

Análisis de los sistemas de alumbrado público existentes en el casco central de la ciudad de Mérida

Analysis of the existing systems of public lighting system in the central helmet of the city of Mérida

Moreno, Luz* Stella; Segovia, Yaymis y Sosa, Jorge

Departamento de Potencia., Facultad de Ingeniería ULA

Mérida, 5101, Venezuela

*luz@ula.ve

Recibido: 19-11-2009

Revisado: 13-05-2010

Resumen

La iluminación, la arquitectura, el espacio verde, el plano de las calles y avenidas, determinan la identidad de un pueblo o ciudad, así como las tendencias de este hacia las actividades sociales y económicas. Por ello son muy importantes los aspectos que se deben considerar a la hora de diseñar o modificar un sistema de alumbrado público. Entre los aspectos más relevantes se tienen: las necesidades de seguridad personal, seguridad automotriz, el confort visual, los aspectos técnicos de diseño, la durabilidad del sistema instalado, la eficiencia y los planes de mantenimiento, todo ello, con el fin de obtener unos adecuados niveles de iluminación y evitar en lo posible la contaminación lumínica que se produce en las zonas urbanas, causada principalmente por la dispersión de los excedentes de luz hacia la atmósfera, con el consecuente desperdicio energético. El crecimiento poblacional de la ciudad de Mérida ha traído como consecuencia un aumento y adaptación del sistema eléctrico así como el del alumbrado público. Sin embargo, las adaptaciones del sistema de alumbrado no han sido las más adecuadas, fundamentándose principalmente en criterios empíricos y en costumbres adquiridas que no garantizan las mejores prestaciones. En la práctica se observa un gran porcentaje de instalaciones de alumbrado que presentan deficiencias de forma y rendimiento, atribuibles a una carencia de análisis sobre las prestaciones reales de las luminarias y de las necesidades de iluminación. Para dar respuesta a esta problemática, se debe pensar en contribuir a crear un ambiente nocturno adecuado y para ello es conveniente que el alumbrado público proporcione el nivel justo de iluminación con menos despilfarro de energía, de materiales y al mínimo costo tanto económico como ecológico, lo que se puede lograr con la implementación de nuevas tecnologías, como la utilización de un espectro de luz mejor adaptada a la sensibilidad del ojo humano y el uso de luminarias con alto rendimiento.

Palabras clave: Prestación lumínica, seguridad, sostenibilidad, economía de los sistemas de alumbrado.

Abstract

Illumination added with the architecture, the green space, the plane of the streets and avenues, determines the identity of a town or city, and their tendency towards the social and economic activities. In this way, there are some very important aspects to be considered when a public lighting system has to be designed or modified. Among them, the personal security, automotive security, the visual comfort, the technical requirements, the durability of the installed system, the efficiency and the maintenance programs, must be considered to obtain adequate illumination levels in the urban zones without lighting contamination mainly produced by the dispersion of the excesses of light to the atmosphere, with the consequent power waste. The population growth of Mérida city has brought as consequence the increase and adaptation of the electrical system as the public lighting system as well. However, the illuminations system changes seem to be inadequate, since the design and selection of the facilities are generally based on empirical criteria and acquired customs that not solve the real problematic of the visual field. Actually, a great percentage of lighting installations has low efficiency and their mechanical form is not suitable for some areas mainly attributable to an absence of analysis in the device characteristics and the real requirements of the zone. To solve this problem, it is important to contribute to create a suitable night environment with the right lighting level, maintaining energy and materials saving that minimize the ecological impact. It can be reached using new technology, like the use of light better adapted to the sensitivity of the human eye and high efficiency luminaries.

Key words: Luminance benefit, security, sustainability, economy of the systems of lighting system.

1 Introducción

Hoy en día el sistema de alumbrado eléctrico de la zona del casco central de la ciudad de Mérida, está desgastado al 70% de su totalidad. El diagnóstico preventivo, se presenta con la necesidad de realizar un estudio para determinar las prestaciones lumínicas, seguridad, sostenibilidad y economía de los sistemas de alumbrado público.

En la práctica se observa un gran porcentaje de instalaciones de alumbrado que presentan deficiencias de estado, causando principalmente los siguientes problemas:

- Condiciones de servicio inferiores a las necesarias y por tanto un déficit en la seguridad vial y ciudadana.
- Desaprovechamiento de los recursos invertidos al operar con menor eficiencia y menor durabilidad.
- Incremento de consumo energético lo que se traduce en mayores costos derivados, directos e indirectos sin contrapartida de servicio.
- Flujo luminoso esparcido a la atmósfera lo que conlleva a una contaminación lumínica y a un despilfarro de energía (Ereú, 2007).

El determinar el estado actual de los sistemas de alumbrado público del casco central de la ciudad de Mérida, con el debido análisis de las prestaciones lumínicas, seguridad, sostenibilidad y economía, es el objetivo principal de esta investigación. El casco central de la ciudad de Mérida cuenta con un alumbrado público compuesto por lámparas de vapor de sodio de alta presión en todas las calles y avenidas principales. Su utilización se fundamenta en la economía que se obtiene en sus costos de explotación y por su rendimiento lumínico (lm/W), por lo que son lámparas de menor consumo, y además no atraen a los insectos, pues carecen de un espectro con longitudes de onda dominantes en la banda del azul (CADAFE, 2006), lo que permite disminuir los costos de mantenimiento por limpieza de las luminarias instaladas, las cuales fueron puestas en funcionamiento hace más de 15 años, con el fin de lograr simetría en cuanto al tipo de iluminación, ya que anteriormente el sistema contaba con una variedad de luminaria, pero debido al tiempo y a la falta de un plan de mantenimiento preventivo por parte de los organismos encargados, estos sistemas de alumbrado presentan fallas, de esta manera el alumbrado público es ineficiente, presentando niveles de iluminancia muy por debajo de los recomendados, aumentando los niveles de uniformidad global (U_0) y longitudinal (U_1) de la instalación (San Martín, 2004). (U_0); esta primera es la que representa de forma general la variación de luminancias e indica cómo sirve la superficie de la calzada como fondo de objetos y otros usuarios de la vía pública, y (U_1), esta proporciona una medida de la visibilidad por la repetición de claros y oscuros en la calzada, de esto se tiene que la orientación del flujo luminoso de la lámpara sobre la zona

útil no son buenos, por tanto al presentarse niveles de iluminancia muy por debajo de los establecidos por las normas que rigen el alumbrado público, y al carecer de alumbrado en ciertos sectores y avenidas del casco central de la ciudad de Mérida, se reducen los niveles de eficiencia del servicio, por ende, la seguridad y comodidad para el tránsito de vehículos y peatones, aumentando de esta manera los índices delictivos y vandalismo, por consiguiente, degradando la presencia e identidad de la ciudad.

Cabe destacar, que los aspectos funcionales pueden quedar garantizados con un nivel elevado de iluminación, sin embargo esto determinaría un elevado consumo energético. Por ello, es necesario realizar las medidas a escala de niveles de iluminación existentes para verificar o comprobar si la zona iluminada cumple con las exigencias visuales.

Para tener una buena iluminación y así poder cubrir todas las necesidades, se debe tener en cuenta el funcionamiento de las luminarias instaladas, por ello se debe estudiar las lámparas que contengan la luminaria, las características fotométricas presentes para conseguir el nivel de iluminación necesario, al igual, la altura de montaje en una instalación de Alumbrado Público tiene una enorme influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos, al situarlos a gran altura se presenta una distribución más favorable de luminancia; que es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada en la calzada, disminución del deslumbramiento producido, permitiendo instalar una mayor potencia luminosa, reducción del número de luminarias y postes, aumento de la iluminancia; que no es más que la cantidad de flujo luminoso que incide en una superficie por unidad de área, por otra parte cabe destacar la dificultad para el mantenimiento e incremento de sus costos, disminución del factor de utilización, lo que aumenta el consumo de energía (Fernandez, 2006).

2 Levantamiento de la situación actual

Se realizaron las medidas de la iluminación sobre la calzada de ciertos sectores considerados con poca y mucha iluminancia (Lux), con ayuda de un luxómetro, las medidas fueron realizadas en base a la norma Venezolana COVENIN 2249- 93 (Iluminancia en tareas y aéreas de trabajo) “la cual establece que para aéreas públicas la Iluminancia es de 20 – 30 – 50 Lux , general en toda el área” para garantizar la medición de iluminación, se tomaron los datos a nivel de la calzada, es decir, el plano de colocación del luxómetro fue la calzada, para ello, se dividió la calle a evaluar la iluminación, en sectores iguales no mayores a un área de 1 metro, midiendo la iluminancia en el centro de cada área unitarias en estudio, pero debido a que la zona, es decir, la muestra global, es muy extensa se tomaron algunos sectores de ma-

nera representativa, dichas medidas fueron tomadas, bajo cielo despejado y a las 12am, con el fin de evitar la influencia de las personas que pueden afectar los datos tomados en campo, y sin la incidencia de fuentes de luz extrañas al sistema, como por ejemplo de los vehículos. Por otra parte cabe destacar, que las mediciones tomadas en campo, valen únicamente para las condiciones existentes durante las mediciones y por ello es necesario establecer todas las condiciones ambientales y factores que puedan afectar los resultados.

Las medidas fueron realizadas para obtener la uniformidad global y bilateral, incluyendo las curvas isolux que describen los datos, debido a que en las cuadrículas que se obtienen con las medidas de las áreas, si se unen los puntos cuyo valor de iluminación sea igual, se obtiene un conjunto de curvas isolux, es decir, que poseen la particularidad de tener un mismo número de lux.

Este tipo de representación determina las características de iluminación del alumbrado existente, de manera que unas curvas isolux muy espaciadas dan idea de que el nivel de iluminación de la superficie se mantiene homogéneo, mientras que una agrupación de curvas isolux significa que existe una variación muy brusca en el nivel de iluminación.

La superficie a estudiar abarca toda la calle (no se distingue entre calzada y acera), con el fin de comprobar y verificar la Iluminación mínima suficiente, Iluminación excesiva, Iluminación insuficiente, Iluminación normal estándar, todo se logra al comparar con los valores recomendados por la CIE, segunda edición, 1975, expuestos en la Tabla 1.

El nivel de luminancia recomendado es el valor en

servicio de la luminancia media de la superficie de la calzada. Para mantener este nivel debe considerarse un factor de 0,8 como mucho, según el tipo de luminaria y el grado local de contaminación atmosférica. En vista de la escasa experiencia actual en el empleo del concepto del TI, este trata de la visibilidad justa de un objeto cuando no hay deslumbramiento (contraste umbral) no se puede ver cuando lo hay, a menos que se aumenten los contrastes reales, por ello, es preferible no exceder de un valor 2/3 del indicado. UI es la razón entre la iluminación mínima y máxima en la línea paralela al eje de la calzada que pasa por el lugar del observador. Para ello, éste se coloca en el centro de la vía de tráfico.

3 Simplificación del cálculo de iluminación

Para el estudio de los sectores o calles seleccionadas se presentara en detalle una tabla con su debida situación de uniformidad global y lateral con opiniones subjetivas para mayor comprensión de la misma. Por otra parte las uniformidades calculadas pueden ser en algunos casos engañosas, debido a que la elección se hace cuando la vía presenta discontinuidad en su iluminación como se puede ver en la ver en la Fig. 1, pero es precisamente la parte en que la uniformidad es mejor. Así pues, en aquellos casos en que existen obstáculos, se procura también que estos afecten lo menos posible a la medida. Se elige hacerlo de esta forma porque existen espacios y calles en que la uniformidad es inconstante. Dada esta característica hay que elegir la superficie que a nivel subjetivo pueda parecer más representativa

Tabla 1. Parámetros fotométricos en la iluminación de carreteras

Clase de calzada	Alrededores	Nivel de luminancia	Coef. uniformidad		Control de deslumbramiento		
		Luminancia media la calzada = $L_{med}(Cd/m^2)$	Media $U_0=L_{min}/lm$	Longitudin $U1$	Indice del control \geq	Incremento Umbral TI (%) \leq	
A	Autopistas	Cualquiera	≥ 2			6	
B	Autovías	Claro	≥ 2		≥ 0.7	5	10
		Oscuro	≥ 1			6	
C	Carreteras interurbanas y principales	Claro	≥ 2	≥ 0.4		5	20
		Oscuro	≥ 1			6	10
D	Carreteras rurales o urbanas de todo uso	Claro	≥ 2		≥ 0.5	4	
E	Carreteras colectoras, calles urbanas tipo A	Claro	≥ 1			4	
		Oscuro	$\geq 0,5$			5	

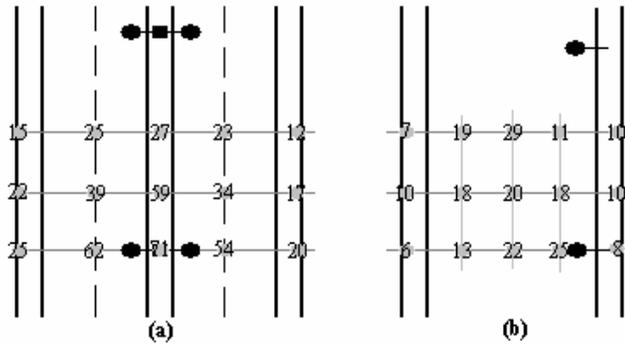


Fig. 1. Representación de los puntos de medición, (a) Luminarias de doble raso con disposición central, (b) Luminarias con disposición lateral

Como se ha expuesto anteriormente las mediciones se han realizado a nivel del suelo, para el estudio se tomó una muestra de 15 puntos para todos los sectores como se ilustran en la Fig. 1, las medidas fueron obtenidas con el sensor en posición horizontal enfocado hacia arriba. Con ello la influencia de los parámetros verticales sobre el suelo por reflexión, son leídos por el luxómetro, pero la sensación de luz por parte del observador, puede no corresponderse con la medición, debido a que él está observando una caja cerrada lateralmente. Estos parámetros verticales iluminados y no medidos, dan luminosidad al espacio observado, aspecto que no reflejan las mediciones.

Como se aprecia en la Fig. 2, en los sectores analizados pocos cumplen con los valores recomendados de Iluminancia (20-50 lux), la calle 14 tiene una iluminación excesiva, el resto presenta una iluminación deficiente, excluyendo únicamente la Avenida 26 y la 6 que se encuentran dentro del rango aceptable.

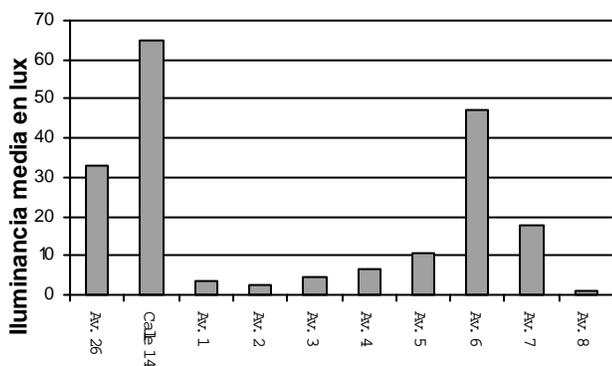


Fig. 2. Análisis de las medidas fotométricas obtenidas en los sectores analizados.

En la Fig. 3 se muestra la uniformidad media obtenida en las calles y avenida de estudio, se puede apreciar que los valores se encuentran por debajo del valor recomendado en la Tabla 1, consiguiéndose incluso valores de cero como ocurrió en las Avenidas 2, 3, 4 y 8. No obstante, las avenidas 5 y 7 si poseen un valor aceptable.

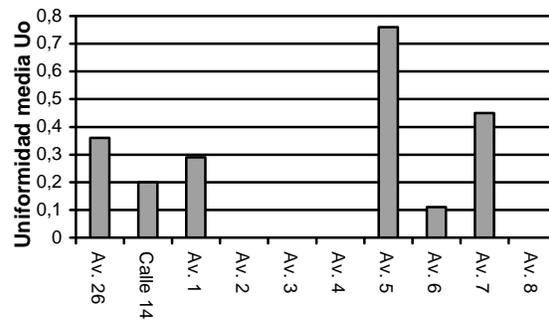


Fig. 3. Análisis de las uniformidades media U_o obtenidas en los sectores analizados

4 Propuesta planteada

Después de hacer el estudio de las condiciones de iluminación de cada Calle y Avenida seleccionada, se evidenció que el sistema de alumbrado no tiene una uniformidad aceptable, y con ello se determinó que no existe una buena iluminación. Se presentará la utilización de un software llamado DIALux, capaz de facilitar los cálculos para la implementación de un nuevo sistema de alumbrado, a través de simulación con parámetros y condiciones existentes en la zona.

4.1 Aspectos generales

El objetivo principal es apoyarse en la información básica de los nuevos criterios de la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), basado en el concepto de luminancia, sobre todo en lo que se refiere a cuáles son los parámetros fotométricos que se han de utilizar para definir las exigencias de calidad de alumbrado, no solo sobre la calzada, sino tomando en cuenta la zona peatonal, es decir las aceras, para mayor seguridad del tráfico nocturno, proporcionando una información visual suficiente, que permita al usuario poder reaccionar ante cualquier eventualidad de un modo correcto y a su debido tiempo.

Un objeto sólo se puede percibir si la diferencia de iluminancia (contraste) entre su superficie y el fondo tiene un valor mínimo. El valor de contraste que se necesita para percibir el objeto depende del ángulo con el que se vea y de la distribución de la luminancia en el campo de visión del observador.

Cuanto mayor sea el ángulo con que se ve el objeto y más alta la luminancia de fondo, mejor será la sensibilidad de contraste del ojo del observador. Cuanto mayor sea la luminancia media de la superficie de la calzada o de la acera, más alta será la luminancia del fondo y, al aumentar solo la luminancia media de la superficie y, por tanto, la luminancia del fondo de los objetos situados en ella, se mejora la sensibilidad del ojo del usuario, y a la vez el contraste de las posibles obstrucción que haya en la zona.

4.2 Utilización del software DIALux

Se procedió a utilizar un software llamado DIALux, para la implementación de un nuevo sistema de alumbrado público en el casco central de la Ciudad de Mérida, pudiendo observar en forma real los niveles de iluminación adecuados, al ser comparados con la normas CIE y con los datos fotométricos obtenidos con la ayuda del Luxómetros en cada Calle y Avenida seleccionada, presentes en la Tabla 2, para ello se tomó todos los parámetros reales presentes en los sistemas de alumbrado existentes.

A la hora de proponer el cambio en los sistemas de alumbrado público existentes en el casco central de Ciudad de Mérida, se tomó en consideración los siguientes aspectos:

- Se iluminaran las aceras y la superficie de la calzada para mayor seguridad Automotriz y personal, aumentando el confort visual a los transeúntes propios y visitantes, mejorando de esta manera la imagen de la ciudad turística y estudiantil por excelencia.
- Se instalaran luminarias de 150W, en vapor de sodio de alta presión, de rendimiento luminoso elevado, con difusor plano adecuado a la instalación ya que no se producen excedentes a la atmósfera por encima de los 90°, de esta manera se evita la contaminación lumínica producto de una luminaria mal apantallada y el despilfarro de energía, debido a que todo el flujo luminoso es dirigido y aprovechado sobre la superficie que se quiere iluminar.
- Se instalaran lámparas de elevada eficacia luminosa compatibles con los requisitos cromáticos de la instalación, ya que para la instalación del nuevo sistema se utilizará la misma ubicación de los sistemas existente (CADAFE 2000). Donde el equipo auxiliar será de pérdidas mínimas y la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada y a los caminos peatonales a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias, será el más elevado posible, con valores de iluminancia mantenidos a lo largo de la vida de la instalación y en donde cuyo mantenimiento será el de mayor alcance posible cada 3 años, el factor de utilización de la instalación será el más elevado posible, ya que es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.
- El factor de mantenimiento de la instalación será el mayor alcanzable, ya que no es más que la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de los sistemas de alumbrado y los valores iniciales.

5 Resultados de iluminación obtenidos con DIALux

Se mostraran los resultados de la iluminación a implementar en el casco central de la ciudad de Mérida, para ello se utilizaran las condiciones existentes en la Tabla 1, y partiendo de la publicación CIE-115-1995 “Recomendaciones

para el alumbrado de calzadas de tráfico motorizado y peatonal”. También se ha introducido parte de la publicación CIE-136-2000 “Guía para la iluminación de zonas urbanas” para simplificar la labor del diseñador, y que deberán servir como referencia en la ejecución del programa DIALux, a la hora de cuantificar y comparar los resultados obtenidos, bajo estos criterios se propuso luminarias de rendimiento luminoso elevado, con difusor plano, con alto rendimiento y cuyo haz luminoso se adapte a la superficie a iluminar, de forma que se ilumine solo lo necesario y el diseño tenga un alto factor de utilización, procurando usar proyectores asimétricos, con asimetrías adecuadas, es decir luminarias de 150 W, ver Fig. 4, con un flujo luminoso de 17500 lm, en vapor de sodio de alta presión, sin inclinación, para evitar el despilfarro de energía y la contaminación lumínica producto de una luminaria mal apantallada, haciendo uso de los postes existentes se colocaran dichas luminarias a una altura de 7 metros, evitando destacar Calles y Avenida de otras, al utilizar niveles lumintécnicos exagerados, lo cual solo lleva a una escalada incontrolada de consumos energéticos innecesarios debido al comportamiento del ojo humano.

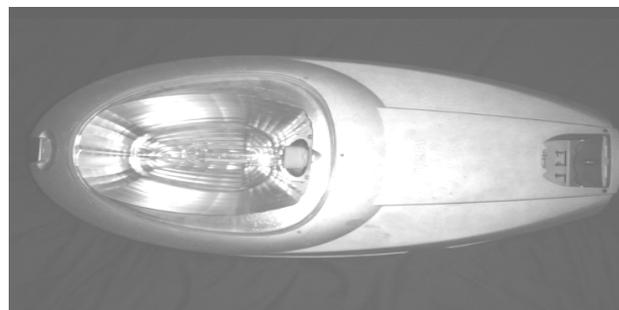


Fig. 4. Aspecto físico de la luminaria propuesta

Dicha altura de 7 m, es para producir una simetría en la instalación y aprovechar al máximo el flujo luminoso, ya que el sistema existente cuenta con una altura de montaje de 6 metros sobre la calzada con distintos modelos y grados de inclinación de los brazos, para dar solución a este problema se diseñó un brazo para la disposición y funcionamiento adecuado de la luminaria en la instalación ver Fig. 5.

Se tomó en consideración dos estudios importantes que son, el de las aceras y la calzada, en este primero es donde se debe tomar en cuenta que los usuarios principales es el tráfico de peatones, con una velocidad de desplazamiento menor 5 km/h, con un ancho de 1,20 m, altura sobre el nivel del suelo de 0,20 y un factor de reflexión de 0,27 % que corresponde al del cemento y donde se limita solo al uso de peatones, cabe destacar la importancia de la identificación de los rostros para lograr disminuir el riesgo de criminalidad del área de tráfico en cuestión, que se da en comparación con el índice de criminalidad del entorno, ya que en la aplicación real es difícil aportar información objetiva acerca del riesgo de criminalidad, porque rara vez suele haber referencia cuantificable.

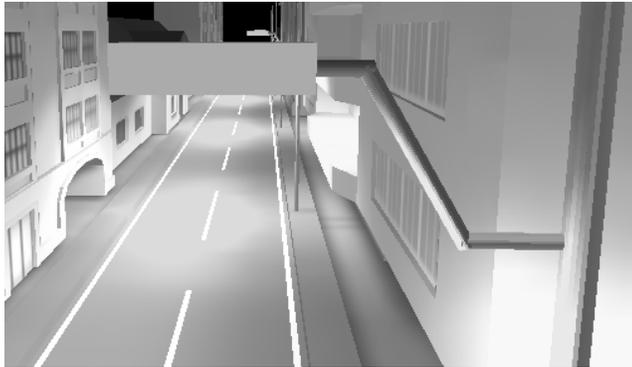


Fig. 5. Aspecto físico del brazo de la luminaria propuesta

Por otra parte, se tomó en cuenta la densidad de los peatones como alta, por ser un tráfico mixto importante, con una mayor proporción de tráfico lento de peatones, ya que el estudio es sobre calles urbanas o comerciales, calles de acceso a edificios oficiales o zonas turísticas en las que el tráfico motorizado se une al tráfico lento o a los peatones, es decir, carreteras interurbanas y calles comerciales con aceras a lo largo de la calzada, y se considera la densidad de peatones como alta, ya que no se calcula con tanta frecuencia como la del tráfico motorizado, aquí se hace solo una clasificación a groso modo, ver Fig. 6, donde se muestra los resultados de las luminancias y las curvas isolux obtenidos con la simulación, para garantizar que los niveles sean los adecuados y que cumplan con la norma establecida.

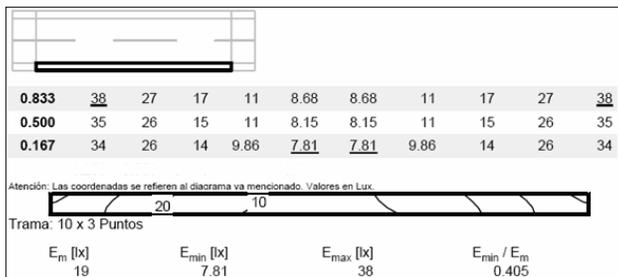


Fig. 6. Resultados de la simulación de la acera donde se encuentran ubicados los Postes con interdistancia de 35m

De la Fig. 6, se puede observar como el E_{medio} [lux] = 19 y el $E_{mínimo}$ [lux] = 7,81, donde la norma establece y plantea que la iluminancia media debe ser mayor o igual a 15, y la iluminancia mínima mayor o igual a 5, además se debe tener en cuenta que estos valores de referencia son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (fm) elevado que dependerá de la lámpara adoptada y del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo, en este caso se tomó un factor de degradación de 0,57 para esta instalación de exterior, con ciclo de mantenimiento de 3 años (Rodríguez, 1990).

Por otra parte se tiene una uniformidad global de $U_0 = 0,41$ y una uniformidad longitudinal de $U_l = 0,5$ por lo cual cumple con todos los requerimientos fotométricos presentes en la norma y en la Tabla 1, además las curvas isolux dan una referencia de que cumple con los datos fotométricos debido a que no se presentan curvas muy cercanas lo que se traduce a que no existen cambios bruscos en la iluminación.

De la Fig. 7, se observa como en la acera que esta frente a los puntos de iluminación, se tienen para la iluminancia media 21 lux que es un valor mayor que 15 lux y para la iluminación mínima se tiene 15 lux que es mayor que 5 lux, dado esto se obtiene una uniformidad global de $U_0 = 0,71$ que es mayor que 0,4, con una uniformidad longitudinal de $U_l = 0,6$ por lo cual cumple con los requerimientos fotométricos planteados.

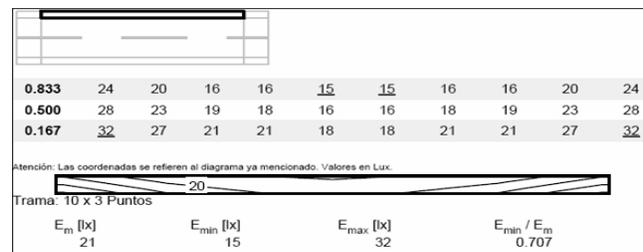


Fig. 7. Resultados de la simulación de la acera frente a los puntos de iluminación interdistancia entre poste 35m

De la Fig. 8, que representa la calzada estándar del casco Central de Mérida, con un ancho de 6,30 m que es la más ancha registrada, y con un factor de reflexión de 0,27 % que corresponde al cemento, factor de degradación de 0,57, para un mantenimiento de 3 años, debido a que los organismos encargados de la instalación no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo, se tomó el mayor alcance posible, donde la velocidad típica del usuario principal es de 5 a 30 km/h, y en donde la interdistancia entre postes no es mayor a los 35 m, se pueden observar la luminancia de la superficie de la calzada, que no es más que el resultado de la iluminación de la superficie de la calzada y las condiciones geométricas de observación, se han dado acuerdos a las Normas EN13201-3 y EN13201-4, destinados a la circulación a lo largo de los tramos de vía pública con distancias de visión de entre 60 y 180 m.

La luminancia media que es de 35 lux refleja el nivel de luminancia general al que circula el conductor, al bajo nivel de alumbrado usado para el alumbrado viario, las prestaciones mejoran con la luminancia en términos de aumentar la sensibilidad al contraste, aumentar la agudeza visual y mejorar el deslumbramiento. La uniformidad global (U_0) que es de 0.4, mide de modo general la variación de luminancias e indica cómo sirve la superficie de la calzada como fondo para las marcas de la vía pública, objetos y otros usuarios de la vía pública.

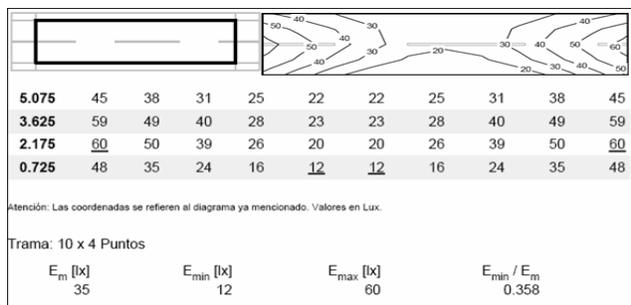


Fig. 8. Resultados de la simulación de la calzada

La uniformidad longitudinal (U_l) que es de 0.6, proporciona una medida de la visibilidad por la repetición de manchas brillantes y oscuras en la calzada, al igual se presentan los valores máximos de la intensidad lumínica con 70°: 370 cd/k lm, con 80°: 5,40 cd/k lm y con 90°: 0,00 cd/k lm, respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores, en definitiva estas luminarias instaladas son aptas para la puesta en funcionamiento. Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4, la disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6, el alumbrado limitado a la calzada es inadecuado para revelar el entorno o alrededores inmediatos de la vía pública y revelar a los usuarios de la calzada en el hombrillo, los requisitos para la relación de alrededores (SR) se aplican solamente cuando no hay áreas de tráfico con sus propios requisitos junto a la calzada, incluyendo aceras, pistas de ciclistas o carriles de emergencia, de esta manera se cumple con la norma planteada y cumpliendo con todos los datos fotométricos necesarios.

5.1 Resultados obtenidos para postes con interdistancia de 30m con ubicación en el carril central

Se mostraran los resultados de la iluminación a implementar en la Avenida 26 y el Viaducto Campo Elías del Casco Central de la Ciudad de Mérida, donde se obtuvieron los mismos resultados para ambos tramos debido a que funcionan bajo las mismas condiciones como: ancho de la calzada de 8 m, ancho de las aceras de 2 m y altura de 0,20 m, sobre el nivel de la calzada con la existencia de un carril central de 1m de ancho y de 0,3 m de altura sobre la calzada, factor de degradación de 0,57 que es un valor de referencia para la instalación de exteriores con ciclo de mantenimiento de 3 años, cuya superficie de reflexión es de 0,27%, distancia entre mástiles de 30 m, altura de montaje de 10 m y altura del punto de luz de 9,810 m, sobre la calzada se utilizaran luminaria de 150W con flujo luminoso de 17500 lm, en vapor de sodio de alta presión y con difusor plano. Ver Fig. 9.

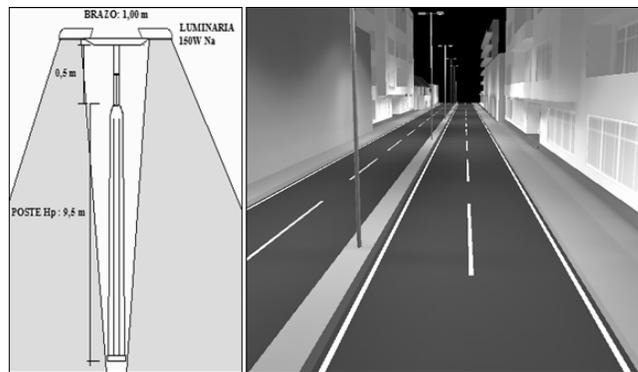


Fig. 9. Disposición de postes en el carril central, con interdistancia entre poste de 30m y altura del montaje 10m

Para el estudio de las calzadas se tomó en cuenta una situación de vías colectoras y rondas de circunvalación, carreteras interurbanas con acceso no restringido, vías urbanas de tráfico importante, vía principal de la ciudad con velocidad típica de los usuarios menor a 40 km/h y en donde el grado de dificultad de navegación, en cuanto le cuesta a un usuario decidirse por un sentido de marcha y un carril, son normales, y para ello se consideró un grado de luminancia estimativo, ya que se propuso a groso modo como alto, por ser un entorno de centros urbanos.

Para el estudio de los caminos peatonales y el carril central, se tomó en consideración, que están fundamentalmente destinadas a ser usadas cuando los acuerdos para los cálculos de luminancia de superficie de calzada sean los adecuados, y no cuando no se aplican o son impracticables. Esto puede ocurrir cuando las distancias de visión son menores de 60 m y cuando son importantes distintas posiciones de observador. Ver Figs. 10 y 11. En donde los resultados son simétricos dado que la posición de las luminarias es en el carril central.

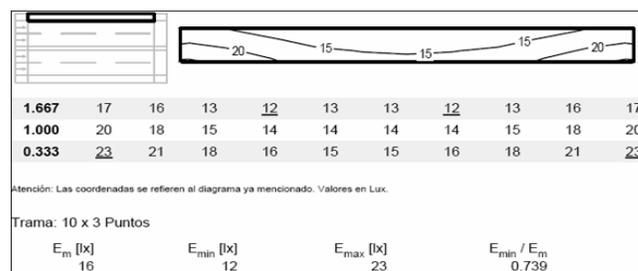


Fig. 10 Resultados de la simulación del carril peatonal 1

En las Figs. 10 y 11, se puede observar que presenta una luminancia mínima de 12 lux y con una luminancia media de 16 lux lo que representa una uniformidad global (U_o) de 0,7 que es mucho mayor que 0,4 impuesta por la norma, por lo cual es bastante buena, de esta manera la disposición y funcionamiento de la luminaria cumple con todos los requerimientos fotométricos.

Presentando unas curvas isolux donde no se observan cambios bruscos en la iluminación. Para el estudio del carril central ver Fig. 12, se obtiene una luminancia mínima de 11 lux lo que corresponde a una luminancia media de 20 lux en la superficie, obteniendo de esta manera una uniformidad global de 0,55, que en definitiva es mayor que 0,4 impuesta en la Tabla 1, así pues, al igual que satisface los resultados de la uniformidad se puede apreciar la simetría en las curvas isolux, lo cual cumple con todos los requerimientos fotométricos.

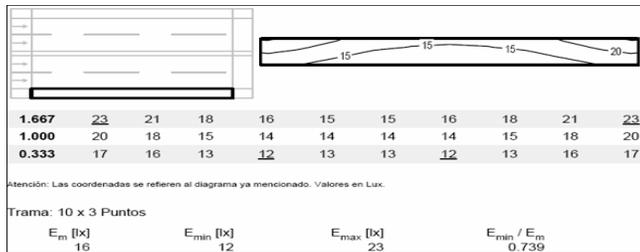


Fig. 11. Resultados de la simulación del carril peatonal 2

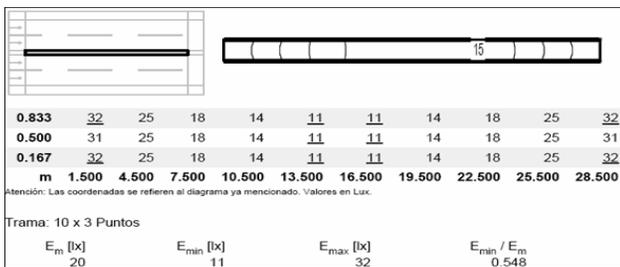


Fig. 12. Resultados de la simulación del carril central donde se encuentran dispuestas las luminarias

En el estudio de la calzada 1 y 2, ver Figs. 13 y 14, donde se muestran idénticos valores fotométricos en las calzadas, en gran parte es a la eficiencia de la luminaria y a la ubicación de las mismas, que se encuentran dispuestas una seguida de la otra en el carril central, donde la luminancia media (L) refleja el nivel de luminancia general al que circula el usuario, las prestaciones mejoran con la luminancia en términos de aumentar la sensibilidad al contraste y mejorar el deslumbramiento. La uniformidad global (Uo) es de 0,5 y es la que representa de forma general la variación de luminancias e indica cómo sirve la superficie de la calzada como fondo objetos y otros usuarios de la vía pública, por lo cual es mayor que 0,4.

Donde la uniformidad longitudinal (UI) es de 0,62 y la norma establece un valor mayor o igual a 0,6, proporciona una medida de la visibilidad por la repetición de claros y oscuros en la calzada, es decir el efecto cebra, el incremento de umbral (Ti) no puede ser superior a 0,15% para el deslumbramiento incapacitivo, el cual tiene un valor de 0,7 %, indica que aunque el alumbrado viario mejora las condiciones visuales también causa deslumbramiento incapacitivo en un grado que depende del tipo de luminarias, lámparas y

situación geométrica, el alumbrado limitado a la calzada es inadecuado para revelar el entorno o alrededores inmediatos de la vía pública por esta razón se realizó el análisis a los caminos peatonales. Para la relación de alrededores (SR) se aplican solamente cuando no hay áreas de tráfico con sus propios requisitos junto a la calzada, incluyendo aceras, pistas de ciclistas o carriles de emergencia.

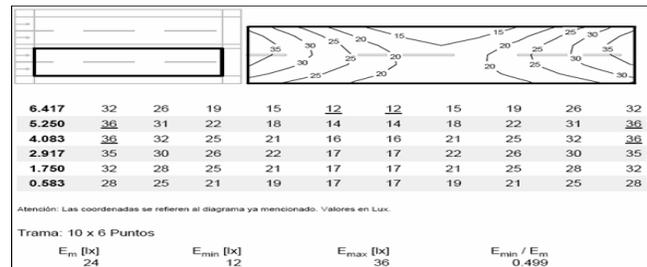


Fig. 13. Resultados de la simulación de la calzada 1

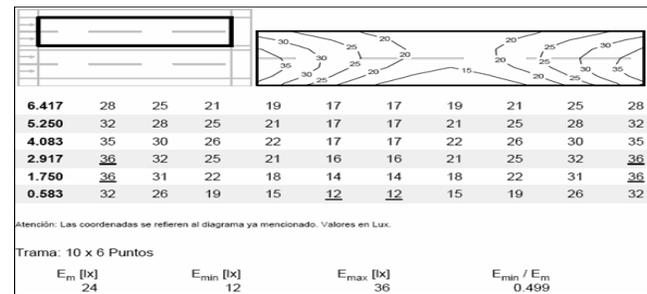


Fig. 14. Resultados de la simulación de la calzada 2

6 Conclusiones

En el caso de las Calle y Avenidas del Casco Central de la Ciudad de Mérida, del análisis se observa un gran porcentaje de instalación de alumbrado que presenta deficiencias de estado o de servicio, presentando condiciones de funcionamiento inferiores a las necesarias y por lo tanto una problemática en la seguridad vial y ciudadana, con un desaprovechamiento de los recursos invertidos al operar con menor eficiencia, según los resultados obtenidos en las Figs. 2 y 3, se puede ver como las medidas fotométricas, dan como resultado una iluminación inadecuada con distribución y alcances incorrectos, cambios muy bruscos en la iluminación de la calzada, lo que se traduce a una mala uniformidad global y longitudinal, haciéndose presente un gran índice de claros y oscuros a lo largo de la zona iluminada.

La limitante como tal, es la instalación existente porque a la hora de implementar dicho sistema de alumbrado fue fundamentado principalmente en criterios empíricos y en costumbres adquiridas, más que por la calidad de la iluminación, la eficiencia y el ahorro de energía. Por lo que se tuvo que realizar un análisis a fondo de todos los componentes del sistema y la creación de una luminaria que cumpliera con todos los parámetros existentes en los sistemas de

alumbrado público.

Con la implementación del nuevo sistema de alumbrado público basado en el existente, se remplazarán 555 puntos de iluminación, con una potencia instalada de 92,5 KVA, con lo cual se estaría aumentando la potencia en 15 KVA, ya que el sistema existente contaba con una potencia instalada de 78 KVA. Aunque parezca innecesaria, se justifica con la generación de mayor eficiencia y uniformidad global y longitudinal de la instalación.

Con la activación de las luminaria de 150W con difusor plano adecuado a la instalación, se evita la contaminación lumínica ya que todo el flujo luminoso es aprovechado en la zona iluminada, no se producen excedentes a la atmósfera por no producir iluminación por encima de los 90°, presentado un rendimiento luminoso elevado iluminando las aceras y la superficie de la calzada para mayor seguridad automotriz y personal, aumentando el confort visual a los transeúntes propios y visitantes, mejorando de esta manera la imagen de la ciudad turística y estudiantil por excelencia.

La lámpara es de elevada eficacia luminosa compatible con los requisitos cromáticos de la instalación, ya que para la instalación del nuevo sistema se utilizará la misma ubicación de los sistemas existente. Donde el equipo auxiliar será de pérdidas mínimas, y la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada y a los caminos peatonales a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias, será el más elevado posible, con valores de iluminancia mantenidos a lo largo de la vida de la instalación y en donde cuyo mantenimiento será el de mayor alcance posible cada 3 años.

Al considerar, que el número promedio de luminarias por sector de Alumbrado Público, tal y como se encuentra en la actualidad, no excede de treinta y que además la potencia promedio se puede estimar en 160 W. A una tensión de 120 V, se puede fácilmente determinar que las cajas deben ser reubicadas a sitios donde verdaderamente presenten un adecuado servicio y desde el punto de vista económico, representen y justifiquen su colocación. Por otra parte, esto causa disminución del factor de utilización, lo que aumenta el consumo de energía, de esta manera, toda caja de control deberá ser instalada en postes donde existan perchas terminales opuestas 180° y que a su vez sean límites de dos bancos de transformación.

La luminaria propuesta no se debe colocar en postes donde la interdistancia entre mástiles supere los 40 m, debido a que no cumple con todos los requerimientos fotométricos, por lo que se recomienda colocar otro mástil en medio de esta interdistancia para satisfacer todas las condiciones establecidas por la norma que rigen el alumbrado público.

Referencias

- CADAFE, 2000, Instructivo para el Liniero Electricista.
- CADAFE, 2006 Alumbrado Público, División – Adiestramiento de MT de CADAFE.
- CIE (Comisión Internacional de Iluminación) 115-1995, Recomendaciones para el Alumbrado de Calzadas de Tráfico motorizado y Peatonal.
- CIE (Comisión Internacional de Iluminación) 136-2000, Guía para la Iluminación de Zonas Urbanas.
- COVENIN 2249- 93, Iluminancia en tareas y áreas de trabajo. Norma Venezolana
- EN (Normas Europeas) 13201-3. 2007. Iluminación de caminos.
- EN (Normas Europeas) 13201-4. 2003. Iluminación de caminos. Métodos de medidas de iluminación eficiente.
- Ereú MG, 2007, Alumbrado Público, Criterios, Diseño y Recomendaciones, 3era Edición, Caracas.
- Fernandez A, 2006, Simposio Nacional de Alumbrado, Madrid.
- <http://www.edison.upc.es/curs/llum/indice0.html>.
- Iluminación de Exteriores, Consultado el día 23 de Marzo de 2009 de la World Wide Web: <http://www.ucm.es./info/opticaf/OPTILUMINA/presenta/pdf/2%20temperaturaColor.pdf>.
- Iluminación de Exteriores. Consultado el día 23 de marzo de 2009 de la World Wide Web:
- Manual de Sistemas Eléctricos para Iluminación. BUCROS CONSULTORA 1998.
- Normas de Diseño para Alumbrado de Exteriores. CADAFE.
- Rodríguez CC, 1990, Mantenimiento de Alumbrado Público. Caracas: Editorial El Marqués.
- San Martín R, 2004, Manual de Luminotecnia. Ediciones Osram.

