

**ESTRATEGIAS PARA EL AHORRO ENERGÉTICO EN LA UMNG MEDIANTE EL CONTROL EFICIENTE
DE LA ILUMINACIÓN**



AUTOR

FÁBER ALÍ PARRA RAMÍREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

ESPECIALISTA EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS

Director:

DAVID ALEJANDRO RINCÓN

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS

BOGOTÁ, 10 DE JULIO 2020

Estrategias para el ahorro energético en la UMNG mediante el control eficiente de la iluminación (julio de 2020)

Parra R. Fáber, Ingeniero Electrónico, Ingeniero Electricista, miembro de la Asociación Colombiana de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines (ACIEM), Estudiante de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos Universidad Militar Nueva Granada.

Resumen - El proyecto consiste en proponer la implementación de medidas activas en el sistema de iluminación de la Universidad Militar Nueva Granada sede calle 100 para la reducción del consumo de energía eléctrica. Estas medidas comprenden la propuesta de instalación de sensores de movimiento en algunas zonas en las que se mantienen las luminarias encendidas pero que nadie está usando. El objetivo general del proyecto es determinar la viabilidad económica de la implementación de sensores de movimiento para reducir el consumo de energía y de esta manera disminuir los costos de la factura de energía eléctrica en la Universidad Militar Nueva Granada.

Índice de Términos – **Ahorro de energía:** tiene como objetivo reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar un producto o un servicio, en este caso la iluminación; **estrategia de ahorro:** son las diferentes actividades que llevadas a cabo conjuntamente contribuyen a la reducción en el consumo de energía, generando un ahorro de esta; **iluminación:** es el conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar, conseguir un nivel de iluminación - interior o exterior -, o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar; **sensor de movimiento:** Un sensor de presencia o sensor de movimiento es un dispositivo electrónico que pone en funcionamiento un sistema de iluminación (encendido o apagado) cuando detecta movimiento en el área o ambiente en el que está instalado; **viabilidad económica:** La viabilidad económica de un proyecto está determinada por la diferencia entre el costo y beneficio de este.

Abstract - The project is to propose the implementation of active measures in the lighting system of the Nueva Granada Military University headquartered 100th street for the reduction of electricity consumption. These measures include the proposal to install motion sensors in some areas where the lights are kept on

but no one is using. The general objective is to reduce energy consumption by the installation of motion sensors and thus decrease the costs of the electricity bill at the Nueva Granada Military University.

Keywords – Energy saving, strategy of saving, lighting, motion sensor, economic viability.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo desmedido de energía eléctrica tiene grandes consecuencias a nivel económico, los cuales se traducen en un aumento en el precio de la factura por el consumo de energía que, literalmente, se está desperdiciando.

El gasto energético en la Universidad Militar Nueva Granada se ve afectado en gran medida por el alto consumo de energía destinado a satisfacer las necesidades de iluminación de las instalaciones. La gran mayoría de la energía desperdiciada y en la cual se pueden aplicar medidas correctivas para mejorar ese consumo, es la energía destinada al sistema de iluminación. Hay zonas de pasillos, áreas de tránsito y salones en los que se puede apreciar, aun siendo de día, que las luminarias se encuentran encendidas sin la necesidad de estarlo. Salones vacíos, pero con la iluminación al 100% y pasillos vacíos, pero de igual manera con todas las luminarias encendidas contribuyendo con el desperdicio de energía y generando gastos innecesarios a las finanzas de la universidad.

Ante esta situación se genera la incógnita: ¿Qué estrategias de ahorro de energía se pueden utilizar en el sistema de iluminación de la Universidad Militar Nueva Granada – Sede Calle 100 para reducir el consumo de energía eléctrica?

Para esto, se plantea como objetivo general, determinar la

viabilidad económica de la implementación de sensores de ocupación para el ahorro de energía en la UMNG sede calle 100. De igual manera, se identifican como objetivos específicos, describir las características del sistema de sensores de ocupación que se desean integrar al sistema de iluminación del edificio principal de la universidad; identificar los tipos de control de alumbrado con que cuenta el sistema de alumbrado de la Universidad Militar, así como las estrategias que actualmente se están usando dentro de la institución para evitar el desperdicio de energía en el sistema de alumbrado de la sede calle 100. Así mismo, se desea obtener un análisis económico de las ventajas y desventajas de la implementación de los sensores de ocupación como estrategia para el ahorro de energía eléctrica en la universidad, específicamente en el sistema de alumbrado en la sede calle 100.

La justificación para la proposición del presente proyecto es el evidente desperdicio de energía eléctrica asociado al sistema de iluminación del edificio. Este desperdicio de energía se traduce en costos operacionales en los que incurre la universidad al pagar por un servicio que se está desperdiciando y manejando de una manera ineficiente. Con la implementación de los sistemas activos propuestos en el sistema de alumbrado de la universidad, se busca reducir el consumo de energía asociado al sistema de iluminación y con esto disminuir el gasto económico en la factura de energía, favoreciendo de esta manera las finanzas de la universidad al reducir los costos operacionales asociados con el consumo de energía eléctrica.

Para lograr un ahorro energético el cual propende a la mejora en las finanzas relacionadas con el consumo de energía de cualquier administrador de negocios, se deben tener en cuenta un considerable conjunto de medidas pasivas y activas, tanto en el diseño y la construcción de edificaciones, como en los edificios que ya se encuentren en servicio y que permiten reducir y alcanzar unos porcentajes mínimos de ahorro de energía, lo que conlleva a generar un ahorro económico en la factura de energía eléctrica.

Se debe hacer uso de la energía de manera responsable y eficiente y evitar hacer un mal uso de la energía asociada a los sistemas de iluminación. El principal problema generado por el mal uso de los sistemas de iluminación se traduce en desperdicio de energía que no se está usando pero que de igual manera genera un impacto económico ya que son recursos que se están pagando por algo que no se está usando.

Lo que se busca con la propuesta de la implementación de estrategias de ahorro de energía mediante la integración de sensores de ocupación al sistema de iluminación de la universidad es generar un ahorro de energía eléctrica y la consecuente disminución de los costos de operación de la universidad por el pago de la factura de energía y cuyos costos están asociados al consumo de energía eléctrica en el sistema de iluminación de la universidad.

El proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada sede Calle 100. El alcance es el sistema de iluminación de las instalaciones de la Universidad y se podrá implementar en un tiempo no mayor a seis meses.

II. METODOLOGÍA

A. *Diseño*

Para el desarrollo de la actividad se utilizó un enfoque cuantitativo, ya que se pudo cuantificar la cantidad de luminarias que se encuentran instaladas en el edificio principal, el consumo de energía de estas luminarias y el costo económico de este consumo de energía generado por las luminarias, el cual se ve reflejado en la factura de energía. Se desarrolló con un alcance descriptivo ya que la información recolectada pudo ser registrada y pasó por un análisis para su evaluación y posterior emisión de resultados.

La metodología desarrollada fue un caso de estudio, en el que se realizó la identificación de las áreas comunes de tránsito y salones que podrían ser objeto de la instalación de los sensores, al igual que la cantidad de luminarias que se encuentren en estas áreas. También se identificó la cantidad de horas diarias en promedio que están encendidas estas luminarias para así poder calcular el costo de la energía dependiendo de la potencia de las luminarias instaladas. Toda la información se registró en una base de datos en hojas de cálculo. La recolección de la información se realizó presencialmente, realizando un recorrido por cada una de las áreas y salones haciendo un inventario de la cantidad de luminarias que había en cada área (salón, oficina o pasillo), la potencia de cada luminaria, la cantidad de áreas del edificio objeto de la toma de información y las horas diarias promedio de uso de la totalidad de las luminarias de la muestra.

B. *Población y Muestra*

Se realizó la recolección de la información de 43 áreas correspondientes a 1 piso que hace parte el bloque central del edificio. La información se registró el viernes 21 de febrero, entre las 06:00 y las 22:00. Estas áreas están conformadas por 38 espacios entre salones y oficinas, y 5 pasillos. Para el caso del análisis de información, se tomó este piso como muestra y del cual hacen parte estas 43 zonas con 258 luminarias. El análisis se realizó para un período de 16 horas diarias (de 6:00 a 22:00, tiempo en el cual transcurren las jornadas diarias en el campus universitario), 5 días a la semana y cuatro semanas al mes.

III. RESULTADOS

A. *Recolección de Datos*

Para la recolección de datos e información se hizo uso de la herramienta ofimática Excel, mundialmente conocida por

proporcionar a los usuarios hojas de cálculo que permiten almacenar información y realizar cálculos de manera eficaz y ordenada; además es la herramienta que mejor se acomodaba a las necesidades del caso. Se procedió a realizar un recorrido por las instalaciones del edificio haciendo un conteo de las luminarias que se encontraban instaladas en cada uno de los salones, oficinas y pasillos e ingresando la información a la hoja de cálculo destinada para tal fin. De igual manera, en cada área se iba identificando el tipo de control de iluminación con el que contaba dicha área y si se contaba con algún tipo de medida activa (sensores de movimiento o personal encargado de apagar las luces en cada cambio de clase) para el ahorro de energía asociado a la iluminación. En esta etapa se realizó la recolección de la siguiente información: 38 áreas entre oficinas y salones y 5 pasillos, cada espacio conformado por 6 luminarias tipo panel LED rectangular de 30x120cm de 45W (vatios) cada una, sumando así un total de 258 luminarias. La totalidad de las áreas cuentan únicamente con interruptores manuales, no se identificaron medidas activas para el ahorro de energía como sensores de ocupación o similares y como estrategia de ahorro se pudo identificar un letrero con la frase “AL SALIR APAGAR LA LUZ” en unos cuantos salones.

Para verificar el funcionamiento del sistema de iluminación en la población muestra y evidenciar el tiempo de funcionamiento del sistema de iluminación en cada área, se realizaron barridos cada hora de manera que coincidiera con los cambios de clase. De los 38 salones y oficinas, 14 permanecieron con las luces encendidas todo el periodo de tiempo (16 horas), 10 durante 14 horas, 8 durante 12 horas y 6 durante 10 horas. Las luminarias de todos los pasillos permanecen encendidas 24 horas diarias según confirmación del personal de mantenimiento.

TABLA I
RECOLECCIÓN DE DATOS

ZONA	A	B	C	D	E	F
Salón 1	6	16	96	11	66	68,75%
Salón 2	6	16	96	9	54	56,25%
Salón 3	6	16	96	7	42	43,75%
Salón 4	6	16	96	11	66	68,75%
Salón 5	6	16	96	8	48	50,00%
Salón 6	6	16	96	10	60	62,50%
Salón 7	6	16	96	10	60	62,50%
Salón 8	6	16	96	11	66	68,75%
Salón 9	6	16	96	12	72	75,00%
Salón 10	6	16	96	9	54	56,25%
Salón 11	6	16	96	10	60	62,50%
Salón 12	6	16	96	11	66	68,75%
Salón 13	6	16	96	8	48	50,00%
Salón 14	6	16	96	8	48	50,00%
Total		224	1344	135	810	60,27%

Salón 15	6	14	84	10	60	71,43%
Salón 16	6	14	84	9	54	64,29%
Salón 17	6	14	84	10	60	71,43%
Salón 18	6	14	84	8	48	57,14%
Salón 19	6	14	84	10	60	71,43%
Salón 20	6	14	84	7	42	50,00%
Salón 21	6	14	84	11	66	78,57%
Salón 22	6	14	84	5	30	35,71%
Salón 23	6	14	84	11	66	78,57%
Salón 24	6	14	84	12	72	85,71%
Total		140	840	93	558	66,43%
Salón 25	6	12	72	11	66	91,67%
Salón 26	6	12	72	12	72	100,00%
Salón 27	6	12	72	9	54	75,00%
Salón 28	6	12	72	9	54	75,00%
Salón 29	6	12	72	8	48	66,67%
Salón 30	6	12	72	11	66	91,67%
Salón 31	6	12	72	7	42	58,33%
Salón 32	6	12	72	8	48	66,67%
Total		96	576	75	450	78,13%
Salón 33	6	10	60	9	54	90,00%
Salón 34	6	10	60	9	54	90,00%
Salón 35	6	10	60	7	42	70,00%
Salón 36	6	10	60	9	54	90,00%
Salón 37	6	10	60	10	60	100,00%
Salón 38	6	10	60	8	48	80,00%
Total		60	360	52	312	86,67%
Pasillo 1	6	24	144	12	72	50,00%
Pasillo 2	6	24	144	12	72	50,00%
Pasillo 3	6	24	144	12	72	50,00%
Pasillo 4	6	24	144	12	72	50,00%
Pasillo 5	6	24	144	12	72	50,00%
Total		120	720	60	360	50,00%
TOTAL	258	640	3840	415	2490	64,84%

A: Número de luminarias por zona

B: Horas que permanecen encendidas las luminarias (sin sensor)

C: Total horas que permanecen encendidas todas las luminarias (sin sensor) = AxB

D: Horas que permanecen encendidas las luminarias (con sensor)

E: Total horas que permanecen encendidas todas las luminarias (con sensor) = Ax D

F: Relación de uso de luminarias con y sin sensor = D/B*100%

Con el fin de poder realizar el análisis del costo de la energía consumida por el uso del sistema de iluminación, se usan las

bases de datos de la empresa de energía que suministra el fluido eléctrico a la universidad, para el caso de la Universidad Militar es la empresa ENEL el operador de red encargado del suministro de energía. Para febrero, mes en el que se realizó la recolección de datos, el precio por kWh fue de COP\$426.8238¹ (sector no residencial, oficial e industrial sin contribución, tarifa sencilla Nivel 2).

Como medidas activas de ahorro de energía se propone la implementación de sensores de ocupación, también llamados sensores de movimiento, detectores de presencia o de movimiento, que son dispositivos electrónicos equipados con sensores que son capaces de detectar cualquier movimiento que se genere en el espacio en el que están instalados y dentro de su área de incidencia.² Estos sensores inyectan luz infrarroja, microondas o ultrasonidos en el ambiente y detectan si hay algún cambio en la señal que emiten. Estos sensores son ampliamente usados en espacios en los que la frecuencia de ocupación de personas no es permanente ya que contribuyen al ahorro de energía.

En un estudio de E Source, cuyo enfoque reside sólo en la adición de sensores de ocupación, se resaltan los importantes ahorros en energía que pueden aportarse mediante su adopción³:

TABLA II
AHORROS TÍPICOS VÍA SENSORES DE OCUPACIÓN

TIPO DE HABITACIÓN	% DE AHORRO DE ENERGÍA
Oficina privada	13 a 15%
Oficina abierta	20 a 28%
Salones de clase	40 a 60%
Salas de conferencia	22 a 65%
Baños	30 a 90%
Corredores	30 a 80%
Almacenes	45 a 80%

B. Análisis de Datos

Para poder realizar el análisis de la conveniencia de usar medidas activas tales como sensores de movimiento como estrategia para el ahorro de energía asociado al sistema de iluminación de la universidad y de este modo disminuir el costo asociado a este, se debe comparar el consumo mensual actual en kWh sin algún tipo de medida activa y compararlo con el consumo generado si se instalaran sensores de movimiento en las aulas, oficinas y pasillos. Para esto, se determinó el tiempo que las luminarias permanecieron encendidas cuando los salones se encontraban vacíos. Del mismo modo se realizó para los pasillos.

En los primeros 14 salones, los cuales permanecieron

encendidos 16 horas (1344 horas en total sin sensor), de la totalidad del tiempo que duraron encendidas las luminarias, el tiempo que estuvieron siendo usadas por al menos 1 persona corresponde al 60.27% del total del tiempo de estas áreas (810 horas en total con sensor). De los 10 salones que permanecieron encendidos 14 horas (840 horas en total sin sensor), de la totalidad del tiempo que duraron encendidas las luminarias, el tiempo que estuvieron siendo usadas por al menos 1 persona, corresponde al 66.43% del total del tiempo de estas áreas (558 horas en total con sensor). De los 8 salones que permanecieron encendidos 12 horas (576 horas en total sin sensor), de la totalidad del tiempo que duraron encendidas las luminarias, el tiempo que estuvieron siendo usadas por al menos 1 persona, corresponde al 78.13% del total del tiempo de estas áreas (450 horas en total con sensor). De los 6 salones que permanecieron encendidos 10 horas (360 horas en total sin sensor), de la totalidad del tiempo que duraron encendidas las luminarias, el tiempo que estuvieron siendo usadas por al menos 1 persona, corresponde al 86.67% del total del tiempo de estas áreas (312 horas en total con sensor). Para las luminarias de los pasillos se hace el análisis con un índice de uso del 50%, que corresponde a 8 horas entre las 22:00 y las 06:00 del otro día y 4 horas durante el trascurso del día. En total, las 258 luminarias que hacen parte de las 43 áreas (38 salones y/o oficinas y 5 pasillos), estuvieron encendidas 3840 horas (sin sensor). De estas 3840 horas luminaria, 2490 horas luminaria permanecieron encendidas con al menos 1 persona (con sensor), que corresponde al 64.84% del tiempo total de uso de las luminarias sin sensor, tal cual se encuentra en la actualidad.

Con la información de la cantidad de horas de uso de la totalidad de las luminarias, procedemos a calcular la potencia usada por el conjunto de 258 luminarias en ambos casos. Para el primer caso (sin sensor), tenemos que la potencia de cada luminaria es de 45W (45W/lumin), la cantidad de horas de uso total es de 3840horasluminaria, pero requerimos el promedio de uso en horas de cada una de las luminarias (1) para nuestro análisis y el precio por kWh es de COP\$426.8238. Procedemos entonces a calcular la potencia total del conjunto de luminarias en W, como se aprecia en la ecuación (2):

$$t1 = \left(\frac{3,840 \text{horaslumin}}{258 \text{lumin}} \right) = 14.89 \text{ h} \quad (1)$$

$$\text{Potencia Total} = \left(\frac{45W}{\text{lumin}} \right) * 258 \text{lumin} = 11,610W \quad (2)$$

Una vez calculada la potencia de la totalidad de las luminarias y el uso promedio por luminaria, se debe obtener la energía consumida por unidad de tiempo (3), multiplicando (1)

¹ ENEL-CODENSA (2020, febrero). Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) reguladas por la comisión de regulación de energía y gas (CREG) Febrero de 2020. [Online]. Available: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/esp/C3%20B1ol/personas/1-17-1/2020/Tarifario-febrero-2020.pdf>

² SOLER & PALAU (2019, enero 7). Detector de presencia: cómo funciona y cómo se conecta. [Online]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/detector-de-presencia-como-funciona-y-como-se-conecta/>

³ LEVITON, "Sensores de ocupación: La siguiente generación en tecnología y rendimiento", 2020

por (2):

$$\text{Energía1 (Wh)} = 14,89h * 11,610W = 172,800Wh \quad (3)$$

Como el precio de la energía se factura en unidades de kWh, debemos pasar de Wh a kWh simplemente dividiendo por 1.000 (4), para poder hacer el cálculo del costo de esta energía con los precios facturados por el operador de red:

$$\text{Energía1 (kWh)} = \left(\frac{172,800Wh}{1,000} \right) = \quad (4)$$

$$\text{Energía1 (kWh)} = 172,8kWh \quad (5)$$

Con el resultado obtenido (5) podemos calcular el costo de energía consumida por las 258 luminarias en el transcurso de un día, multiplicando la energía consumida por las luminarias en kW por el costo asociado a 1kWh en el mes de febrero (6):

$$\text{Costo1} = \text{Energía (kWh)} * \left(\frac{\$426.8238}{kWh} \right) \quad (6)$$

$$\text{Costo1} = (172,8kWh) * \left(\frac{\$426.8238}{kWh} \right) \quad (7)$$

$$\text{Costo1} = COP\$73,755.2 \quad (8)$$

(8) Es el costo de la energía por el consumo generado por las 248 luminarias en el transcurso de un día. Debemos pasar este costo de diario a mensual, ya que la factura de la energía la emiten cada mes. Para el estudio de caso se contemplan 20 días hábiles, teniendo como resultado mensual (9):

$$\text{Costo1mes} = \$73,755.2 * 20 = COP\$1'475,103.1 \quad (9)$$

Cuando se instalan sistemas de control de alumbrado con sensores de movimiento, se aprovecha el uso que estos sensores prestan cuando no detectan personas dentro de los espacios de los salones, oficinas y pasillos, cortando el fluido eléctrico que alimenta las luminarias y, por consiguiente, apagándolas. Para nuestro segundo caso (con sensor), el análisis del consumo de energía con la instalación de sensores de ocupación, se usan únicamente las horas en las que el sistema de iluminación de cada salón u oficina estuvo siendo usado por al menos una persona, es decir, 2490 horasluminaria, pero, al igual que en el anterior caso, requerimos el promedio de uso en horas de cada una de las luminarias (10) para nuestro análisis. La potencia total de las luminarias es la misma ya que es la misma cantidad de luminarias, así que partimos de (2), pero sustituyendo la cantidad de horas de uso:

$$t2 = \left(\frac{2,490horaslumin}{258lumin} \right) = 9.65 h \quad (10)$$

$$\text{Energía2 (Wh)} = 11,610W * 9.65h \quad (11)$$

$$\text{Energía2 (Wh)} = 112,050Wh \quad (12)$$

Nuevamente debemos transformar la energía de Wh a kWh simplemente dividiendo por 1.000 (13), para poder hacer el cálculo del costo de esta energía con los precios facturados por el operador de red, usando (4):

$$\text{Energía2 (kWh)} = \left(\frac{112,050Wh}{1,000} \right) \quad (13)$$

$$\text{Energía2 (kWh)} = 112,05kWh \quad (14)$$

Ahora procedemos a calcular el costo de esta energía consumida por las 258 luminarias en el transcurso de un día, multiplicando la energía consumida por las luminarias por el costo asociado a 1kWh en el mes de febrero usando (6):

$$\text{Costo2} = (112.05kWh) * \left(\frac{\$426.8238}{kWh} \right) \quad (15)$$

$$\text{Costo2} = COP\$47,825,6 \quad (16)$$

Donde (16) es el costo de la energía consumida por las 248 luminarias en el transcurso del día en el escenario con sensores de ocupación instalados. De igual manera y como en el caso anterior debemos usar los costos mensuales. Para el estudio de caso se contemplan 20 días hábiles, teniendo como resultado mensual (17):

$$\text{Costo2mes} = \$47,825.6 * 20 = COP\$956,512.1 \quad (17)$$

Requerimos hallar la diferencia entre el costo de energía eléctrica con y sin sensores, para lo cual restamos (17) de (9):

$$\text{Diferencia Costo} = \$1'475,103.1 - \$956,512.1 \quad (18)$$

$$\text{Diferencia Costo} = \$518,591 \quad (19)$$

$$\text{Dif Costo (\%)} = \frac{\$2'056,501}{\$3'171,472} * 100\% = 64.84\% \quad (20)$$

El resultado de (20) equivale al porcentaje de la energía que se usaría con la instalación de los sensores de ocupación con respecto al consumo actual, lo que corresponde a un 64.84% del costo de la energía actualmente (19). Con estos resultados podemos obtener un ahorro porcentual que podemos apreciar en (21):

$$\% \text{ ahorro} = 100\% - 64,84\% = 35,16\% \quad (21)$$

De esta manera podemos apreciar el ahorro en energía que se obtiene con la instalación de sensores de ocupación y que, como se planteó en la hipótesis, se logró llegar a un ahorro económico por medio del ahorro de energía.

El costo de cada uno de estos sensores de ocupación oscila alrededor de los COP\$130.000+IVA= más un 25% por la instalación de un sensor en cada una de las 43 zonas, se tiene como inversión:

$$inv\ ini = (\$130,000 + 19\% + 25\%) * 43 = \$8'315,125 \quad (22)$$

Con una vida útil de 5 años (60 meses), se realizaría una única inversión en este período de tiempo con motivo de la instalación de los sensores de movimiento.

$$RetInv = \frac{\$8'315,125}{\$518,591} = 16.03\ meses, \text{ aprox } 17\text{meses} \quad (23)$$

En (23) obtenemos que, con los ahorros percibidos por el menor consumo de energía debido a la instalación de los sensores, se puede recuperar el costo de inversión de la instalación de los sensores a partir del mes 17.

$$Beneficio = \$518,591 * 60 = \$31'115.460 \quad (24)$$

$$ViaEco = \$31'115.460 - \$8'315,125 = \$22'800.335 \quad (25)$$

La viabilidad económica de la implementación del sistema de sensores está dada por (25) la cual corresponde al total del beneficio adquirido por la implementación de los sensores que se traduce en un ahorro mensual en la factura de energía durante 60 meses (24) menos el costo de la inversión, que corresponde a la inversión inicial (22).

$$\%InvIni = \frac{\$8'315,125}{\$31'115.460} = 26,72\% \quad (26)$$

(26) corresponde al porcentaje que representa la inversión inicial con respecto al beneficio económico de implementar los sensores de ocupación.

C. Presentación de los Datos

Como estrategia de ahorro de energía en la Universidad Militar Nueva Granada, se puede llevar a cabo la implementación de los sensores de movimiento en el sistema de alumbrado, para de este modo contribuir a la reducción de los costos operacionales asociados al pago de la factura de energía por el consumo de energía.

Se obtuvo un ahorro energético del 35.16% debido a la implementación de los sensores de movimiento en el sistema de iluminación de la universidad.

Tras la inversión inicial debida a la instalación de los sensores de movimiento en cada área del edificio, el periodo del retorno de inversión no supera los 17 meses y la vida útil de los sensores de movimiento es de 5 años (60 meses)

Se presentan la descripción y el funcionamiento de los sensores de movimiento y su papel importante en el ahorro de energía y el ahorro económico en una edificación.

Se identificaron como controles de iluminación dentro de las áreas analizadas interruptores manuales, y como estrategias de ahorro energético se identificó en algunos salones letreros con el mensaje "AL SALIR APAGAR LA LUZ". No se identificaron medidas activas como sensores, temporizadores o similares.

IV. DISCUSIONES

Al lograr un ahorro tanto energético como económico superior al 35% gracias al funcionamiento de los sensores de movimiento, se identifica como estrategia de ahorro de energía para disminuir el consumo de energía y de este modo generar un ahorro económico, la implementación de sensores de movimiento.

El ahorro del poco más de 35% en el consumo de energía asociado al sistema de alumbrado, indica que con la implementación de los sensores de movimiento se dejará de consumir una cantidad de energía representada por ese porcentaje de ahorro, que en la actualidad está siendo consumida y facturada mes a mes.

Se tiene un retorno de inversión de casi 17 meses, lo que indica que con el ahorro generado en la factura de energía mes a mes por la instalación de los sensores de movimiento, se puede cubrir la totalidad del costo de instalación de estos hasta el mes 17. Con una vida útil de los sensores de 60 meses, hace a esta estrategia de ahorro energético atractiva en el mediano y largo plazo.

Con la implementación de esta estrategia de ahorro de energía, se estaría generando, en el mediano y largo plazo, un ahorro económico significativo, que le representaría a la universidad poder disponer de esos dineros que ya no se están usando para pagar la factura de energía en otras actividades.

La única desventaja que tienen estos dispositivos es que tienen una vida útil definida, al término de la cual su rendimiento empieza a verse afectado por el deterioro natural de sus componentes electrónicos, por lo cual deben ser reemplazados. Pero no todo es desventaja. Como ya se realizó una inversión inicial en la que se debió instalar una infraestructura para la integración de los sensores con el sistema de iluminación, ya no se requiere realizar una nueva inversión en esta actividad, por lo que solamente se realizaría la inversión de los nuevos sensores y su instalación de disposición final, sin adecuaciones adicionales, disminuyendo el costo de inversión en comparación con la inversión inicialmente realizada.

V. CONCLUSIONES

- Como estrategia para reducir el consumo de energía eléctrica en la Universidad Militar Nueva Granada Sede Calle 100, se puede llevar a cabo la implementación de un sistema de sensores de movimiento en cada uno de los espacios de la universidad en donde la afluencia de persona sea recurrente.
- La implementación de la estrategia de ahorro energético es viable y atractiva ya que el retorno de inversión se obtiene hacia el mes 17, con una vida útil del sistema de 60 meses. La viabilidad económica es de \$22'800.335, siendo el costo de inversión el 26,72% del beneficio del proyecto.
- Los dispositivos están diseñados para detectar la presencia de las personas en las diferentes áreas y espacios de la universidad y desactivarán el sistema de alumbrado dentro de su área de incidencia cuando no detecten la presencia de alguna persona o movimiento alguno.
- La universidad no cuenta con una estrategia de ahorro de energía asociado al sistema de iluminación, de allí la importancia de realizar la implementación del sistema de sensores de ocupación para incentivar y contribuir con el ahorro de energía y como consecuencia con el ahorro económico.
- Las ventajas de la implementación del sistema de iluminación están relacionadas directamente con los costos operativos de la universidad, ya que contribuiría a disminuir los costos de energía asociados al sistema de iluminación mejorando las finanzas de la universidad.

REFERENCES

- [1] ENEL-CODENSA (2020, febrero). Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) reguladas por la comisión de regulación de energía y gas (CREG) Febrero de 2020. [Online]. Available: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espaa% C3% B1 ol/personas/1-17-1/2020/Tarifario-febrero-2020.pdf>
- [2] *Sensores de ocupación, La siguiente generación en Tecnología y Rendimiento*, Leviton , 2020.
- [3] *Detectores de movimiento y presencia. Innovación. Funcionalidad. Simplicidad*. Legrand Group España S.L. , 2018, may.
- [4] JISO ILUMINACIÓN SPAIN (2015, enero 12). La importancia de los detectores de presencia. [Online]. Available: <https://jisoiluminacion.es/la-importancia-de-los-detectores-de-presencia/>
- [5] SOLER & PALAU (2019, enero 7). Detector de presencia: cómo funciona y cómo se conecta. [Online]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/detector-de-presencia-como-funciona-y-como-se-conecta/>