreo 2013.
- [14] Secretaría del Medio Ambiente, "Informe de residuos de lámparas fluorescentes", Mexico D.F, 2002.
- [15] Monolithic, "Tecnología Led" [En línea]. Available: http://electromain.com/documentos/Expositores-Rev_02_11.pdf. [Último acceso: 2 Abril 2014].
- [16] TAO Iluminación, "TAO Iluminación arquitectura diseño" [En línea]. Available: <http://www.taoiluminacion.com/Ficheros/descripciones.pdf>. [Último acceso: 24 Abril 2014].
- [17] Cotización 2016. ROI Evolución Energética SAS. www.roigroup.la