



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA

“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”

FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Eléctrico

Tema: Circuito electrónico para el control del encendido y apagado
del alumbrado público en el municipio de Moa.

Autor: Amauri Mendoza Del Valle.

Tutores: Dra.C Iliana González Palau.

Dr.C Secundino Marrero Ramírez.

Curso 2013-2014

“Año 56 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Yo: Amauri Mendoza Del Valle.

Tutores: Dra.C Iliana González Palau.

Dr.C Secundino Marrero Ramírez.

Autor de este Trabajo de Diploma titulado: Circuito electrónico para el control de encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Amauri Mendoza Del Valle

(Diplomante)

Dra.C. Iliana Gonzáles Palau

(Tutor(a))

Dr.C Secundino Marrero Ramírez

(Tutor)

Agradecimientos.

Para agradecer, no solo hay que recibir algo material sino un gesto, una frase, un criterio, amistad: expresiones sencillas de valor incalculable.

Sin dudar y en primer lugar a mi Madre, Abuelos, Tíos y hermano, por brindar siempre su apoyo incondicional bajo condiciones de cualquier índole.

A mis familiares más allegados que dijeron presente cuando los necesite, en especial a Marilú que me ayudo en todo lo que necesite durante estos 5 años.

*A mis compañeros de aula, de beca, vecinos, conocidos y amigos.
A mis tutores, unido a los otros profesores que también colaboraron con migo para el desarrollo de esta tesis.*

A todas aquellas personas que de forma (directa o indirecta) han hecho posible la realización de este trabajo, aunque no los mencione a todos, les estaré por siempre muy agradecido.

Dedicatoria.

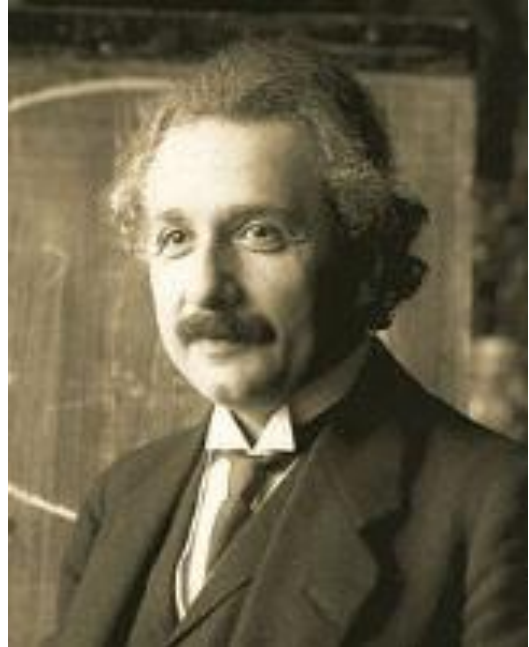
Este Trabajo de Diploma está dedicado en primer lugar a toda mi familia, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente a lo largo de toda mi vida y que a su vez son en realidad merecedores de este logro tan importante.

Muy en especial a mi madre, abuelos, tíos y hermano: Estrella Mendoza, Amable Mendoza, Cristina Del Valle, María Elena Mendoza, Daniel Mendoza, Ariel Mendoza y Juan Carlos Días, a quienes siempre estaré agradecido por todo el apoyo y la confianza dada.

Y de manera muy grata a las personas que me dieron su apoyo incondicional en todo momento. A mis amigos y en general a todas aquellas personas que me quieren y colaboraron para que este sueño se hiciera realidad.

Amauri Mendoza Del Valle.

Fraser:



Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica:

La voluntad.

Albert Einstein

ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN:.....	1
FUNDAMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	3
Situación problemática:	3
Problema:	3
Hipótesis:	3
Objeto de la investigación:	4
Campo de acción:	4
Objetivo general:	4
Objetivos específicos:	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.	5
1.1 Introducción:	5
1.2 Análisis Bibliográfico:.....	5
1.3 Métodos de investigación.....	7
1.4 Alumbrado público.....	7
1.5 Luz.....	8
1.6 Flujo luminoso (ϕ).	8
1.7 Intensidad Luminosa (I).....	9
1.8 Iluminancia (E):.....	9
1.9 Luxómetro.....	10
1.10 Luminancia (L).	10
1.11 Sensor fotoeléctrico.....	11
1.12 Interruptor de crepúsculo.	12
1.13 Control Sí/No.	12
1.14 Control fotoeléctrico.....	12
1.15 Receptáculo para control fotoeléctrico.....	13
1.16 Nuevas tecnologías.....	14
1.17 Conclusiones del capítulo.....	19
CAPITULO II. ESTUDIO DE LOS CONTROLADORES Y DISEÑO DE UN NUEVO CIRCUITO.	21
2.1 Introducción.	21

2.3 Circuitos de control de encendido y apagado que se emplean en el municipio.	22
2.4 Principio de funcionamiento de los controladores que actualmente se emplean en el municipio de Moa.	25
2.5 Conocimientos necesarios de algunos componentes empleados en los nuevos circuitos de control de encendido y apagado.	27
2.6 Nuevos circuitos.	34
2.7 Tipos de mantenimiento.	39
2.8 Tamaño de la muestra.	41
2.9 Conclusiones del capítulo:	41
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	42
3.1 Introducción:	42
3.2 Problemas encontrados en el control actual.	42
3.3 Dispositivos que más se dañan en los controles actuales.	45
3.4 Posibles soluciones para la reparación de los controladores que actualmente se emplean.	47
3.5 Análisis económico del trabajo.	50
3.6 Selección del tipo de mantenimiento adecuado.	58
3.7 Valoración Técnica del funcionamiento.	60
3.8 Valoración ecológica.	60
3.9 Valoración Social.	61
3.10 Conclusiones del capítulo.	62
CONCLUSIONES GENERALES.	63
RECOMENDACIONES.	64
BIBLIOGRAFIA:	65
ANEXOS.	I
Anexo 1: Norma IRAM-AADL J2024.	I
Anexo 2: Normas del niveles de iluminación recomendados.	III
Anexo 3: Lámparas de vapor de sodio a alta presión.	IV
Anexo 4: Ventajas de los LED frente a las lámparas convencionales.	IV
Anexo 5: Fotos de la instalación del circuito puesto a prueba.	VIII
Anexo 6: Aval.	X

RESUMEN:

Cuba, inmersa desde hace un tiempo atrás en la Revolución Energética en aras de un futuro energético mejor y próspero, se dio a la tarea de crear políticas y medios capaces de incentivar el ahorro. El objetivo de esta investigación es crear un circuito de control de encendido y apagado del alumbrado público, que pueda mejorar las deficiencias que presentan actualmente los controladores que realizan esta función en el municipio de Moa.

Realiza una investigación profunda a los sistemas de control de encendido y apagado del alumbrado público del municipio de Moa, para detectar las causas que provocan el mal funcionamiento de los mismos.

El contenido del trabajo se dividió en tres capítulos, configurado y estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1: Incluye las bases teóricas de la investigación y los principales conceptos necesarios para el entendimiento de la misma. Se realiza un análisis de los estudios precedentes que hayan abordado sobre el tema y se presentan las características de algunos de los interruptores que se emplean en el mundo para realizar este tipo de control.

Capítulo 2: En él se incluye los medios de trabajo. La explicación técnica y funcional de cada uno de los dispositivos de control de encendido y apagado del alumbrado público que se emplean el municipio. Los esquemas de los nuevos circuitos propuestos, así como el modo de trabajo.

Capítulo 3: En el mismo se exponen los resultados arrojados luego del desarrollo de la investigación. Se proponen soluciones a los problemas encontrados en los controladores que se emplean actualmente. Y se realiza una valoración técnica, económica y medioambiental del impacto que tendría el uso de estos nuevos circuitos.

Finalizando se muestran conclusiones y recomendaciones, como resultado del estudio realizado a lo largo de la investigación.

*Circuito electrónico para el control del encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa.
Autor: Amauri Mendoza Del Valle.*

Summary:

Cuba, immersed for a while back in the Energy Revolution for a better and prosperous energy future, was given the task of creating policies and means able to encourage savings. The objective of this research is to create a control circuit on and off public lighting, which can improve the deficiencies that currently have drivers that perform this function in the town of Moa.

Make a thorough investigation to control systems on and off of street lighting in the municipality of Moa, to detect the causes malfunction thereof.

The content of the work is divided into three chapters, configured and structured as follows:

Chapter 1: Includes the theoretical basis of the research and key concepts necessary for understanding it. Analyses of previous studies that have addressed the issue and on the characteristics of some of the switches used in the world for this type of control are performed are presented.

Chapter 2: It means work is included. Technical and functional explanation of each of the control devices on and off public lighting the town is employed. Schemes proposed new circuits as well as the mode.

Chapter 3: In the same the results obtained after the development of the research are discussed. Solutions to the problems encountered in the drivers that are currently used are proposed. And a technical, economic and environmental assessment of the impact the use of these new circuits is performed.

Finishing conclusions and recommendations as a result of the study conducted along the research is.

INTRODUCCIÓN:

La actual crisis energética que somete al mundo, obliga hoy más que nunca a buscar alternativas y poner al hombre a pensar en la búsqueda de soluciones, en función de resolver o disminuir dichos problema. Una gran parte del consumo de energía mundial, es producto del alumbrado público. Con el propósito de reducir este consumo de energía, se han desarrollado diferentes variantes entre las que se encuentran: el cambio de luminarias por otras de menor consumo y el desarrollo de circuitos que puedan controlar eficientemente el encendido y apagado de las mismas, para minimizar el tiempo de encendido de estas. Entre algunos de estos elementos y componentes que se emplean para el control del encendido y apagado se encuentran los fotocontroles individuales o sistemas de control múltiple por relé y contactores.

En el caso de Cuba, no ajena al problema global, encamina numerosas acciones por parte de muchas empresas, instituciones y centros docentes, preocupados por el problema. Una de las soluciones dadas ha sido, utilizar solo el alumbrado público en las horas lógicas, y que este rango de tiempo sea el más óptimo posible. En casos más avanzados se han desarrollado controles más inteligentes, capaces de producir varios disparos aumentando o disminuyendo la cantidad de lúmenes por luminaria, en dependencia del horario, el tránsito, y otras variables. Esto fundamentalmente para el caso de las luminarias LED, las culés son más flexibles a estos tipos de controles.

A menudo ocurre que la calidad de una instalación eléctrica queda limitada por el comportamiento de algún componente de bajo costo. Tal es el caso de las instalaciones de alumbrado, donde la falla de un interruptor fotoeléctrico puede afectar todo un sistema o una luminaria.

Este trabajo desarrolla una investigación sobre las causas y los elementos que se deterioran en los dispositivos de control de encendido y apagado del alumbrado público que actualmente se emplean en el municipio de Moa. Se

presenta una perspectiva de lo que el mundo está empleando en cuanto a estos dispositivos. Se proponen nuevos circuitos más sencillos, baratos y duraderos, acorde a las necesidades económicas actuales del país.

FUNDAMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Situación problemática:

El constante deterioro de los dispositivos que se emplean para el control del encendido y apagado de las luminarias del alumbrado público en el municipio de Moa, ha traído consigo que en estos momentos la mayor parte de este se realice de forma manual, provocando la pérdida de fiabilidad en el sistema y el incremento del tiempo de trabajo de las luminarias en horario no requeridos producto del error humano.

En el municipio, los modelos de circuitos de encendido más utilizados son, el Photocontrol Electric serie 2000, y los Photoelectric Control LC-10j. Actualmente, no existe un estudio para determinar las causas de su mal funcionamiento, ni un plan de mantenimiento programado para detectar los problemas a tiempo. Esto a su vez incide en el funcionamiento estable del encendido, como está previsto en el sistema actual.

Problema:

Los dispositivos que se emplean actualmente en el municipio para el control del encendido y apagado del alumbrado público se deterioran en un corto periodo de tiempo, perdiendo fiabilidad el sistema e incrementándose los consumos de energía por concepto de encendido fuera de horario, debido a que son operados de forma manual.

Hipótesis:

Si se realiza un análisis de las causas que provocan el mal funcionamiento del control del alumbrado público, se proponen soluciones y además se diseñan e implementan nuevos circuitos capaces de mejorar el control actual, entonces, es posible un mejor aprovechamiento de la energía y los recursos para garantizar la fiabilidad en el sistema.

Objeto de la investigación:

El control de encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa.

Campo de acción:

El circuito electrónico que controla el encendido y apagado del alumbrado público.

Objetivo general:

Realizar un estudio de los dispositivos de control de encendido y apagado del alumbrado público y proponer un circuito electrónico capaz de realizar estas funciones con mejor régimen de trabajo, para garantizar fiabilidad en el sistema y contribuir con el ahorro de energía.

Objetivos específicos:

- ✓ Analizar bibliografías relacionadas con los diferentes tipos de controles para el alumbrado público.
- ✓ Establecer las causas que provocan las fallas en los sistemas de control de encendido y apagado del alumbrado público en el municipio.
- ✓ Diseñar un circuito capaz del control de apagado y encendido del alumbrado público.
- ✓ Simular el esquema para comprobar el óptimo funcionamiento de este.
- ✓ Poner a prueba estos circuitos en el alumbrado público.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.

1.1 Introducción:

El alumbrado público en el municipio de Moa tiene una serie de problemas que conllevan a la pérdida de fiabilidad del sistema. Parte de lo que está propiciando este problema es el control de encendido y apagado del alumbrado público. En estos momentos los dispositivos que se están empleando, se deterioran con frecuencia y en la mayoría de los casos, esta operación ha pasado a ser de forma manual. El objetivo de este capítulo es realizar un análisis de las diferentes fuentes bibliográficas que aborden el tema, dentro y fuera del contexto nacional. Así como los conceptos fundamentales que sean necesarios para el entendimiento de la misma y las tendencias actuales para realizar este tipo de control en el mundo.

1.2 Análisis Bibliográfico:

Durante el desarrollo de la investigación se consultaron diferentes trabajos y estudios. La revisión bibliográfica estuvo dirigida al enfoque teórico metodológico, así como al análisis de los trabajos que trataban sobre el tema, que desde un punto de vista científico, técnico y práctico se han efectuado. En los últimos años, se han realizado numerosos estudios relacionados con el alumbrado público, todos ellos persiguen un fin común, disminuir el consumo de energía. Pero los dispositivo de control de encendido y apagado no han sido un campo muy tratado o abordado, la mayoría de los trabajos se han enfocado en el cambio de luminarias y los problemas o ventajas que representa el uso de algunas de estas, restándole importancia al control de encendido y apagado, propiciando que se desconozcan las causas que provocan este mal funcionamiento.

1.2.1 Trabajos de diploma precedentes.

[2] Cabrera, Y; Delroy, G; 2005 Presentaron el análisis y propuesta de mejora del sistema de alumbrado de las avenidas principales del municipio

Moa. El control en ese momento era manual en casi todo el sistema, por lo que entre una de sus propuestas está el uso de los dispositivos que actualmente se emplean, los cuales están presentando una serie de deficiencias.

[4] Gresequi, D; 2010 Realiza el diseño y simulación de un circuito para el control de encendido y apagado del alumbrado público, a base de la electrónica de potencia, con el objetivo de controlar varias unidades, más conocido como alumbrado de avenida. En este trabajo solo se hace un pequeño análisis de los dispositivos que actualmente se emplean, y no se realiza un estudio detallado para detectar las verdaderas causas que provocan su mal funcionamiento.

[11] Lamorú, M; Escobar, M; 2008 Realizan un análisis del sistema de iluminación viaria del Municipio Moa. El alumbrado que se utilizaban en ese momento, así como los principales elementos que se empleaban para el mismo. Caracterizando dónde se encuentran las principales deficiencias, además se utilizaron software profesionales para simular el estado actual del alumbrado en las calles escogidas y basándose en todos esos datos, logran proyectar un sistema de alumbrado. Además proponen un circuito de mando para el control del encendido y apagado, los que actualmente se emplean.

[17] Sailema, K; 2013 Realiza un estudio de eficiencia energética y calidad del servicio en las instalaciones del alumbrado público en el área urbana de Cantón Ambato, de la provincia de Tungurahua. Donde desarrollo una metodología de gestión de mantenimiento del alumbrado público y realiza el análisis de los diferentes componentes y accesorios que se deterioran en el alumbrado público. Destacando la ineficiencia que presenta el control de encendido y apagado, siendo el segundo problema más común, solo rebasado por las luminarias.

1.3 Métodos de investigación.

Para comenzar, desarrollar y concluir con éxito cualquier investigación se hace necesario utilizar diferentes métodos. Este trabajo no fue la excepción, algunos de los métodos que se emplearon son los siguientes:

1.3.1 Inductivo-Deductivo: Para realizar el examen y evaluación de los hechos que son objetos de estudio, partiendo de un conocimiento general de los mismos, que permitan una mejor aproximación a la realidad que los originó, y luego, mediante un proceso de síntesis, emitir una opinión profesional. Todo esto exigió la utilización de una serie de pasos realizados en forma sistemática, ordenada y lógica, que permitieron luego emitir una crítica objetiva del hecho.

1.3.2 Histórico-Lógico: Para desarrollar el análisis de las investigaciones anteriores y antecedentes que permitan continuar el estudio.

1.3.3 Análisis-Síntesis: Para lograr la descomposición de las funciones de control e información y su concreción.

1.3.4 Modelación y simulación: Para evaluar el comportamiento del sistema en estudio, con una gran precisión y sin la necesidad de realizar inversiones.

1.4 Alumbrado público.

Es el servicio público que consiste en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentran a cargo de ninguna persona natural o jurídica, de derecho privado o público, diferente del municipio, con el objetivo de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades. Por lo general, en las ciudades o centros urbanos es el servicio municipal que se encarga de su instalación, comprobación, verificación y mantenimiento.

1.4.1 Naturaleza y carácter del servicio de alumbrado público.

El servicio de alumbrado público está sujeto a los caracteres fundamentales de los servicios públicos. Es obligatorio en este sentido, porque nadie puede sustraerse a su disfrute, beneficio o financiamiento vía tributo. Ni el municipio o distrito puede negarse a brindarlo ya que está regido bajo el principio de continuidad, en la medida en que no puede interrumpirse o paralizarse. Está sujeto a un presupuesto de regularidad que determina que debe ser prestado en forma correcta y de acuerdo con las exigencias técnicas que resultan concordantes con la política nacional de ahorro de energía. El servicio se debe prestar en igualdad de condiciones, tanto en las cargas como en los beneficios del mismo y en la generalidad, por qué se debe prestar sin distinción alguna de personas. [30]

1.5 Luz.

Es la percepción que tienen nuestros ojos de las ondas electromagnéticas de un muy estrecho rango de longitudes de onda. Dentro del rango de las longitudes de onda “visibles” percibimos cada frecuencia como un color diferente. Además, cada frecuencia estimula reacciones bioquímicas muy concretas que nos permiten la visibilidad de los objetos.

1.6 Flujo luminoso (ϕ).

Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, su unidad de medida es el lumen (lm). A pesar de que el flujo luminoso es una potencia emitida, no se la mide en vatios (W) debido a que las sensaciones visuales no son las mismas para colores diferentes. El flujo luminoso, usualmente es medido en los laboratorios, utilizando un instrumento conocido como “Esfera Ulbricht” (ver figura: 1.1). Se caracteriza por ser una esfera hueca cuyo interior es pintado de blanco mate para hacerla perfectamente difusa, la fuente de luz es localizada en el centro de la esfera, de esta manera, la iluminancia en el interior de la esfera es

proporcional al flujo luminoso. Una pequeña ventana en su interior permite medir esta iluminancia. [17]

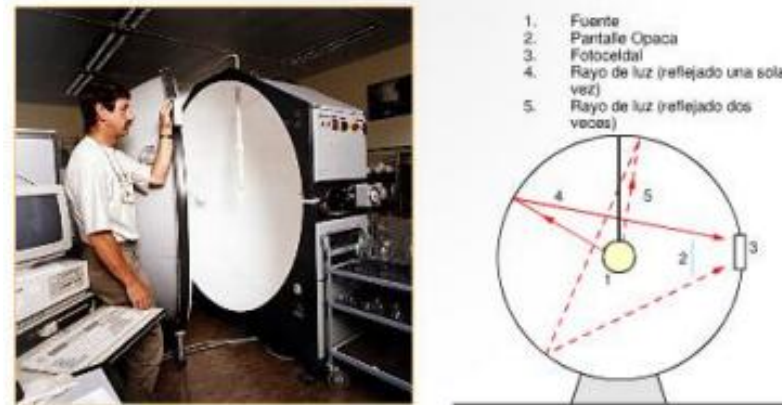


Figura: 1.1 Esfera Ulbricht.

1.7 Intensidad Luminosa (I).

Cantidad de flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su unidad es la candela (cd). Para medir la intensidad luminosa se utiliza el equipo denominado: goniofotómetro (ver figura: 1.2). [17]



Fig. 1.2 Goniofotómetro.

1.8 Iluminancia (E):

Cantidad de luz que llega a una superficie de trabajo, dado como el flujo luminoso, por unidad de superficie y se mide en lux (lx). Un lux es un lumen por metro cuadrado. Un luxómetro es el instrumento de medición que usa

*Circuito electrónico para el control del encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa.
Autor: Amauri Mendoza Del Valle.*

para medir la iluminación (ver figura: 1.3), pero no mide la energía utilizada para producir esa luz. Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx). [17]

1.9 Luxómetro.



Figura: 1.3 Luxómetro LX 076.

Un luxómetro (ver figura: 1.3), también llamado luxmetroo light meter, es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representados en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes. Primero han sido utilizados por fotógrafos y cineastas. Es cada vez más utilizado por los productores de energía para optimizar la iluminación interior (del 20 al 60 % de la electricidad es consumida por la iluminación) o exterior (que a menudo desperdicia mucha energía). Se utilizan también, más raramente para medir la luminosidad del cielo en meteorología y para medir la luz recibida al suelo en bosques o en invernaderos. En los últimos años también ha comenzado a ser utilizado por ecologistas y astrónomos. Otro uso es el que le dan los profesionales de higiene y seguridad, a fin de determinar la posibilidad de ocurrencia de una enfermedad profesional por deficiencias lumínicas. [17]

1.10 Luminancia (L).

Relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo humano en una dirección determinada, su unidad es candela sobre metro

cuadrado (cd/m^2); efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo humano, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. Para medir la luminancia se utiliza el equipo llamado luminancímetro (ver figura: 1.4). [17]



Figura: 1.4 Luminancímetro.

1.11 Sensor fotoeléctrico.

Dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores, luz y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir la electrónica para el acondicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

1.12 Interruptor de crepúsculo.

Primeramente, crepúsculo se le llama al color rojo que alcanza el cielo debido a la dispersión de la luz producida por la atmósfera. Existen dos tipos, el crepúsculo matutino el cual ocurre antes de la salida del Sol, y se llama también amanecer, aurora o alba, y el crepúsculo vespertino que ocurre tras la puesta del Sol, también llamado atardecer u ocaso. Un interruptor de crepúsculo es aquel que conecta o desconecta un circuito al amanecer o atardecer debido a la falta o incremento de luminosidad en esos horarios, pero que también puede interactuar en otros horarios si su sensor es sometido a cambios, como puede ser irradiar luz sobre él o ausencia de la misma.

1.13 Control Sí/No.

Los controladores "Sí/No" u On/Off, también llamados de "Encendido/Apagado" o "Todo/Nada", son los más básicos sistemas de control, así como los más baratos. Estos envían una señal de activación ("Sí", "Encendido" o "1") cuando la entrada de señal es menor que un nivel de referencia definido previamente, y desactiva la señal de salida ("No", "Apagado" o "0") cuando la señal de entrada es mayor que la señal de referencia. [30]

1.14 Control fotoeléctrico.

Equipo electrónico que permite la conexión o desconexión de una carga específica, mediante la actuación de una célula fotoeléctrica dependiendo del nivel de iluminación existente, conformado de un recubrimiento plástico de policarbonato con protección UV, cuya base es de polipropileno con antillama, con una arandela de caucho termoplástico, contactos de bronce e internamente conformado por elementos electrónicos varios (ver figura: 1.4). [29]

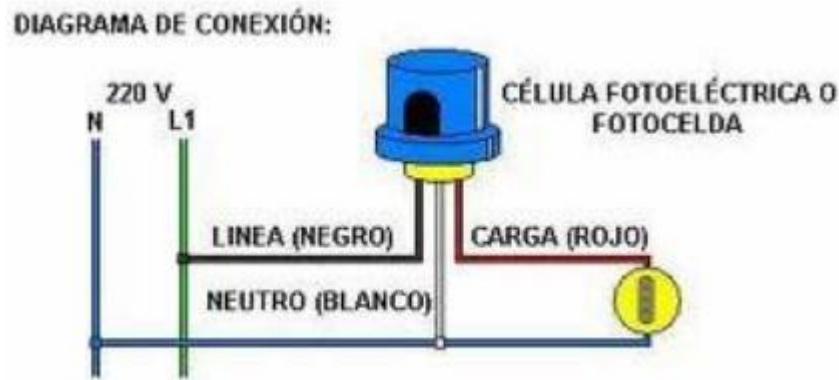


Figura: 1.5 Diagrama de conexión del control fotoeléctrico.

1.15 Receptáculo para control fotoeléctrico.

Accesorio utilizado para acoplar el control fotoeléctrico (ver figura: 1.5) a la alimentación del circuito de una luminaria, está conformado por 2 piezas inyectadas en policarbonato, unidas por tornillos y tuercas galvanizadas, sus contactos están constituidos de latón y 90 cm de alambre No.14 (ver figura: 1.6). [29]



Figura: 1.6 Receptáculo para control fotoeléctrico.

1.16 Nuevas tecnologías.

1.16.1 Controlador de encendido y apagado UC-04.

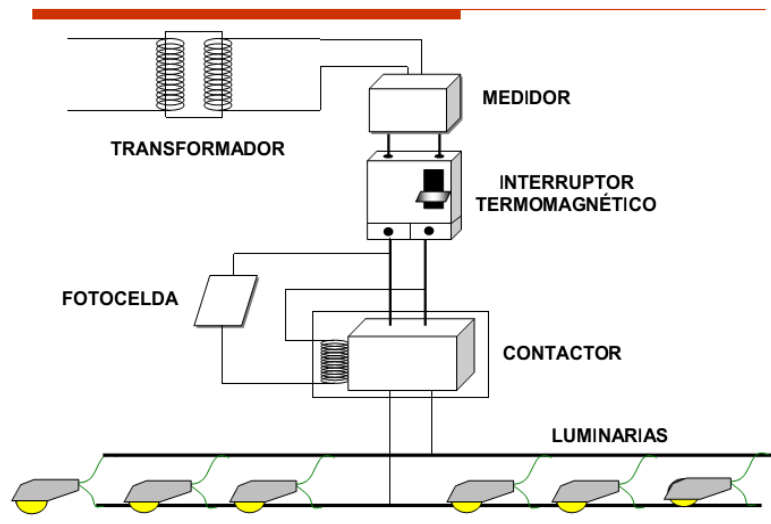


Figura: 1.7 Esquema de conexión del controlador de encendido UC-04.

Permite controlar el encendido de un circuito de iluminación de exteriores o de alumbrado público (ver figura: 1.7), ofreciendo ahorro de energía a un precio muy atractivo. UC-04 le permite ahorrar energía eléctrica al optimizar el tiempo de encendido y apagado del circuito con respecto a una fotocelda convencional, obteniendo ahorros promedio del 9% al 11% (ver figura: 1.8). El usuario controla mediante dos perillas el tiempo de ahorro del encendido y del apagado del circuito. El ajuste de tiempo es de 0 a 40 minutos al encender y de 0 a 40 minutos al apagar.

Adicionalmente, le permite agilizar las labores de mantenimiento, ya que el usuario puede encender el circuito utilizando un control remoto inalámbrico, la cuadrilla de mantenimiento puede encender el circuito sin necesidad de tapar la fotocelda o subir a accionar el interruptor de encendido manual.

Para Circuitos de Alumbrado de 120, 220 y 440 VAC. El Controlador de Encendido UC-04 tiene una fotocelda para detectar la hora de encendido, y

tiene un controlador electrónico para reducir las horas de encendido de manera inteligente. Existen dos modelos: [24]

- ✓ UC-04-A: Para controlar circuitos utilizando un contactor externo.
- ✓ UC-04-B: Integrando en un mismo gabinete el controlador electrónico, el contactor y el interruptor termomagnético.

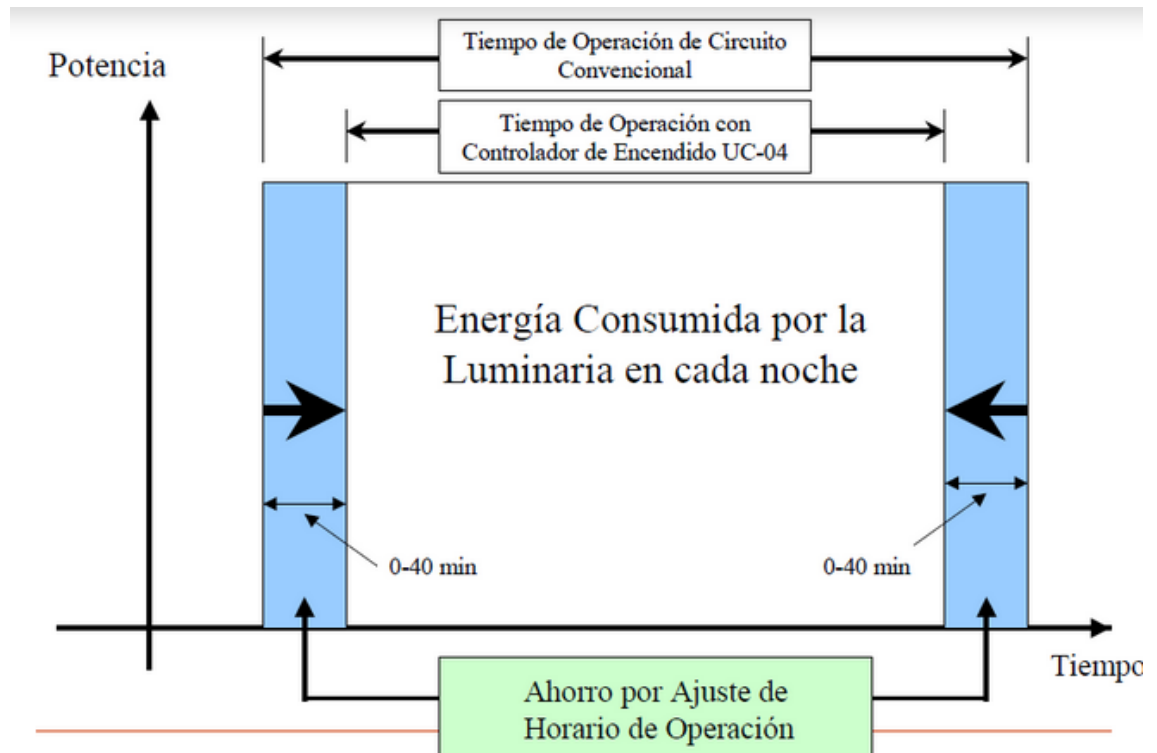


Figura: 1.8 Esquema que representa el ahorro de energía del controlador de encendido UC-04.

1.16.2 Controladores del alumbrado público con LED.

En el mundo la iluminación pública, hoy en día es un feudo casi exclusivo de las lámparas de vapor de sodio, tanto de alta como baja presión. La razón fundamental consiste en la eficiencia luminosa de estas lámparas, que permite convertir cada vatio en una cantidad que varía entre 130 y 170 lúmenes. Aunque en el mercado ya existen LED con capacidad para alcanzar hasta los 150 lúmenes por vatio, la mayoría de los LEDs

comerciales proporcionan entre 80 y 100 lúmenes, en base a un régimen de funcionamiento que prima la fiabilidad y durabilidad. No obstante, la tecnología LED sigue destacando por ser la forma de iluminación que evoluciona más rápidamente y sus posibilidades de desarrollo aún no han alcanzado techo.

Hoy en día, la iluminación LED ya tiene suficientes usos y acumula ventajas significativas como para medirse e incluso superar a las lámparas convencionales de vapor de sodio (ver anexo: 3 y 4). Especialmente en aquellas aplicaciones críticas, donde se requieren ciclos de apagado y encendido rápido o donde prima la calidad y reproducción de colores y el bajo coste de mantenimiento. Además la ventaja de los LED en cuanto al consumo de corriente, garantiza que los costos de los controladores para el encendido y apagado disminuyan al poder controlar más luminarias. Tiene como ventaja poder controlar varios niveles de luminosidad en dependencia del horario y el tráfico, con solo incluir dos disparos que permitan conectar una serie de LED en una misma lámpara, y así disminuir el consumo, garantizando que el tiempo de amortización de la inversión sea mucho más corto. [28]

1.16.3 Interruptores para el control de encendido y apagado del alumbrado solar en sistemas autónomos.

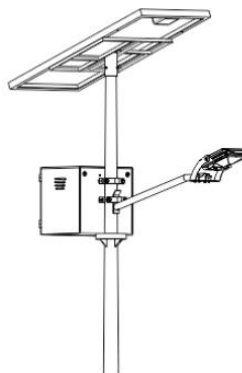


Figura: 1.9 Sistema solar autónomos de alumbrado.

Este controlador tiene una particularidad con respecto a los otros controladores de encendido y apagado del alumbrado público, pues al ser este un sistema autónomo (ver figura: 1.9) no solo se encarga de encender y apagar las luminarias, sino que tiene otras tareas. Consta de un circuito que se encarga de censar el nivel de iluminación en dependencia de la tensión que genere el panel. Monitorea el estado de la batería, para apagar la iluminación en caso de que disminuya la carga de la misma. Esto puede ocurrir con clima nublado o lluvia prolongada, o si el panel solar recibe sombra durante gran parte del día.

El controlador (ver figura: 1.10) reinicia automáticamente el sistema cuando la condición se encuentra corregida y la batería cargada regrese al nivel especificado, de esta forma también se protege la batería. El panel fotovoltaico, proporciona a la batería la carga necesaria para la sustitución de la energía que se utilizó la noche anterior, para que la iluminación pueda volver a activarse durante la noche siguiente. El sistema cuenta con una reserva, por lo que estará en funcionamiento en los periodos de lluvia o con cielo nublado. [27]

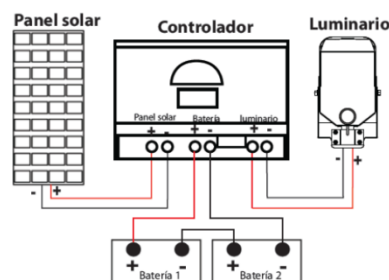


Figura: 1.10 Sistema de conexión del controlador de luminarias solares autónomas.

1.16.4 Interruptores horarios.



Figura: 1.11 Interruptor horario.

Actualmente existen múltiples interruptores horarios, casi todos con las mismas características, unos con más capacidades de programación que otros o con más disparos, pero la mayoría basados en un mismo principio. Los interruptores más avanzados (ver figura: 1.11) constan de un software que calcula diariamente en dependencia del país, el horario y la fecha, los horarios de puesta y salida del sol. En el horario de puesta del sol el interruptor encenderá la iluminación o lo que se conecte por sus contactos, y en el horario de salida del sol la apaga en dependencia de los datos introducidos o la función a realizar que puede ser la contraria. Además pueden ser programados la cantidad de disparo y los horarios. Para ahorrar energía es posible programar apagados y encendidos de la iluminación en horarios nocturnos donde las condiciones lo permitan.

Como gran ventaja ante los interruptores crepusculares tiene que el polvo no provoca retrasos en el disparo al ser su encendido programado, lo que propicia que los costos de mantenimiento sean mínimos.

La principal desventaja de estos interruptores para el control del alumbrado público es que al ser horarios, no están preparados para eventos, como pueden ser, periodos de oscuridad propiciados por nubes o cualquier otro evento natural o no natural. Por este motivo se ha limitado su incursión en el alumbrado público. Otra desventaja es que al ser programables la introducción de datos erróneos en su software trae consigo errores en los disparos.

1.16.5 Photocontrol DGLC de la marca TORK.

Este es otro de los tantos dispositivos utilizados para el control de encendido y apagado que puede ser utilizado en el alumbrado público. Este modelo es muy parecido a los demás, cuenta con una RTD que censa el nivel de luminosidad y a partir de un nivel preestablecido por el fabricante logra el disparo. Está protegido de la lluvia. El encendido y apagado se produce de 10- 54 lux, variando dentro de este rango con solo mover de posición (ver figura: 1.12). Ya que es en forma de codo, posibilitando un movimiento que logra variar el nivel de luminosidad del disparo sin la necesidad de abrirlo. [25]

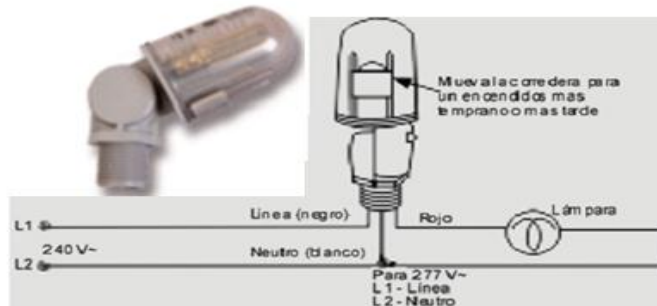


Figura: 1.12 Photocontrol DGLC y su esquema de conexión.

1.17 Conclusiones del capítulo.

- ✓ Se detectó que la mayoría los trabajos consultados no enfocan el problema desde una perspectiva de búsqueda de soluciones, o que está provocando el mal funcionamiento de los dispositivos que se encuentran actualmente. Dedicándose a proponer nuevos circuitos sin antes haber detallado la magnitud del problema y las posibles soluciones.
- ✓ Se presentan diferentes tipos de controles de encendido y apagado que se utilizan en el mundo en dependencia del tipo de luminaria a controlar o el objeto social que representa. Presentando mejor

régimen e trabajo que los que actualmente se emplean en el municipio de Moa.

CAPITULO II. ESTUDIO DE LOS CONTROLADORES Y DISEÑO DE UN NUEVO CIRCUITO.

2.1 Introducción.

En este capítulo se realiza un estudio del modo de funcionamiento de los dispositivos que actualmente se emplean en el municipio para el control de encendido y apagado del alumbrado público. Se explica el software empleado para diseñar el nuevo circuito, pretendiendo que posea las mismas capacidades de control de los que se emplean actualmente, de fácil fabricación para propiciar la producción nacional, así como su mantenimiento.

2.2 Software empleado en la simulación (Proteus 7.7).

Proteus: es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics.

En realidad se divide en dos programas, ISIS y ARES. El primero Intelligent Schematic Input System, por sus siglas en inglés o Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente (ver figura: 3.1) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Permittiéndonos comprobar si el diseño que queremos implementar en un PCB funcionará.

Una vez comprobado y testado con las herramientas incorporadas, ARES Advanced Routing and Editing Software o Software de Edición y Ruteo Avanzado; es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes que se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficiales (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper).

Proteus incluye la función de generar las pistas de cobre automáticamente, si se le indica cómo van conectadas, aunque seguramente deberemos retocar algunos detalles, ya que este tipo de automatismos no siempre son totalmente válidos.

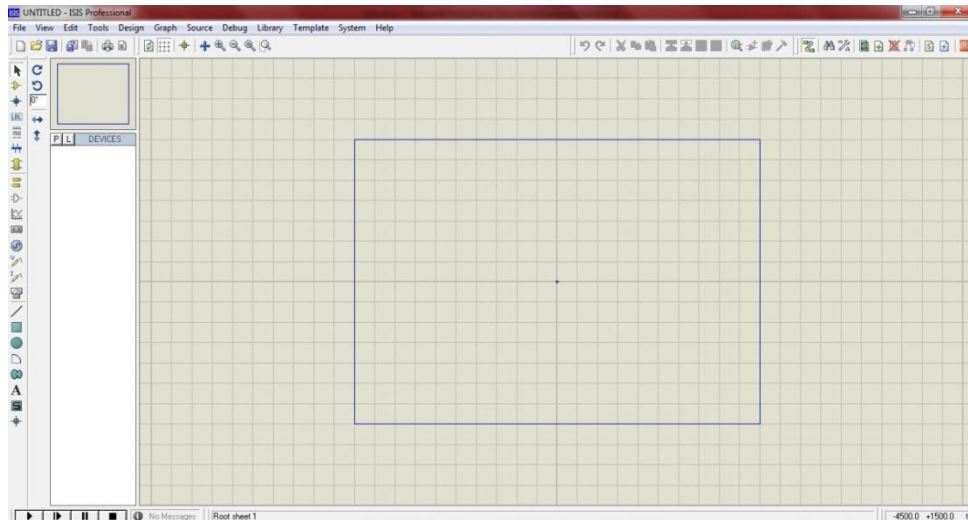


Figura: 2.1 Ventana principal del ISIS.

2.3 Circuitos de control de encendido y apagado que se emplean en el municipio.

En principio digamos que por estar instalado a la intemperie, debe construirse con materiales de primera calidad y estar preparado para soportar la radiación ultravioleta, el viento, la lluvia, el granizo, la caída de rayos cercanos, las sobretensiones de maniobra, etcétera. Además debe construirse con un cierto retardo de operación para evitar que durante el día el oscurecimiento momentáneo, por acción de la sombra de una rama o una nube, provoque la operación del fotocontrol; y por el contrario, que durante la noche, la acción de un relámpago o una luz de automóvil tampoco tenga influencia sobre su funcionamiento.

Básicamente existen dos diseños constructivos: el fotocontrol electrónico y el fotocontrol electromecánico. La norma IRAM-AADL J2024 (ver anexo 1) estipula las características que deben tener los interruptores fotoeléctricos.

2.3.1 Photoelectric Control LC-10j.



Figura: 2.2 Photoelectric Control LC-10j.

El modelo LC-10J (ver figura: 2.2), usado para controlar la iluminación al aire libre automáticamente. Es utilizado en voltaje a partir de 105 V a 285 VAC, de conveniencia para el área donde tiene dos clases del voltaje (127V/240VAC). Su conexión en condiciones normales de trabajo es a partir de los 10-16 Lux y su desconexión esta por los 50-80Lux. Consume 1W de potencia y su vida está estimada en aproximadamente las 6500 conmutaciones. Su recinto es Ultravioleta-resistente y anti-impacto y tiene como dimensiones 43*35*38cm.

Un circuito de alumbrado público se controla mediante una Fotocelda que va conectada a un receptáculo (ver figura: 1.6), donde el cable rojo y el blanco van a la carga, el negro y blanco son los de la alimentación (ver figura: 1.5). Este controlador es el que controla un contactor que alimenta un circuito de varias lámparas o una unidad. Un circuito de alumbrado esta encendido aproximadamente de 10 a 13 horas, dependiendo de la ubicación, orientación y limpieza de la fotocelda. La diferencia de horas de encendido entre verano e invierno puede ser de hasta 3 horas.

2.3.2 Photocontrol Electric, serie 2000.



Figura: 2.3 Photocontrol Electric, serie 2000.

Este es el otro modelo de los dos que hasta el momento se emplean en el municipio. El cual posee casi las mismas características del otro en cuanto a su encapsulado, pero no el mismo circuito (ver figura: 2.3). El encendido está de 10-30 lux y el apagado aproximadamente 5 veces el nivel de encendido con posibilidades de regulación, apretando o aflojando un tornillo que trae el actuador térmico. Este modelo está diseñado como el antes mencionado para ser acoplados en armazones que contienen contactores para el control de varias lámparas (ver figura: 2.4).



Figura: 2.4 Photocontrol Electric, serie 2000 con armazón de contactares incluido.

2.4 Principio de funcionamiento de los controladores que actualmente se emplean en el municipio de Moa.

2.4.1 Photoelectric Control LC-10j.

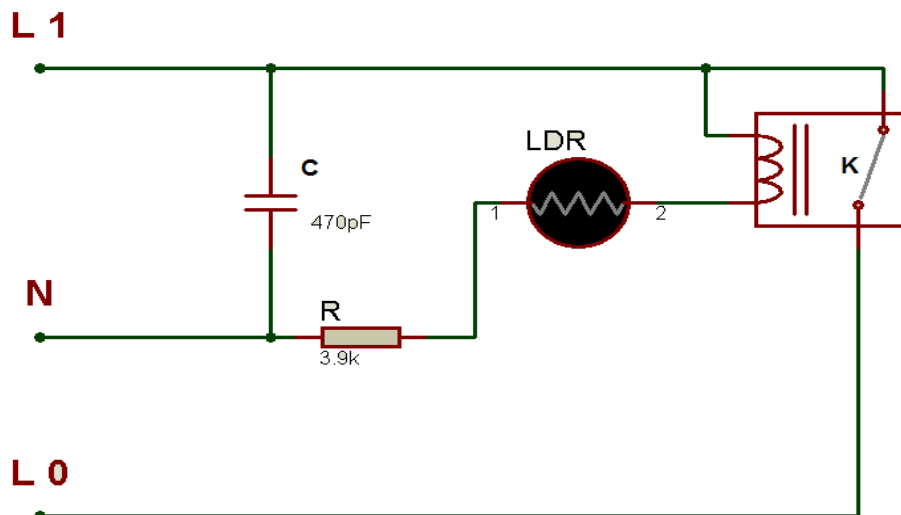


Figura: 2.5 Circuito electrónico del Photoelectric Control LC-10j.

Este tipo de fotocontrol se les denomina fotocontrol electromagnético y su operación se efectúa mediante un electroimán que abre o cierra unos contactos de carga. Cuando el nivel de iluminancia en la superficie del elemento censor es bajo, la corriente a través de la bobina es lo suficientemente pequeña para mantener los contactos de carga en su posición normal (NC). Cuando el nivel de iluminación es alto, se produce el paso de una corriente mayor a través de la bobina cuyo núcleo ejerce atracción sobre el contacto, modificando la posición de los contactos de carga.

El modelo LC-10j es un fotocontrol electromagnético que presenta una resistencia (R) su papel fundamental es la de proteger el circuito en caso de sobre voltaje o sobre corriente. Una (LDR), (ver figura: 2.12) es el dispositivo que se encarga de censar el nivel de luz, y en dependencia de este varia su resistencia interna (en la oscuridad su nivel de resistencia puede llegar hasta los 2MΩ, lo contrario ocurre en plena luz del día cuando su valor de

resistencia puede bajar hasta 100Ω). Al estar conectada en serie la (LDR) y el relé (K) que se encuentran sus terminales normalmente cerrados (NC) permite que cuando la luminosidad este entre los 10-16 Lux, el valor de resistencia de la (LDR) este entre los $8k\Omega$ y $10k\Omega$, limitando la corriente que le llega al relé (K) y permitiendo que este mantenga sus contactos (NC), por tanto las luminarias se encenderán.

En el amanecer cuando la luminosidad este entre 50-80 Lux, el nivel de resistencia de la (LDR) disminuye a valores entre los $3k\Omega$ hasta $1.5k\Omega$, permitiendo que pase más corriente por la bobina del relé (ver figura: 2.5), logrando que este pueda mover sus contactos que se encontraban cerrados y a la vez desconectar el circuito de fuerza que controlan sus contactos. El condensador está presente con el objetivo de que no se infrinjan armónicos al sistema por los estados de conmutación.

2.4.2 Photocontrol Electric, serie 2000.

Existen dos diferentes tecnologías para el mecanismo de operación de los fotocontroles térmicos. La que se utiliza en este modelo es el que usa un elemento bimetálico que se flexiona cuando experimenta un nivel de temperatura suficientemente alto, producido por una resistencia de calentamiento enrollada sobre dicho bimetálico.

Cuando el nivel de luminosidad exterior es alto entre 50-180Lux, la resistencia de la (LDR) disminuye hasta valores cerca de los 100Ω , permitiendo que circule a través de la resistencia de calentamiento (RC) una corriente suficientemente alta para que el elemento bimetálico se flexione, modificando la posición de los contactos de carga. Al ser el nivel de luminosidad exterior bajo entre 10-30Lux, la resistencia de la (LDR) aumenta pudiendo llegar hasta los $2M\Omega$, restringiendo el paso de corriente a través de la resistencia de calentamiento, haciendo que el elemento bimetálico recupere su posición original, por lo cual los contactos de carga quedan en su posición original y la carga sea desconectada.

La anterior tecnología es ineficiente, debido a que gran parte del calor generado por el resistor para ser transferido al bimetálico, es disipado en el aire. La (RC) es una bobina de micrón que se encuentra sobre un actuador térmico. El actuador térmico consta de un tornillo que aumenta o disminuye presión en las placas bimetálicas, retrasando o adelantando los disparos.

El condensador C2, como los Diodos D1 y D2 así como R1 y FU1, se encuentran en el circuito con el objetivo de proteger el mismo de sobre tensiones y sobre corrientes (ver figura: 2.6). El condensador C1 está presente con el objetivo de que no se infrinjan armónicos al sistema por los estados de conmutación. Los contactos del actuador térmico se encuentran normalmente cerrados (NC).

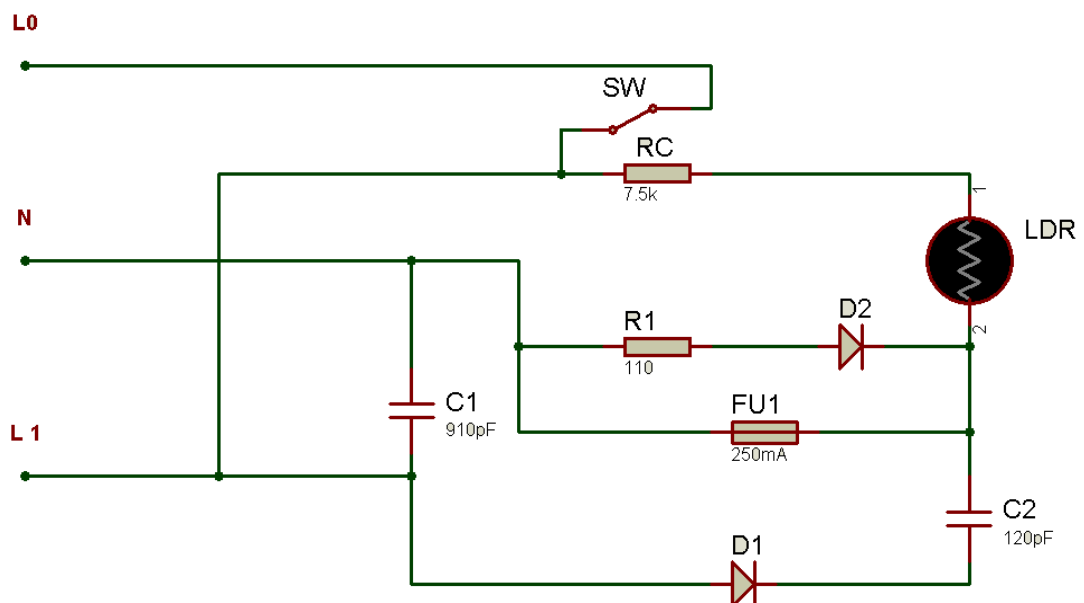


Figura: 2.6 Circuito electrónico del Photocontrol Electric, serie 2000.

2.5 Conocimientos necesarios de algunos componentes empleados en los nuevos circuitos de control de encendido y apagado.

2.5.1 Relés electromagnéticos.

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una

bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Existen multitud de tipos distintos de relés electromagnéticos, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, entre otros.

✓ Relés de tipo armadura.

Pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es (NA) normalmente abierto) o (NC) normalmente cerrado (ver figura: 2.9).

✓ Relés de núcleo móvil.

A diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes.

✓ Relé tipo reed o de lengüeta.

Están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla, o por el acercamiento de un capo electromagnético.

✓ Relés polarizados o biestables.

Se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos o cerrando otro circuito.

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.

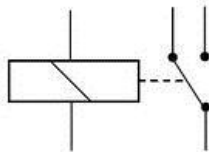


Figura: 2.9 Simbología de un relé electromagnético de armadura.

2.5.2 Contactores.

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea, en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia. Tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden. Estos se clasifican por:

Su construcción en:

- ✓ Contactores electromagnéticos (ver figura: 2.10).

Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.

- ✓ Contactores neumáticos.

Se accionan mediante la presión de aire.

- ✓ Contactores hidráulicos.

Se accionan por la presión de aceite.

- ✓ Contactores estáticos.

Estos contactores se construyen a base de tiristores. Estos presentan algunos inconvenientes como: su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario, la potencia disipada es muy grande, son muy sensibles a las corrientes parasitas internas, y tiene una corriente de fuga importante, además su costo es muy superior al de un contactor electromecánico equivalente.

- ✓ Contactores electromecánicos; se accionan con ayuda de medios mecánicos.

Por el tipo de corriente que alimenta a la bobina;

- ✓ Contactores para corriente alterna.
- ✓ Contactores para corrientes continua.



Figura: 2.10 Diferentes vistas de contactores electromagnéticos.

2.5.3 Transistor.

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para producir una señal de salida en respuesta a otra señal de entrada. Cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término transistor es la contracción en inglés de transfer resistor o (resistencia de transferencia). Actualmente se encuentran prácticamente en todos los

aparatos electrónicos de uso diario: radios, televisores, reproductores de audio y video, relojes de cuarzo, computadoras, lámparas fluorescentes, tomógrafos, teléfonos celulares, entre otros.

Tipos de transistor:

- ✓ Transistor de contacto puntual.

Llamado también transistor de punta de contacto, fue el primer transistor capaz de obtener ganancia, inventado en 1947 por John Bardeen y Walter Brattain. Consta de una base de germanio, semiconductor producido a partir de la combinación cobre-óxido de cobre, sobre la que se apoyan, muy juntas, dos puntas metálicas que constituyen el emisor y el colector, debido a su mayor ancho de banda, en la actualidad ha desaparecido.

- ✓ Transistor de unión bipolar (BJT).

Se fabrica básicamente sobre un monocristal de Germanio, Silicio o Arseniuro de galio, que tienen cualidades de semiconductores y un estado intermedio entre conductores como los metales, y los aislantes como el diamante. Sobre el sustrato de cristal, se contaminan en forma muy controlada tres zonas, dos de las cuales son del mismo tipo, NPN (ver figura: 2.11) o PNP, quedando formadas dos uniones NP.

- ✓ Transistor de efecto de campo (JFET).

El transistor de efecto de campo de unión (JFET), fue el primer transistor de efecto de campo en la práctica. Lo forma una barra de material semiconductor de silicio de tipo N o P. Dentro de esta categoría se encuentran: los transistores de efecto de campo de unión (JFET), construido mediante una unión PN, transistor de efecto de campo de compuerta aislada (IGFET), en el que la compuerta se aísla del canal mediante un dieléctrico, transistor de efecto de campo MOS (MOSFET), donde MOS significa Metal-Óxido-Semiconductor, en este caso la compuerta es metálica y está separada del canal semiconductor por una capa de óxido.

✓ Fototransistor.

Los fototransistores son sensibles a la radiación electromagnética en frecuencias cercanas a la de la luz visible; debido a esto su flujo de corriente puede ser regulado por medio de la luz incidente. Un fototransistor es, en esencia, lo mismo que un transistor normal, sólo que puede trabajar de 2 maneras diferentes: como un transistor normal con la corriente de base (I_B) (modo común); como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. (I_P) (modo de iluminación).

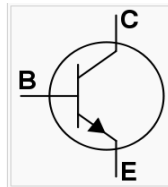


Figura: 2.11 Simbología de un transistor unión bipolar NPN.

2.5.4 Las LDR.

Las LDR (Light Dependent Resistor, o Resistor Dependiente de la Luz) (ver figura: 2.12) son como su nombre lo indica, resistencias cuyo valor varía de acuerdo al nivel de luz al que están expuestas. Si bien, los valores que puede tomar una LDR en total oscuridad y a plena luz puede variar un poco de un modelo a otro, en general, oscilan entre unos 50 a 1000 ohmios (1K) cuando están iluminadas (por ejemplo, con luz solar) y valores comprendidos entre 50K (50,000 Ohms) y varios megohmios (millones de ohms) cuando está a oscuras.



Figura: 2.12 Vista de una LDR.

Desde el punto de vista constructivo, las LDR están fabricadas con materiales de estructura cristalina, siendo los más utilizados el sulfuro de

cadmio y el seleniuro de cadmio, aprovechando sus propiedades fotoconductoras para disímiles usos en la electrónica.

2.5.5 Resistor.

Es un material formado por carbón y otros elementos resistivos para disminuir la corriente. Se opone al paso de la corriente. La corriente máxima en un resistor viene condicionada por la máxima potencia que puede disipar su cuerpo. Esta potencia se puede identificar visualmente a partir del diámetro sin que sea necesaria otra indicación. Los valores más comunes son 0,25 W, 0,5 W y 1 W. La unidad de la resistencia en el Sistema Internacional de Unidades es el ohmio (Ω). La letra utilizada para la representación es (R) y la simbología es la siguiente (ver figura: 2.13).

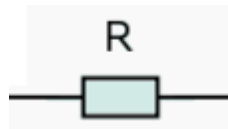


Figura: 2.13 Simbología de una resistencia.

2.5.6 Condensador.

Un condensador o llamado en inglés capacitor, nombre por el cual también se le conoce frecuentemente dentro del ámbito de la electrónica y otras ramas de la física aplicada, es un dispositivo pasivo utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico.

Está formado por un par de superficies conductoras, generalmente en forma de láminas o placas, en situación de influencia total (esto es, que todas las líneas de campo eléctrico que parten de una van a parar a la otra), separadas por un material dieléctrico o por el vacío. Las placas, sometidas a una diferencia de potencial, adquieren una determinada carga eléctrica, positiva en una de ellas y negativa en la otra, siendo nula la variación de carga total. En el Sistema internacional de unidades se mide en Faradios (F).

La letra utilizada para la representación es (C) y la simbología se puede observar a continuación (ver figura: 2.14).

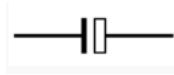


Figura: 2.14 Simbología de una condensador dieléctrico.

2.6 Nuevos circuitos.

En la actualidad existen diferentes dispositivos electrónicos sensibles a la luz, que al incidir sobre ellos un haz de luz, varían sus parámetros en dependencia de la intensidad y de las capacidades técnicas que posean. Unos ejemplos de estos son las (LDR), fotocelda.

Elementos utilizados en el diseño:

- ✓ Transformador (T): de baja potencia.
- ✓ Diodo (D): IN 4001
- ✓ Condensador dieléctrico (C): 100uF.
- ✓ Transistor (Q): 2SC 3331 (este será escogido a partir de la potencia del relé empleado).
- ✓ Resistencia dependiente de luz (LDR): se escogió para este caso de prueba la misma que traen los controladores actuales.
- ✓ Foto celda (F): 3V.
- ✓ Resistencia variable (RV): 100kΩ.
- ✓ Relé electromagnético (K): TQ2-24V (Este se escogerá en dependencia de la corriente que necesitara mover por sus contactos entre otros parámetros).

2.6.1 Interruptor de crepúsculo con resistencia dependiente de luz (LDR).

Se emplea un relé normalmente cerrado (NC) para lograr que en caso de que el circuito se dañe, no falte la luz hasta que sea remplazado el mismo. Al incidir un haz de luz sobre la fotorresistencia (LDR), esta disminuye el valor

de resistencia en dependencia de la intensidad del haz luminoso. La misma se encuentra en un divisor de tensión con una resistencia variable (RV) de 100kΩ, que es la encargada de regular los disparos a la luminosidad deseada. Al haber disminuido el valor de resistencia de la (LDR) y la (RV) y mantenerse en un nivel pre fijado con anterioridad, aumenta el potencial en la base del transistor (Q) provocando que este entre en el estado de saturación, y a la vez el relé (K) abra sus contactos y desconecte el circuito que esté alimentando.

En el momento que la luz desaparezca o no sea lo suficientemente fuerte, el valor de resistencia (LDR) aumenta de tal manera que si se mantiene en el mismo valor de resistencia la (RV) el potencial en la base del transistor (Q) disminuye provocando que este entre en el estado de corte y los contactos del relé se cierran activando el circuito que está controlando. La función del diodo (D) es de disipar la corriente de magnetización creada por la bobina del relé (ver figura: 2.15).

Aclarar que estos son controladores “si-no” (epígrafe 1.12). Este tipo de circuito a diferencia de los que se emplean en el municipio actualmente para este tipo de control, logra que los disparos sean a un mismo nivel de luminosidad, prefijado por el diseñador anteriormente y con posibilidades de variar el mismo por el operario o técnico.

U_{be} = Tensión base-emisor (esta es la tensión que polariza la base del transistor, a partir de los 0.6V o 0.7V en dependencia del semiconductor germanio o silicio por el mismo orden)

El divisor de tensión creado entre la LDR y la RV es el que muestra la fórmula siguiente (2.1):

$$U_{be} = \frac{24 * RV}{RV + LDR} \quad (2.1)$$

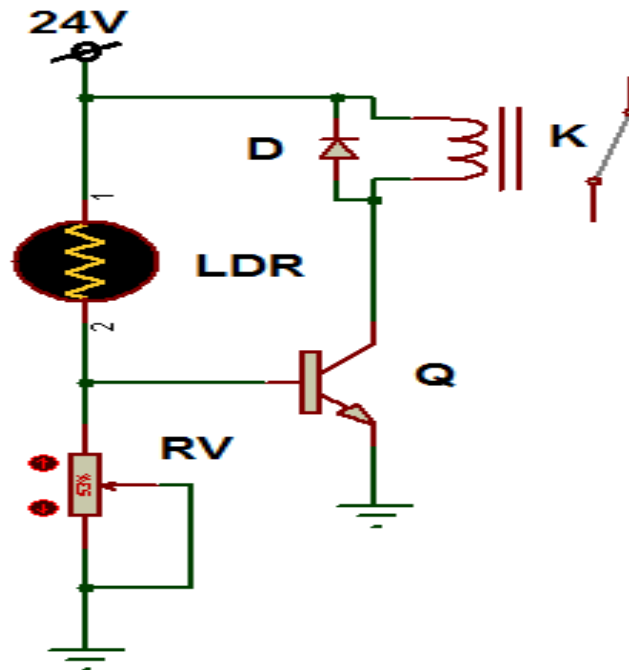


Figura: 2.15 Circuito eléctrico de un Interruptor de crepúsculo con resistencia dependiente de luz (LDR).

2.6.2 Interruptor de crepúsculo con foto celda (FC).

Se utiliza una foto celda o (FC) como también aparece en algunas literaturas, para saturar la base del transistor, en dependencia del divisor de tensión que crea la RV. Cuando la luminosidad aumenta el nivel de tensión generado también aumenta, esto provoca que la tensión en la base del transistor (Q) sea mayor, permitiendo que este se sature trayendo consigo que el relé (K) que se encuentra normalmente cerrado (NC) abra sus contactos desconectando el circuito que alimenta por los mismos.

En el caso contrario cuando la luz desaparezca o disminuye a niveles muy bajos, el nivel de tensión generada disminuirá provocando que el transistor (Q) entre en el estado de corte, y a su vez el relé (K) cierre sus contactos y conecte el circuito que alimenta por los mismos. La resistencia variable (RV), es la encargada de regular los disparos al nivel de luminosidad deseado, esta regula el nivel de tensión que llegara a la base del transistor. La función

del diodo (D) es de disipar la corriente de magnetización creada por la bobina del relé (ver figura: 2.17).

Este tipo de circuito en diferencia de los que se emplean en el municipio actualmente para este tipo de control, logra que los disparos sean a un mismo nivel de luminosidad prefijado por el diseñador anteriormente y con posibilidades de variar el mismo por el operario. Para el caso del circuito que se puso a prueba en el alumbrado público del ISMM Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, se ajustó a 10 Lux entrado dentro de los parámetros que estipula la norma CIE (1995) (ver anexo 2).

Estos dos circuitos tienen como posibilidad, poder conectar todo un sistema de lámparas en dependencia de la potencia de los contactos del relé, si se desea controlar el circuito de fuerza mediante este dispositivo. La otra opción y la empleada para este caso, dado que los contactos del relé son de poca potencia, es que el relé sea el que controle un contactor, que a su vez controla por los contactos de fuerza todo un sistema de luminarias en dependencia de la potencia del mismo.

Como ya se explicó, la RV está formando un divisor de tensión (ver figura: 2.16) en la base del transistor (ver fórmula 2.3). Una resistencia variable o RV conectada de esta manera se forma por dos resistencias R1 y R2 (ver fórmula 2.2).

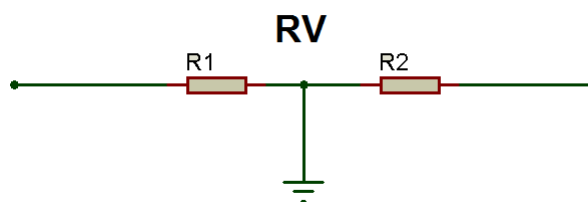


Figura: 2.16 Muestra cómo está compuesta RV.

$$RV = R1 + R2 \quad (2.2)$$

U_{fc} = Tensión de la foto celda.

$$U_{be} = \frac{U_{fc} * R2}{R1 + R2} \quad (2.3)$$

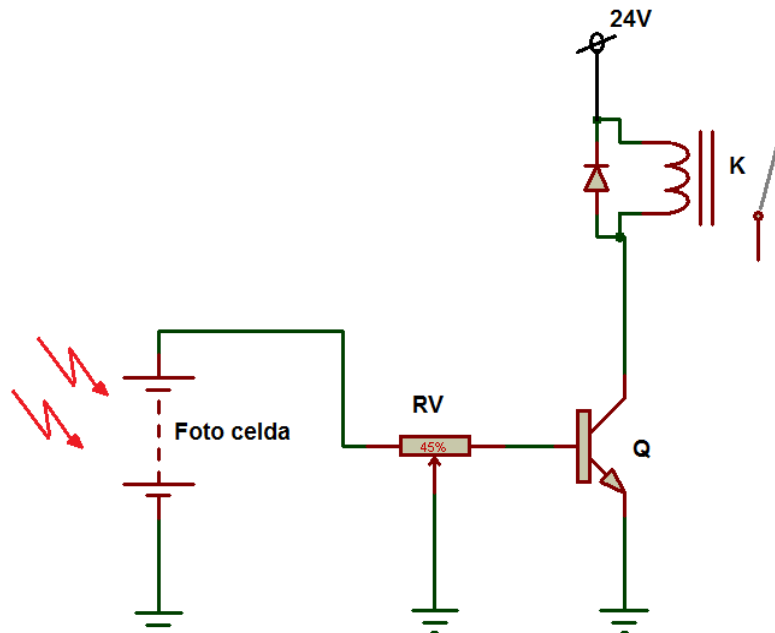


Figura: 2.17 Circuito eléctrico de un Interruptor de crepúsculo con foto celda.

2.6.3 Fuente de alimentación del circuito.

En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.

En este caso, la fuente utilizada es de las más fáciles de fabricar. La que aquí se propone es una rectificación a onda completa, constituida por un transformador (T) de 220V-24V, una cuarteta o puente rectificador (P) y dos condensadores dieléctricos (C1, C2) y un regulador de voltaje a 24V (7824), (ver figura 2.18). Con esta fuente se asegura la alimentación del circuito correctamente.

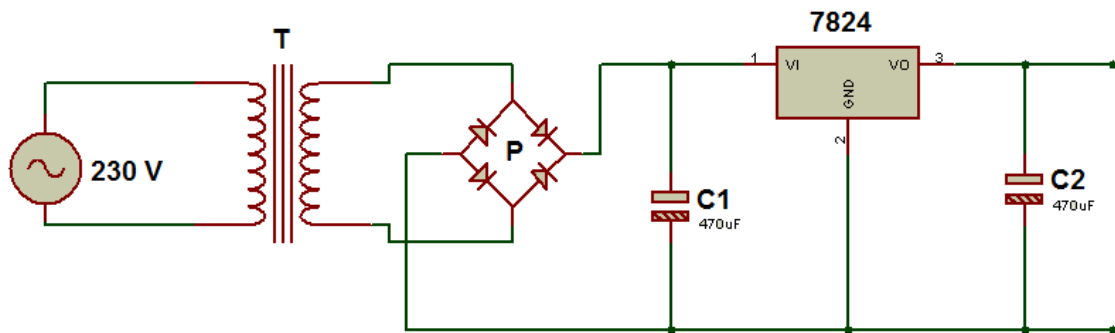


Figura: 2.18 Fuente empleado para la alimentación de los circuitos.

2.7 Tipos de mantenimiento.

Tradicionalmente, se consideraba que existían tres tipos de mantenimiento distintos: predictivo, preventivo, y correctivo. Sin embargo, existen cuatro tipos de mantenimiento distintos:

- ✓ Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- ✓ Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos: sustitución o reacondicionamiento cíclico.
- ✓ Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo a la falla.
- ✓ Mantenimiento detectivo o “búsqueda de fallas”.

2.7.1 Mantenimiento predictivo o a condición.

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones, monitoreos y chequeos. Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida.

Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no, para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial, es

decir, deben haber síntomas claros de que la falla está en el proceso de ocurrir.

2.7.2 Mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico).

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o re-trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste, es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer.

2.7.3 Mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura.

Este tipo de mantenimientos se realiza si se decide que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar una falla, sino que se reparará la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimientos es conveniente cuando el costo de la falla es menor que el costo de la prevención o cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no se justifica realizar un rediseño del equipo.

2.7.4 Mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas.

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla

está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se le llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo en el cual se realiza esta tarea se le llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (Failure-Finding Interval).

2.8 Tamaño de la muestra

Las muestras a ser evaluadas son las siguientes:

En los fotocontroles se tomó como muestra para el caso de los Photoelectronic Control LC-10j, se analizaron un total de 100 dispositivos que se encontraban fuera de servicio por desperfectos técnico. En los Potocontrol Electric serie 2000, la muestra escogida fue la misma, 100 dispositivos que se encontraban fuera de servicio por desperfectos técnico.

2.9 Conclusiones del capítulo:

- ✓ En este capítulo se realiza un análisis de los diferentes dispositivos que se emplean en el municipio, detallando el modo de funcionamiento de cada uno de ellos.
- ✓ Se explica el software empleado para la simuló de los controladores que se emplean en el municipio y los nuevo circuito, demostrando la correcta funcionabilidad de estos dispositivos.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1 Introducción:

En el transcurso de este capítulo se establecerá un análisis de los resultados obtenidos en la investigación que se le realizó a los dispositivos de control de encendido y apagado del alumbrado público que actualmente se emplean en el municipio. Los resultados que se obtuvieron luego de la reparación de los fotocontroles dañados y la implementación del nuevo circuito. Además se estudiara el impacto técnico, económico y medio ambiental que esto representa.

3.2 Problemas encontrados en el control actual.

3.2.1 Photoelectric Control LC-10j.

- ✓ Son muy sensibles a la ausencia de luz, por lo que se activan muy temprano y se desactivan muy tarde.
- ✓ La conexión y desconexión no ocurre bajo los mismos niveles de luminosidad ya que los relés electromagnéticos no se activan con la misma tensión que se desconectan.
- ✓ Deben estar orientadas hacia el norte, lo que en muy pocas ocasiones se lleva a cabo trayendo consigo disparos fuera de horario por mala orientación (ver figura: 3.1).

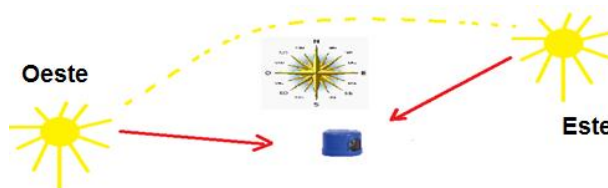


Figura: 3.1 Orientación de los controladores.

- ✓ Otro problema que presentan y que es uno de los que más daño le provoca a las luminarias y a los contactos del relé, es el estado de indeterminación por el que pasa al anochecer y amanecer, que trae

consigo múltiples conmutaciones (alrededor de 10-15), dañando estos por las altas temperaturas que se crea en los contactos y limitando su vida útil (ver figura: 3.2).

- ✓ La vida útil de este dispositivo está estimada por el fabricante en aproximadamente 6500 conmutaciones. Si le agregamos a esto que conmuta de 10-15 veces en el amanecer y atardecer y lo sumamos para obtener la cantidad de conmutaciones en un día, sería de 20-30, si lo dividimos a 6500 obtendremos aproximadamente los días de operación que estarían entre 216-325 días, y si lo llevamos a meses daría un aproximado de 7.1- 10.7 meses de operación que como se puede apreciar es bastante corto.

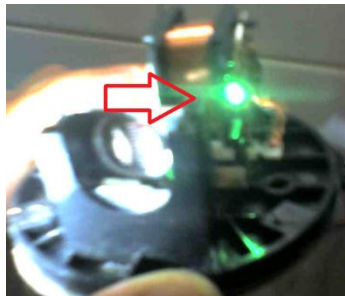


Figura: 3.2 Muestra el efecto creado por las altas conmutaciones, en los contactos cuando pasa por el estado de indeterminación en el modelo Potoelectronic Control LC-10j.

- ✓ Por último, al ser Moa un municipio netamente metalúrgico, donde el nivel de contaminación ambiental es bastante alto y parte de esta contaminación es provocado por el polvo, los fotocontroles no estan ausentes de ser víctimas de esta, por lo que luego de un tiempo de operación si no se les da mantenimiento puede traer consigo que aparezcan errores en los disparos. Al crearse una delgada capa de polvo en la parte de la carcasa por donde es transparente y le llegan los rayos de sol a la (LDR).

3.2.2 Potocontrol Electric, serie 2000.

La vida de funcionalidad de este modelo es aproximadamente casi igual que la del otro antes mencionado. Sus características no permiten que este pase por el estado de indeterminación del modelo anterior, pero sí que tenga otra serie de irregularidades. Adicionalmente, por sus características térmicas, estos fotocontroles no trabajan apropiadamente a altas o bajas temperaturas y su operación se afecta aún más, cuando son instalados para el control individual sobre las carcassas de las luminarias.

- ✓ Las Potocontrol Electric serie 2000, al igual que las anteriores deben estar orientadas hacia el norte, lo que en muy pocas ocasiones se lleva a cabo trayendo consigo disparos fuera de horario por mala orientación.
- ✓ Otro inconveniente es que la conexión y desconexión no ocurre bajo la misma luminosidad, ya que al ser un actuador térmico depende en gran medida de la temperatura ambiente y la conexión se realiza en horario de la tarde en la que la temperatura es más alta, por lo que se adelantan los disparos. Lo contrario ocurre al amanecer en donde la temperatura ambiente es más baja y necesita de más luminosidad para la desconexión. Esto sumado que nuestro país es cálido de altas temperaturas, lo que trae consigo errores considerables en cuanto al horario de los disparos.
- ✓ Luego de un cierto tiempo, entre los 5 a 8 meses, el bimetálico del actuador térmico (ver figura: 3.3) ha sufrido alguna difracción lo que logra que aumente el error, en cuanto a los disparos fuera de horario hasta que ya no conmuta y se quedan sus contactos en la mayoría de los casos (NC).



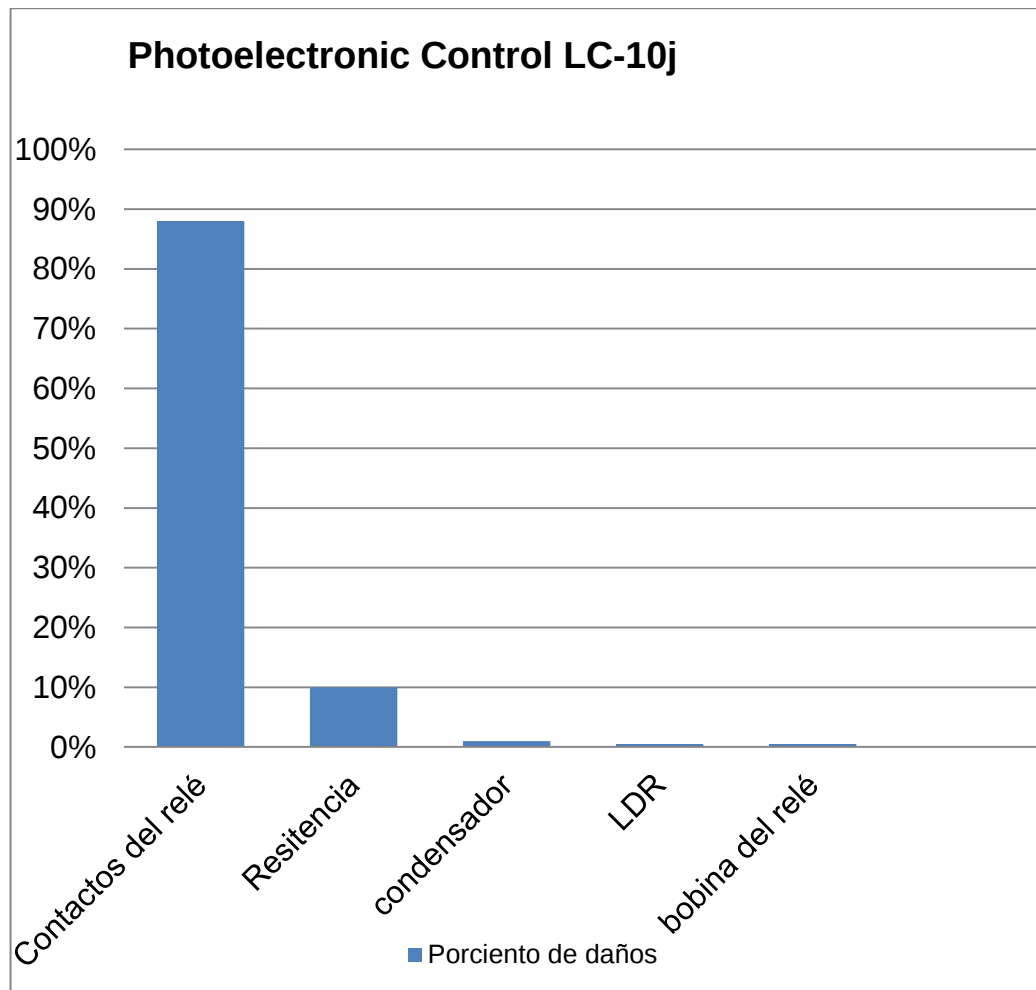
Figura: 3.3 Actuador térmico.

3.2.3 Problemas generales.

- ✓ Ausencia de un plan de mantenimiento que pueda prever daños mayores.
- ✓ La Empresa Eléctrica de Moa, no consta con un taller que se encargue de la reparación de estos elementos, para así alargar su vida útil y reincorporarlos al sistema.

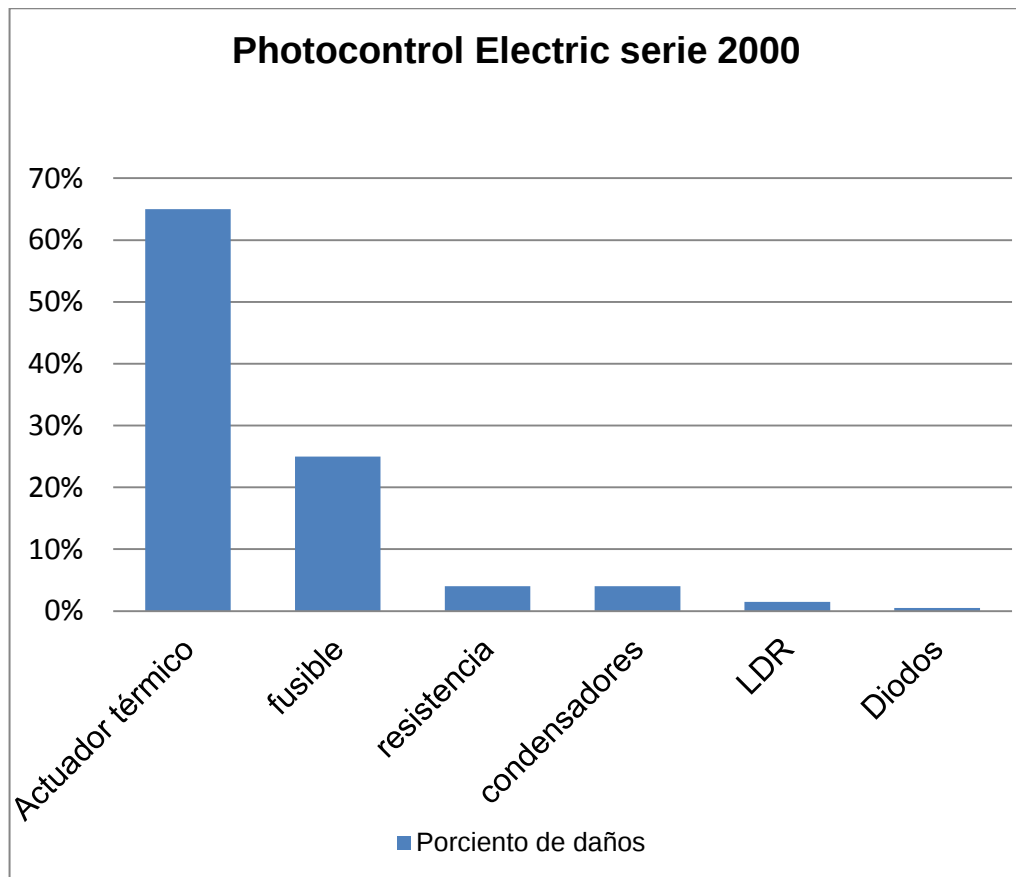
3.3 Dispositivos que más se dañan en los controles actuales.

En el caso del modelo Potoelectronic Control LC-10j el mayor componente que se daña son los contactos del relé, los cuales después de un tiempo de trabajo estimado entre los 7.1 a 10.7 meses de uso interrumpido se deterioran de tal manera que pierden la zona de contacto, y en la mayoría de los casos se funde esta. En menor medida la (R) que traen con el objetivo de protección para sobre voltaje o sobre corriente se daña. El condensador y la bobina del relé tiene un porciento bastante bajo de daños (ver gráfica 3.2).



Gráfica: 3.1 Gráfica que muestra el porcentaje de los elementos que se dañan en el Photoelectronic Control LC-10j.

En los Photocontrol Electric serie 2000, el mayor componente que se deteriora es el actuador térmico, el cual luego de un tiempo estimado entre los 5 y 8 meses sufre una deflación en las láminas bimetálicas. El segundo componente que más se deteriora es el fusible. En menor medida se deterioran los componentes empleados para la protección de altas corrientes y altas tensiones (ver gráfica 3.3).



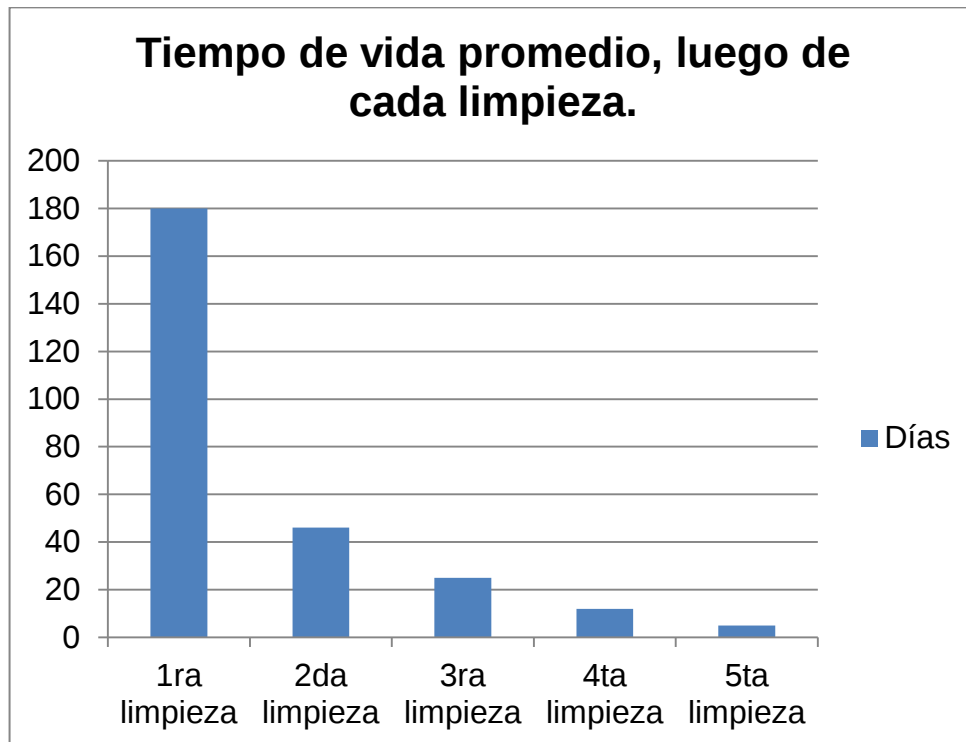
Gráfica: 3.2 Gráfica que muestra el porciento de los elementos que se dañan en el Photocontrol Electric serie 2000.

3.4 Posibles soluciones para la reparación de los controladores que actualmente se emplean.

3.4.1 Photoelectronic Control LC-10j.

Reincorporar este modelo es mucho más difícil dado que la sustitución de los contactos del relé que es el componente que más se daña, no se puede realizar. Pues en la actualidad no se comercializan estos componentes para este tipo de modelo y la producción nacional de este dispositivo sería muy costosa. Lo que si se recomienda es pasarle una lija fina por los contactos, para limpiar los mismos, esta pequeña operación logra aumentar la vida útil de estos componentes (ver figura 3.3). Este tipo de mantenimiento debería ser de forma programada y la limpieza con una lija solo es viable si no se

hace de forma muy profundo, pues perdería por completo la zona de contacto que está preparada para este tipo de función.



Gráfica: 3.3 Muestra el promedio de días que dura los contactos de un relé en bolber a fallar luego de ser limpiado.

En el caso de que el dispositivo dañado sea la (R) que traen para la protección, el cambio de esta sería la solución más viable, ya que la misma es de bajo costo y su sustitución es muy sencilla. Lo mismo ocurre con el condensador y la (LDR), su sustitución sería la solución por los mismos motivos de la (R). En el caso de que lo dañado sea la bobina del relé, no recomendamos enrollarlo nuevamente.

3.4.2 Potocontrol Electric, serie 2000.

Dado que en este modelo el elemento que más se deteriora es el actuador térmico propiciado porque el bimetalo sufre una pequeña deflación. La solución más adecuada sería sustituir el mismo, pero esta sin duda no es la más barata. Debido que habría que producir estos componentes, pues no

se comercializa internacionalmente este modelo de actuador térmico. Por lo que se propone realizar presión en el bimetetal apretando un pequeño tornillo que posee el mismo (ver figura: 3.4).

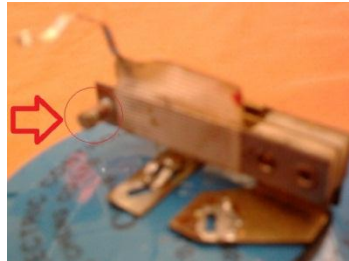
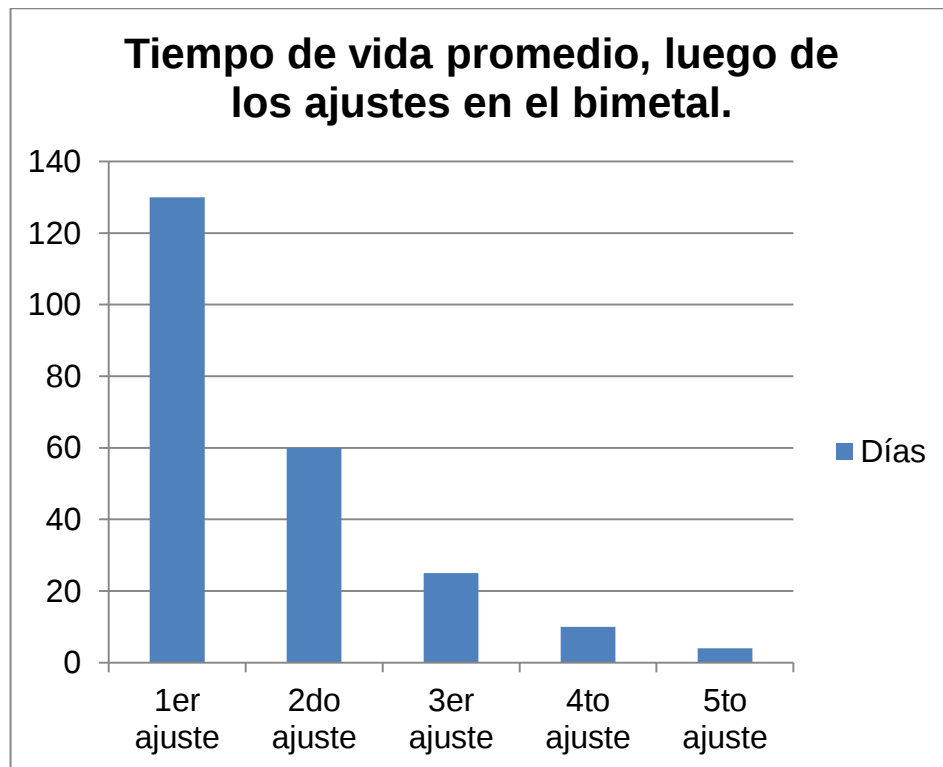


Figura: 3.4 Actuador térmico y se señala el tornillo que es empleado para el ajuste.

Esta puede ser una solución que sin dudas, es la más económica y sencilla pero tiene como inconveniente que luego de ser ajustado una vez no se recomienda ajustarlo nuevamente. Pues se encarecería el costo del mantenimiento, ya que por cada vez que sea realizada esta operación, el tiempo que tarda en volver a fallar es aún más corto (ver gráfica 3.3).

Como se puede apreciar en la gráfica 3.2 el fusible es el segundo componente que más se deteriora, provocado por algunas variaciones en las redes, fundiéndose con el objetivo de proteger el circuito. Para este caso una solución bastante práctica es la sustitución, la cual en estos momentos no se realiza, dando de baja un circuito que en la mayoría de los casos, el resto de los componentes aún está en óptimas condiciones.

Los otros dispositivos que se deterioran en este modelo, aunque en menor medida, son los dos diodos, los condensadores y la resistencia. Para los cuales se propone como solución la sustitución, dado que el costo de los mismos es pequeño.



Gráfica: 3.4 Muestra el promedio de días que dura el bimetelal en bolber a fallar luego de ser ajustados.

3.5 Análisis económico del trabajo.

En este trabajo se realiza un análisis económico de los circuitos diseñados y se muestra de forma tabulada el precio y la cantidad de componentes utilizados en el diseño, lo cual nos da una medida del costo del dispositivo creado.

Para la realización de esta valoración técnica – económica se tiene en cuenta el costo de todos y cada uno de los componentes que conforman el circuito diseñado, así como el costo de mantenimiento y reparación de los circuitos ya existentes. El precio de estos elementos es actual.

Existen múltiples tipos diferentes de cálculos económicos, el escogido en este caso fue preestimación, ya que requiere de mucho menos detalles. A la vez que nos permite realizar un análisis extremadamente importante para determinar si es factible o no llevar a cabo el proyecto.

*Circuito electrónico para el control del encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa.
Autor: Amauri Mendoza Del Valle.*

Como primer paso en la realización del trabajo se tomó la relación de todos los componentes utilizados, observaciones, cantidad, el costo unitario en el mercado mundial, el costo total de cada uno de ellos, así como el total general de los circuitos (ver tabla 3.1).

En nuestro trabajo, como se puede observar todos los componentes son adquiridos por USD, pero no son costosos, es decir, se pueden adquirir fácilmente.

Tabla 3.1 Costo de los componentes.

Componente	Observaciones	Unidades	Costo Unitario	Costo Total
Fotorresistencia (LDR)	CE-C2795	1	\$0.55 USD	\$0.55 USD
Resistencia Variable (RV)	1MΩ	1	\$0.30 USD	\$0.30 USD
Transistor	2SC 3331	1	\$0.45 USD	\$0.45 USD
Diodo	IN 4001	1	\$0.10 USD	\$0.10 USD
Puente rectificador	50V 1.5A	1	\$0.38 USD	\$0.38 USD
Condensador dieléctrico	470uF	2	\$0.25 USD	\$0.50 USD

Relé	TQ2-24V Cont-5A-230V	1	\$1.50 USD	\$1.50 USD
Transformador	TR5524 230V-24V 6VA	1	\$6.50 USD	\$6.50 USD
fusible	FUN013 500mA	1	\$0.13 USD	\$0.13 USD
Contactor	2 polos 63A Bobina 250V	1	\$11.02 USD	\$11.02 USD
Regulador de Voltaje	REGULADOR FIJO 7824 1A	1	\$1.00 USD	\$1.00 USD
Total 1er modelo(LDR)				\$22.43 USD
Foto celda	3V	1	\$3.25 USD	\$5.25 USD
Total 2do modelo (FC)				\$27.68 USD

Por otro lado, es necesario como mínimo un trabajador para el diseño de estos circuitos y la reparación de los ya existentes, con la categoría de técnico medio en electricista o electrónico.

Dónde:

Un técnico electricista o electrónico recibe aproximadamente \$ 1.21/ horas.

*Circuito electrónico para el control del encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa.
Autor: Amauri Mendoza Del Valle.*

Teniendo en cuenta que el tiempo necesario para la realización de este circuito no supera las 2 horas de trabajo, el salario del trabajador por circuito (C_s) será según la fórmula (3.1):

Para el caso del electricista o electrónico es de:

C_s = Salario del trabajador por circuito.

$$C_s = \frac{\$1.21}{h} * 2 h \quad (3.1)$$

$$C_s = \$2.42 \text{ USD}$$

Ahora, para saber el costo total del circuito, es necesario sumar el costo del salario del trabajador por circuito con el costo total de los componentes (ver fórmula 3.2).

C_{t1} = Costo del primer circuito (Interruptor de crepúsculo con LDR).

C_{t2} = Costo del segundo circuito (Interruptor de crepúsculo con foto celda).

C_t = Costo total del circuito.

C_{tc} = Costo total de los componentes.

$$C_t = C_s + C_{tc} \quad (3.2)$$

$$C_{t1} = \$2.42 + \$22.43 \text{ USD} = \$24.85 \text{ USD}$$

$$C_{t2} = \$2.42 + \$27.68 = \$30.10 \text{ USD}$$

3.5.1 Costo de reparación de los circuitos de control que se emplean en la actualidad en el municipio.

Como ya se explicó, la reparación de estos dispositivos no sería la solución más viable pero si una de las opciones para disminuir el creciente aumento de desperfectos técnicos que está presentando el alumbrado público. Por este motivo se representó un breve análisis económico del costo de la reparación por sustitución (ver tablas 3.2. y 3.3). Estas tablas muestran el

*Circuito electrónico para el control del encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa.
Autor: Amauri Mendoza Del Valle.*

costo que representaría la sustitución de todos los elementos que se pueden remplazar por cada modelo, en los cuales es muy poco común que se dañen todos los elementos a la misma vez, siendo todo lo contrario y en la mayoría de los casos solamente uno.

Tabla 3.2 Costo de los dispositivos que se pueden sustituir en el Photoelectronic Control LC-10j.

Componente	Observaciones	Unidades	Costo unitario	Costo total
Resistencia	3.9k Ω 1.5W	1	\$0.05	\$0.05 USD
Condensador	470pF	1	\$0.10	\$0.10 USD
LDR	CE-C2795	1	\$0.55	\$0.55 USD

Tabla 3.3 Costo de los dispositivos que se pueden sustituir en el Potocontrol Electric, serie 2000.

Componente	Observaciones	Unidades	Costo unitario	Costo total
Fusible	250 mA	1	\$0.13	\$0.13 USD
Condensador	-	2	\$0.15	\$0.30 USD
Diodo	IN 4001	2	\$0.10	\$0.20 USD
LDR	CE-C2795	1	\$0.55	\$0.55 USD
Resistencia	110 Ω 1.5W	1	\$0.05	\$0.05 USD

Es bueno aclarar que el departamento que se encargue del mantenimiento de estos dispositivos, debe llevar un control exhaustivo de las reparaciones, pues como se pudo ver en el epígrafe 3.3, hay dispositivos en cada modelo los cuales se deterioran en un tiempo determinado y no se recomienda su reparación debido al costo. Por este motivo es necesario que se sepa el tiempo que le queda a estos componentes o las veces que se ha ajustado para el caso del Potocontrol Electric serie 2000, pues puede ser que se sustituya un componente de los cuáles pueden ser sustituidos y al corto tiempo falle nuevamente por otro motivo.

3.5.2 Ahorro por disminución del horario de encendido.

Otro análisis económico es estimar desde el punto de vista energético lo que se puede ahorrar al reducir los tiempos de encendido y apagado por uso excesivo e irracional del alumbrado público en horarios no necesarios, como suele suceder en el municipio de Moa (ver figura 3.5).

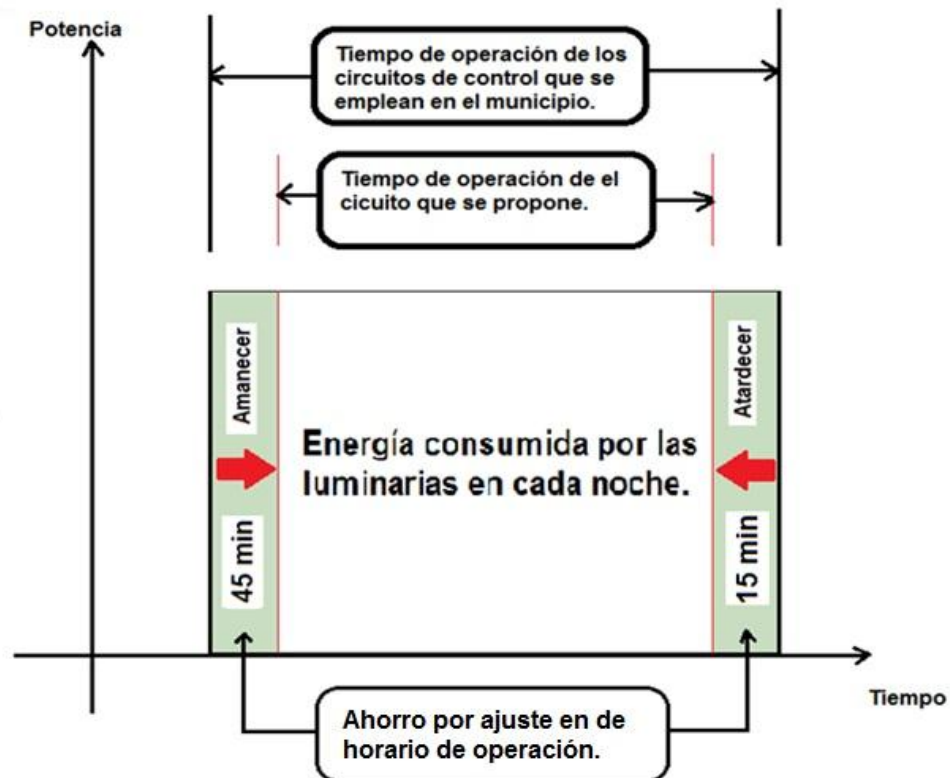


Figura 3.5: Esquema que representa el ahorro de energía del interruptor de crepúsculo con foto celda.

Al apagarse aproximadamente 45 minutos más temprano en el amanecer y encender 15 minutos más tarde en el atardecer, en comparación con los controladores que se emplean en el municipio actualmente, permite un ahorro considerable de 1 hora diaria. Si tomamos en cuenta que la mayoría o casi toda la iluminación de los viales del municipio de Moa se realizan mediante lámparas de vapor de sodio a alta presión (ver anexo 3), de potencia 250 W.

E_{aho} = Energía ahorrado en un día por una lámpara de vapor de sodio alta presión, de potencia 250 W.

P = Potencia

t = Tiempo

Conociendo que la energía no es más que la potencia por el tiempo (ver fórmula 3.3).

$$E_{aho} = P * t \quad (3.3)$$

La energía que se ahorra en un día en una lámpara es de $E_{aho} = 250 \text{ W} * 1 \text{ h} = 250 \text{ Wh}$.

El circuito propuesto, compuesto por un contactor de 63 A y 230 V, tiene capacidad para poder controlar varias lámparas. Para determinar el número de lámparas que puede controlar este sistema, basta con dividir la corriente de una bombilla de vapor de sodio a alta presión de 250 W, con la corriente disponible del contactor.

La corriente disponible a utilizar por el contactor es el 80% de 63 A para poder dejar un margen de seguridad de un 10% (ver fórmula 3.4).

I_{nc} = Corriente nominal que soportan los contactos del contactor (63 A).

I_{dc} = Corriente disponible del contactor.

$$100\%/I_{nc} = 80\%/I_{dc} \quad (3.4)$$

$$I_{dc} = 63 \text{ A} * 80\%/100\%$$

$$I_{dc} = 50.4 \text{ A}$$

$\#lámparas$ = Número de lámparas que se le podrá instalar en el circuito (ver fórmula 3.5). (Vapor de sodio alta presión de 250W).

I_{bom} = Corriente de una bombilla (para las bombillas citadas es de 1.3 A).

$$I_{bom} = 1.3 A \quad I_{dc} = 50.4 A$$

$$\#lámparas = \frac{I_{dc}}{I_{bom}} \quad (3.5)$$

$$\#lámparas = \frac{50.4 A}{1.3 A} = 38.76 \text{ Lámparas}$$

Se recomiendan conectar 38 lámparas.

Por lo tanto la energía ahorrado por el sistema en un día.

E_{ahosis} = Energía ahorrada por el sistema en un día (ver fórmula 3.6).

$$E_{ahosis} = \#lámparas * E_{aho} \quad (3.6)$$

$$E_{ahosis} = 38 * 250Wh = 9500 Wh = 9.5 kWh$$

En este sistema, se ahorran 9.5 kWh en un día, si se multiplica por \$0.167 dólares, lo que costó aproximadamente la generación de un kWh en la empresa (Lidio Ramón Pérez) para el mes de abril en la generación térmica (GT). Se obtiene \$1.5865 USD, significando esto el ahorro que representaría diariamente un sistema como este en comparación con los que actualmente se emplean.

Si a través de este medio se quisiera sacar el tiempo de amortización (TA), (fórmula 3.7) de la inversión, se obtiene dividiendo el costo de cada uno de estos dos circuitos entre lo que se ahorra en un día y se podrá saber qué tiempo tarda en amortizarse.

$$TA = \frac{\text{inversión}}{\text{ahorro}} \quad (3.7)$$

$$TA1 = \$24.85 USD / \$1.5865 USD$$

$$TA2 = \$30.10 USD / \$1.5865 USD$$

Echo esto, se obtiene que se amortiza en 15.66 días para el caso del modelo más barato, y para el otro modelo en 18.97 días. Este tiempo es bastante corto comparado con el tiempo de estimación de vida útil que tienen estos dos modelos, que oscila aproximadamente en 5 años.

3.6 Selección del tipo de mantenimiento adecuado.

El diseño y ejecución que suponen un periodo breve pero importante en el ciclo de vida de las instalaciones de alumbrado, para el desarrollo de la función que han sido diseñadas y ejecutadas, se prolonga durante muchos años y el efecto de diversos factores puede producir desviaciones notables en las prestaciones de las instalaciones, respecto a los valores del diseño inicial.

Las instalaciones de alumbrado no son equipamientos que se deban olvidar, una vez instaladas requieren un seguimiento y una serie de operaciones de mantenimiento para garantizar la iluminación correcta dentro de unos parámetros luminotécnicos aceptables, reducir la depreciación de los componentes, reducir tiempos de no prestación del servicio, así como mantener la seguridad y eficiencia de los equipos.

También pueden existir causas ajenas a los equipos que afecten al flujo útil emitido, como pueden ser: apantallamientos no previstos (arbolado próximo, nuevas construcciones, señalizaciones o mobiliario urbano, etc.) y que pueden requerir operaciones no propias del mantenimiento de alumbrado.

De acuerdo al Reliability Centered Maintenance (RCM), conocido también como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad por sus siglas en español MCC, define que la selección de políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de consecuencias a la que pertenece la falla.

- ✓ Para fallas con consecuencias ocultas: la tarea óptima es aquella que consigue la disponibilidad requerida del dispositivo de protección.

- ✓ Para fallas con consecuencias de seguridad o medio ambiente: la tarea óptima es aquella que consigue reducir la probabilidad de la falla hasta un nivel tolerable.
- ✓ Para fallas con consecuencias económicas (operacionales y no operacionales): la tarea óptima es aquella que minimiza los costos totales para la organización.

Tabla 3.4 Mantenimiento programado para los dos modelos empleados en el municipio.

Modelo.	Acción a realizar.	Periodo de Meses.
Potocontrol Electric, serie 2000.	Limpieza en las partes fotoeléctricas.	2 Meses.
	Reajuste y calibración del bimetálico.	5 Meses.
Photoelectronic Control LC-10j.	Limpieza en las partes fotoeléctricas.	2 Meses.
	Limpieza de los contactos del relé.	6 Meses.

Tomando en cuenta los resultados arrojados luego del desarrollo de la investigación, se trazó un plan de mantenimiento programado y diferenciado. El mismo está expresado en la tabla 3.4, y solo incluye el mantenimiento de los fotocontroles estudiados. Este plan está acorde a las características de cada uno de estos dispositivos, debido a que no se deterioran en el mismo periodo de tiempo, y los componentes empleados por cada modelo varían en calidad y funcionalidad técnica. Para el caso de las propuestas de controlador de apagado y encendido del alumbrado público, el mantenimiento programado solo incluye la limpieza de las partes fotoeléctricas, debido a que el circuito no permite que el relé pase por el estado de indeterminación. Son mínimos los saltos de corriente que

aparecen en los contactos del relé, si la carga es escogida de acuerdo a sus características técnicas, el promedio de durabilidad es bastante alto.

3.7 Valoración Técnica del funcionamiento.

El esquema obtenido trabaja de la forma en que se estimó en el diseño inicial, con el objetivo de controlar el encendido y el apagado de las lámparas. El tiempo que las luminarias están encendidas permite un ahorro considerable de energía, en comparación con los circuitos que se instalan por la Empresa Eléctrica de Moa para realizar este trabajo.

Se obtuvo una variante simple de circuito, de fácil montaje, mantenimiento y reparación, que puede ser montado con componentes discretos de fácil adquisición en el mercado.

El circuito lleva varios meses de trabajo interrumpido, controlado el alumbrado público del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM), con las condiciones climatológicas y medio ambientales que esto representa. Hasta el momento los resultados arrojados han sido satisfactorios. Se encuentra controlando un total de 12 lámparas de vapor de sodio a alta presión de 250W y 4 bobillos de 20W. Los contactos del relé de fuerza constan con una reserva del doble de la potencia instalada en el momento (ver anexo 5 y 6).

3.8 Valoración ecológica.

La implementación de este esquema no traería consigo problemas al hombre ni al medio ambiente, por su funcionamiento propio el esquema no trabaja a alta frecuencia, por eso no hay posibilidades de ocurrencias de interferencias en las ondas de radio y televisión, ni en los sistemas telefónicos. Este esquema está diseñado para trabajar a la intemperie, e instalados en uno de los postes de soporte de la misma red de lámparas del alumbrado público. Por la altura a la que se coloca no es considerable como un objeto que vaya a afectar el medio ambiente, ni la presencia de alguna

persona o animal, por el contrario el hecho de poder controlar de manera eficiente el horario en el que verdaderamente es necesario que las luminarias estén encendidas, traería consigo aprovechar más la luz solar y evitar así más tiempo innecesario de gasto de energía, y evitar al medio calentamiento por concepto de un sin número de lámpara encendidas, ya que el alumbrado público de ahora generalmente utiliza un principio de funcionamiento que genera mucha radiación de calor y otro componentes como rayos ultravioletas. Si por cada kWh que se genera se emite a la atmósfera aproximadamente 0.8kg de dióxido de Carbono (CO₂) entonces, estos circuitos propuestos dejan de emitir a la atmósfera en un año 2774 kg.

El principio de funcionamiento del sensor es el uso de la energía fotovoltaica en menos escala y de baja potencia, tanto como un simple resistor dependiente de luz (LDR) o (Foto celda), elementos suficientes para que el circuito propuesto sea capaz de controlar un número grade de lámparas.

3.9 Valoración Social.

Actualmente el control del alumbrado público del municipio se realiza en su mayoría manualmente trayendo consigo problemas de seguridad, ya que en estos casos lo que se hace es bajar un bajante para que se pueda utilizar como un interruptor, lo que deja al descubierto cables energizados a una altura donde puede haber contacto eléctrico por la población ocasionando un accidente.

Si se implementa un sistema múltiple, como el aquí presentado se humanizaría el trabajo del hombre, al tiempo que se garantiza rapidez en el mantenimiento y un considerable ahorro de recurso, sobre todo porque con solo una celda se consigue controlar un número grande de lámparas, todo en dependencia de la potencia de los contactores.

3.10 Conclusiones del capítulo.

En este capítulo se hizo un análisis de los resultados obtenidos luego del desarrollo de la investigación.

- ✓ Se demuestra que, aunque no es la solución más viable, se pueden realizar una serie de procedimientos con el fin de alargar la vida útil de los controladores que se emplean actualmente.
- ✓ Denotando que la implementación de estos nuevos circuitos representa un ahorro significativo con respecto a los que se emplean actualmente, siendo esto \$1.5865 USD lo ahorrado diariamente.
- ✓ Además de evitar que se emitan a la atmósfera en un año 2774 kg de dióxido de Carbono (CO₂) emitido en las plantas generadoras de energía.

CONCLUSIONES GENERALES.

- ✓ Se destaca que la mayoría los trabajos consultados no enfocan el problema desde una perspectiva de búsqueda de soluciones, o que está provocando el mal funcionamiento de los dispositivos que se encuentran actualmente. Dedicándose a proponer nuevos circuitos sin antes haber detallado la magnitud del problema y las posibles soluciones.
- ✓ Se establecieron las causas que provocan el mal funcionamiento de cada uno de los dos dispositivos que se emplean en el municipio de Moa. Destacando que estos problemas pueden ser minimizados si se le realiza una serie de procedimientos ordenados y encaminados a cada dispositivo, además de establecer cuáles son los componentes que más se deterioran.
- ✓ Se explica el software empleado para la simuló de los controladores que se emplean en el municipio y los nuevo circuito, demostrando la correcta funcionabilidad de estos dispositivos.
- ✓ Se demuestra que la implementación de estos nuevos circuitos representa un ahorro significativo con respecto a los que se emplean actualmente (\$1.5865 USD), siendo esto lo ahorrado diariamente tras los datos arrojados en la simulación y los modelos puestos a prueba.
- ✓ Además de evitar que se emitan a la atmósfera en un año 2774 kg de dióxido de Carbono (CO₂) emitido en las plantas generadoras de energía.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda generalizar este circuito para todo el alumbrado público del municipio de Moa.
- ✓ La Empresa Eléctrica de Moa tenga un departamento que se encargue de la reparación de los controladores y confección de los nuevos circuitos, así como la capacitación de la brigada de alumbrado.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Arambula, R; Procedimientos de diseños para iluminar exteriores. Tesis Profesional. Universidad Iberoamericana. México (1995).
- [2] Cabrera, Y; Delroy, G; Análisis y propuesta de mejora del sistema de alumbrado de las avenidas principales del municipio Moa. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa (2005).
- [3] Catálogo de iluminación Effere (1995).
- [4] Catálogo General de iluminación Indalux 1995.
- [5] Catálogo General de la Luz Osran. 1998/1999.
- [6] Canalet, S; Estudio de diagnosis de eficiencia energética del alumbrado público en el Ayuntamiento de Canfranc. Tesis de grado previo a la obtención del título Máster en Energía para el Desarrollo Sostenible. Universidad Católica Nuestra Señora de Asunción y Universidad Politécnica de Catalunya. Catalunya (2010).
- [7] Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997).
- [8] Greseque, D; Diseño y simulación de un sistema electrónico para el control del alumbrado público. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa (2010).
- [9] Hernández, S; El sistema de alumbrado público en el municipio de Zacatecas. Trabajo de diploma. Universidad autónoma de Zacatecas Francisco Gacias Salinas. Zacatecas (2007).
- [10] Hidalgo, O; Metodología para el análisis Integral de los sistemas de iluminación. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa (2002).
- [11] Lamorú, M; Escobar, M; Análisis del Sistema de iluminación viaria del Municipio Moa. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa (2008).

- [12] Manual de normas de alumbrado público. San Juan Puerto Rico (2001).
- [13] Milman, J; Dispositivos y Circuitos Electrónicos. Segunda parte. Edición Revolucionaria.
- [14] Pavón, S; Marisma, Y; Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Soto Alba. Moa (2007).
- [15] Rizzolo, C. M; Manual de Procedimientos Para La Ingeniería de Iluminación de Interiores y Áreas Deportivas. Universidad Simón Bolívar.
- [16] Robles, O; Eficiencia de los sistemas de iluminación. Moa (2002).
- [17] Sailema, K. F; Eficiencia energética y calidad de servicio en instalaciones de alumbrado público para el área urbana del Cantón Ambato de la provincia de Tungurahua. Trabajo de Tesis de grado presentado como requisito para optar por el título de Magister en Gestión de Energías. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga Ecuador, Diciembre (2013).
- [18] Secretaria de planificación municipal. Diagnóstico general del estado de alumbrado público. Municipio de San Pedro de Urabá (2009).
- [19] Urraca, J.I; Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A.
- [20] Vela, A; Garrido, J.J; Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Instalaciones de alumbrado.
- [21] William, H; Análisis de Circuitos en Ingeniería. Editorial Félix Varela. La Habana, (2008). Parte 1. Sexta Edición.
- [22] William, H; Análisis de Circuitos en Ingeniería. Editorial Félix Varela. La Habana, (2008). Parte 2. Sexta Edición.
- [23] William, H; Análisis de Circuitos en Ingeniería. Editorial Félix Varela. La Habana, (2008). Parte 3. Sexta Edición.
- [24] www.lumidim.com
- [25] www.torkmexico.com

- [26] www.complusoft.es
- [27] www.ventorinternacional.com
- [28] <http://www.epic-assoc.com>
- [29] <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040019/html/lec>.
- [30] <http://es.wikipedia.or>
- [31] <http://www.solaruno.com/index.php?route=common/home>

ANEXOS.

Anexo 1: Norma IRAM-AADL J2024.

La norma IRAM-AADL J2024 estipula las características que deben tener los interruptores fotoeléctricos a célula fotoeléctrica, destinados a conectar y desconectar en forma automática circuitos eléctricos en función de la variación del nivel luminoso. Dicha norma establece que deberá funcionar normalmente con el 80% y el 105% del valor nominal de la tensión de línea. La carga que puede conectar el interruptor fotoeléctrico se ajustará a alguna de las categorías siguientes: A (hasta 3 A), B (hasta 6 A), C (hasta 10 A) y D (hasta 20 A). Para las categorías A, B y C, el conexionado y montaje se realizará mediante un zócalo tripolar tipo NEMA indicado por la norma, y para la categoría D se efectuará directamente mediante conductores. A su vez, cada una de estas categorías podrá solicitarse en uno de los siguientes tipos de acuerdo con la gama de temperaturas que deberá soportar: Tipo I, (de -5 °C a 50 °C) o Tipo II, (de -30 °C a 50 °C). Por otra parte se fija un nivel de iluminación de 10 lux para la conexión y de menos de 50 lux para la desconexión de la carga, debiendo haber una diferencia de más de 5 lux entre ambos valores. Asimismo indica que el retardo de accionamiento deberá estar comprendido entre 10 seg. y 90 seg. y debe construirse de manera que ante la falla del fotocontrol, quede en posición normal cerrada. El consumo propio no debe superar los 4 W para las categorías A, B y C ni los 8 W para la categoría D. Además debe tener una rigidez dieléctrica de 2,5kV y soportar al menos 4.000 ciclos de operación. Un requisito destacable es la severa exigencia para la protección contra sobretensiones, ya que la norma establece que deberá limitarlas a un valor menor que el nivel básico de aislación del aparato ante una onda de impulso de 1,2/50 microseg., debiendo interrumpir una corriente de 750 A. Además se prescriben requisitos en cuanto a la resistencia a la niebla salina, hermeticidad, estabilidad del elemento sensible, resistencia a los impactos (granizo) y a las vibraciones originadas por el tránsito cercano de vehículos pesados. El cumplimiento de todos estos requisitos exigidos por las normas resulta de

importancia fundamental, pues se basan en las severas solicitudes que deberá soportar el fotocontrol en su montaje a la intemperie. [12]

Anexo 2: Normas del niveles de iluminación recomendados.

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas en vigor en cada territorio, aunque muchas de ellas toman como referencia los valores aconsejados por la CIE (Comité Internacional de Iluminación). Según esta, las vías se dividen en cinco tipos de acuerdo con las características del tráfico, de la vía y de los alrededores. [12]

A partir de 1995 la CIE ha establecido unas nuevas recomendaciones más cordes con las últimas investigaciones sobre el tema.

Tabla 1: Valores de niveles de iluminación recomendados por CIE.

Tipo de Calzada	Emed Lux >	Lmed cd/m2 >	Ug Lmin/Lpro. >	U1 Lmin/Lmax >	G >	TI (%) <
A	20	2.5	0.4	0.7	6	10
B	15	1.2	0.4	0.6	5	10
C	5	0.7	0.3	0.6	4	20

A: Autopistas, vías expresas, avenidas principales y recolectores.

B: Vías secundarias, avenidas principales urbanas.

C: Vías locales, calles secundarias residenciales e industriales.

Anexo 3: Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible (ver figura: 1), proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

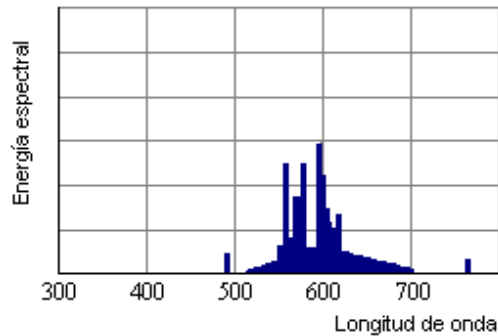


Figura: 1 Espectro de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100 \text{ K}$) y una capacidad para reproducir los colores, mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80).

No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas (ver figura: 2).

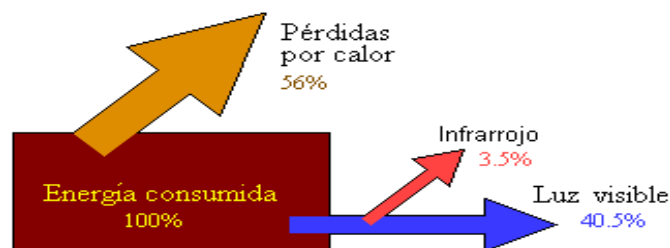


Figura: 2 Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo, tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la

tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio, que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío (ver figura: 3). La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

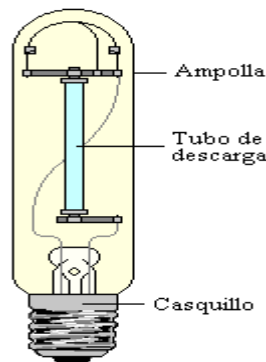


Figura: 3 Lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa. [8]

Anexo 4: Ventajas de los LED frente a las lámparas convencionales.

Mínimo costo de mantenimiento: Las luminarias LED tienen el doble de vida operativa entre 4 y 5 veces mayor que una lámpara de sodio.

Mejor reproducción cromática: La luz blanca de las luminarias LED aporta alegría y brillo sin penalizar el consumo.

La iluminación LED posee una serie de ventajas que la convierten en la fuente de luz ideal para un espectro cada vez mayor de aplicaciones, gracias a su fiabilidad técnica, bajo mantenimiento y facilidad de encendido.

La iluminación pública es hoy en día un feudo casi exclusivo de las lámparas de vapor de sodio, tanto de alta como baja presión. La razón fundamental consiste en la eficiencia luminosa de estas lámparas, que permite convertir cada vatio en una cantidad que varía entre 130 y 170 lúmenes. Aunque ya existen LED en el mercado con capacidad para alcanzar hasta los 150 lúmenes por vatio, la mayoría de LEDs comerciales proporcionan entre 80 y 100 lúmenes, en base a un régimen de funcionamiento que prima la fiabilidad y durabilidad. No obstante, la tecnología LED sigue destacando por ser la forma de iluminación que evoluciona más rápidamente y sus posibilidades de desarrollo aún no han alcanzado techo.

Hoy en día, la iluminación LED ya tiene suficiente entidad y acumula ventajas significativas como para medirse e incluso superar a las lámparas convencionales de vapor de sodio, especialmente en aquellas aplicaciones críticas, donde se requieren ciclos de apagado y encendido rápido o donde prima la calidad y reproducción de colores y el bajo costo de mantenimiento.

Las luces LED se caracterizan por una emisión de luz monodireccional que reduce significativamente la luz reconducida por la parábola, consiguiendo un coeficiente de utilización que supera el 77% de la luz emitida, (ver figura: 4).

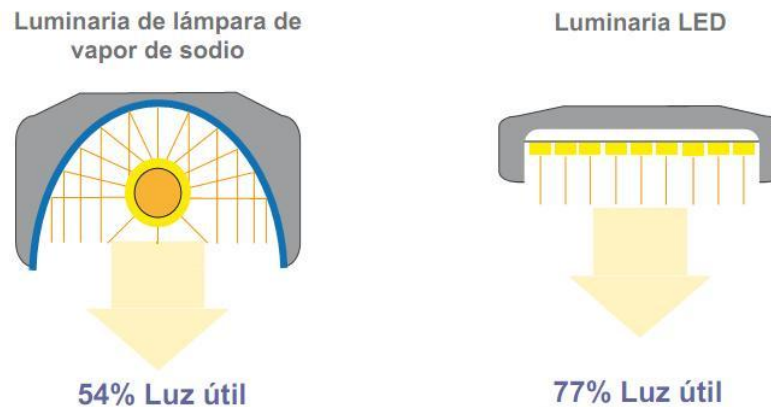


Figura: 4 Comparación de la foto dirección, entre las luminarias de vapor de sodio y las luminarias LED.

Ello viene a significar que una luminaria LED de menor capacidad de producción de lúmenes por vatio proporciona más luz aprovechable en el cono de proyección o iluminación útil que otras fuentes de luz.

Una luminaria con lámpara de vapor de sodio de 6500 lúmenes, proporciona 3500 lúmenes de emisión de luz útil, directamente aprovechable para iluminación mientras que una luminaria LED de 5800 lúmenes proporciona 4400 lúmenes de emisión de luz útil que revierten en más lux sobre la superficie a iluminar.

En la práctica, existen otros factores ópticos y eléctricos que determinan la eficacia real comparativa entre las fuentes de luz convencionales y las fuentes LED. La figura (ver figura: 5) siguiente establece una equivalencia operativa entre las potencias requeridas por ambos sistemas para alcanzar un grado de iluminación correspondiente.

Potencia LED	Altura de la luminaria	Potencia conv.
30 vatios	4,5 metros	60-70 vatios
60 vatios	De 6 a 8 metros	150 vatios
120 vatios	De 8 a 10 metros	250 vatios
180 vatios	De 10 a 12 metros	400 vatios
240 vatios	De 12 a 15 metros	500 vatios

Figura: 5 Tabla de equivalencia entre faroles LED y lámparas convencionales.

Aunque los diodos LED pueden ofrecer una vida operativa en óptimas condiciones de uso, superior a las 100.000 horas, en aplicaciones comerciales, la vida operativa de un módulo LED se establece en 50.000 horas. Para una luminaria que permanece encendida 8 horas al día, esta durabilidad excede los 17 años de uso. Transcurrido el periodo de vida útil, el módulo LED debe ser sustituido o actualizado según el desarrollo tecnológico del momento, operación que se ve facilitada por el concepto modular de las luminarias LED. Las lámparas de sodio de baja presión suelen proporcionar una vida operativa de 7000 horas antes de requerir sustitución y las de vapor de sodio a alta presión suelen proporcionar unas 10000 horas de vida útil operativa (ver figura: 6). [31]

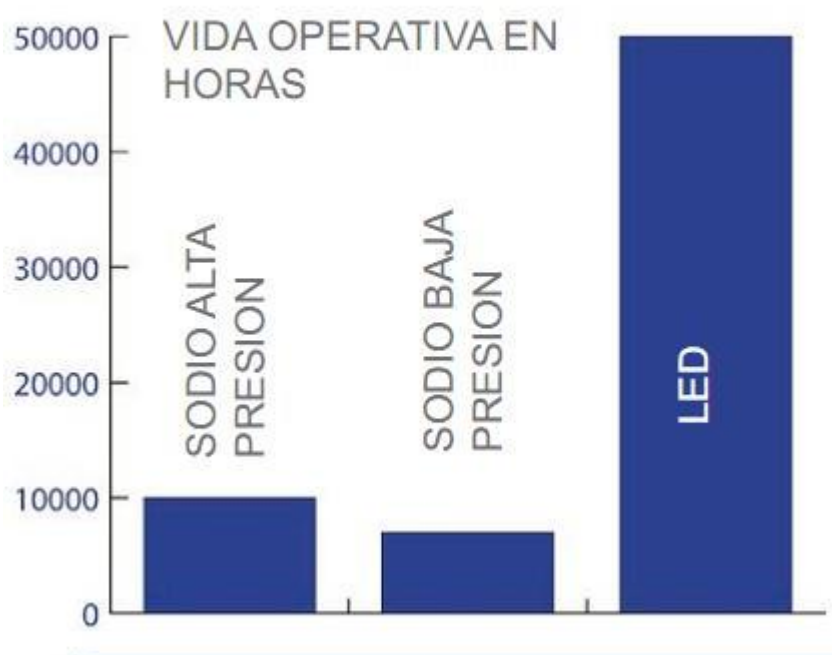


Figura: 6 Comparación del período de vida útil, de las lámparas de vapor de sodio a alta y baja presión y las LED.

Anexo 5: Fotos de la instalación del circuito puesto a prueba.



Figura 7: Armazón con circuito de control y regleta de conexión vista superior, instalación echa en el ISMM..



Figura 8: Armazón con circuito de control y regleta de conexión vista lateral, instalación echa en el ISMM.



Figura 9: Foto celda empleada como sensor, en la instalación echa en el ISMM.

Anexo 6: Aval

Moa. 8 de junio del 2014

Aval sobre el trabajo “Instalación del circuito de control de alumbrado público en el ISMM, Moa”, dado por el Energético principal de la entidad al estudiante de quinto año de Eléctrica Amauri Mendoza Del Valle.

En diciembre del 2014, se efectuó el montaje del circuito que controla el encendido y apagado de las luminarias de alumbrado público perteneciente a la calle de entrada de la universidad y a las que se encuentran ubicadas en la escalinata. Las mismas desde ese momento no han presentado problemas, además que este proceso se realiza de forma automática, por lo que ya no depende de las personas encargadas de subir el interruptor a una hora determinada que en ocasiones por descuido, olvido e imprevistos no lo realizaban en el horario previsto.

Desde el punto de vista económico no significa una inversión significativa porque el controlador fue elaborado por recursos propios del investigador, pero se puede considerar una mejora significativa para el servicio de los CVP que eran los encargados de efectuar el encendido y apagado de las luminarias a una hora exacta.

Mitúo Cortina Safonts

Energético Principal del ISMM.