INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
Dr. Antonio Núñez Jiménez

Facultad Metalurgia-Electromecánica

Tesis presentada en opción al título de Máster en Electromecánica

Gestión de mantenimiento de alumbrado público utilizando sistemas de información geográficos

Yetsy Silva Cala

Moa 2017

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
Dr. Antonio Núñez Jiménez

Facultad Metalurgia-Electromecánica

Tesis presentada en opción al título de Máster en Electromecánica

Gestión de mantenimiento de alumbrado público utilizando sistemas de información geográficos

Autor: Ing. Yetsy Silva Cala

Tutor: Dr. C. Gabriel Hernández Ramírez

Moa 2017

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Yo, Yetsy Silva Cala como autor de este trabajo de Diploma certifico su propiedad intelectual a favor del **Instituto Superior Minero Metalúrgico Doctor "Antonio Núñez Jiménez"**, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

_____	_____
Firma del maestrante	Firma del Tutor
Ing. Yetsy Silva Cala	Dr.C. Gabriel Hernández Ramírez

Agradecimientos

A mi tutor Gabriel Hernández Ramírez por su disposición.

Agradezco a mis compañeros de trabajo y amigos que colaboraron con su apoyo emocional para que este trabajo se realizara.

A Ignacio Romero por sus charlas educativas e instructivas.

A Yordan Guerrero Rojas que aun estando lejos su ayuda nunca faltó.

A mi madre Noris Cala Montero por sus oraciones.

A mi compañera de la vida Lianet Pérez Salazar por tanto desvelo.

A mi niña Jessie Silva Pérez por inspirarme a ser su ejemplo cada día.

Dedicatoria

A mi familia

RESUMEN

Se realizó un análisis del sistema de alumbrado público instalado en la zona urbana de la ciudad de Moa en la provincia de Holguín, basándose en lo relacionado con las características, usos y tipos de elementos utilizados en los sistemas de alumbrado público de diferentes fabricantes, de las cuales, se obtuvieron en detalle los accesorios instalados en cada una de las luminarias y la descripción necesaria para crear un sistema de gestión adecuada para el mantenimiento de las mismas sin importar el tipo de tecnología que presente.

Se tuvo en cuenta la protección del hombre y su entorno natural, la contaminación lumínica, la economía y la confiabilidad del sistema y se caracterizaron los sistemas de iluminación viaria, haciendo énfasis en la determinación de los problemas existentes. Se plasmó de manera concreta la solución efectiva de mantenimiento de estas luminarias ya sea de tecnología LED o no, y los resultados obtenidos en la proyección del nuevo sistema de iluminación. Finalmente, se analizó la frecuencia de fallas de los accesorios de alumbrado público y se plantean técnicas de mantenimiento que conforman la metodología propuesta bajo un análisis económico, social y ambiental.

SUMMARY

A system analysis of street lighting installed at the urban zone of Moa's city at Holguín's province, being based on the related thing with the characteristics, uses and types of elements utilized in different manufacturers' systems of street lighting were accomplished, of which, they obtained the accessories installed in each of lights and the necessary description to create a system of step made suitable for the maintenance of the same in detail without importing the kind of technology that it present .

One had in mind the man's protection and his natural surroundings, the radiant contamination, the economy and the reliability of the system and the systems of road illumination themselves, stressing the determination of the existent problems. The effective solution of maintenance of these lights of technology either materialized of concrete way LED itself or no, and the results obtained in the projection of the new system of illumination. Finally, it examined the failure rate of the accessories of public illumination and service engineerings that conform the methodology proposed under an economic analysis come into question, social and environmental.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL 6
Introducción 6
1.1 Fundamentación Teórico – Metodológica del trabajo 6
1.2 Descripción de los métodos de cálculo más utilizados en SAP. 11
1.3. Conductores eléctricos y su uso en SAP 13
1.4. Instalaciones de alumbrado exterior 14
1.5 Lámparas LED 17
1.6. Sistema de iluminación instalado en el municipio Moa. 21
1.7. Caracterización de softwares utilizados en el cálculo de A P 21
1.8 Conclusiones del capítulo 26
CAPÍTULO 2. Materiales y Métodos 27
Introducción 27
2.1. Instrumentos de medición utilizados 27
2.2. Método de los lúmenes o del factor de utilización 31
2.3. Caracterización del SAP del municipio 32
2.4. Tipos de mantenimiento 39
2.5. Conclusiones del capítulo 42
CAPITULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES 43
Introducción 43
3.1. SIG para red de distribución municipal. 43
3.2. Digitalización del circuito de iluminación. 44
3.3. Propuesta a llevar a cabo 46
3.4 Valoración ambiental y social. 54
3.5. Valoración económica. 56
3.6. Conclusiones del capítulo 59
CONCLUSIONES GENERALES 59
Recomendaciones 61
Bibliografía 62

INTRODUCCIÓN

Hoy en día en los países industrializados, se estima que el 35% de los recursos energéticos primarios se utilizan en la producción de energía eléctrica y esto es la causa directa del 30% de las emisiones de CO2. Resaltando que el 15% del consumo energético en estos países que dicho y sea de paso no son pocos, se utiliza en iluminación. Por otra parte el desarrollo del bienestar social está directamente relacionado con el consumo energético y, al ritmo de crecimiento actual, se plantean dudas acerca de la posibilidad de abastecimiento de energía en un futuro muy próximo (Cabrera, 2005; González, 2009). Haciéndose necesario el desarrollo de legislaciones y actuaciones que limiten o inviertan estas tendencias para conseguir un desarrollo sostenible; la búsqueda de fuentes de energía limpias y el uso racional y eficiente de la energía. Por lo general la iluminación y el Alumbrado Público (AP) en particular, proporcionan en su variedad la oportunidad de adoptar medidas para el ahorro y eficiencia energética, aplicando técnicas simples que se describirán más adelante en el desarrollo de este trabajo. Haciendo referencia al alumbrado público, a determinadas horas de la noche, disminuye el tráfico rodado de vehículos y de peatones en las vías públicas. En esta situación, disminuyen también las necesidades de unos determinados niveles de iluminación, preservando los requisitos de seguridad vial establecidos a condición de mantener la uniformidad de dicho alumbrado.

En el sistema de AP del municipio de Moa, se han implementado algunos procedimientos de mantenimiento, enfocados solamente hacia al ámbito correctivo, tan es así que en un determinado período de tiempo se encargó a determinados grupos de trabajo la realización de estos procedimientos en tres áreas definidas, estas labores incluyeron el cambio de elementos dañados, limpiezas de difusores, etc., sin que de los mismos se haya llevado un adecuado seguimiento o control de arreglo por luminaria, ni una oportuna evaluación, dificultando una correcta planificación y conllevando a gastos innecesarios, por cambios repetitivos de elementos que todavía se encuentran dentro de su vida útil (Uchida & Taguchi, 2005; Valle, 2014). Sin embargo, hasta la fecha, no se ha considerado la implementación de procedimientos apropiados de mantenimiento preventivo; debido a la falta de una política general de mantenimiento de dicho sistema. En cuanto a la energía consumida en el sistema de iluminación por la tecnología disponible hasta hace algunos años en el país, existen instaladas en el sistema de iluminación luminarias de sodio alta presión de 150W, 250W y en algunos casos, luminarias con un sistema de potencia constante durante su funcionamiento, sin que estas hayan permitido discriminar momentos en los cuales es posible reducir la potencia de las luminarias sin

afectar los niveles de uniformidad requeridos, propiciando un desperdicio de energía y una ineficiencia luminosa, por lo que son consideradas de tecnología obsoleta e ineficiente. Por lo tanto, el ahorro energético, mantenimiento preventivo y la eficiencia lumínica, darán como resultado la aplicación de la reducción de carbono, al dejar de emitir CO_2 por la generación térmica de energía eléctrica en iluminación pública, contribuyendo con la preservación del medio ambiente (Silvana, 2000; Técnico, 1999).

La relación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) con la energía eléctrica desde hace décadas se está desarrollando tanto en el mundo como en Cuba. Esto permite a los operadores o despachadores de la Unión Nacional Eléctrica (UNE) y las Organizaciones Básicas Eléctricas (OBE) tanto provinciales como municipales estar al tanto de manera práctica y objetiva de cualquier situación determinada que exista en el sistema eléctrico instalado. Aumentando en gran medida la operatividad y la toma de decisiones de cualquier índole. Las razones para esto son muchas, en primer lugar, el SIG es una herramienta excelente para los planificadores, lo que les permite integrar una variedad de datos de múltiples fuentes y realizar análisis espaciales que previamente han llevado mucho más tiempo. El ajuste perfecto entre las herramientas que necesitan los planificadores y las capacidades de los SIG proporcionan la razón más fuerte para el uso generalizado de éstos (Cala, 2011; Salazar Moreira, 2016; Sanso, 2010).

Conocer con detalle la situación demográfica, el estado actual de la ubicación de las luminarias de alumbrado público en el municipio de Moa, a través de un inventario o levantamiento in situ, y teniendo en cuenta la caracterización del sistema de iluminación o alumbrado, donde se recopila toda la información que se necesita para programar el mantenimiento del mismo, posibilitó la creación de una base de datos en el software MapInfo 8.5, que permitió la elaboración o desarrollo de una metodología de gestión de mantenimiento para cualquier tipo de tecnología instalada en el municipio. La implementación de procedimientos para un mantenimiento preventivo de luminarias aplicados en un SIG, puede garantizar que las acciones, tales como: reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., sean hechas en períodos de tiempos determinados, logrando beneficios tales como:

♦ Reducción de fallas y tiempos muertos. Si se tienen muchas fallas que atender, entonces se tiene menos tiempo para dedicarle al mantenimiento programado, de modo que se estaría utilizando un mantenimiento reactivo que por el apremio sería mucho más costoso.

♦ Incremento de la vida de los equipos e instalaciones. Si se tiene buen cuidado con los equipos esto puede ayudar a incrementar su vida útil.

♦ Mejora la utilización de los recursos. La utilización de maquinarias o equipos de instalaciones disponibles con fines de lograr trabajos de calidad, posibilita un adecuado ahorro económico tanto para la empresa como para los usuarios en general.

♦ Reduce los niveles del inventario. Al tener un mantenimiento previamente planeado se pueden reducir los niveles de existencias en los almacenes o bodegas.

Situación Problémica:

En la OBE de Moa se está trabajando en la implementación de tecnología LED para alumbrado público, por lo que se hace necesario desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento para este tipo de tecnología de AP que hasta el momento de esta investigación no se tenía. También se comprobó que no empleaban los SIG para este propósito. Por lo tanto existía una limitación, o sea, no podían contar con la posibilidad de dominar mediante un SIG de forma digital, todo el territorio bajo su responsabilidad. Debe recordarse que todas las luminarias de AP, independientemente de su potencia, modelo o fabricante tienen inmerso en su funcionamiento un conjunto óptico y eléctrico, de los cuales deberán planificarse oportunamente decisiones de mantenimiento preventivo y correctivo teniendo en cuenta la evolución continua de la tecnología. Esto a su vez, proporciona una fuente de luz más eficiente y su propuesta de cambio deberá ser evaluada tanto técnica como económicamente.

Problema de investigación:

¿Cómo perfeccionar el sistema de gestión de mantenimiento para el AP del municipio utilizando SIG?

Hipótesis:

La introducción de un SIG, como parte de un sistema de gestión de mantenimiento, permitirá mejorar la calidad del servicio del sistema de AP con tecnología LED en el área urbana de Moa.

Objetivo general:

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento de Alumbrado Público utilizando SIG.

Objetivos específicos:

1. Elaborar una base de datos de luminarias instaladas en el área urbana del municipio de Moa que tribute a una adecuada gestión de mantenimiento de AP.
2. Diagnosticar la situación del servicio de AP en el área urbana del municipio de Moa.
3. Validar el sistema de gestión de mantenimiento de AP utilizando SIG.

Importancia de los resultados

La importancia de un nuevo sistema de gestión de mantenimiento del AP de las avenidas principales del municipio Moa, está basado fundamentalmente en la reducción del consumo de electricidad. Al corregir los mayores problemas existentes en el sistema de iluminación va a existir un mayor impacto social al mejorar en gran medida el confort visual de peatones y conductores. Se reduce la contaminación lumínica y se incrementa del tiempo de vida útil de cada una de las luminarias instaladas, ya sea de tecnología convencional o LED. El sistema instalado podrá cumplir con las normas y estándares establecidos internacionales de los sistemas de iluminación viario. Al aplicar la nueva tecnología propuesta decrece el costo de manteamiento por luminarias y se reduce además el consumo de combustible. Teniendo en cuenta que el vehículo que se utilice para la solución de posibles averías, podría recorrer una ruta más efectiva y rápida.

Metodología del Trabajo

Se utilizaron los métodos siguientes:

El método histórico-lógico en el análisis de los softwares empleados en el país, en diferentes períodos con énfasis en el siglo actual. También la valoración de la información sobre la reconfiguración de las redes eléctricas del municipio Moa.

El método de análisis y síntesis para procesar la información obtenida planos impresos y propuestas digitales, así como la experiencia de los expertos en el tema.

Métodos empíricos: observación directa en el terreno; consulta con especialistas del área y análisis de documentos (Tarjetero) para la recopilación de información. Métodos estadísticos para el procesamiento y análisis de la información generada por la investigación.

Para la realización del trabajo se tomó la información registrada en el Departamento de Ingeniería de la UEB Moa y de los levantamientos realizados, por lo que es real y oficial.

La memoria escrita se ha estructurado del modo siguiente: una introducción general, un primer capítulo, en el que se desarrolla el marco teórico conceptual de esta investigación, creando la base para sustentar su desarrollo. El capítulo dos, se enmarca en la descripción de los materiales y métodos utilizados, además de caracterizar el sistema de alumbrado público existente en el municipio actualmente y los parámetros y condiciones en las que se encuentra dicho sistema. Además se realiza el montaje digital de los principales circuitos de iluminación pública, y puntos de referencia dentro de la ciudad. Por último un tercer capítulo donde se analizan los resultados obtenidos, con su respectiva valoración económica más factible. Se realizan además los mapas del circuito tomado como objeto de estudio y se simuló de manera digital como deben quedar las superficies de las calzadas iluminadas después de haber cumplido con las recomendaciones sugeridas por el trabajo.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Introducción

El objetivo de este capítulo es desarrollar el basamento teórico del tema que se pretende exponer en el presente trabajo, basado en el paradigma crítico propositivo, ya que presenta alternativas coherentes de investigación, cuestionando los esquemas tradicionales de la investigación y planteando alternativas de solución en un espacio proactivo. Además se determinan como tipos de investigación la cuantitativa, porque recoge datos estadísticos del centro urbano y cualitativo, porque la información procesada será sometida a análisis e interpretaciones que tributan a la metodología que se pretende aplicar.

1.1 Fundamentación Teórico – Metodológica del trabajo

La formulación del problema, la justificación o necesidad de realización de un estudio y su propuesta son elementos que deben tenerse en cuenta en la fundamentación teórica de cualquier investigación. En este caso se hace necesaria la búsqueda de nuevas variantes para mejorar los sistemas de iluminación con el objetivo de elevar los índices de eficiencia de los mismos, recurriendo a una modalidad de investigación de campo, fuentes de información válida y confiable de las vías principales, visualizando y creando así en las instalaciones las condiciones necesarias que contribuyan con la preservación de la vida, la salud del hombre y evitando la contaminación lumínica. Esto propiciaría un aumento de la actividad productiva del desarrollo económico y la preservación del medio ambiente. Además de evaluar la eficiencia luminosa y los métodos para el cálculo de proyectores o reflectores.

Para el uso eficiente de la energía, se han determinado varios criterios sustanciales. Dichos criterios generales incluyen el uso y distribución del gas, la energía eléctrica y el diseño bioclimático. Este último, a su vez, se desarrolla en tres niveles: la iluminación natural, la ventilación natural y el aislamiento térmico. Centrándose en el diseño de la iluminación como una oportunidad de ahorrar energía eléctrica por concepto de iluminación artificial. Además de abordar los temas relacionados con la función de la iluminación, los requerimientos ambientales lumínicos, las proyecciones estereográficas y equidistantes, para finalmente llegar a una serie de criterios normativos de iluminación natural aplicados en edificaciones. Se analizan también las condiciones lumínicas y el

desarrollo de propuestas encaminadas al ahorro energético dentro de oficinas de género administrativo (Ramírez, 2009; Rodríguez Mora, 2017; Rosero Bolaños, 1996).

Por ello, cualquier mejora, ya sea de los componentes o de la gestión del sistema, supone altos niveles de ahorro energético que conllevan, no solo por un ahorro económico, sino una reducción del consumo de energía de origen no renovable, así como las emisiones de gases de efecto invernadero. Por todo ello, todas las obras ejecutadas por las compañías y empresas encargadas están orientadas a conseguir mayor eficiencia energética de las instalaciones, ahorro energético y económico en el consumo eléctrico y la disminución de la contaminación lumínica. Para lograr este objetivo se necesita un exhaustivo control de las características de los diferentes materiales que pueden encontrarse en el mercado y las operativas más adecuadas.

También se debe tener conocimiento pleno de las instalaciones y de las posibilidades reales de obtención de un óptimo rendimiento y fiabilidad. Y poseer o crear metodologías eficaces, capaces de reducir al mínimo los tiempos de respuesta en reparación de averías, así como su posible repetitividad. El objetivo fundamental del alumbrado público es permitir a los usuarios de vialidades, tanto a peatones como a conductores, desplazarse con la mayor seguridad y confort posibles durante la noche (Chautard, 2010; PHILIPS, 2013; Urbanización, 2014). Un alumbrado satisfactorio debe ser continuo y uniforme para que el conductor tenga la facilidad de distinguir con certeza y con todo detalle, el camino que tiene frente a él y sus alrededores aún sin el uso de los faros del automóvil, teniendo el tiempo necesario para efectuar las maniobras requeridas para la prevención de cualquier situación que le ponga en peligro a sí mismo o a otros conductores, y también para la apreciación de todas y cada una de las señales de tránsito mientras conduce. Los peatones podrán distinguir también las marcas para el cruce de calles, vehículos y obstáculos. Para llevar a cabo este tipo de alumbrado, deben ser tomados en cuenta diversos factores, además de considerar los aspectos económico y estético de la vía iluminada, estudiando los costos de instalación y mantenimiento. Acorde con la actual tecnología de iluminación, es conveniente evitar al máximo que las luminarias queden dentro del ángulo visual del conductor, por lo que se recomienda que los brazos de los postes no excedan de 0.60 m de longitud o bien que las luminarias estén pegadas a los postes dependiendo del modelo de la luminaria y del ancho del acotamiento, camellón o banqueta (Mina, 2013; OXYTECH, 25 de junio de 2016; Paradas, 2005; Pavón Puente, 1978).

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. Las direcciones municipales no pueden 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, porque se debe prestar sin distinción alguna de personas (CEI, abril 1995; Martín, 2014; NUÑEZ, 2008).

Para la realización de los cálculos de alumbrado para exteriores y conceptos luminotécnicos, suministrando los conceptos y métodos necesarios y representando una herramienta imprescindible en la realización de este tipo de trabajo. Se ha creado una guía metodológica para el proyectista eléctrico, recogiendo la información necesaria para la aplicación de una metodología de sistemas de alumbrado, aunque no tiene en cuenta los aspectos de contaminación luminosa, afectaciones al medio ambiente, la iluminación natural y eficiencia energética. La actualización y comparación de las lámparas recomendadas, utilizadas en los diferentes sistemas de alumbrado público. Junto a la comparación y selección de los métodos de iluminación y de cálculo, así como la determinación de las diferencias entre éstos y cómo seleccionar el método a utilizar en un sistema de AP determinado ha sido desde un inicio una necesidad de primer orden en esta temática(Chej, 2015; Madrid, 2000; Sánchez, 2005).

No obstante la actualización y comparación de las luminarias modernas utilizadas en los sistemas de alumbrado de hoy en día, se realiza a partir de las características generales que presente el sistema que se pretenda diseñar o instalar. Esto incluye el poder determinar o clasificar las zonas que se quiera iluminar teniendo en cuenta la información técnica acerca de las lámparas de descarga de alta potencia. Varios autores plantean que la contaminación lumínica se origina por acción propia del hombre, que no ha podido o no ha querido controlar este exceso en su totalidad. Y la definen como toda la luz que se emite o escapa por encima de la horizontal de las luminarias en una instalación de alumbrado de exteriores. Produciendo un halo luminoso o resplandor sobre las poblaciones, al iluminar las partículas de polvo o agua que el aire contiene en suspensión(Alkinson´s, 2001; Lennox, E. C., 1946; PHILIPS, 2013; Sailema, 2013). Cuando hay nubes, la base de éstas se ve iluminada. Entonces se puede definirla

como el flujo luminoso proveniente de fuentes artificiales de luz que provoca el aumento del brillo del cielo nocturno, disminuyendo la visibilidad de los cuerpos celestes. Muchos especialistas en la actualidad adoptan medidas y ejecutan obras para el control de este fenómeno.

A partir de la década del 90 comienza toda una cadena de investigación donde se muestra una amplia caracterización sobre la problemática de la contaminación lumínica a nivel internacional y nacional, permitiendo un estudio de la misma, para determinar las posibles medidas a tener en cuenta a la hora de proyectar un sistema de alumbrado exterior. También sirvió como herramienta para determinar los diferentes métodos de iluminación y de cálculo a utilizar en diferentes lugares, áreas exteriores y otras (Hidalgo et al., 2012; Ingenieros, 2012; Juárez Flores, 2005). En instrucciones de vías públicas se abarca de manera explícita en cuanto a la distribución de las luminarias en la vía y el correcto uso de las mismas. Demostrando un alto aprovechamiento y ahorro de energía eléctrica. Además se han realizado congresos y eventos científicos en los cuales se han impartido conferencias que por el nivel y calidad con las que se caracterizaron, proporcionaron una actualización integral de cómo se maneja el tema a nivel nacional e internacional, en materia de historia de la iluminación, economía, medio ambiente, desarrollo de fibras ópticas, contaminación lumínica, descargas, entre otros. Paralelamente representó el punto de partida para el análisis económico-ambiental (Carvajal, Diciembre 2013; GROUP, 2012; Harper, 2000; López et al., 2000). Proyectos investigativos anteriores han demostrado cómo realizar un estudio y análisis comparativo de los diferentes parámetros involucrados en la reglamentación y certificación de las lámparas de alumbrado público de vapor de sodio y de tecnología LED, teniendo en cuenta la reglamentación que a este respecto rige en la actualidad en diferentes países. Estando dirigido a todos los entes involucrados en la prestación del servicio de alumbrado público, a los generadores de energía eléctrica, a las empresas que proveen servicios y elementos involucrados en la prestación del servicio en todos los niveles y a las entidades y organismos que están siempre pendiente de la mejora de las condiciones del entorno en que desarrollan sus procesos.

De este modo se llegó hasta el punto de brindar toda la información teórica que pueda ofrecer las herramientas básicas necesarias para implementar una nueva tecnología de iluminación de alumbrado público, o continuar con la tecnología con la que actualmente se cuenta en una zona determinada; y referenciando a todos los tratados para proyectar sistemas de alumbrado que cumplan con las normas establecidas. La modernización y el desarrollo tecnológico se han venido llevando a cabo en la construcción de carreteras y vías de comunicación, requiere de la aplicación técnica de alta calidad,

eficiencia y economía en los sistemas de iluminación de las mismas, reflejándose en los bajos costos de operación (ahorro de energía y mantenimiento). Para llevar a efecto este propósito es indispensable crear conciencia en las autoridades y funcionarios públicos, así como en los técnicos responsables de los proyectos y obras de alumbrado, para que se aseguren de la calidad de los equipos de iluminación involucrados para tales fines (Balestriero & Flaissier, 2002; García Moreira, 2016; General, 2000). Y demostrando la manera más eficiente de analizar y proponer mejoras del sistema de alumbrado para las avenidas principales de cualquier localidad, y en este caso las del municipio de Moa específicamente.

1.1.2. Base Teórica de la Investigación

Debido a la gran cantidad de factores que intervienen en la iluminación de vías públicas (deslumbramiento, características de los pavimentos, condiciones meteorológicas, etc.) y en la percepción de estas, el cálculo del alumbrado público ha sido siempre una tarea muy compleja. Por ello, en un principio los cálculos se enfocaron a determinar unas condiciones de iluminancia sobre la calzada que proporcionaran una buena visibilidad dentro de los márgenes establecidos por los organismos competentes (ELECTRIC, 2010; Española, 2014; Franco & Alberto, 2012; Matos, 2008). A medida que se fue desarrollando la informática y aumentaron las capacidades de procesamiento de datos, los cálculos se fueron orientando hacia la determinación de luminancias. Esto no hubiera sido posible sin la existencia de ordenadores que permiten ejecutar y aplicar los métodos de cálculo numérico en un tiempo razonable, agrupando métodos fundamentales que son.

- Cálculo de iluminancias
- Método de los lúmenes o del factor de utilización
- Métodos numéricos. El método de los nueve puntos
- Cálculo de luminancias

Estos métodos y procedimientos representan una gran importancia por ser usados con la finalidad de calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel medio determinado de iluminancia. Estos se basan en la idea de que no es preciso calcular la iluminancia en todos los puntos de la calzada para tener una idea exacta de la distribución luminosa, sino que basta con hacerlo en unos cuantos puntos representativos llamados nodos. Y a su vez se consiguen unos valores que aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para empezar a aplicar otros métodos

y otros tipos de tecnología de alumbrado público. En el presente trabajo solo se utilizarán por su ventaja y características el Método de los lúmenes y el Método de los nueve puntos.

1.2 Descripción de los métodos de cálculo más utilizados en SAP.

1.2.1. Método de los lúmenes o del factor de utilización

Este método se utiliza fundamentalmente para calcular la distancia de separación adecuada o permisible que debe existir entre las luminarias para poder garantizar un nivel de iluminancia medio determinado. Se realiza a través de un proceso iterativo, sencillo y práctico, obteniendo valores que aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para la aplicación de otros métodos.

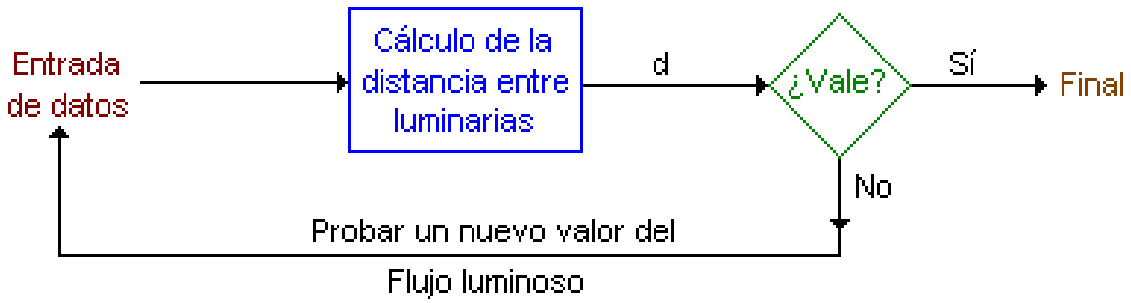


Figura1.1 Diagrama de bloques para el cálculo del factor de utilización.

La Figura 1.1 muestra el proceso a seguir mediante un diagrama de bloques, donde relaciona como datos de entrada al modo de determinar el nivel de iluminancia media (Em). Valor que depende de las características y clase de pavimento, clase de vía e intensidad del tráfico. Siempre teniendo en cuenta elegir la disposición de luminarias más adecuada según la relación entre el ancho de la calzada y la altura de las luminarias. Y el modo de determinar el factor de mantenimiento (fm) dependiendo de las características de la zona (contaminación, tráfico, mantenimiento.

El cálculo del factor de utilización (η) es imprescindible para este método ya que es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria que plantea la relación entre el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara. Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes con las luminarias. Una vez fijados los datos de entrada, se procede al cálculo de la separación (d) entre las luminarias utilizando la expresión de la iluminancia media. Y finalmente, solo resta comprobar si el resultado está dentro de los límites. Si es así habrá acabado el

método y si no se varían los datos de entrada y se realizan las fases anteriores. Si la divergencia es grande es recomendable cambiar el flujo de la lámpara (Contreras et al., 2006; Cubano, 1997; Chej, 2015; Eduardo, Barcelona, 2000).

1.2.2. Métodos numéricos

Los métodos numéricos se basan en la idea de que no es preciso calcular la iluminancia en todos los puntos de la calzada para tener una idea exacta de la distribución luminosa, solo resta hacerlo en algunos puntos representativos denominados nodos. Dividiendo la zona a estudiar en pequeños dominios, correspondientes a su nodo, se supone la iluminancia uniforme. La iluminancia total de la calzada se calculará como una media ponderada de las iluminancias de cada dominio. El número de particiones que se realice dependerá de la precisión que se quiera obtener. En este caso se utilizará el criterio de los nueve puntos que es el más sencillo, aunque la norma de trabajo es la misma siempre independientemente del número de dominios que se tiene (Brisaboa et al., 2014; Carlos et al., 2017; Carrión et al., 1997; Matos, 2008).

1.2.3. Método de los nueve puntos

Este plantea que en un tramo de vía recta con disposición unilateral de las luminarias y separadas una distancia d. Debido a las simetrías existentes en la vía, bastará con calcular las iluminancias en la zona señalada. En el resto de la calzada estos valores se irán repitiendo periódicamente dividiendo el tramo en nueve dominios con otros tantos puntos. Para calcular las iluminancias sobre cada nodo sólo se considera la contribución de las luminarias más próximas despreciándose el resto por tener una influencia pequeña.

Para calcular las iluminancias se puede proceder de dos maneras, ya sea usando la ecuación (1.1):

$$E_H = \frac{I(C_i\gamma_i)}{h_i^2} cos_{\gamma i}^3 \qquad (1.1)$$

Donde I se puede obtener de los gráficos polares o de la matriz de intensidades.

O recurriendo a un método gráfico. En el cual los valores de las iluminancias se obtienen por lectura directa de las curvas isolux y se necesita lo siguiente.

- Las curvas isolux de la luminaria (fotocopiadas sobre papel vegetal o transparencias)
- La planta de la calle dibujada en la misma escala que la curva isolux.
- Una tabla para apuntar los valores leídos.

El procedimiento de cálculo se basa en situar los nueve puntos y las proyecciones de los centros fotométricos de las luminarias sobre la calzada sobre el plano de la planta. Ver ANEXO I.

Existen métodos manuales para el cálculo de la iluminancia por el método del punto por punto aplicando gráficos (con diagramas iso-r e isocandela o con diagramas iso-q e isolux) pero están en desuso por ser métodos lentos, tediosos y poco fiables debido a que es fácil equivocarse durante su empleo.

1.3. Conductores eléctricos y su uso en SAP

1.3.1. Material conductor óptimo

El cable o conductor de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un Sistema Eléctrico. Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula. El material más indicado para la fabricación de un cable conductor representa un compromiso entre un bajo valor de resistividad y el costo del mismo, el cobre ofrece hoy en día la mejor solución, ya que cumple con los principales factores que se tienen que tener en cuenta para una buena selección como son el material, su flexibilidad y la configuración así sea circular compacto, anular u otros (PhillipsCompany, 2006; Piñeiro, 2010)

1.3.2. Conductores utilizados en las redes de distribución

Los conductores que generalmente se deben utilizar en las redes de distribución eléctrica de baja tensión serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas y serán preferentemente aislados. Los conductores aislados según UNE 21.030, serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, de sección mínima 16 mm² en aluminio y 10 mm² en cobre. Los cables habitualmente utilizados responden a la denominación RZ (Cu o Al), cable en haz, a espiral visible (los llamados “trenzados”) con aislamiento de polietileno reticulado

(XLPE). Los conductores desnudos según UNE 21.012 o UNE 21.018 ya sean de cobre o aluminio son aquellos aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV. Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio. Los cables habitualmente utilizados responden a la denominación Cu duro, ALı/STıA, ALı/A2oSA (Bourget, 2008; Cala, 2011; Matos, 2008).

1.4. Instalaciones de alumbrado exterior

Los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensiones nominales de 0,6/1 kV. En el caso en que las redes sean subterráneas: Según UNE 21.123, serán de las mismas características a los empleados en redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07, y de 6 mm² de sección mínima respondiendo a la denominación VV-K, RV-K. En las redes aéreas se deben utilizar los de las mismas características a los empleados en redes aéreas aisladas de distribución, descritas en la ITC-BT-06, y de 4 mm² de sección mínima. Los cables que habitualmente se utilizan responden a la denominación RZ (Cu) Instalación en soportes: Los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5mm², y de tensión asignada de 0,6/1 kV, como mínimo. Los cables que habitualmente se utilizan responden a la denominación VV-K, RV-K. En la instalación de luminarias suspendidas los conductores serán flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria (AMBIENTE, 2014; Desarrollo, 2013; Effetre, 1995; Figueroa, 2004; Manzano, 2001). En la Figura 1.2 se representa una muestra de los conductores más utilizados.

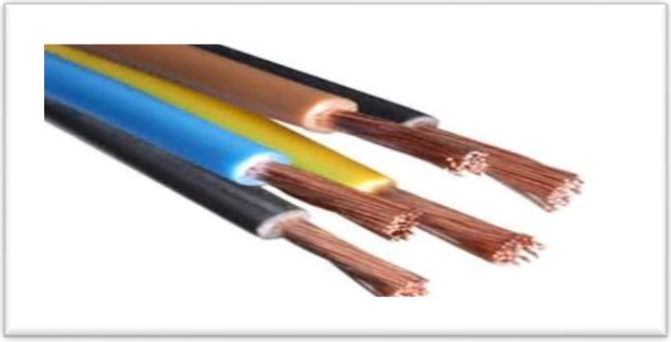


Figura 1.2 Conductores utilizados en SAP.

1.4.1. Sistemas de mantenimiento eléctrico

A lo largo de todo el mundo se han desarrollado sistemas de metodologías de mantenimiento en el sector de alumbrado público. Donde se crean o desarrollan modelos de gestión integrales de AP que contienen además de definiciones específicas y elementales, la definición única de todos los posibles tipos de mantenimientos aplicables, se relacionan las fallas más comunes y acciones preventivas, inspecciones, procedimientos y protocolos para adelantar las actividades inherentes al mantenimiento en sitio o en el taller. Los manuales de procedimientos correctivos y preventivos de luminarias tipo exterior para bombillas HID de sodio y halogenuros metálicos utilizadas en alumbrado público especifican y precisan las actividades de mantenimiento que se llevan a cabo en los sistemas de alumbrado exterior aunque algunos se crean específicamente para los que operan con lámparas HID (descarga de alta intensidad) , la descripción de estas actividades se hace en forma escrita y secuencial la cual permite a los operadores o personas relacionadas con las prestación del servicio de alumbrado exterior comprender y entender las actividades y protocolos que se deben seguir en la realización de labores relacionadas con el mantenimiento correctivo y preventivo(GARCIA, 2011; García & Eduardo, 2011; Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas, 2015; Técnico, 2006). Con la instalación de sistemas inteligentes como CirLAMP para alumbrado los clientes han sido capaces de disminuir su factura eléctrica por alumbrado entorno a un 30-35%. Otro de los resultados del sistema de control inteligente de alumbrado público de CIRCUTOR, fue que el cliente redujo los tiempos de actuación en caso de incidencia, ya que se disponía de la información en todo momento del estado de la instalación. El sistema CirLAMP de CIRCUTOR aportó beneficios adicionales tales como:

- Reducción del tiempo de actuación ante una incidencia.
- Gracias a la identificación de fallos, se podía conocer el estado de las alarmas como luminaria fundida, luminaria en modo intermitente y condensador abierto.
- Un mejor mantenimiento preventivo que aumenta la vida útil de las lámparas.
- El equipo permitió reportar las horas de funcionamiento de cada lámpara permitiendo el cambio de estas cuando llegaban a su nivel de vida máximo.
- El sistema reportaba un evento al gestor al llegar a la hora máxima de funcionamiento programada

1.4.1.1. Mantenimiento eléctrico

Se define como la actividad central para alcanzar altos niveles de prestaciones. Mantener todas las luminarias encendidas asegura uniformidad en el alumbrado y con ella el confort de los usuarios. La limpieza de las luminarias permite mantener el nivel de iluminación definido en el diseño del proyecto. El mantenimiento preventivo, con el recambio de lámparas cuando el rendimiento de las mismas cae es necesario para asegurar buen nivel de iluminación aún con lámparas de baja potencia(González, 2009; Navarro et al., 1997).

Muchas instalaciones de baja potencia fracasan porque:

- Las luminarias no son de alto rendimiento.
- La hermeticidad de las luminarias no es buena o no se realiza la limpieza de las mismas.
- Los balastos son de mala calidad y no entregan a la lámpara la potencia que corresponde.
- Las lámparas pierden rendimiento con el uso y no se realiza el mantenimiento preventivo que repondría el nivel inicial.

1.4.1.2. Gestión Integral de Mantenimiento (GIM)

El sistema GIM nace como respuesta a la problemática planteada por los requisitos de diversos mantenimientos de alumbrado público fundamentalmente en regiones europeas y soluciona el inventario de una zona o localidad determinada en modo gráfico, la gestión de avisos en incidencias, la creación de partes, informes y órdenes de trabajo, la gestión de almacén, las actas de vandalismo y el proceso de certificación completo. El mismo Consta de dos módulos claramente diferenciados:

- El Inventario Gráfico sobre herramientas GIS.
- La gestión (GIM) de los procesos de mantenimiento.

Permitiendo gestionar de forma gráfica los elementos a conservar, así como sus históricos de intervenciones. Estos elementos son principalmente cuadros de mando, circuitos y puntos de luz. A cada una de estas entidades, localizadas en el plano, se le asocian diferentes "fichas" que recogen la información necesaria para elaborar las tareas de impacto para los tipos de mantenimiento asignado. Esta gestión se consigue principalmente con el uso de dos módulos. Por un lado, un módulo desarrollado en Microstation 95 resuelve la localización geográfica de los elementos, situándolos en planos. Por otro lado, la base de datos Oracle gestiona los datos asociados a cada elemento. Juntos,

componen un paquete informático con características específicas.

1.5 Lámparas LED

Los diodos emisores de luz son dispositivos semiconductores que tienen su origen en la década de los 60 del siglo pasado y suponen una novedosa forma de obtener luz artificial, muy diferente de los tipos de lámparas existentes hasta ese momento y con cualidades técnicas que propiciaron su perfeccionamiento hasta la actualidad. La Figura 1.3 muestra algunos LED actualmente comercializados en lámparas y luminarias presentan una eficiencia luminosa de hasta 90 lm/Watt para potencias de LED desde 1 hasta 10 Watt, pero ya en los primeros meses del 2010 se obtuvieron valores de hasta 200 lm/Watt a nivel de laboratorio y se espera llegar en poco tiempo hasta 300 lm/Watt.

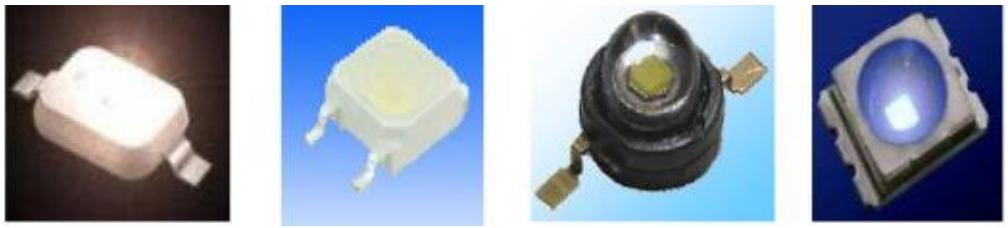


Figura 1.3 Diodos emisores de luz (LED)

Las principales ventajas de los LED pueden ser resumidas en los siguientes aspectos descriptivos y elementales, dentro de los que se encuentran su vida útil o de trabajo que es mayor de 50 000 horas. Presentan además alta eficiencia en la producción de luz artificial (> 80%) y por tanto reducen a gran escala los costos de electricidad. También presentan muy buena reproducción de color y temperaturas de color desde los 2700 ºK y hasta 7000 ºK para los de luz blanca.

- No emiten radiación infrarroja ni ultravioleta.
- Encendido instantáneo.
- Eliminación de efecto estroboscópico.
- Alto factor de potencia (> 0.95 ind).
- Tiene una fiabilidad del 95%.
- Mínimo mantenimiento.
- Son resistentes a choques y vibraciones.
- Operan a baja tensión (no mayor de 48 volt de corriente directa).

Figura 1.4 Esquema general de las características de los LED.

La Figura 1.4 representa de manera general las características de los LED, quienes forman parte elemental de la tendencia a plazo en futuro que demuestra que la utilización de este tipo de luminarias en la iluminación vial se presenta como una alternativa interesante para reemplazar en muchos lugares las que emplean lámparas de Sodio de Alta Presión o Mercurio. El ahorro energético, su larga vida y sus menores gastos de explotación son ventajas que compensan sus relativos costos de inversión elevados ya que la recuperación de esta ocurre en tiempos razonables(Lennox, E.C., April 1996).

No obstante lo anterior debe señalarse que hasta el momento la mayoría de estas luminarias de iluminación vial no emplean propiamente lámparas de LED, es decir, tienen diseños específicos que los diferentes fabricantes obtienen con una determinada cantidad y distribución de los LED individuales para lograr una potencia y fotometría específica para cada modelo Esto hace imposible hoy hablar de una estandarización de "lámparas LED" para estas luminarias y por lo tanto se sustituye la opción de "reemplazo de lámparas" por la de "reemplazo de luminarias". La Figura 1.5 representa una muestra de las luminarias de iluminación vial que emplean lámparas de LED que se usan hoy en día. En la actualidad no resulta posible, al menos en la iluminación vial, hablar de una sustitución exacta de lámparas de Sodio Alta Presión y de Mercurio de diferentes potencias por lámparas a LED. En realidad lo que se hace es, a partir de una iluminación vial existente con luminarias y lámparas tradicionales, realizar a sustitución de dicha luminaria por una de LED que emita un flujo luminoso igual al de la lámpara existente o garantice un nivel de iluminancia igual al normado para la vía, con una fotometría similar pero con menor consumo de energía eléctrica. Las luminarias y lámparas a base de diodos emisores de luz, existentes en el mercado para aplicaciones de iluminación vial, reportan eficiencias de más de 80 lm/w y hasta 100 lm/W. En la Tabla 1.1 se puede observar que, excepto las

lámparas de SAP de 250 W y 400 W, los valores de la eficiencia de las lámparas y luminarias a LED son iguales o mayores que la mayoría de las lámparas actualmente empleadas en la iluminación vial, lo cual permite contar con otra opción técnica a considerar.

Figura 1.5 Luminarias de iluminación vial que emplean lámparas de LED

Tabla 1.1 Comparación de luminarias de Sodio Alta Presión y luminarias LED.

	Eficiencia de la lámpara	Horas Máximas de vida(Catálogo)	Horas de vida (real)	

Tipo de Lámpara	Lm/W	Horas	Horas	Recambio anual
LED	80-100	50 000	50 000	0.08
SAP (70-100-150 W)	69-90	24 000	20 000	0.2
HMM (125-250-400 W)	46-52	24 000	20 000	0.2
HMM (160-250-500 W)	19-30	12 000	6 000	0.7
Incandescentes(100/500 W)	18-20	1 000	750-1000	5

Teóricamente los ahorros energéticos posibles a obtener, suponiendo que sea permisible el hecho de sustituir las luminarias existentes por las de LED que satisfagan los requisitos fotométricos y luminotécnicos de la vía, son los mostrados en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Potencia de LED con eficiencias de 80 y 100 lm/W requeridas para la sustitución de lámparas de incandescencia y mercurio.

Tipo de lámpara	Potencia total**(*)**	Potencia y ahorro con LED de 80 lm/W		Potencia y ahorro con LED de100lm/W	
	W	**W**	**Aho**	**W**	**Aho**
Sodio Alta P.	100	17	83%	14	86%
Sodio Alta P.	150	28	82%	22	85%
Sodio Alta P.	200	39	81%	31	85%
Sodio Alta P.	300	78	74%	62	79%
Sodio Alta P.	500	113	77%	91	82%
HMM160	160	39	76%	31	81%
HMM250	250	69	73%	55	78%
HMM500	500	171	66%	137	73%
HM125	137	78	43%	63	54%
HM250	266	162	39%	129	51%
HM400	425	277	35%	221	48%

En este caso se puede demostrar que una lámpara incandescente de 100 W, puede ser sustituida por una de LED de 17 Watt, si existiera en el mercado, y obtenerse un ahorro del 83% de la energía consumida. Las luminarias y lámparas a LED, existentes en el mercado para aplicaciones de

iluminación vial, reportan eficiencias de más de 80 lm/w y hasta 100 lm/W. Se puede observar en la Tabla 1.1 que, excepto las lámparas de SAP de 250 W y 400 W, los valores de la eficiencia de las lámparas y luminarias a LED son iguales o mayores que la mayoría de las lámparas actualmente empleadas en la iluminación vial, lo cual permite contar con otra opción técnica a considerar. El empleo de los LED, siempre requerirá de un análisis técnico-económico que lo justifique con respecto a las lámparas tradicionales.

1.6. Sistema de iluminación instalado en el municipio Moa.

Luego de muchos años sin recursos destinados a la continuación y mantenimiento del sistema de alumbrado público del municipio Moa, en el año 2008 inicia un proceso de recuperación de la iluminación pública en las principales avenidas del territorio, sin un debido plan de mantenimiento presentando en la actualidad un alto deterioro. Junto con este deterioro del alumbrado existente se debe señalar que el desarrollo de la ciudad a finales de la década de los 80 y principios de los 90 provocó que muchos de los repartos creados en esta época surgieran sin alumbrado público y junto con ellos, sus avenidas y calles.

Las lámparas usadas en el sistema viario de Moa tienen las características técnicas específicas que se relacionan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Características técnicas de las lámparas usadas en el alumbrado viario de Moa.

Tipo	Vapor de S.A.P	Vapor de Mercurio	Halog. Metálicos
Potencia (W).	150, 250, 400	250, 400	250
Porta Lámparas.	E40	E40	E40
Flujo Luminoso (Lm)	14000, 25000, 47000	13000, 22000	17000
Posición de fun.	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Equipo Eléctrico.	Reactancia+Ignitor	Reactancia	Reactancia+Ignitor

1.7. Caracterización de softwares utilizados en el cálculo de A P

Existe todo un paquete o programa de softwares que permiten partiendo de conocimientos mínimos, desde unos resultados básicos de predimensionados, hasta realizar modelizaciones lumínicas de

espacios complejos con múltiples luminarias y diferentes planos de cálculo. Siempre partiendo de productos concretos que están en el mercado (Chantera Abarca & Tobar Estrella, 2013; FILLIPO RUGELES et al., 2010; Morales, 2010; PHILIPS, 2013; Soltsoi, 2011). En Cuba se utiliza una variedad de estos softwares en muchos proyectos de iluminación, en este trabajo se utilizan y caracterizan solo tres por su comodidad fácil manejo en cuanto a cálculo y simulación.

1.7.1. DIALux

DIALux es un conocido y potente programa internacional de cálculo de iluminación que permite realizar un proyecto integral de alumbrado teniendo en cuenta los estándares nacionales e internacionales (EN 1838: Escena de alumbrado de emergencia: Sólo se calcula la luz directa. No se tiene en cuenta la acción de las luces reflejadas). Está desarrollado por profesionales del mundo de la iluminación y más de 350.000 usuarios a nivel mundial saben valorar la aplicación intuitiva y las representaciones virtuales de los proyectos, además de la perfección técnica y la disponibilidad de datos para planificación continuamente actualizados. Además presenta características elementales que resaltan su uso y aplicación. La Figura 1.6 muestra una simulación de un sistema de alumbrado viario a través de este software.

- Permite crear fácilmente proyectos de iluminación eficaces y profesionales.
- Portador de datos actualizados de luminarias de los fabricantes líderes a nivel mundial.
- Software actualizado y técnicamente novedoso siempre disponible gratuitamente.
- Realiza una evaluación energética de manera eficaz y rápida.
- Permite crear escenas de luz de color con LED o con otras luminarias con cambio de color.

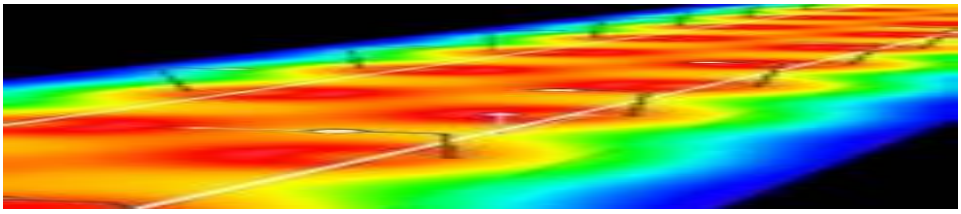


Figura 1.6. Diseño de iluminación con el software Dialux

1.7.2. Relux,

Desde hace ya algunos años, Relux es el prototipo de software profesional para diseño de iluminación. Gracias al liderazgo en el mercado de numerosos países, miles y miles de diseñadores de iluminación,

se confía, se acepta y se usa este software de diseño. Su manejo intuitivo, su visualización realista, el eficiente acceso a los datos del producto y la precisión de sus cálculos son altamente valorados por los usuarios. Relux Informatic AG, con sede en países europeos, desarrolla, produce y distribuye este software de diseño de iluminación junto a catálogos de productos. Además de operar en todo el mundo y colaborar directamente con sus filiales. Gracias a los aportes de los miembros de Relux, pueden entregarse a los usuarios herramientas de diseño de alta calidad en forma gratuita y ciertos módulos abonando módicos derechos de licencia.

1.7.3. Litestar

Además de ser un programa para la realización de proyectos luminotécnicos, también es un potente instrumento de marketing y de gestión de todas las fases del proyecto que se realice. Es un programa fácil de usar realizado según la normativa más avanzada a nivel mundial disponiendo de un procedimiento que integra el cálculo y el rendering fotográfico de un altísimo nivel, basado sobre el innovador y revolucionario método del Photon Mapping que sustituye el antiguo método de la Radiosity. Compuesto además con archivos abiertos y configurables en función de las necesidades de los usuarios que permite la inserción de los propios datos, tanto fotométricos como de catálogo, de forma autónoma. Dispone de un sistema de actualización de los datos Internet-ordenador vía Arrastrar y Soltar (Drag & Drop) mediante los Web Catalogs o bien mediante funciones avanzadas de búsqueda paramétrica cruzada (Cross-Search), que constituyen creaciones exclusivas de OxyTech. Administra los catálogos de los fabricantes de lámparas a los que se pueden añadir las listas de precios, incluso en monedas diferentes generando fichas técnicas, pliegos de condiciones y otros. Todos estos configurables o personalizables según las necesidades requeridas. Administra todo tipo de fotometrías en los diversos formatos estándar (IES, Eulumdat, Cibse) permitiendo tanto la importación como la exportación, así como la visualización de éstas según los estándares más avanzados. Este software es utilizado por miles de profesionales en todo el mundo para la realización de sistemas de iluminación para interiores, viales, túneles e instalaciones deportivas en las que tienen lugar manifestaciones internacionales y se encuentra disponible en 21 idiomas.

1.7.4. Software MapInfo Profesional utilizado en la gestión de mantenimiento de AP

A pesar de que cada vez se recogen y almacenan mayor cantidad de datos, numerosos estudios estiman que sólo el 2% de estos datos se analizan en alguna ocasión. Las empresas buscan nuevas formas de gestionar, analizar y utilizar la enorme cantidad de datos que están a su disposición. Las herramientas de análisis de mapas pretenden resolver esta cuestión, ya que el análisis e interpretación de los propios datos permite optimizar la toma de decisiones(Corporation, 2016).

Aproximadamente el 85% de los datos corporativos poseen un componente geográfico, una dirección o un número de teléfono. Al superponer esta información en mapas digitales, as compañías pueden utilizar esta información geográfica (ej. códigos postales e información demográfica) como marco para la organización, la visualización e interpretación de los datos, y obtener una fotografía de su negocio que revela las pautas y tendencias que aseguran el éxito o el fracaso de una gestión.

Si desea realizar análisis de la información de forma interactiva y sencilla, contando con una poderosa pero sencilla herramienta de "mapping" y gran capacidad de extracción de datos, tanto de grandes bases de datos corporativas como de ficheros en su PC, MapInfo posee las herramientas que le darán el máximo rendimiento y eficacia en su labor. Sin duda, es uno de los productos más extendidos de los SIG. Está reconocido como la herramienta de análisis más poderosa y sencilla de utilizar basada en PC. Esla elección de los analistas de mercados y expertos de SIG en todo el mundo, para visualizar las relaciones entre los datos y la ubicación geográfica. Sus características más notables son la capacidad de conectar con bases de datos, crear gráficos estadísticos y visualización 3D, generación de informes y salida HTML (Sanz Ciria & Sierra Garriga, 2011). MapInfo puede ser personalizado e integrado con otras herramientas que se utilizan a conveniencia propia del cliente. Su importancia, rapidez y efectividad a la hora de realizar trabajos de campo facilitó su uso en la digitalización de los circuitos de distribución primaria residenciales de varias provincias del país. Tributando a formar parte del SIG nacional perteneciente a la Unión Nacional Eléctrica (UNE) denominado SIGERE.

1.7.4.1. Definición, funciones y aplicación de los SIG en AP.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es un sistema manual, automático o semiautomático, que permite la captura, almacenamiento, actualización, manipulación y explotación de datos que están referenciados espacialmente a la superficie terrestre. Definiéndose como aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Para ello, se cuenta tanto con las fuentes de información como con un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) que facilitarán esta tarea; todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas, y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo. En definitiva, un SIG es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas.) y alfanumérica (estadísticas) para obtener una información derivada sobre el espacio.

Con el objetivo de orientar esta implementación técnica hacia soluciones más útiles de cara al mantenimiento, en conjunto con el personal de la organización empresarial encargada del mantenimiento del alumbrado público se determinó que el sistema de información geográfico podía contemplar varias características dentro de las cuales incluiría el tratamiento visual de la información. Esto se realizaría organizando la información en mapas formados por capas; característica propia de los SIG permitiendo disponer de manera sencilla y poder visualizarla más rápidamente, de forma que se identifique y se muestre la información fácilmente de una zona determinada. Por supuesto sin incluir el poder mostrar y extraer la información mediante listados u otras formas convenientes a la hora de elaborar informes.

1.7.4.2. Funcionalidad de los SIG

Existen al menos cinco argumentos básicos para la utilización de un SIG Estos motivos son:

- Permite realizar análisis vicariantes, es decir, permite realizar comparaciones entre escalas y perspectivas emulando una cierta capacidad de representación de diferentes lugares al mismo tiempo.
- Diferencia entre cambios cualitativos y cuantitativos; aportando una gran capacidad de cálculo.

- Posibilita la gestión de un gran volumen de información a diferentes escalas y proyecciones.
- Integra espacialmente datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables (topología).
- Admite multiplicidad de aplicaciones y desarrollos; poniendo a disposición del usuario herramientas informáticas estandarizadas que pueden ir desde simples cajas de herramientas hasta paquetes llave en mano.

1.8 Conclusiones del capítulo

1. Se describió la base teórica del trabajo y el estado del arte del mismo.
2. Se revisaron los trabajos antecedentes relacionados con el tema identificados ya sea como trabajos de tesis de pregrado, manuales, sitios web, conferencias internacionales y trabajos de maestría, donde se resalta la actualidad de los mismos.
3. Se describieron los sistemas de gestión integral de mantenimiento.
4. Se evaluaron los softwares que se utilizan para el cálculo de AP.
5. Se mostraron las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como campos de aplicación y la relación de éstos con el tema.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Introducción

Este capítulo describe los materiales y métodos utilizados en el trabajo. Además caracteriza el sistema de alumbrado público existente en el municipio actualmente, después de un levantamiento físico donde se recopiló cierta cantidad de datos descriptivos que identifican como tal los parámetros y condiciones en las que se encuentra dicho sistema. Tipos de luminarias, distancia de los puntos de luz, distribución utilizada, parámetros eléctricos, tipos de vías, y niveles de iluminación generalizan la información que se recopiló para la digitalización del mapa a utilizar en la metodología de mantenimiento que se propone. Además se realiza el montaje digital de los principales circuitos de iluminación pública, y puntos de referencia dentro de la ciudad.

2.1. Instrumentos de medición utilizados

2.1.1. Analizadores de redes

Los analizadores de redes son equipos que muestran valores tales como tendencias en tensión, intensidad, potencias activa, reactiva y aparente y factor de potencia para las tres fases y el neutro. Estos registradores son un sistema analizador trifásico de tensiones y corrientes, capaz de medir el contenido armónico y demás parámetros RMS de cada una de las fases, empleando un complejo algoritmo matemático. Estos equipos permiten conocer porcentualmente el contenido de armónicos y la distorsión armónica total en cada fase de tensión y corriente (Figura 2.1).

Figura 2.1 Analizador de Redes Power Q Plus

Las mayorías de las medidas pueden ser leídas en el campo en el display del instrumento, mientras que los datos registrados se podrán volcar en un PC vía puerto serial RS232, mediante la tarjeta de memoria PCMCIA a través de un conector por puerto USB. El interfaz para tarjeta de memoria aporta también los medios para programar y actualizar el sistema operativo de estos equipos. Estos aparatos se alimentan de la línea en todo su rango de medida y la batería recargable mantiene la información registrada en el caso de fallo de tensión. Los datos recogidos en las mediciones servirían para determinar a través de los métodos más adecuados parámetros esenciales para la selección del nuevo alumbrado LED.

2.1.2. Niveles de iluminación actuales en las Avenidas y calles de Moa.

Con los datos obtenidos a partir de las características físicas de las avenidas y calles, las mediciones con el luxómetro UT-382 ver figura 2.2 y la utilización de los software LITESTAR 5.S3 y Ulysse 2, (ver figuras 2.3 y 2.4), se realiza un estudio de diversos tramos de diferentes vías para tener una referencia de los niveles de iluminación existentes. Debido a la mala uniformidad de la iluminación surge la necesidad de escoger algunos de los mejores tramos de calzadas, teniendo en cuenta siempre, que dichos tramos estuvieran delimitados por lámparas funcionando correctamente y una clara disposición de las luminarias, ya que se hace imposible realizar un estudio de este tipo teniendo en cuenta la longitud completa de la calzada.

Figura 2.2 Luxómetro UT-382.

Representación de los niveles de iluminación.

Avenida 1ro de Mayo – (Tramo 1)

Interdistancia promedio: 35 m

Altura del punto de luz: 9 m

Tipo de lámpara: VSAP 250 W

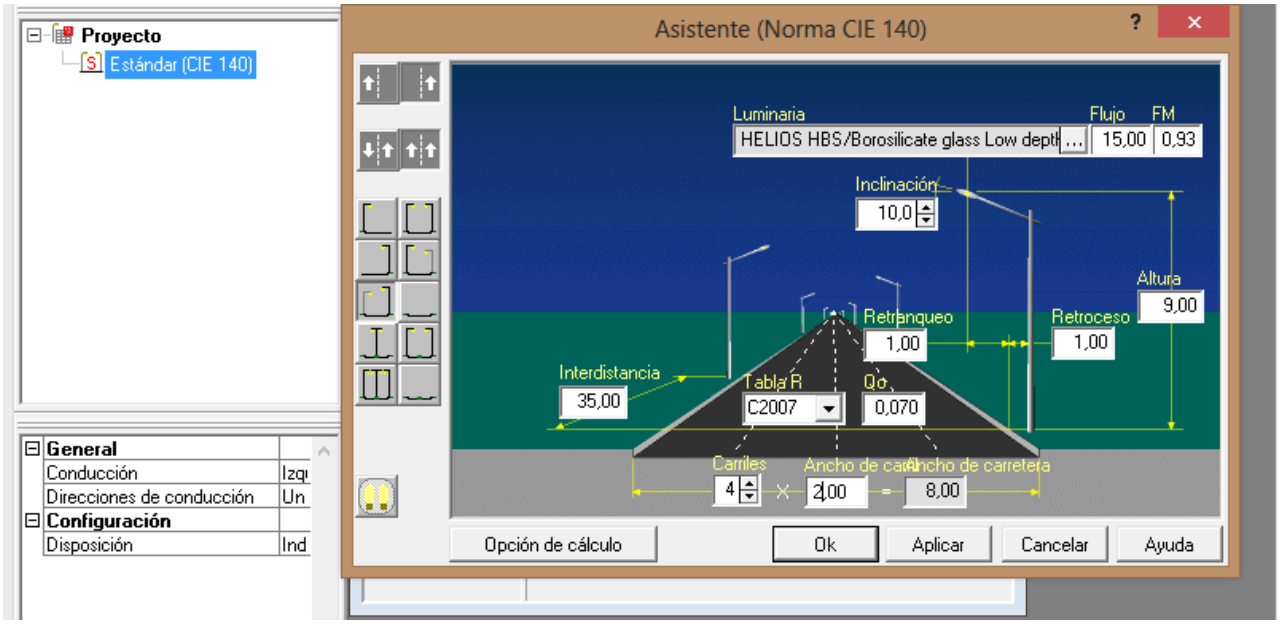


Figura 2.3 Software profesional de iluminación ULYSSE

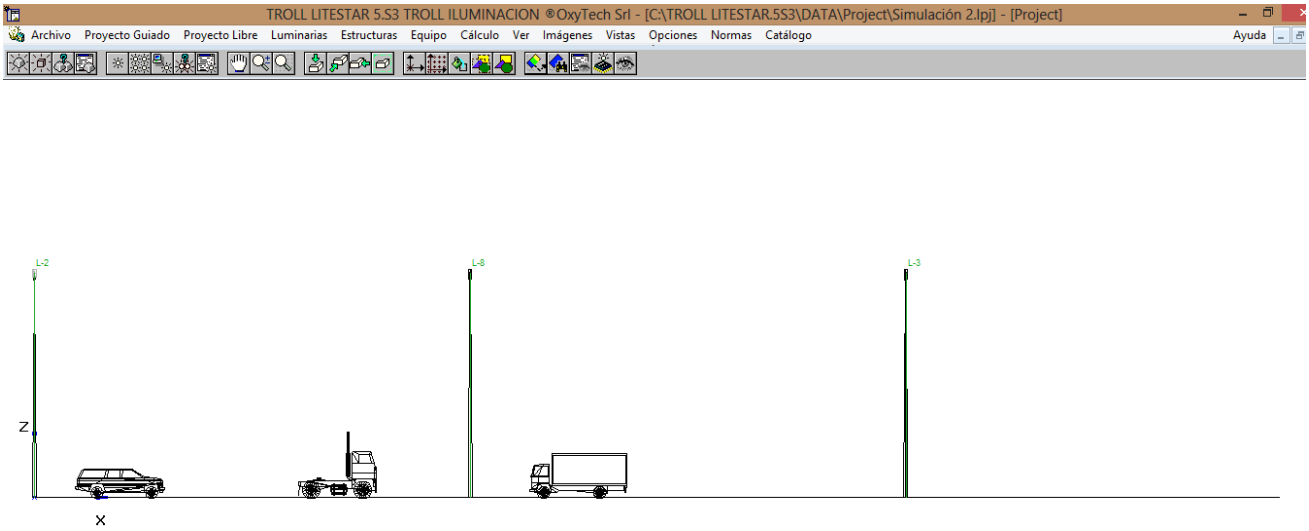


Figura 2.4. Software profesional de iluminación LITESTAR 5.S3

2.1.3. MapInfo Professional como Software Planificador Utilizado.

MapInfo Profesional posee cierta ventaja sobre otros softwares usados en la planificación física y geográfica. Organizando toda su información en forma de cuadros que se almacenan con una Pestaña extensión. Por ejemplo, si se abre una hoja de cálculo de Excel en MapInfo, el software automáticamente crea una Pestaña archivo que describe la estructura de los datos de Excel sin modificar la tabla. Los cuadros que incluyen tienen un ámbito espacial, pero el gráfico de características se almacena en un archivo con extensión. MapInfo puede abrir las tablas de Microsoft Access y Excel, dBase, ASCII delimitado, Lotus1-2-3, ESRI shapefiles, y Raster y Grid imágenes (Encalada Espinoza, 2012; Ereli, 2004; Godoy & MATUS, 2007; Lai, 2004). Estas tablas permanecerán abiertas hasta que cierre el cuadro de utilización. MapInfo almacena la configuración de las ventanas abiertas y planos de trabajo en un archivo contando además con seis grandes tipos de ventanas que se pueden abrir:

I. Mapa ventanas, se utilizan para mostrar los objetos geográficos de una tabla.
II. Leyenda de las ventanas, se pueden crear con una leyenda para representar a un marco cartográfico de las capas en una ventana de mapa.
III. Las ventanas del navegador, muestran datos tabulares asociados con una capa en la ventana de mapa o tablas de las bases de datos convencionales.
IV. Gráfico ventanas de presentar la información en forma de gráficos para hacer comparaciones de datos numéricos.
V. Diseño de las ventanas de diseño de páginas, son una característica que le permite combinar su ruta, navegador, Leyenda de Gráfico y ventanas en una página de presentación de calidad de salida.
VI. Redistribución de ventanas para grupos de objetos del mapa en distritos con el fin de realizar cálculos globales sobre los datos que proporcionan los totales netos de valores.

Hay cinco barras de herramientas que se incluyen con el software:

- El estándar de la barra de herramientas contiene herramientas para comúnmente realizar funciones de menú del Archivo, Editar y menú Ventana.
- La barra principal de herramientas contiene herramientas para seleccionar objetos, cambiar el mapa de puntos de vista en la ventana, obtener información sobre un objeto, y para medir distancias.
- La barra de herramientas contiene herramientas de dibujo y los comandos que se utilizan para crear y editar objetos del mapa.
- Barra de herramientas para trabajar con MapBasic y botones que se muestran cuando se cargan las herramientas.
- El DBMS barra de herramientas contiene lo necesario para acceder a las tablas que residen en bases de datos remotas.

2.2. Método de los lúmenes o del factor de utilización

La finalidad de este método como se explica en el capítulo 1 es calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico, se consiguen unos valores que aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para empezar a aplicar otros métodos y de esta forma se muestra en la figura 2.5. El proceso por el que se rigió el trabajo se explica de manera explícita en el ANEXO II – ANEXO IV.

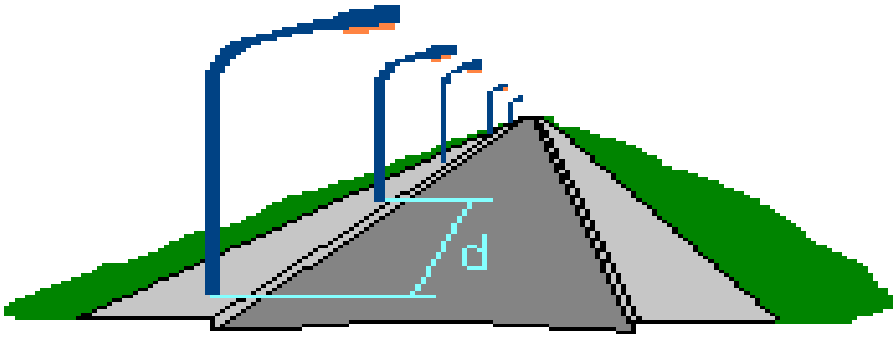


Figura 2.5. Distancia en la vía

Este método permitió establecer el número de luminarias necesarias a instalar precisando una iluminación uniforme. De manera que no sólo se pudo calcular su número sino también evaluar si ofrecen el nivel de iluminancia adecuado o no.

Los parámetros que definen la calidad de una iluminación dependen de la finalidad de la misma pero en todo caso han de responder a ciertas exigencias comunes como las siguientes:

- Nivel de iluminación: iluminancias que se necesitan (niveles de flujo luminoso (lux) que inciden en una superficie)
- Distribución de luminancias en el campo visual.
- Limitación del deslumbramiento.
- Modelado: limitación del contraste de luces y sombras creado por el sistema de iluminación.
- Color: color de la luz y la reproducción cromática
- Estética: selección del tipo de iluminación, de las lámparas y de las luminarias.

El Método de los Lúmenes, también denominado, Sistema General o Método del Factor de utilización, es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un error de ± 5 % y permite crear una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación.

2.3. Caracterización del SAP del municipio

La Organización Básica Eléctrica (OBE) del municipio Moa atiende los circuitos de carácter residencial y pequeño estatal. La entidad ha logrado mediante el desarrollo de proyectos la creación de enlaces entre la mayor parte de estos circuitos, posibilitando en las condiciones actuales la creación de una red en anillo, tal como se ajusta a las necesidades de la generación distribuida que se potencia hoy en día en el país. Imponiéndose el aumento de las capacidades de los transformadores de las subestaciones de distribución para el cubrimiento de la demanda ante las distintas configuraciones que pueden tomar los circuitos.

El sistema de iluminación existente en estos circuitos juega un papel fundamental en los mismos ya que los fabricantes de dispositivos o equipos de iluminación actual, han desarrollado durante las últimas décadas productos de muy alto rendimiento. Teniendo en cuenta que una lámpara de última generación potencia los 110 lúmenes/watio, o sea que si se compara con una todavía hoy utilizada de vapor de mercurio a alta presión tiene una

eficiencia de 50 lúmenes/watio, es notable que se ha incrementado dos veces el rendimiento de estas.

De igual modo, una luminaria hoy en día dispone de reflectores con rendimientos del 80-85%, sistemas de regulación de lámpara que controlan la contaminación lumínica, etc. todo esto hace que sean elementos ya de por sí eficientes. El conjunto diseñado por luminaria y lámpara son altamente eficientes, mucho mejor que los que se disponían años atrás. Así, su evolución podría asemejarse a la industria del automóvil, con menor consumo, más prestaciones y más velocidad, en resumen enormes diferencias. A continuación se muestra el circuito de iluminación del área tomada como objeto de estudio digitalizado en el software con los parámetros fundamentales a tener en cuenta según la propuesta del trabajo.

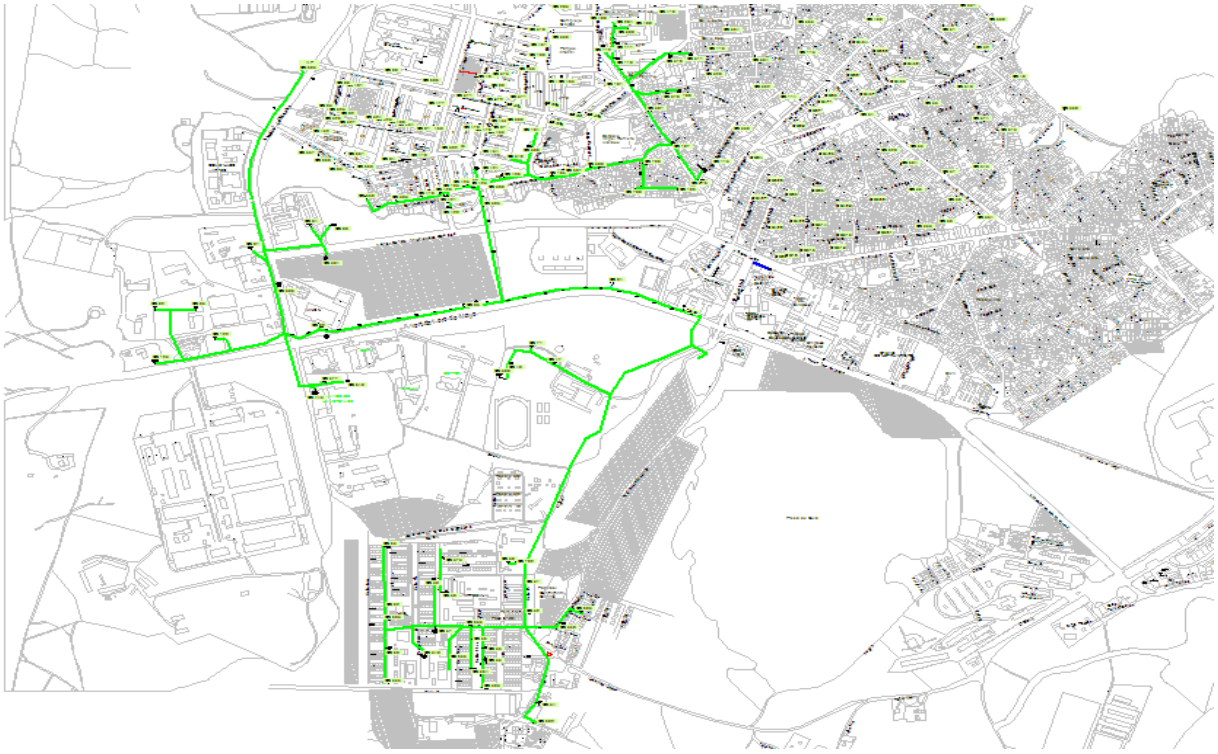


Figura 2.6. Circuito de Alumbrado Público.

2.3.1. Identificación y caracterización del SAP

Al partir de un sistema de alumbrado público amplio y de diversas características, para identificar cada luminaria, surge la necesidad de enumerar cada una de las mismas,

considerándose una mejor vía de orientación y planificación por parte del despacho a la hora de ejercer cualquier tipo de maniobra en el sistema.

El registro de información en fichas de recolección de datos se realizó tanto para las luminarias numeradas como para las luminarias evaluadas a partir de sus parámetros fotométricos; de las luminarias enumeradas se recolectaron datos específicos, tales como:

- Número de luminaria.
- Tipo de luminaria.
- Tipo de instalación.
- Número de poste en el cual está instalada la luminaria (destacando que en Cuba todas las empresas distribuidoras mantienen enumerados los postes para su identificación).
- Ubicación de la luminaria.
- Datos característicos de cada accesorio que conforma una luminaria, tales como, tipo, potencia, marca, permitiendo con ello identificar cada accesorio de forma clara que se encuentra instalado en cada luminaria. Lo mencionado anteriormente se muestra en la figura 2.7.

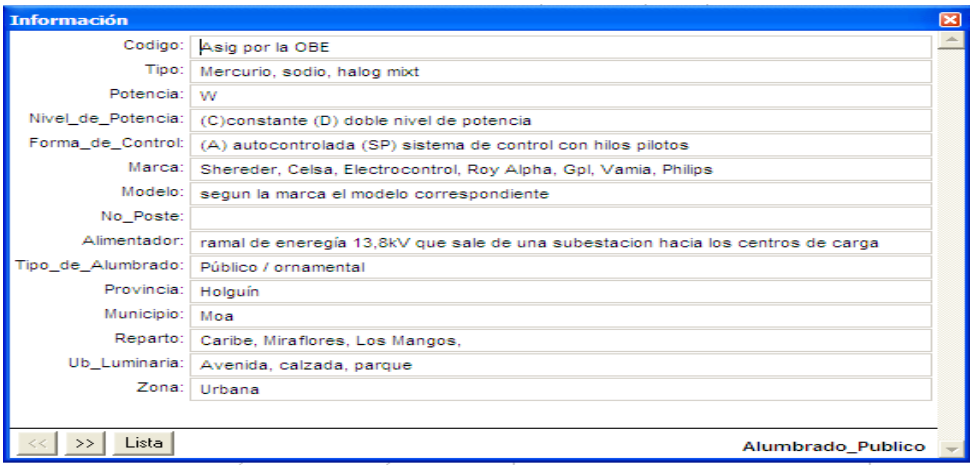


Figura 2.7. Datos recogidos en el levantamiento físico

2.3.2. Diagnóstico del sistema de iluminación instalado en el municipio Moa.

Después de años de explotación y sin recursos destinados a la continuación y mantenimiento del sistema de alumbrado público del municipio Moa, en el año 2008 se realiza un proceso de recuperación de la iluminación pública en las principales avenidas del territorio pero

careciendo de un plan de mantenimiento, presentando en la actualidad un alto deterioro. Además se debe señalar que el vertiginoso desarrollo de la ciudad a finales de la década de los 80 y principios de los 90 provocó que muchos de los repartos creados en esta época surgieran sin alumbrado público y junto con ellos, sus avenidas y calles. Analizando y comparando los datos de la tabla 1.2 con la tabla 1.3, y teniendo en cuenta que el tipo de lámpara más usada es Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP), se puede determinar una de las causas del principal problema presentado por el sistema, los bajos niveles de iluminación **(Ems).** Muchas vías de la ciudad se alimentan de los transformadores de distribución urbana situados en ellas, pero solo se hará referencia a los transformadores de alumbrado público que se encuentran en las avenidas y calles tomadas como objeto de estudio en el municipio.

2.3.3. Niveles de iluminación actuales en las diferentes vías del municipio Moa.

Se escogieron algunas calzadas para ejemplificar la representación de los niveles de iluminación actuales, relacionando en un levantamiento físico cada una de las características de las luminarias instaladas como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2.1 Niveles de iluminación actuales en las diferentes vías del municipio Moa.

Nombre		Emín.(lux)	Ems.(lux)	Emáx.(lux)
Avenida 1^{ero} de Mayo	-Tramo 1	0	6	30
	-Tramo 2	0	0	0
Avenida 7 de Diciemb	-Tramo 1	0	6	2
	-Tramo2	0	11	44
Avenida C. García	-Tramo 1	0	9	29
	-Tramo 2	0	9	107
Avenida Lenin	-Tramo 1	1	8	21
	-Tramo 2	0	8	28
Calle Antonio Boisán		0	7	94
Calle 9na de Rolo Monterrey		0	12	42
Calle 1ra de Rolo Monterrey		0	9	42
Calle José Martí	- Tramo 1	0	9	45
	- Tramo 2	0	8	28
Calle Pedro Soto Alba		0	9	42
Calle Camilo Cienfuegos		0	9	42
Calle 1ra de los Mangos		0	6	42
Calle 5ta de los Mangos		0	4	42
Calle Mariana Grajales		0	9	42
Calle Ángel Romero Videaux		0	10	42
Ave. Simón Bolívar (Accesos H)		0	5	94
Ave. Carlos J. Finlay (Accesos H)		0	8	51

Al realizar la comparación de los niveles medios de iluminación (Ems) existentes en todas avenidas y calles de Moa, con los niveles de la tabla 2.2, se refleja con claridad la diferencia que existe. Hay que tener en cuenta que si el estudio se hubiese podido realizar para las calzadas completas, los niveles de iluminación (Emin, Ems) fueran prácticamente cero, debido a esto surge la necesidad de una mejora en el alumbrado viario para lograr un aumento del nivel medio de iluminación hasta 15 lux que es lo establecido por las normas para este

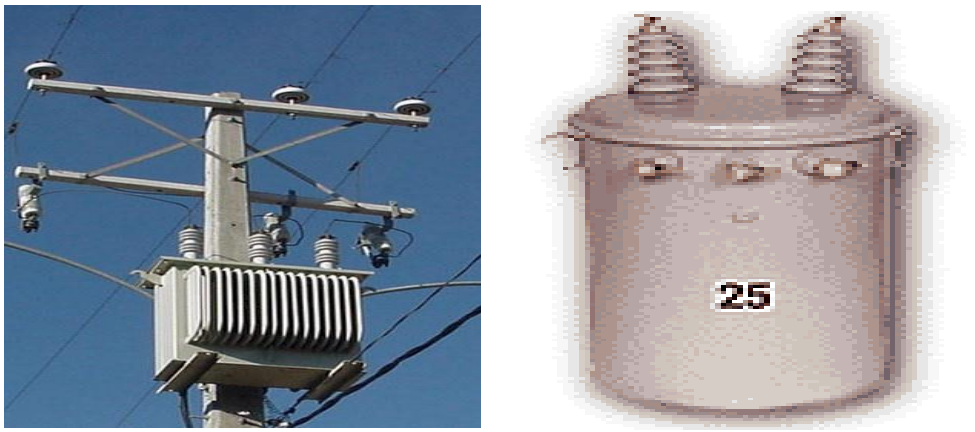
tipo de vías. Cabe resaltar que puede haber interés social sobre algunas áreas y los niveles que se admitan sean superiores. Ejemplo La Rampa, Malecón, Prado.

Tabla 2.2 Niveles de iluminación (utilizados en Cuba).

Tipos de vías	Ems
Vías principales o Avenidas	15 lux
Vías Colectivas	8 lux
Vías Residencial-Comercial	6 lux
Vías Residenciales	3 lux
Vías Expresas	10 lux

2.3.4. Selección de transformador de alumbrado.

En los sistemas de suministro eléctrico la potencia de los transformadores debe garantizar en condiciones normales la alimentación de todos los consumidores o receptores (ver Figura 2.8). En la selección de la potencia se debe tratar de obtener tanto el régimen de trabajo económicamente útil, como la alimentación de reserva de los consumidores.



a) b)

Figura 2.8 Transformadores de distribución.

La potencia del transformador debe garantizar la demanda indispensable de potencia durante el período posterior a la desconexión de un transformador averiado, en dependencia de los requerimientos presentados por los consumidores de acuerdo a su categoría. La tabla 2.3 representa la relación de los transformadores instalados en el municipio de Moa para el servicio de alumbrado público. Sin embargo cabe resaltar que muchos de estos

transformadores comparten la demanda del alumbrado público y de los circuitos residenciales.

Tabla 2.3 Características de los transformadores de alumbrado público.

Cod.B	**C. P**	**S (kVA)**	**V. P (kV)**	**V. S (kV)**	**Dirección**
OB -3	1	50	7.620	240/ 480	Ave. 1^{ero} de Mayo
OB -74	1	37.5	7.620	120/ 240	Ave. 1^{ero} de Mayo
OB -28	1	15	7.620	120/ 240	Camilo Cienfuegos.
OB -110	2	15	7.620	120/ 240	Mariana Grajales.
OB -115	2	50	7.620	240/ 480	Ángel Romero V.
OB -176	6	15	7.620	120/ 240	9na de Rolo M.
OB -194	6	10	7.620	120/ 240	1ra de Rolo M.

Cod. B…… Código del banco.

C. P…… Circuito primario al que pertenece el transformador.

V. P…… Voltaje primario del transformador.

V. S…… Voltaje secundario del transformador.

2.3.4.1. Pérdidas de energía del transformador.

En condiciones de operación se debe prever el régimen de trabajo económico de los transformadores. El número de transformadores conectados en cada momento debe ser el que proporcione el mínimo de pérdidas, para un gráfico de carga determinado. Para ello no deben ser consideradas solamente las pérdidas de potencia activa en los propios transformadores, sino también las pérdidas de potencia activa que aparecen en el sistema (desde los generadores hasta la subestaciones) debido a los requerimientos de potencia reactiva de los transformadores. A diferencia de las pérdidas del propio transformador, a estas se les denomina referidas y se determinan por las expresiones 2.1 hasta 2.4.

$$\Delta P'_T = \Delta P'_{SC} + k_C^2 * \Delta P'_{CC} \quad (2.1)$$

Donde:

$$\Delta P'_{SC} = \Delta P_{SC} + k_{ip} * \Delta Q_{SC} \Delta P'_{CC} = \Delta P_{CC} + k_{ip} * \Delta Q_{CC} \quad (2.2)$$

$$\Delta Q_{SC} = S_N * (I_{SC}\%100) \Delta Q_{CC} = S_N * (V_{CC}\%100) \quad (2.3)$$

$$k_C = \frac{S_C}{S_N} \quad (2.4)$$

2.3.4.1.2. Caída de tensión en alumbrado viario.

En las instalaciones de alumbrado exterior, suele ser determinante el criterio de la caída de tensión. La limitación del 4% como máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y el punto más alejado, se debe a que las caídas de tensión debe permitir siempre el encendido y funcionamiento correcto de las lámparas de descargas, respetando la ejecución de los cálculos de caída de tensión siempre que compruebe la alimentación de los puntos de luz y las intensidades en los tramos con mayor carga.

En los circuitos trifásicos se debe repartir los puntos de luz entre las tres posibles fases de la forma más equilibrada posible, conectando por ejemplo alternamente en cada fase.

Dada por:

$$\Delta U = \frac{P*r+Q*x}{U_n} I \quad (2.5)$$

2.4. Tipos de mantenimiento

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

- Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos.

I. Sustitución
II. Reacondicionamiento cíclico.

- Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo a la fallas
- Mantenimiento detectivo o “búsqueda de fallas”.

2.4.1. 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.

2.4.1.1. Mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico)

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución pre-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.

2.4.1.2. 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.

2.4.1.3.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 lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo en el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (Failure – Finding Interval).Selección del tipo de mantenimiento adecuado. 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.

Selección del tipo de mantenimiento adecuado

- 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.

2.5. Conclusiones del capítulo

1. Se describieron los métodos y materiales que se utilizaran en el trabajo así como la selección del tipo de mantenimiento adecuado.
2. Se caracterizaron e identificaron los mapas por capas del sistema de AP del municipio de Moa en correspondencia con su clasificación.
3. Se realizó un diagnóstico del sistema de iluminación y de la selección de los transformadores del sistema de alumbrado público en la zona urbana, ofreciendo información capaz de influir en la toma de decisiones para prever cualquier tipo de mantenimiento que se desee implementar en el despacho de carga de la OBE municipal.

CAPITULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

Introducción

En este capítulo se pretende crear la metodología que se propone en el trabajo, para esto se tiene en cuenta fundamentalmente los tipos de mantenimiento que se dan en el sistema de alumbrado viario del municipio, tomando la variante más económica y factible. Se realizarán además los mapas del circuito tomado como objeto de estudio. Y realizar las propuestas que se desprendan a raíz de todos los cálculos en cuanto a valoración económica se refiere, donde intervienen los gastos de transporte, la compra de accesorios como cables, torres y los elementos de fijación a estas, el costo de montaje y por último el de mantenimiento. Se reflejará de manera digital como deben quedar las superficies de las calzadas iluminadas después de haber cumplido con las recomendaciones sugeridas por el trabajo.

3.1. SIG para red de distribución municipal.

El ordenamiento territorial mediante el uso de un SIG, va encaminado a crear y mantener la ciudad de forma sostenible creando planes y estrategias encaminadas a:

a) Mejorar el nivel y calidad de vida de la población.
b) Brindar un aprovechamiento óptimo del uso del suelo atendiendo al carácter finito limitado del recurso.
c) Organizar adecuadamente las actividades productivas y no productivas.
d) Lograr sucesivamente un desarrollo socioeconómico equilibrado.
e) Gestionar y controlar de manera responsable los recursos naturales, la protección y rehabilitación del medioambiente.
f) Prevenir en el planeamiento físico los peligros, la vulnerabilidad y los riesgos naturales y tecnológicos a que está sometido el territorio, la economía y la población en general.
g) Preservar el uso público de los espacios regulados en tal sentido.
h) Velar por la protección y rehabilitación del patrimonio cultural.

En Cuba se compatibilizan las inversiones con los intereses de la defensa, donde se trata de lograr que no sean vulnerables en caso de agresión, las potencialidades de este trabajo tienen repercusión directa en este aspecto.

3.2. Digitalización del circuito de iluminación.

Sobre el mapa digital del territorio se construye todo el sistema de alumbrado público, mediante diferentes capas que se crean en el software, documentándose para este caso toda la información descrita en el capítulo 2 y se obtiene a partir de un levantamiento físico recorriendo el circuito. Esta data se obtiene completando la plantilla elaborada en excel para este trabajo. En la misma se solicitan los datos que son incorporados en forma de tablas por cada campo y brindan la información para la creación de las capas necesarias del circuito a digitalizar, en este caso. Una vez introducidas al software los especialistas tanto del despacho de carga, como de otros departamentos interesados o los compañeros de la defensa, tienen la posibilidad de visualizar además de la ubicación geográfica del elemento, los datos introducidos previamente. Con el objetivo de orientar esta implementación técnica hacia soluciones más útiles de cara al mantenimiento, en conjunto con el personal de la organización empresarial encargada del mantenimiento del alumbrado público se determinó que el sistema de información geográfico podía contemplar varias características dentro de las cuales incluiría el tratamiento visual de la información. Esto se realizaría organizando la información en mapas formados por capas; característica propia de los SIG permitiendo disponer de manera sencilla y poder visualizarla más rápidamente, de forma que se identifique y se muestre la información fácilmente de una zona determinada. Por supuesto sin incluir el poder mostrar y extraer la información mediante listados u otras formas convenientes a la hora de elaborar informes. Las figuras 3.1 y 3.2 representan una selección de los circuitos estudiados. El iniciar el proceso de fichaje o levantamiento físico en el terreno fue de gran importancia, no solo para la identificación propia de la luminaria, sino también, permitió identificar las luminarias en mal estado que a su vez dejan de prestar servicio pero que de una forma u otra a pesar de sus defectos consumen energía y aportan reactivo a la red. No obstante se delimita el área de estudio de forma geográfica permitiendo apreciar de forma gráfica la ubicación de las luminarias y analizar únicamente las delimitadas dentro de dicha zona. Habiendo realizado el levantamiento de información de cada luminaria y sus accesorios

permitió a la fecha saber el estado de las mismas y a futuro permitirá realizar un control de su vida útil mediante el sistema de alumbrado público de acuerdo a los mantenimientos y cambios efectuados. A continuación se muestra la representación del desarrollo de este proceso en los softwares descritos en el capítulo 1 y 2.

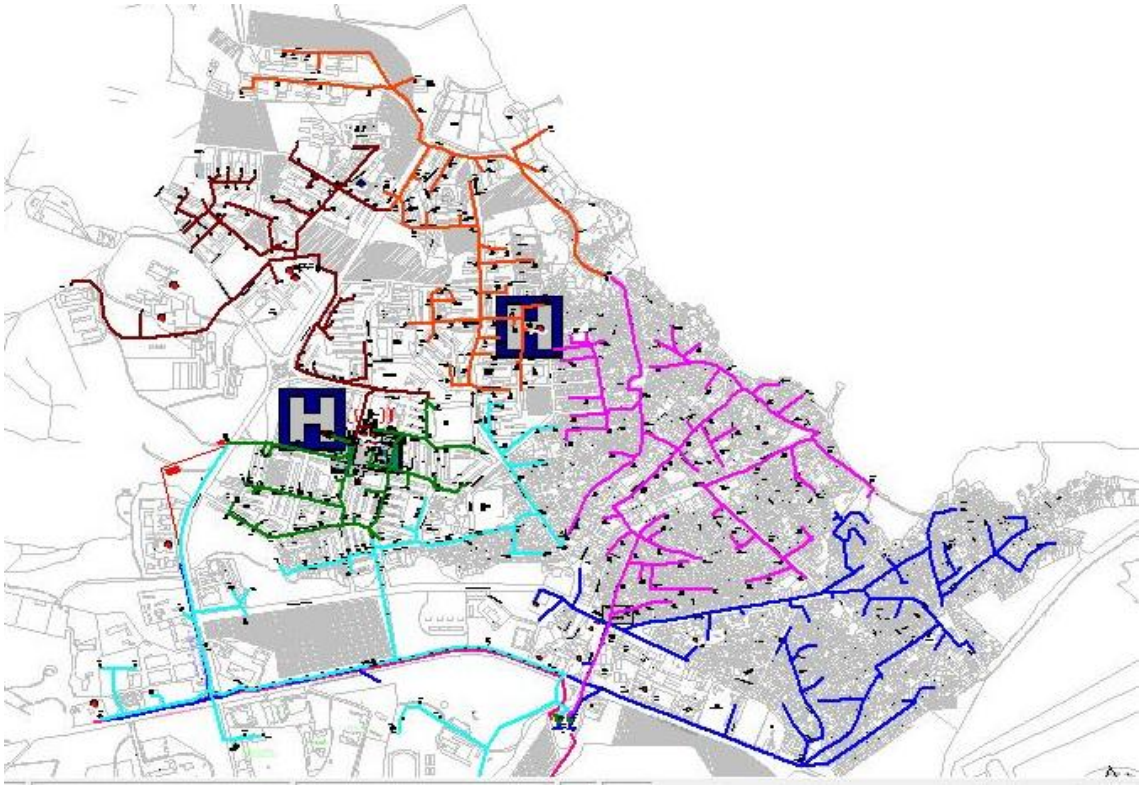


Figura 3.1 Circuitos de distribución del municipio de Moa.

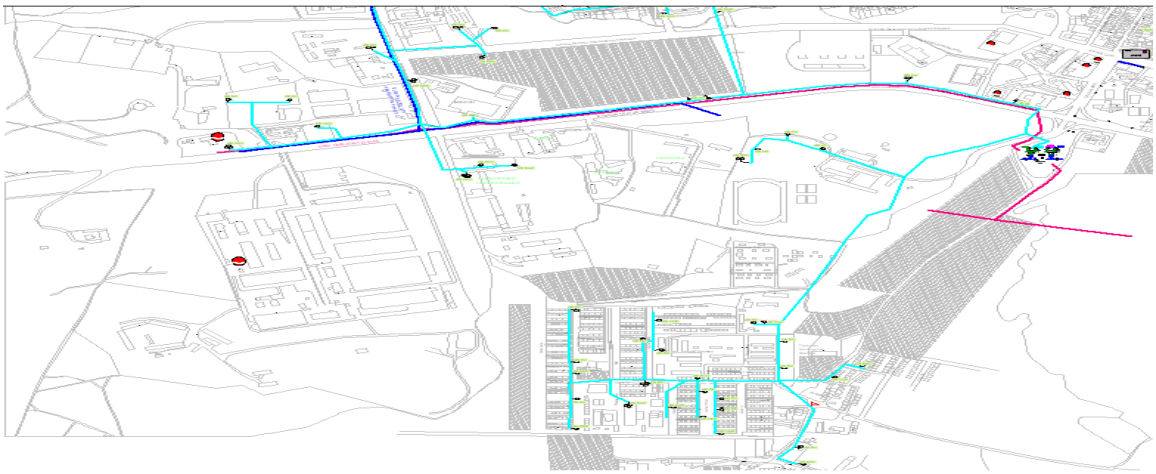


Figura 3.2 Circuito de iluminación del municipio de Moa.

3.3. Propuesta a llevar a cabo

Para cualquier tipo de implementación de posibles soluciones es necesario asegurar que sus beneficios se mantendrán en el tiempo para lo cual es importante desarrollar acciones que garanticen de alguna manera una estrecha relación con la normalización, capacitación, difusión y reconocimiento de esta. Hasta este punto solo se ha tratado de manera introductoria o informativa lo relacionado con la metodología que se pretende crear. Antes de mostrar la propuesta de este trabajo se aprovecha para generalizar de alguna manera cómo se asumió la responsabilidad de replicar estos contenidos a través de la formación y/o aplicación práctica. Esto va a ayudar para hacer una revisión de los contenidos hasta el momento compartidos y hacer un análisis personal de los cambios que se requieren hacer en base a estos contenidos, siendo importante de que más allá de que los conceptos queden aprendidos, estos sean interiorizados y que se obtenga la capacidad de aplicarlos, es decir de pasar a la acción.

Para la puesta en práctica de esta gestión de mantenimiento, se parte de la identificación del problema existente que se quiere resolver, en este caso es identificar mediante alternativas prácticas y eficientes a través de un SIG los tipos de mantenimientos a ejecutar en el SAP. Luego se clarifica y cuantifica el problema determinando así el modo más factible para resolverlo analizando las posibles causas. Se procede a establecer los niveles o metas exigidas. Esto se muestra en el diagrama expuesto en la siguiente figura.

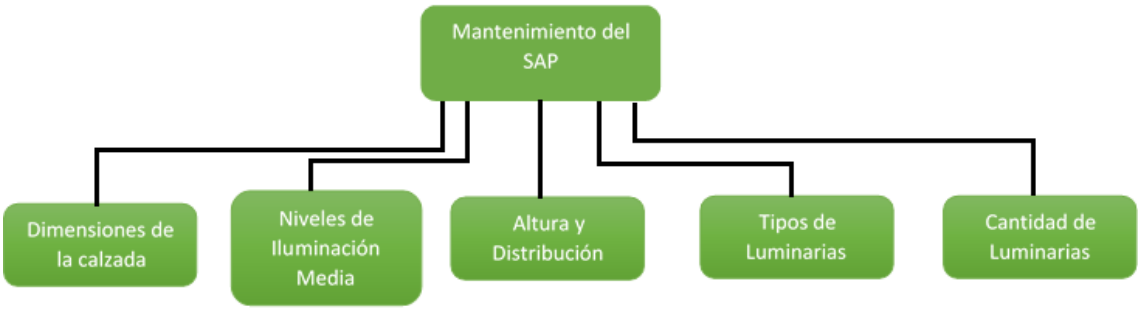


Figura 3.3 Primera etapa de la metodología

La figura anterior representa la primera parte de la metodología propuesta, en la cual se define que el problema a tratar en este caso es el mantenimiento de AP. De este depende que el sistema instalado ofrezca los resultados esperados por la empresa encargada de su instalación. (OBE). Para realizar un buen mantenimiento y definir qué tipo de este se debe aplicar se

obtiene de alguna manera la dimensión de la calle o calzada iluminada para así poder comprobar si los niveles de iluminación existentes están dentro de las normas establecidas. La altura y distribución de las luminarias instaladas tributan a un nivel de iluminación admisible para cualquier tipo de lámpara que a su vez en dependencia del fabricante y sus características constructivas se domina ya el tiempo de vida útil que presenta. Todo esto se obtiene aplicando los métodos mencionados en el capítulo 1 y en función de los cuales se obtienen los parámetros y variables necesarias para determinar la cantidad de luminarias en dependencia de la cantidad de lúmenes que estas presenten. Todo esto depende de un levantamiento físico o celaje realizado por técnicos o especialistas de la empresa eléctrica. Quienes se encargarán de archivar los datos recogidos para la realización de la segunda etapa de la metodología en cuestión.

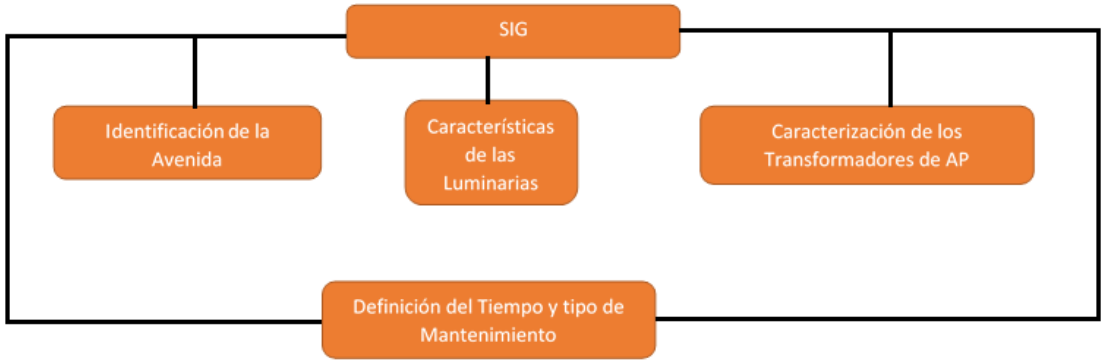


Figura 3.4 Segunda etapa de la metodología

Como se puede observar el resto de la metodología se encargará de definir, programar, implantar y verificar las posibles soluciones. Claro está que todo esto depende del buen desempeño del trabajo realizado en la primera etapa. La segunda etapa se realiza a partir del uso del software caracterizado en el capítulo 2. El cual permitirá por sus características técnicas organizar en una base de datos, los resultados obtenidos en el informe de la primera etapa. En este caso es más fácil para la empresa eléctrica este trabajo ya que es una herramienta que se utiliza en el despacho y por tanto los especialistas no están ajenos al uso de este software. Se procede a la creación de un mapa del municipio sobre el cual se ubicará el SAP que se estudiará o que se tendrá en cuenta para el mantenimiento. El software permitirá a través de capas la ubicación exacta de cada una de las luminarias y se obtendrán a partir de la base de datos formulada ya toda la información necesaria para la determinación

de las tareas de impacto a desarrollar. Una vez identificadas las avenidas en el mapa y las luminarias se caracterizan también los transformadores de alumbrado público determinando así su estado de trabajo, su tiempo de vida útil y si alimenta netamente el circuito de alumbrado o no. Teniendo toda esta información digitalizada se pueden realizar las operaciones de control, operaciones de campo y sistematización tanto en los circuitos residenciales de distribución como en los de alumbrado público. Ofreciendo al cliente una mayor satisfacción al hacer uso del servicio que se presta por parte de la empresa eléctrica, demostrando así las ventajas y desventajas que ofrece lo que se está proponiendo y la posible implementación de nuevas alternativas o tecnologías a utilizar, que en este caso es tecnología LED.

3.3.1. Ventajas del sistema de gestión de mantenimiento propuesto

- Mayor tiempo de respuesta ante una avería determinada.
- Ahorro de combustible en la trayectoria al lugar de trabajo.
- Claridad y efectividad de los informes al despacho provincial.
- Mejor rendimiento del servicio del SAP.
- Pronóstico del crecimiento de la demanda del sistema eléctrico.
- Diagnóstico de fallos y Fiabilidad del sistema eléctrico de potencia del municipio.
- Datos físicamente almacenados en forma completa.
- El mantenimiento recuperación y reposición del SAP a partir de sus datos características pueden ser realizados a costos más bajos.
- Posibilita una gran variedad de modelos cartográficos con una mínima inversión de tiempo y dinero.
- Datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma racional.
- Los modelos conceptuales pueden ser probados rápida y repetidamente, facilitando su evaluación.
- Los análisis de cambios temporales pueden ser efectuados eficientemente.
- La adquisición de datos, análisis espacial y procesos de toma de decisiones son integrados en un contexto común de flujo de información.

3.3.2. Desventajas

- Costos y problemas técnicos para convertir datos analógicos en formato digital.
- Necesita de especialistas para mantener datos en forma digital en computadoras.
- Falso sentimiento de una mayor confiabilidad y precisión.
- Alto costo de adquisición de equipos y programas necesarios.

3.3.3. Implementación de nuevas alternativas

La alternativa escogida para el presente estudio fue la de hacer una comparación directa de parámetros entre las principales tecnologías de iluminación utilizadas actualmente en la ciudad de Moa teniendo en cuenta todas las alternativas posibles de solución mencionadas anteriormente y usando para ello mediciones directas, análisis de curvas ISOLUX, datos estadísticos proporcionados por la Empresa Eléctrica del municipio, toma de imágenes, construcción de cuadros comparativos, uso de datos de placas de las lámparas, comparación histórica, mediciones indirectas y uso de ecuaciones. Las principales razones de hacer la comparación entre las lámparas de vapor de sodio y las de tecnología LED usando todas las alternativas de solución, son las siguientes:

- Aún no se han llevado a cabo estudios de ningún tipo en la ciudad que permitan determinar si se cumple o no con los principales parámetros en alumbrado público contenidos en las normas vigentes.
- La necesidad de establecer cuál de las dos tecnologías es más eficiente en el cumplimiento de los parámetros principales de iluminación puesto que es una política de Estado el uso racional y eficiente de la energía y la implementación de las tecnologías o sistemas que lleven a la consecución de esta meta.
- En la industria de la iluminación los datos que se tienen son dados por los fabricantes y se debe tener presunción de buena fe de que los datos que ofrecen son reales y hasta el momento no se han constatado si son realmente confiables.
- Mediante el uso de todos los procedimientos mencionados se pueden obtener resultados reales y muy precisos que pueden ser utilizados en cualquier momento bien sea por las entidades prestadoras del servicio de alumbrado público (OBE), como por universidades y otras instituciones educativas de la región y el país, y por empresas interesadas en entrar en el mercado de la iluminación en la ciudad.

3.3.4. Tipos de lámparas y la luminaria a utilizar

Para la determinación de los tipos de lámparas y la luminaria a utilizar se tuvieron en cuenta varios aspectos que tienen estrecha relación con el lugar donde se pretende ejecutar el estudio, ya que en estos casos se deben tener presentes las valoraciones de los trabajadores responsables de la iluminación, sus criterios acerca de los equipos que se encuentran prestando servicio actualmente y de ellas extraer las mejores variantes. De este modo se obtiene de manera práctica las mejores propuestas. Siendo terminado el trabajo, este debe sugerir todas las variantes posibles y de ellas demostrar cuál es la más factible. Para esto se analizaron las características de las lámparas a sugerir y se definió cual se utilizaría en el montaje teniendo en cuenta que en el país se están realizando proyectos de este mismo tipo como el de la calle Zanja y Malecón habanero, Varadero, Santiago de Cuba y la avenida libertadores de la provincia de Holguín.

Dentro de las características a tener en cuenta se tienen:

- Vida útil del equipo (forma práctica).
- Tipo de luz emitida por el equipo (no perjudicable en cuanto a deslumbramiento, para el tráfico de vehículos y peatones).
- Costo del equipo.
- Altura de montaje
- Área a iluminar

Valorando todos estos aspectos se propone un nuevo sistema de iluminación LED:
Características
Potencia Nominal: 100W ±50% T de Color: 5000 k
Tensión Nominal: 150 v -230 V Vida Útil: 50000 h
Tensión de Trabajo: 90v- 265 V
Flujo Luminoso: 9000 lm

Figura 3.4 Luminaria LED propuesta

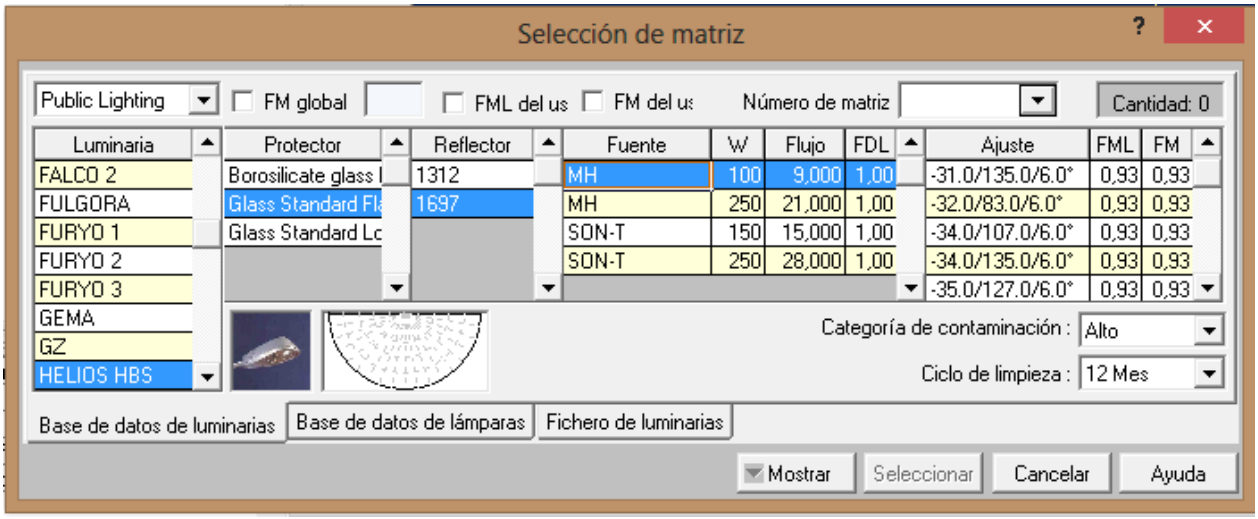


Figura 3.5 Caracateristica de la luminaria seleccionada.

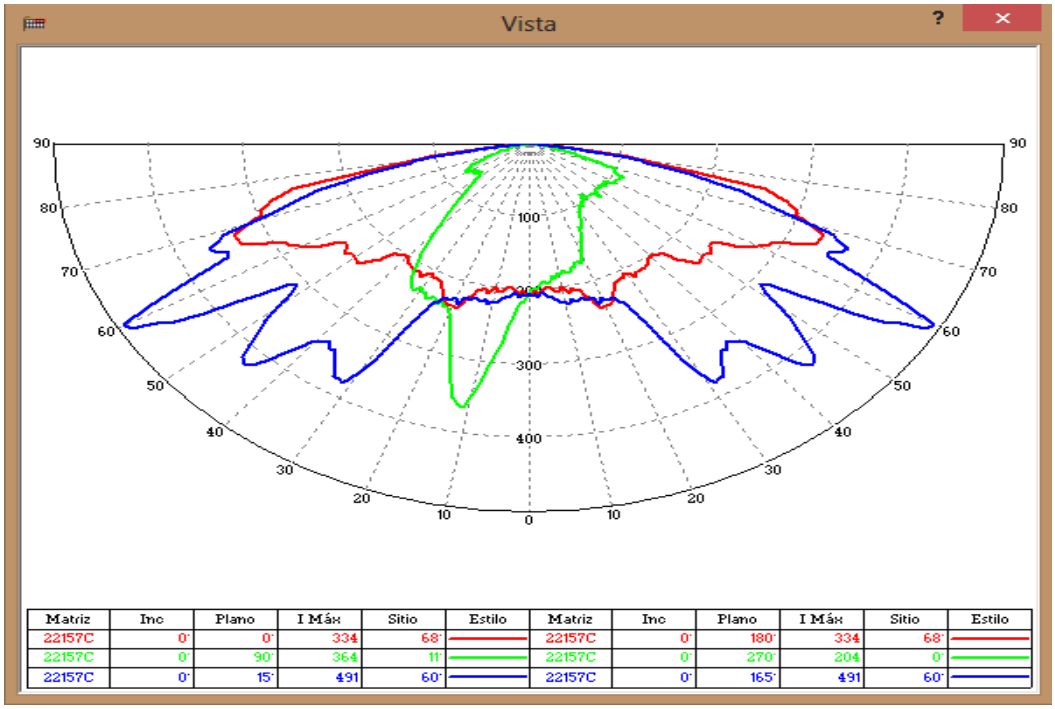


Figura 3.6 Curva de distribución.

Representación de los niveles de iluminación del sistema de alumbrado viario Actual.

Avenida Lenin– (Tramo 1)

Interdistancia promedio: 30 m

Altura del punto de luz: 9 m

Tipo de lámpara: Convencional

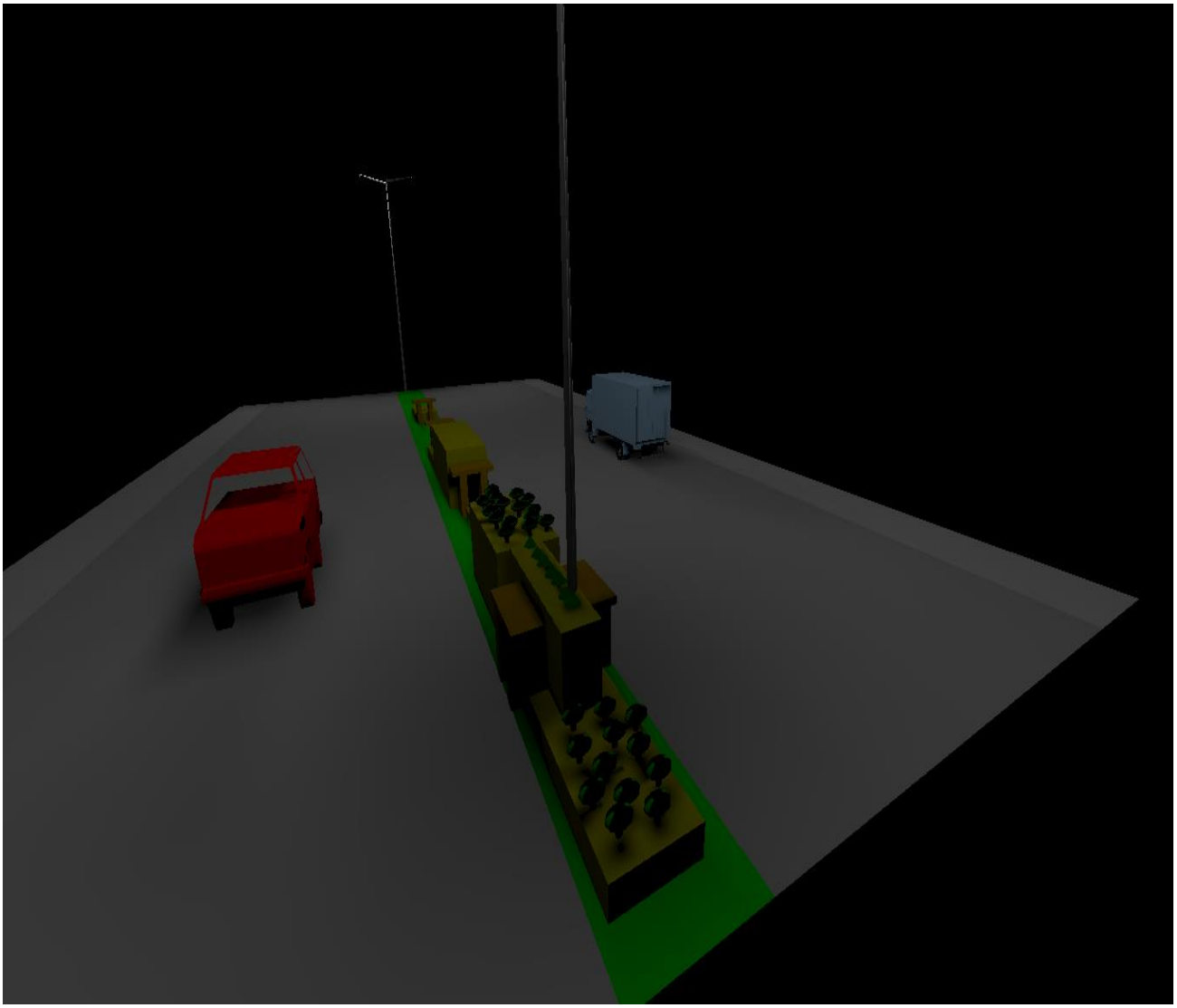


Figura 3.7 Representación física de la vía actual.

En la figura anterior se puede observar que en este tramo de la calzada con el sistema de iluminación instalado los niveles de iluminancia no alcanzan los valores estandarizados por las normas internacionales ni la cubana. Estos deberían variar entre 15 y 34 lux.

Representación de los niveles de iluminación del sistema de alumbrado viario con la iluminación propuesta.

Avenida Lenin– (Tramo 1)

Interdistancia promedio: 30 m

Altura del punto de luz: 9 m

Tipo de lámpara: HELIOS HBS

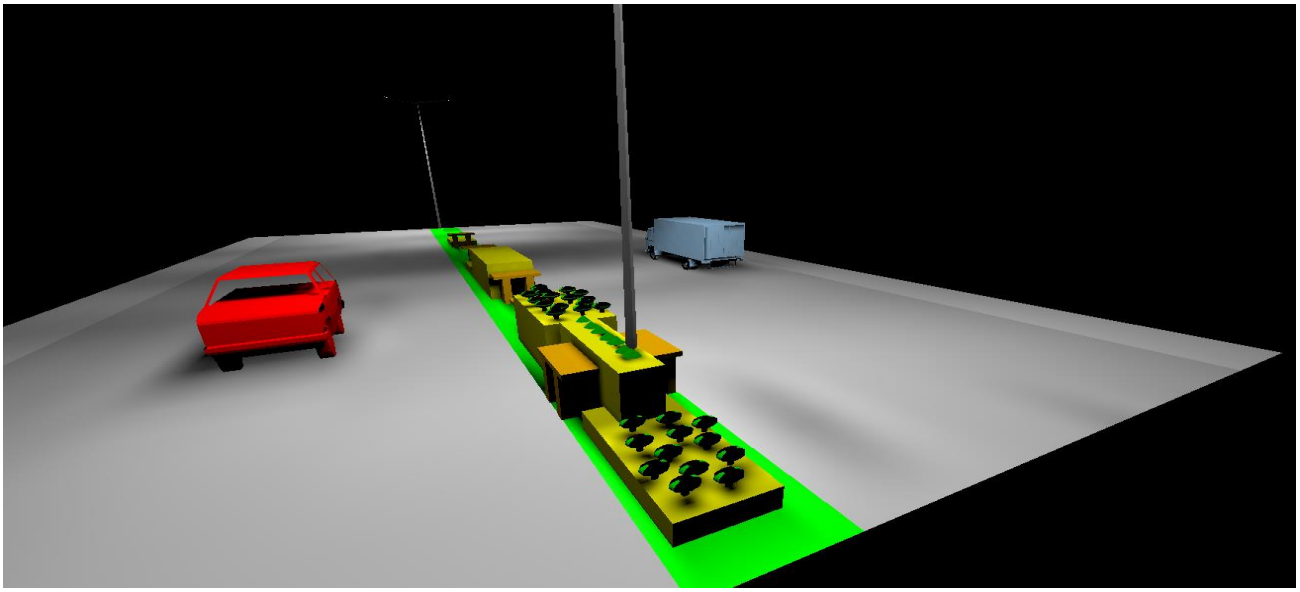


Figura 3.8. Representación física de la vía con iluminación led.

En la figura anterior se puede observar que en este tramo de la calzada con el sistema de iluminación propuesto los niveles de iluminancia son más altos que los instalados actualmente. En este caso los niveles de iluminación si alcanzan los valores estandarizados propuestos por las normas utilizadas para este tipo de trabajo.

3.3.5. Propuesta de una variante simplificada para mejorar el sistema de encendido.

El principal problema en el sistema de encendido del alumbrado viario del municipio Moa, es la gran cantidad de puntos de encendido (interruptores) que presenta. Producto a esta situación los encargados de energizar el sistema se demoran aproximadamente 1:30 min en realizar el encendido del sistema completo, el cual se encuentra energizado aproximadamente 12:30min diario. Para evitar esta demora innecesaria se propone una mejora sencilla en dicho sistema, empleando fotoceldas en los puntos de encendido ya determinados como se muestra en la figura 3.11.

Figura 3.9. Interruptor fotoeléctrico

Este interruptor fotoeléctrico se compone de una célula fotoeléctrica CDS estanca protegida contra la lluvia. Adicionalmente el kit incluye una abrazadera que permite su fijación tanto en una pared como en un tubo permitiendo tener la posibilidad de ajustes mediante potenciómetros para la sensibilidad de encendido y apagado del dispositivo entre 5 y 45 lux. El sistema dispone además de una temporización fija de unos minutos para evitar situaciones anómalas como el paso de nubes, deslumbramiento por faros de coches, etc. Se muestra también el esquema de instalación simplificado del mismo en la figura 3.10.

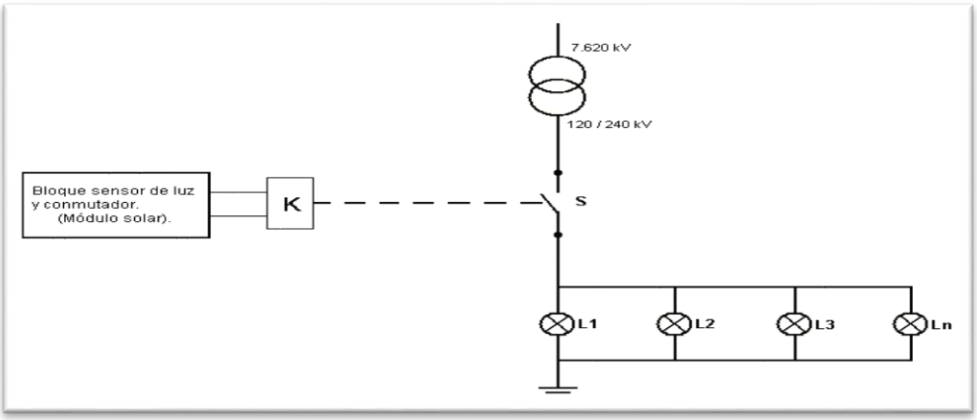


Figura 3.10. Esquema simplificado

3.4 Valoración ambiental y social.

Aunque las instalaciones de alumbrado parece que tienen poca interacción con el medio ambiente, dado que se trata de instalaciones estáticas que a nivel local no producen emisiones si se profundiza en su funcionamiento y ciclo de vida, viendo rápidamente varios problemas importantes relacionados de mayor importancia son la eliminación y tratamiento de lámparas agotadas, la contaminación lumínica y la eficiencia energética. Cada una de estas problemáticas tiene un tratamiento diferenciado.

Efectos ecológicos: La producción de energía eléctrica no es un proceso limpio, (ecológicamente):

• Residuos radioactivos

• Consumo de carbón o petróleo

• Emisión de gases a la atmósfera (lluvia acida)

• Emisión de CO 2 (efecto invernadero).

Generación de residuos:

Las instalaciones de alumbrado, dentro de su ciclo de vida, en cada una de sus fases, generan residuos que afectan en mayor o menor medida al medio ambiente. Pero sin duda alguna, el principal problema ambiental del alumbrado se presenta en la fase de explotación y derribo, y viene dado por el abandono incontrolado de los subproductos que dejan de ser útiles. Así los subproductos que más se desechan en el alumbrado público son las lámparas de descargas, las cuales se han de considerar como residuos especiales que requieren una gestión específica, desde la recogida, el transporte, el tratamiento, hasta la deposición. Aunque el uso de estas lámparas representa un paso importante para el ahorro energético, la tecnología empleada en las lámparas de descarga obliga a utilizar elementos químicos de gran toxicidad en pequeñas cantidades, mercurio, plomo, estroncio, europio o itrio. Sus efectos medioambientales no son significativos a nivel individual, pero sí que lo son por el volumen global a considerar por las acciones acumulativas sobre el medio.

Las lámparas de descarga presentan, globalmente, cuatro características básicas:

- Un contenido importante de sustancias toxicas en pequeñas cantidades por lámpara.
- Un consumo cada vez mayor de lámparas, sobre todo en el ámbito industrial.
- Las características propias de las lámparas que las hacen frágiles a maniobras de transporte y almacenaje.
- La gran dispersión en el consumo.

La solución al problema pasa por establecer una relación controlada y respetuosa con el medio ambiente sin olvidar la importancia de diseñar nuevos productos reduciendo la

cantidad de elementos tóxicos, alargando su vida útil y facilitando su reutilización y reciclado.

3.4.1. Efectos medioambientales.

- El exceso de iluminación tiene efectos negativos sobre la flora y fauna.
- Cambios en el comportamiento territorial y de nidificación de pájaros.
- Desorienta a las aves migratorias.
- Dificulta y disminuye la reproducción de insectos, debido a que la actividad sexual de estos animales se efectúa muy especialmente de noche.

3.4.2. Impacto social

La retribución económica en el mantenimiento de alumbrado público para la empresa es nula, porque se está invirtiendo en un activo fijo de la misma, es así que se tiene retribución social, ya que los sistemas de alumbrado público representan para todas las ciudades un punto clave en la calidad de vida de los ciudadanos, pues brinda seguridad peatonal y vial. Para las empresas eléctricas cubanas, el mejoramiento y mantenimiento de alumbrado público, es un proceso estratégico, debido a que, simboliza la imagen y credibilidad en la calidad del servicio que presta cada una de ellas.

3.5. Valoración económica.

En este caso se tuvieron en cuenta todos los gastos realizados a la hora del cumplimiento del trabajo así como los mantenimientos a realizar y con ayuda del software LITESTAR 5.S3 se realizó el cálculo económico. Debido a que el software ignora algunos aspectos importantes, obliga a profundizar un poco más, para ofrecerles a los interesados en el proyecto una valoración económica lo más real posible. Se realizará un análisis de costos y recursos para el sistema mejorado propuesto en nuestro trabajo y la otra para proyectar un nuevo sistema de alumbrado viario, en la cual se analizará únicamente la Ave.1ro de Mayo por ser la más importante del municipio. De esta forma se podría obtener una clara idea del costo de un sistema nuevo y compararlo con lo que se propone.

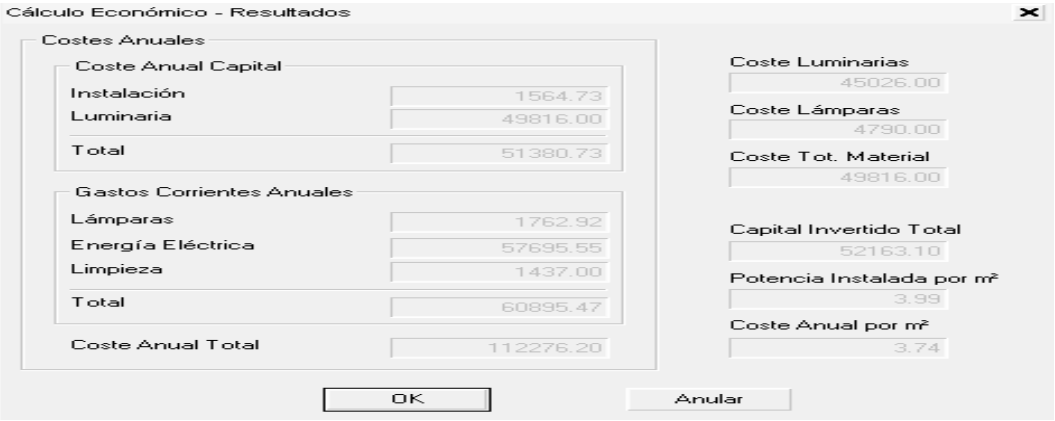


Figura 3.13 Cálculo económico realizado por LITESTAR 5.S3

3.5.1. Evaluación del costo y los recursos a utilizar en:

Mejora del sistema de iluminación viaria.

Del levantamiento realizado en conjunto con el personal calificado de la empresa eléctrica en las vías de la ciudad para la correcta ejecución del proyecto, se tomaron los siguientes datos.

Tabla 3.1 Necesidad de Luminarias LED

Avenidas y calles principales	**Luminarias LEDs**	**Torres**
Ave. 1ro de Mayo	142	
Ave. 7 de Dic.	102	
Calle 1ra de Rolo Monterrey.	45	---
Calle 9na de Rolo Monterrey	48	5
Ave. Lenin, Calle 1ra y 5ta de los Mangos.	63	3
Calle José Martí.	15	3
Calle Mariana Grajales.	26	26
Calle Ángel Romero Videaux.	32	
Calle Antonio Boizán.	16	
Calles P.S.A y Camilo Cienfuegos.	53	3
Ave. Calixto García.	20	
Accesos al Hospital.	18	
Total.	**580**	**40**

Tabla 3.2 Recursos y costos para la mejora del sistema de alumbrado viario.

Recursos	U	Precio cuc	Cantidad	Costo
Luminarias LED	U	240	580	278400
Conductor de Cobre 8 desnudo.	Tn	4200	3	12600
Tornillos de máquina $1/2$*12.	U	0,67	260	174,2
Relé magnético 220V, 50A.	U	115	21	2415
Brazos para Lámparas.	U	24,9	90	2241
Fotoceldas.	U	12	21	252
Brequer de 50A.	U	30	10	300
Perchas con pasadores.	U	4,25	90	382,5
Aisladores de Polea.	U	0,91	90	81,9
Type Plástico.	U	0,3	20	6
Type de goma.	U	0,3	20	6
Conductor TW 10.	m	0,88	2074	1825,12
Torres de alumbrado.	U	60	40	2400
Cimientos para torres.	U	30	40	1200
Total				302283,72 cuc

3.5.2. Ahorro de energía al mejorar el sistema de encendido del AP de Moa.

El cálculo de la energía a facturar se realizó basándose en un 90%, según el coeficiente de utilización establecido y 11 horas promedio de utilización, además el cálculo de la potencia en Watt, se efectuó con el valor indicado por el fabricante de las lámparas que trabajan directo a la línea y afectada por el consumo del equipo auxiliar de aquellas que utilizan dispositivos adicionales o balastro para su conexión a la red.

Se realizó el Inventario de Carga de Alumbrado Público del Municipio Moa para determinar el cálculo de la facturación mensual ha sido realizado de acuerdo a lo señalado, siendo el consumo anual de **1 080 000 W,** que dividido entre 12 meses, corresponde facturar mensualmente **9 0000 W** aplicándole la tarifa B-1 vigente de 0,24 ctvs., con un importe de **$ 259 200.00 MN**

La inversión de la sustitución de 580 luminarias de 250 W de vapor de sodio de alta presión por LED de 100W es **432 000 W** y **$103 680.00 MN** al año.

Se ahorraría un total de **648 000W** y **$ 155 520.00 MN.**

El ahorro por mantenimiento teniendo en cuenta que el costo del mismo es **$40** y una lámpara de VSAP su tiempo de vida útil es de **5 000 horas** y la LED de **100 000 horas** (23,15 años) se ahorra **$ 23 200.00** por una lámpara.

Para estimar el tiempo de amortización se tiene en cuenta la equivalencia de 1 a una de la MN y el CUC y el ahorro de energía solamente.

Tiempo de Amortización

T Amortización = Costo de la inv. / Ahorro en el año. = 0.33 años.

3.6. Conclusiones del capítulo

En este último capítulo se propuso de manera práctica la solución a las principales dificultades encontradas en el sistema de iluminación viaria del municipio Moa.

1. Se priorizaron las condiciones de la insuficiente iluminación de las vías.
2. Se plantearon las transformaciones a realizar para elevar los niveles medios de iluminación en el servicio en todas las vías del municipio.
3. Se propusieron los equipos a incrementar a la hora de darle cumplimiento al trabajo realizado.
4. Se determinó el costo económico y el ahorro de energía que proporcionaría al país.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se desarrolló un sistema de gestión de mantenimiento de AP del área urbana del municipio de Moa utilizando SIG. Ofreciendo un procedimiento general para el estudio de instalaciones de sistemas de alumbrado público que permite un análisis integral de los

aspectos cuantitativos, cualitativos y económicos para realizar un adecuado mantenimiento.

2. Se elaboró una base de datos de luminarias instaladas en el área urbana del municipio de Moa que contribuye a una adecuada gestión de mantenimiento de Alumbrado Público.
3. Se diagnosticó la situación del servicio de AP en el área urbana del municipio de Moa. Caracterizando cada una de las luminarias instaladas en las principales avenidas.
4. Se validó el sistema de gestión de mantenimiento de AP utilizando SIG en las avenidas 1ro de Mayo y Avenida Lenin, obteniendo propuestas para el cambio de la tecnología actual por LED y así obtener un ahorro total de **648 000W** y **$ 155 520.00 MN**, con un tiempo de amortización de 0.33años.

RECOMENDACIONES

1. Extender los estudios realizados a otros circuitos de las UEB eléctricas de la provincia, con vista a mejorar las condiciones de trabajo y el servicio prestado a la población.
2. Ofrecer un curso capacitación al personal destinado a trabajar con el software.
3. Las luminarias propuestas, no deben exceder un ángulo de 10^0 con respecto a la horizontal, evitando de esta forma que estas provoquen deslumbramiento y se desperdicie luz hacia el espacio.
4. Independizar la alimentación del sistema de alumbrado viario utilizando transformadores de alumbrado público.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alkinson´s. (2001). Concepto: Luz Fluorescente, Luz Incandescente.
2. AMBIENTE, V CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO. (2014). V CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE Online.
3. Balestriero, C.,Flaissier, M. (2002). Luminaire based on the light emission of light-emitting diodes: Google Patents.
4. Bourget, C Michael. (2008). An introduction to light-emitting diodes. *HortScience*, *43*(7), 1944-1946.
5. Brisaboa, Nieves R; Lema, José A Cotelo; Martínez, Antonio Fariña; Luaces, Miguel R,Viqueira, José R. (2014). Proyecto EIEL: Experiencia de Diseño de un SIG.
6. Cabrera, Yunier. (2005). Análisis del Sistema de iluminación Viaria del municipio Moa
7. Cala, Yetsy Silva. (2011). *Digitalización de los circuitos de distribución eléctrica del municipio Moa.* (Tesis de Pregrado tesis ingeniería), Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
8. Carlos, Vargas; Katherine, Rodríguez,Alberto, Ríos. (2017). Sistema de Iluminación Fotovoltaico en el Alumbrado Público Gestionado a través de una Plataforma Cloud/GIS. *Revista Politécnica*, *39*(1), 59-66.
9. Carrión, Andrea; Goetschel, Ana María,Sánchez, Nancy. (1997). *Breve historia de los servicios en la ciudad de Quito*: CIUDAD, Centro de Investigaciones.
10. Carvajal, Carlos Gustavo Cevallos. (Diciembre 2013). Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi.
11. CEI, Luces. (abril 1995). Alumbrado y seguridad. 18,20.
12. Contreras, Adolfo; Arrunátegui, Adriana; Jaramillo, Adriana; Concha, Alberto; Pradilla, Alberto; Matiz, Alejandro; . . . Gaviria, Ana Milena. (2006). ÍNDICE DE AUTORES Y TEMAS VOLUMEN 37, 2006. *Colombia Médica*, *37*(4), 340-350.
13. Corporation, MapInfo. (2016). MapInfo SOFTWARE Y DATOS PARA TRANSFORMAR LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN UNA VENTAJA EMPRESARIAL. Retrieved 25 de abril de 2017

https://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html

14. Cubano, Conferencia del Comité Electrónico. (1997). Conferencia del Comité Electrónico Cubano
15. Chantera Abarca, Pedro Francisco,Tobar Estrella, Daniel Ricardo. (2013). *Estudio de lámparas Led para alumbrado público y diseño de un sistema Scada con control automático On/Off.* Quito, 2013.
16. Chautard, Pascal. (2010). Un futuro para la luz urbana. *ARQ (Santiago)*, 68-69.
17. Chej, Mohamed Islem Abdalahi Mohamed. (2015). *Eficiencia energética del sistema de alumbrado público del municipio de Moa* (Tesis de Pregrado), Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
18. Desarrollo, Planificación y. (2013). Sociedad de Planificación y Desarrollo. Sopde.es. [Online].
19. Eduardo, Roberto Manzano. (Barcelona, 2000). *Estudio de una metodología para evaluar la calidad del servicio del alumbrado urbano*.
20. Effetre. (1995). Catálogo de iluminación Effetre
21. ELECTRIC, GENERAL. (2010). LAMP. CATALOG.CHINA. GENERAL ELECTRIC.
22. Encalada Espinoza, Oswaldo Javier. (2012). *Plan piloto de telegestión para el control de alumbrado público para la vía Cuenca-Descanso.*
23. Ereli, Miguel. (2004). Innovación y tecnología utilizada en las mejoras del alumbrado público de la zona metropolitana de CARACAS.
24. Española, Real Academia. (2014). Real Academia Española. Real Academia Española. [Online].
25. Figueroa, Oscar. (2004). Eficiencia del Sistema de Iluminación Exterior para garantizar la seguridad en la Empresa Ernesto Che Guevara de la Serna . .
26. FILLIPO RUGELES, VICTOR HUGO; CANO GARZÓN, HUGO BALDOMIRO,CHAVES OSORIO, JOSÉ ANDRÉS. (2010). Aplicaciones de iluminación con leds. *Scientia et technica, 16*(45).
27. Franco, Tama,Alberto, Gil. (2012). La revolución del alumbrado público.

28. Garcia, Cristian Eduardo. (2011). *Manual de procedimientos correctivos y preventivos de luminarias tipo exterior para bombillas hid de sodio y halogenuros metálicos utilizadas en alumbrado público. Universidad tecnologica de pereira facultad de tecnologia programa de tecnologia electrica*.
29. García Moreira, Galo Fernando. (2016). *Sistema de información geográfico para la administración de postes y luminarias de la Ciudad de Babahoyo.*
30. García, T,Eduardo, Cristian. (2011). *Manual de procedimientos correctivos y preventivos de luminarias tipo exterior para bombillas Hid de sodio y halogenuros metálicos utilizadas en alumbrado público.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
31. General, Catálogo. (2000). Catálogo General de Lámparas y Equipos,.
32. Godoy, Cristopher Andrés Bolomey,MATUS, CHRISTIAN RAUL ORELLANA. (2007). *Actualización de SIG y creación de aplicaciones para optimización de recursos en la mantención de alumbrado público ornamental para la Comuna de Providencia, Sector Oriente.* Universidad de Santiago de Chile.
33. González, Carlos Ramón. (2009). Gestión de mantenimiento para alumbrado público.
34. GROUP, SCHREDER. (2012). *Alumbrado público.ecuador. Schreder group*.
35. Harper, Gilberto Enríquez. (2000). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*: Editorial Limusa.
36. Hidalgo, Germán; Rosas, José,Strabucchi, Wren. (2012). La representación cartográfica como producción de conocimiento: Reflexiones técnicas en torno a la construcción del plano de Santiago de 1910. *ARQ (Santiago)*, 62-75.
37. Ingenieros, Luis Hilos Yako. (2012). Apuntes para una gestión eficiente del alumbrado público exterior.
38. Juárez Flores, José Juan. (2005). Alumbrado público en Puebla y Tlaxcala y deterioro ambiental en los bosques de La Malintzi, 1820-1870. *Historia Crítica*, 13-38.
39. Lai, Kuo-Yen. (2004). Projection light source from light emitting diodes: Google Patents.
40. Lennox, E. C. (1946). Street lighting. *Electrical Engineers - Part II: Power Engineering, Journal of the Institution of, 93*(32), 170-183. doi: 10.1049/ji-2.1946.0042
41. Lennox, E.C. (April 1996). Electrical Engineers - Part II: Power Engineering, Journal of the Institution of. *93*(32). doi: 10.1049/ji-2.1946.0042

42. López, Franklin Roberto Melo; Moreno, Kléver; Santamaría-Freire, Edwin; Acosta, Gabriela,Ríos, Fabricio. (2000). El marketing como estrategia de sostenibilidad ambiental en el sistema de alumbrado público.
43. Madrid, Ayuntamiento de. (2000). Ayuntamiento de Madrid
44. Manzano, Eduardo Roberto. (2001). Estudio de una metodología para evaluar la calidad del servicio del alumbrado urbano.
45. Martín, Gustavo Rafael Fernández. (2014). Reducción de pérdidas eléctricas en el circuito de distribución primaria de Guerrita, municipio Mayarí.
46. Matos, Nordis Lamoru. (2008). *Análisis del sistema de iluminación viaria del municipio Moa.* (Tesis de Pregrado), Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
47. Mina, Dirección General de Energía y. (2013). *Gestión Integral del Mantenimiento de Alumbrado Público.*
48. Morales, G. (2010). *Tecnologia led para lasustitución de las lámparas tradicionales*. URBE.
49. Navarro, Luis; Tejedor, Ana Clara Pastor,Lacabrera, Jaime Miguel Mugaburu. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*: Marcombo.
50. NUÑEZ, Dr. Daniel resendiz. (2008). *Métodos para cálculos de iluminación*.
51. OXYTECH. (25 de junio de 2016). http://www.oxytech.it/?LN=ES.
52. Paradas, Mercedes Fernández. (2005). El alumbrado público en la Andalucía del primer tercio del siglo XX: Una lucha desigual entre el gas y la electricidad. *Historia contemporánea*(31).
53. Pavón Puente, Jorge Eduardo. (1978). *Modernización del alumbrado público de la ciudad de Quito.* Quito: EPN, 1978.
54. PHILIPS. (2013). Alumbrado urbano y leds en Colombia.
55. PhillipsCompany. (2006). Lámparas de descarga a vapor de sodio de alta presión. 48-52.
56. Piñeiro, J.I. Urraca. (2010). Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A.
57. Ramírez, David Carlos Ávila. (2009). Edificación Sustentable en Jalisco. La iluminación natural y el ahorro de energía.
58. Rodríguez Mora, Katherin Alexandra. (2017). *Plataforma Cloud/GIS de Gestión, Operación y Control de Sistemas Fotovoltaicos de Iluminación en el Alumbrado Público*

en la Universidad Técnica de Ambato. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

59. Rosero Bolaños, Guillermo Marcelo. (1996). *Evaluación técnico-económica del ahorro de energía en un sistema de alumbrado público.* QUITO/EPN/1996.
60. Sailema, K. F. (2013). Eficiencia energética y calidad de servicio en
61. instalaciones de alumbrado público para el área urbana del Cantón Ambato
62. de la provincia de Tungurahua.
63. Salazar Moreira, Patricio Javier. (2016). *Transferencia de tecnología coreana para sustituir el alumbrado público de las avenidas principales de GUAYAQUIL.* Universidad de Guayaquil.
64. Sánchez. (2005). Población y Ambiente., p. 163-175.
65. Sanso, Esteve Mestre. (2010). Instalaciones de alumbrado publico, evacuacion de pluviales de la plaça CONSTITUCIO. .
66. Sanz Ciria, Rubén,Sierra Garriga, Carlos. (2011). *Diseño de una aplicación de software de medición y evaluación de niveles de iluminación en vía publica mediante GPS.* Paper presented at the 15th International congress on project engineering= XV Congreso internacional de ingeniería de proyectos:[Huesca, del 6 al 8 de Julio de 2011].
67. Silvana. (2000). Catálogo de Lámparas.
68. Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas, S.A. (2015). Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas, S.A.
69. Soltsoi. (2011). Compatibilidad con Fluorescentes. Concepto:Beneficios de los LED.
70. Técnico, Manual. (1999). Manual de procedimientos.
71. Técnico, Manual. (2006). Luminarias para vías urbanas
72. Uchida, Yuji,Taguchi, Tsunemasa. (2005). Lighting theory and luminous characteristics of white light-emitting diodes. *Optical Engineering, 44*(12), 124003-124003-124009.
73. Urbanización. (2014). Sistema de gestión inteligente de alumbrado público.
74. Valle, Amauri Mendoza Del. (2014). Circuito electrónico para el control del encendido y apagado del alumbrado público en el municipio de Moa.

ANEXO I

Datos de entrada

Determinación del nivel de iluminancia media (Em). Dependiendo de las características y clase o tipo de pavimento y de vía, intensidad del tráfico, etc. Como valores orientativos se pueden usar:

Tipos de vía e Iluminación

Tipo de vía	Iluminancia media (lx)	Luminancia media (cd/m2)
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

Escoger el tipo de lámpara (vapor de mercurio, sodio...) y la altura de montaje necesarias sin exceder el flujo máximo recomendado en cada intervalo.

Flujos recomendados

Flujo de la lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leq \Phi_L < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi_L < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi_L < 40000$	$10 \leq H < 12$
≥ 40000	≥ 12

Elegir la disposición de luminarias más adecuada según la relación entre el ancho de la calzada y la altura de las luminarias.

Relación de alturas

Disposición	Relación anchura/altura
Unilateral	≤ 1
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	> 1.5

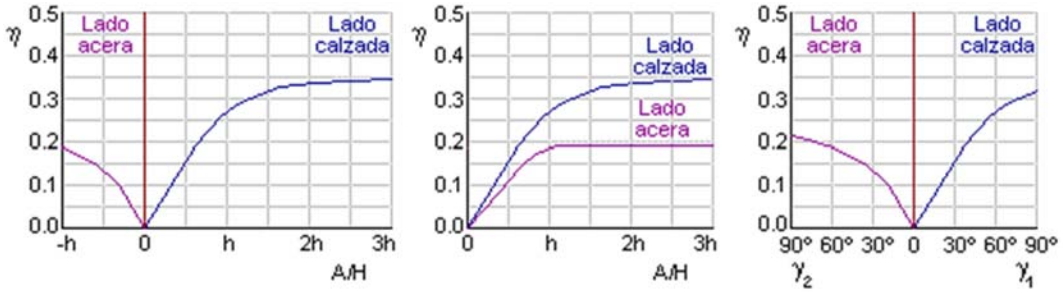
ANEXO II

Calcular el factor de utilización (η).

El factor de utilización es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.

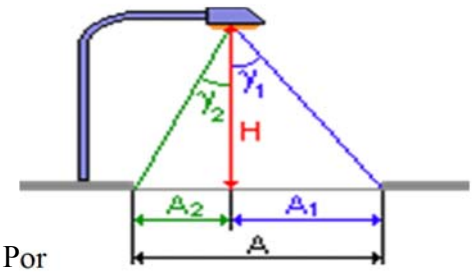
$$\eta = \frac{\Phi_{útil}}{\Phi_L}$$

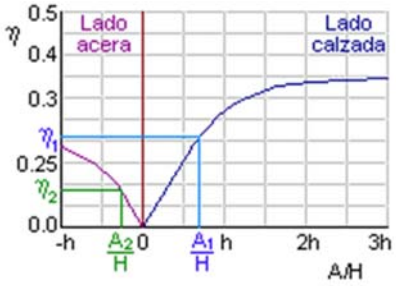
Representación de (η) mediante las curvas suministradas por los fabricantes con las luminarias. Estas curvas se pueden determinar en función del cociente entre la anchura de la calle y la altura (A/H), la más habitual, o de los ángulos γ_1, γ_2 en el lado calzada y acera respectivamente.



Curvas del factor de utilización

De los gráficos se puede observar que hay dos valores posibles, uno para el lado acera y otro para el lado calzada, que se obtienen de las curvas.





Por tanto, para obtener el factor de utilización total de la sección transversal de la calle habrá que sumar los coeficientes del lado acera y del lado calzada, aunque en otros casos la cosa puede ser diferente.

$A = A_1 + A_2$

$\eta = \eta_1 + \eta_2$

ANEXO III

Cálculo de la separación entre luminarias (d) utilizando la expresión de la iluminancia media

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot d}$$

donde:

Em es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.

η es el factor de utilización de la instalación.

f_m es el factor de mantenimiento.

Φ_L es el flujo luminoso de la lámpara.

A es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad (A/2) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo.

d es la separación entre las luminarias.

Comprobación

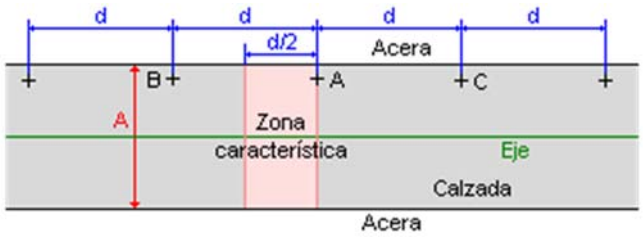
E_m (lux)	separación / altura
$2 \leq E_m < 7$	$5 \leq d/h < 4$
$7 \leq E_m < 15$	$4 \leq d/h < 3.5$
$15 \leq E_m \leq 30$	$3.5 \leq d/h < 2$

ANEXO IV

Método de los nueve puntos

Supongamos un tramo de vía recta con disposición unilateral de las luminarias y separadas una distancia d.

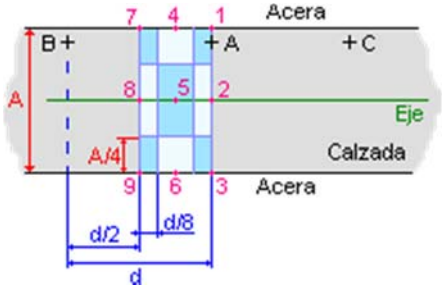
Figura N°6: Distancia entre luminarias



Debido a las simetrías existentes en la figura, bastará con calcular las iluminancias en la zona señalada. En el resto de la calzada estos valores se irán repitiendo periódicamente.

Para hacer los cálculos, la zona se divide en nueve dominios con otros tantos puntos.

Figura N°7: Dominios y puntos



Distribución de puntos en una disposición unilateral

El valor medio de las iluminancias será para este caso:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

con:

$$S_1 = S_3 = S_7 = S_9 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{32} = S_1$$

$$S_2 = S_8 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_4 = S_6 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_5 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{8} = 4S_1$$

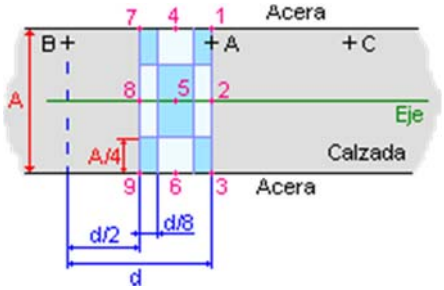
Se puede demostrar fácilmente que la expresión anterior de E_m es también válida para las disposiciones tresbolillo y bilateral pareada.

Para calcular las iluminancias sobre cada nodo sólo consideraremos la contribución de las luminarias más próximas despreciándose el resto por tener una influencia pequeña.

La iluminancia en cada punto vale entonces:

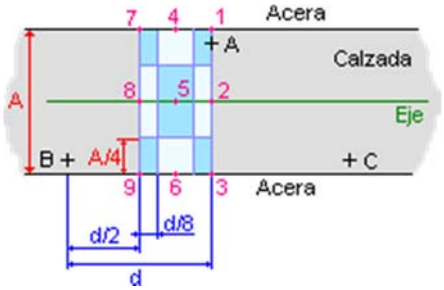
$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$



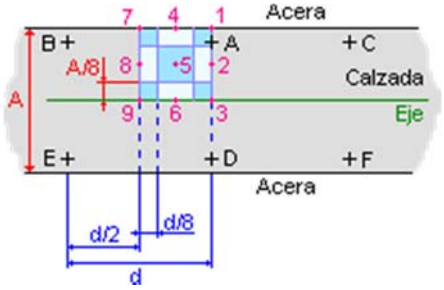
$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{Ic}$

Distribución de puntos en una disposición unilateral



$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$

Distribución de puntos en una disposición tresbolillo



$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC} + E_{iD} + E_{iE} + E_{iF}$

Distribución de puntos en una disposición bilateral pareada.

Además de E_m podemos calcular los coeficientes de uniformidad media y extrema de las iluminancias

Uniformidad media = E_{min} / E_m

Uniformidad extrema = E_{min} / E_{max}

Para calcular las iluminancias podemos proceder de dos maneras:

En primer lugar podemos calcularlas usando la fórmula:

$$E_H = \frac{I(C_i, \gamma_i)}{h_i^2} \cdot cos^3 \gamma_i$$

Donde I se puede obtener de los gráficos polares o de la matriz de intensidades.

La otra posibilidad es recurrir a un método gráfico. En él, los valores de las iluminancias se obtienen por lectura directa de las curvas isolux. Para ello necesitaremos:

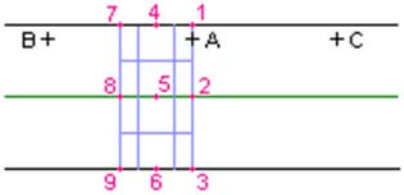
Las curvas isolux de la luminaria (fotocopiadas sobre papel vegetal o transparencias)

La planta de la calle dibujada en la misma escala que la curva isolux.

Una tabla para apuntar los valores leídos.

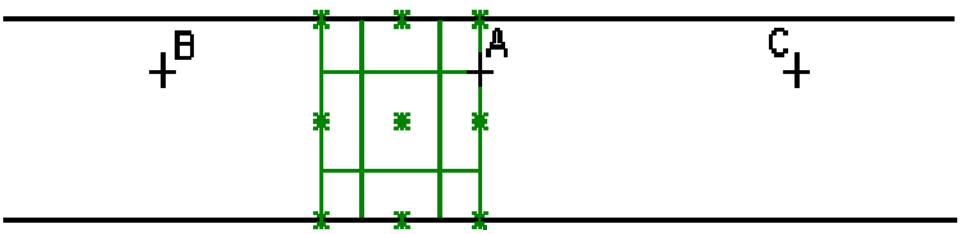
El procedimiento de cálculo es el siguiente. Sobre el plano de la planta situamos los nueve puntos y las proyecciones de los centros fotométricos de las luminarias sobre la calzada.

Figura N°8: Calzada con centros fotométricos



A continuación se superpone sucesivamente la curva isolux sobre el plano de manera que su origen quede situado sobre la luminaria y los ejes estén correctamente orientados (0-180º paralelo al eje de la calzada y 90º-270º perpendicular al mismo). Se leen los valores de la luminancia en cada punto y se apuntan en la tabla. a continuación se suman los valores relativos para cada punto y se calculan los valores reales. Finalmente calculamos la iluminancia media y los factores de uniformidad media y extrema.

Veámoslo mejor con un ejemplo sencillo. Suponiendo una calle con luminarias de 2000 lm situadas a una altura de 8 m.

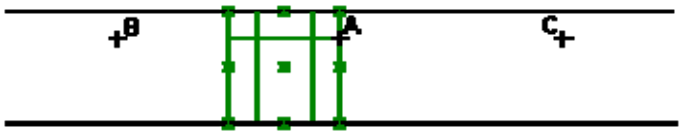


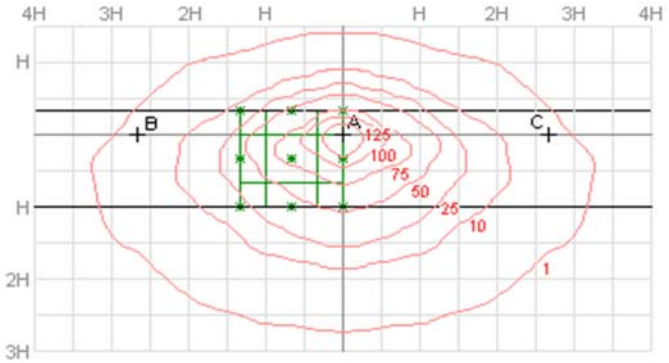
	123456789
$\Sigma E_{i\,c}$	000000000
$E_{i\,real}$	000000000
A	000000000
B	000000000
C	000000000

Los pasos a seguir son:

Sobre el plano de la calle se superpone la curva isolux sobre una de las luminarias.

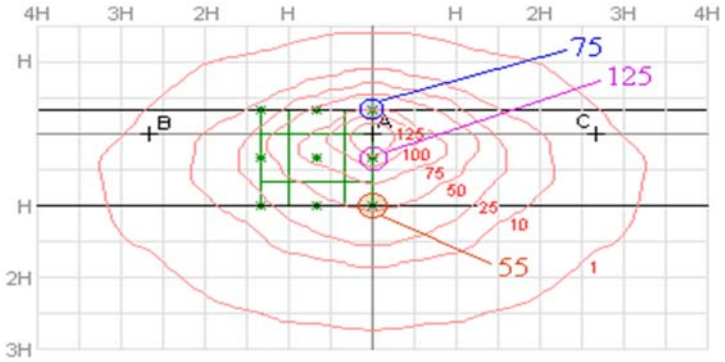
Curva isolux sobre luminarias





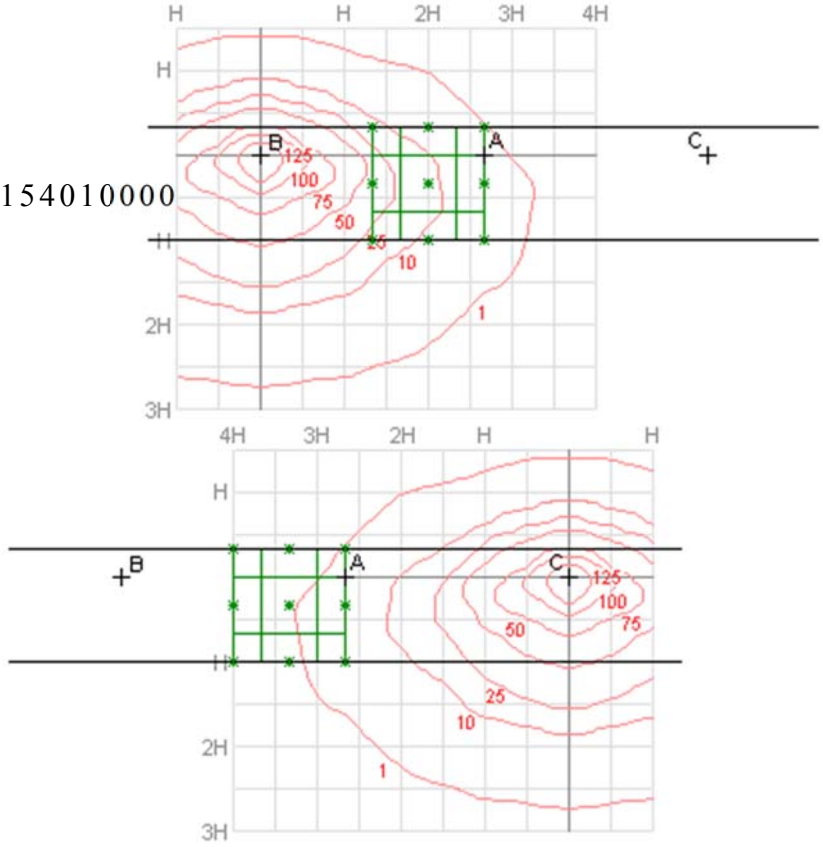
A continuación se leen los valores relativos de la iluminancia en cada punto y los anotan en la tabla.

Apuntes valores relativos



Una vez terminado, se traslada la curva isolux a otra luminaria y se repite el proceso.

C154010000



Finalmente, se suman las contribuciones individuales de cada luminaria sobre cada uno de los puntos, y se obtienen sus iluminancias relativas.

Los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos aplicando la fórmula:

Finalmente, se calcula la iluminancia media y los factores de uniformidad:

$$E_m = \frac{24.1 + 2 \cdot 42.2 + 19.7 + 2 \cdot 17.8 + 4 \cdot 30 + 2 \cdot 16.6 + 10.3 + 2 \cdot 28.1 + 12.5}{16} = 24.75 \text{ lx}$$

$$U_{ext} = \frac{E_{min}}{E_{max}} = \frac{10.3}{42.2} = 0.24$$

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m} = \frac{10.3}{24.75} = 0.42$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Σ $E_{i\,c}$	77	135	63	57	96	53	33	90	40
$E_{i\,real}$	24.1	42.2	19.7	17.8	30	16.6	10.3	28.1	12.5
A	75	125	55	50	80	45	15	45	20
B	1	5	4	7	15	8	18	45	20
C	1	5	4	0	1	0	0	0	0