



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**EN EL ALUMBRADO PÚBLICO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**PRESENTA:**

**JESÚS MIRALRIO SERVIN**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DRA. MANUELA AZUCENA ESCOBEDO IZQUIERDO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA 2013**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## CONTENIDO

### Indice desglosado

Objetivos.....	5
Objetivos (Generales) .....	5
Objetivos (Específicos) .....	5
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>6</b>
El Papel de La Energía en México.....	6
1.1. Introducción.....	7
1.1.1. ¿Qué es la Energía? .....	7
1.1.2. Fuentes de Energía.....	8
1.1.3. El futuro de la Energía .....	11
1.2 El Sector Energético .....	15
1.2.1 El Sector Energético en México.....	15
1.2.2 Producción y Consumo de Energía.....	16
1.2.3 El sector Eléctrico .....	20
1.3 Uso Final de la Energía .....	25
1.3.1 Energía Eléctrica .....	26
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>29</b>
Principios de Iluminacion Exterior .....	29
2. Iluminación Exterior .....	30
2.1. Luz Natural .....	30
2.2. Sistemas y Procesos de Iluminación Artificial.....	32
2.2.1. Tipos de Lámparas y Luminarios .....	33
2.2.2. Nuevas Tecnologías .....	41
2.3 Nivel de Iluminación.....	43
2.3.1. Alumbrado Publico .....	46
2.3.2. Diseño del alumbrado.....	47
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>50</b>

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

Ahorro de Energía en Alumbrado Público .....	50
3.1. Programas de Ahorro de Energía en Alumbrado Público .....	51
3.1.1 Programas de Ahorro de Energía en Alumbrado Público en México .....	55
3.1.2 Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012... 55	
3.2 Programa Sectorial de Energía 2007-2012 .....	56
3.3 Proyectos e Implementaciones .....	58
3.3.1 Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal .....	58
3.4 Alumbrado Público en el circuito exterior de Ciudad Universitaria .....	62
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>63</b>
Análisis de los Niveles de Iluminación y DPEA en el Alumbrado Público de Ciudad Universitaria	63
4.1. Recopilación de Información de Ciudad Universitaria.....	64
4.1.2. Antecedentes .....	64
4.1.3. Circuitos y Vialidades que conforman CU .....	66
4.2. Recopilación de datos y mediciones de la iluminación del alumbrado público de Ciudad Universitaria .....	69
4.2.1. Descripción del levantamiento de datos y mediciones .....	69
4.2.2. Análisis comparativo conforme las normas NOM-001-SEDE-2005 Y NOM -013-ENER-2004 en nivel de iluminancia.....	75
4.3. Calculo del DPEA .....	76
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>79</b>
Evaluación del Ahorro de Energía en el Alumbrado Público de Ciudad Universitaria .....	79
5.1. Características de las luminarias de Ciudad Universitaria .....	80
5.1.1. Evaluación de Ahorro de Energía.....	80
<b>CAPITULO VI</b> .....	<b>85</b>
Conclusiones.....	85
6. Conclusiones.....	86
Referencias Bibliográficas .....	88
Bibliografía.....	89
<b>ANEXOS</b> .....	<b>91</b>
<b>ANEXO I:</b> Catalogo Master CosmoPolis .....	91
<b>ANEXO 2:</b> Fichas Tecnicas de resultados de la evaluación del ahorro de energía eléctrica. ....	104

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

<b>ANEXO 3:</b> Método punto por punto.....	107
<b>ANEXO 4:</b> Resultados del levantamiento de datos .....	122
<b>ANEXO 5:</b> NORMAS .....	137
<b>ANEXO 6:</b> Folletos de consulta CONUE .....	161

# Objetivos

## Objetivos (Generales)

- Evaluar el ahorro de la energía eléctrica, así como el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas en el alumbrado público de Ciudad Universitaria, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Objetivos (Específicos)

- Evaluar desde el punto de vista energético el sistema de alumbrado, Master Cosmo Polis de halogenuros metálicos, con respecto del sistema de iluminación de Vapor de Sodio alta Presión.
- Evaluar el nivel de iluminación conforme a la Norma Oficial Mexicana
- Evaluar la densidad de potencia eléctrica en el alumbrado público conforme a la Norma oficial Mexicana.

# **CAPITULO I**

## **El Papel de La Energía en México**

## 1.1. Introducción

### 1.1.1. ¿Qué es la Energía?

Energía es una palabra la cual es empleada en diversos contextos, energía es sinónimo de poder, es invisible e intocable, es lo que hace que las cosas funcionen correctamente. La cotidianidad ha hecho de ella una expresión capaz de adquirir un significado preciso y diferente según la disciplina de estudio, de ahí el problema que se enfrenta para poder dar una definición la cual englobe todas las cualidades que en ella se presentan y cumpla en todos los campos de la física.

El concepto de energía se asocia como una de las propiedades físicas más importantes, se define como la capacidad para realizar un trabajo, trabajo significa la aplicación de una fuerza ó esfuerzo con el cual se realiza una tarea. Energía es todo aquello que puede originar o dar existencia a un trabajo. Todo ello nos lleva a realizar un análisis a detalle el cual toma un amplio significado considerando los principios de la energía.

*Principio de la Conservación de la Energía:* Este principio establece que la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma. La energía que entra en un sistema tiene que evaluarse como energía acumulada ó que fluye hacia afuera.

*Principio de la Degradación de la Energía:* En todos los procesos una parte de la energía pierde su capacidad para realizar un trabajo lo cual degrada en calidad. En otras palabras se dice que la energía ya ha sido empleada, el potencial energético capaz de hacer trabajo se ha degradado en energía térmica generalmente en forma de calor disipado, el calor es una de las muchas formas en que la energía puede manifestarse y es la única hacia todas las demás pueden transformarse completamente.

En Física aplicada estos son los principios básicos con los cuales se puede describir el comportamiento de la energía como una manifestación física muy importante, sin embargo existe un tercero el cual proporciona otras características de la energía sin perder el enfoque de análisis.

*Principio de la Máxima Potencia:* Un sistema sobrevive si recibe más energía y la emplea con mayor efectividad en comparación a otro sistema. Los sistemas que sobreviven a la competencia entre alternativas diferentes son los que desarrollan un flujo de entrada mayor y emplean este de la mejor manera para encontrar la forma de sobrevivir, son capaces de extraer para sí un máximo de potencia que emplean para la satisfacción de sus necesidades.

Estos son los principios de la energía que logran sentar las bases de estudio, dando un enfoque estructurado amplio y bien definido, estos principios cumplen en cualquier



condición en la naturaleza. De esta forma se puede plantear que la energía es la capacidad que posee la materia para producir calor, trabajo en forma de movimiento, luz, crecimiento biológico, etc.

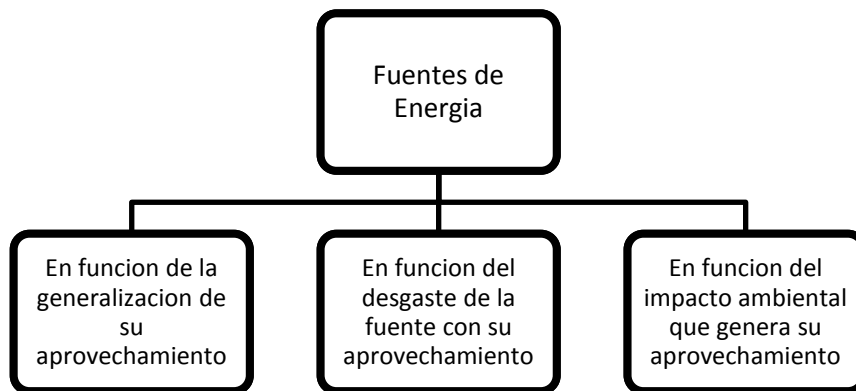
La potencia expresa el flujo de la energía, es la rapidez con que se hace un trabajo indicando que tan rápido se realiza la transferencia de energía, por ello la potencia se define como el flujo de energía por unidad de tiempo. La energía puede manifestarse en la naturaleza de dos formas posibles, **cinética y potencial**

La energía es un medio no un fin, cualquier cosa tiene una componente energética y el flujo de energía es la base de la naturaleza y de la vida humana en particular.

### 1.1.2. Fuentes de Energía

A fin de obtener energía útil para el desarrollo el hombre ha recurrido a las llamadas fuentes de energía, el medio por el cual se canalizan los recursos (energía primaria) que brinda la naturaleza los cuales se transforman en energía capaz de satisfacer las necesidades de una sociedad a través de bienes y servicios (energía secundaria). La primera forma útil de la energía para el hombre fue la energía calórica y casi inmediatamente la energía mecánica. Posteriormente, al descubrirse la energía eléctrica y sus bondades para su transporte y utilización ésta pasó a ser una de las presentaciones más importantes de la energía para el hombre.

Las fuentes de energía se describen de acuerdo a su funcionamiento y su impacto en el ambiente.



**Figura 1.1**

*Fuentes de Energía según su generalización: Energía convencional y Energía alternativa.*

La energía convencional es la que cuenta con una tecnología para su explotación, desarrollada y difundida por todo el mundo. Por otra parte la energía alternativa es

aquella cuyo desarrollo tecnológico esta aun en fase de investigación ó están sujetas a distintas pruebas de valoración.

*Fuentes de Energía según su desgaste:* Energía renovable y Energía no renovable.

La energía renovable es la que posee la capacidad de regenerarse a sí misma y se considera como una fuente inagotable de energía siempre y cuando no se alteren sus factores de regeneración. La energía no renovable carece de auto regeneración, es decir, una vez empleada como energía útil ya no se puede recuperar por lo tanto su aprovechamiento es finito.

*Fuentes de Energía según su desgaste:* Energía blanda y Energía dura.

La energía blanda no afecta de manera considerable el ecosistema, se considera una energía limpia y de bajo impacto ecológico. Sin embargo la energía dura es altamente contaminante ocasionando series cambios que afectan todo el entorno que los rodea.

Las fuentes de energía primaria se clasifican como energías renovables y no renovables, como se muestra en la tabla 1.1.

<b>Fuentes de Energía Disponible</b>	
<b>Renovables</b>	<b>No Renovables</b>
<b>Energía Hidroeléctrica</b>	<b>Petróleo crudo</b>
<b>Mareas</b>	<b>Gas natural</b>
<b>Calor Geotérmico</b>	<b>Carbón</b>
<b>Biomasa</b>	<b>Fisión Nuclear</b>
<b>Energía Eólica</b>	<b>Petróleo Sintético</b>
<b>Energía Solar</b>	

**Tabla 1.1**

Con el tiempo el hombre fue aprendiendo gradualmente a aprovechar las fuentes de energía que le brindaba la naturaleza y en la época moderna aparecieron diferentes formas más sofisticadas de aprovecharla, complejos denominados plantas de generación.

Una planta de generación de energía es un complejo creado por el hombre destinado a transformar la proveniente de alguna fuente de la naturaleza en una forma de energía útil para el hombre. Una planta de éstas tiene como finalidad producir un tipo de energía útil para un consumidor a partir de una fuente que contiene alguna clase de energía aprovechable. Aquí es donde adquieren una gran importancia las fuentes de

energía, como medios de producción en la generación de energía, principalmente como energía eléctrica.

Es evidente que el mundo entero encara aumentos considerables en el consumo de energía, la producción de energía trae consigo una perturbación ambiental inevitable, esto es, los problemas ambientales aumentan a medida que las mismas necesidades lo hacen.

Durante el siglo XX el consumo anual de energía primaria de forma comercial en el mundo ha aumentado más de diez veces, esto se debe al aumento progresivo en la tasa de población y a la mecanización de la industria, aunque no es cosa de extrañarse que los combustibles fósiles como el petróleo sigan siendo la energía más explotada en la actualidad debido a su alta capacidad para generar energía, sin embargo la disponibilidad de este recurso se limita cada vez mas orillando a la humanidad a encontrar nuevas alternativas para la generación de energía.

La energía producida en el mundo en la segunda mitad del siglo XX corresponde a un 80% generado por distintos hidrocarburos, principalmente petróleo y gas natural, los países industrializados consumen alrededor de  $\frac{2}{3}$  partes de la energía producida en el mundo mientras que los países en vías de desarrollo consumen solamente  $\frac{1}{8}$  parte de energía. Cabe mencionar que más de la mitad de los recursos naturales se obtienen de los países en vías de desarrollo, sin embargo las tecnologías para explotar dichos recursos se encuentran en los países industrializados.

El factor más importante que determinara el uso futuro de las fuentes de energía es sin duda el impacto ambiental y social que afectara cada una, el daño ambiental que se causa al desechar los desperdicios de las principales áreas de transformación es bastante elevado que ocasiona un sinnúmero de consecuencias irreversibles en el ecosistema, por ello la necesidad de plantear nuevos tratados de tecnologías y políticas energéticas sustentables, las cuales garanticen la conservación y preservación de los factores involucrados en los procesos de producción de energía.

### 1.1.3. El futuro de la Energía

El papel de la tecnología se basa principalmente en cuestiones ambientales sin dejar atrás temas tan importantes como producción, economía, viabilidad, etc. Por lo cual se presenta a continuación conceptos los cuales explicaran brevemente lo que se pretende lograr.

#### Desarrollo Sustentable

“Es el proceso evaluable mediante criterios de carácter ambiental, económico y social, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación de equilibrio ecológico, protección al ambiente y aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las generaciones futuras” (Art 3, Fracción XI, LGEEPA)<sup>1</sup>

La metodología del desarrollo sustentable plantea el poder llevar a cabo la capacidad de generar energía sin comprometer el futuro, manteniendo la igualdad dentro de cada sector de que conforma una sociedad, es decir, satisfacer las necesidades del presente sin comprometer a generaciones futuras la capacidad de satisfacer sus propias necesidades.

Reformar una nueva cultura con la cual establecer los procesos de producción y consumo racional acorde con la capacidad de cada sociedad, encontrar una manera de alcanzarlo conformando una unión de los distintos grupos y sectores que lo conforman encaminándolo a un propósito común que resulte en un bienestar de toda la sociedad.

Un ejemplo adecuado podría ser que en el caso de los recursos naturales renovables, se tendría que controlar la extracción a una velocidad la cual garantice a la propia naturaleza regenerarse, por otra parte para los no renovables se debería realizar la extracción a una tasa que ofrezca alternativas de sustitución mediante nuevas tecnologías.

Uno de los puntos más importantes del desarrollo sustentable es promover el potencial de ahorro de energía, emplear de manera más eficiente la energía no solo ahorrarla, a través de mejores tecnologías para lograr la reducción en el consumo, modificando los patrones sociales de comportamiento satisfaciendo solo las necesidades primarias energéticas. Esto a la postre significara un cambio respecto a las practicas convencionales de producción como eficiencia, productividad, rentabilidad y otros

---

<sup>1</sup> LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental

aspectos similares de tipo económico, agregando inquietudes sobre el impacto ambiental, salud, conservación de recursos y energía, manejo de residuos, etc.

Para poder realizar esto es necesario establecer políticas de desarrollo, cambiar el acceso a los recursos según la distribución de costos y beneficios, además de nuevos modelos de desarrollo los cuales marquen la pauta para conformar un cambio en nuestras actividades sociales, políticas y económicas.

### Energías Renovables

Las Energías Renovables representan una respuesta importante a la demanda generalizada de un modelo sustentable de progreso, sin embargo hoy en día todavía no posee un posicionamiento importante en la producción de energía a nivel mundial, aunque cabe mencionar que su crecimiento ha sido bastante alentador.

Hoy en día los países desarrollados cuentan con nuevas tecnologías que utilizan energía renovable en sus procesos de transformación, los estudios realizados durante las últimas tres décadas del siglo anterior así lo constatan. Actualmente existen grandes avances en energía renovable destacando la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía hidráulica, bioenergía, entre otras que han ido ganando terreno en la generación y producción de energía eléctrica.

El desarrollo de las Energías Renovables ha sido impulsado de manera importante por las reducciones en los costos de inversión, operación y mantenimiento derivados de mejoras tecnológicas. De ahí resulta la importancia de fortalecer su investigación y desarrollo tecnológico.

Estudios prospectivos realizados por el centro de investigación en energía de la UNAM (CIE), concluye la posibilidad de un impacto masivo de las fuentes renovables si se usa de manera adecuada, de los cuales destacarían algunos logros.

- 50% de la energía total en el mundo puede suministrarse por fuentes renovables de energía para el año 2050 según proyecciones de la Agencia Internacional de Energía
- 30% de la energía total en México puede generarse por energías renovables para el año 2025, además de obtener hasta un 45% de generación eléctrica a través de estos medios.

Los retos futuros para la generación, producción y consumo de energía se relacionaran fundamentalmente con el desarrollo de su tecnología ambiental y el desarrollo de sus procesos industriales en los cuales el diseño incluya el ahorro de energéticos, la

disminución de residuos, reciclaje, mejores dispositivos y tratamiento para el control de emisiones en la atmósfera, etc. La tecnología jugará un papel importante el cual ayude a mitigar los problemas por lo que atraviesa el país en distintas áreas de los sectores energéticos en México y ayude a prevenir en forma considerable dichos problemas garantizando la disponibilidad de la energía en un futuro.

La energía y el desarrollo tanto como concepto y como fenómenos en la sociedad siempre van caminando de la mano y ciertamente a través de los años y conforme la sociedad va creciendo y evolucionando, el consumo de energía es cada vez mayor y prueba de ello es que el consumo se ha quintuplicado.

La energía presenta en la actualidad 5 problemas:

- Desigual distribución de la producción y el consumo.
- Limitación de las fuentes de energía que hoy se utilizan.
- Papel dominante del petróleo.
- El consumo energético per cápita actual es muy dispar
- Graves problemas de conservación del medio ambiente, que afectan a otros recursos productivos y pueden dar lugar a un cambio climático generalizado.

En la actualidad las cinco grandes fuentes de energía son: el Petróleo, el Gas Natural, el Carbón, la Fisión Nuclear y la producción Hidroeléctrica y precisamente con estas fuentes se debe de desarrollar cada vez mejores alternativas en cuanto a su explotación para la obtención de energía porque cada vez es más acelerado el desarrollo y el crecimiento en la demanda de la electricidad. Para lograr sistemas energéticos sostenibles será preciso acelerar la innovación tecnológica. Las restricciones medioambientales, que incidirán sobre la producción de energía, abrirán nuevas oportunidades para los inversores.

En el caso de la economía mexicana la demanda nacional de energía, se especifica tanto a nivel nacional como por sectores industrias energéticas, el agropecuario, el industrial, el residencial, el comercial y el transporte. En México casi más de medio siglo la industria mexicana se desarrolla con el respaldo de una política proteccionista del estado y debido a esto basta con voltear a nuestro alrededor en la mayoría del sector industrial se ha visto un rezagó que ha impedido que México sea más competitivo, esto en el área tanto energética como económica.

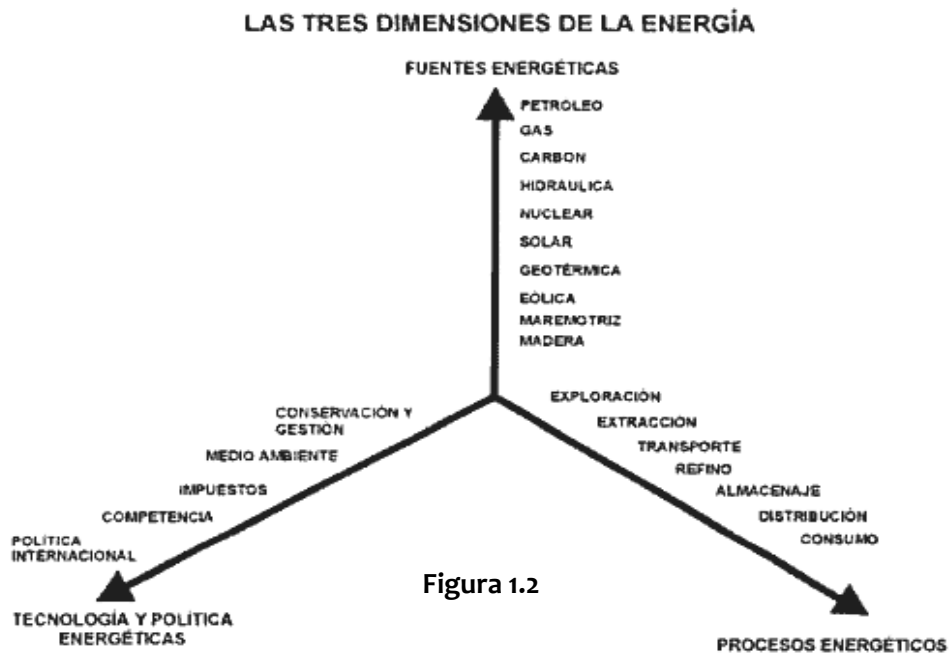
En la industria el problema que ha ocurrido es que con la misma tecnología que empezaron sus operaciones es con la misma que siguen trabajando, sin embargo se está haciendo una nueva estructura con forme a las nuevas necesidades y aperturas

hacia el comercio, esto permite que hoy en día se esté bajo los cánones ambientales que requieren una normatividad para la eficiencia de nuevos procesos no solo en cuestión tecnológica, sino también en el ámbito organizativo y comercial.

Esto pretende racionalizar en cuanto a la producción de la energía e implementar nueva tecnología en las diferentes formas de producir la electricidad ya sea con plantas hidroeléctricas, carboeléctricas, termoeléctricas o energía nuclear. Ahora más que nunca es incuestionable la necesidad de enfocar la tecnología hacia métodos imaginativos que nos lleven a el uso menos intensivo de los recursos y a disminuir y neutralizar los residuos que producimos si es que estamos dispuestos a construir un futuro viable para las nuevas generaciones.

Por ello se necesita un objetivo inmediato en buscar las formas de limitar y disminuir el gasto de recursos y el impacto ambiental derivado de la actividad económica. Si se quiere lograr a corto plazo un desarrollo sustentable tenemos que tener como objetivo el tratar de producir más con menos, es decir reduciendo y haciendo más eficiente el uso de los recursos.

Es aquí donde el desarrollo en la innovación de nuevas tecnologías dará los resultados en la obtención, producción, eficiencia y reciclaje de los recursos en el manejo de la energía y economía de los diferentes sectores que se manejan en el país.



En esta grafica se observa y se trata de explicar de una mejor forma como las dimensiones que tiene la energía engloban la economía de un país en su desarrollo, por un lado están las tecnologías y políticas energéticas donde se llevan a cabo la planeación en la generación y conservación del medio ambiente y estudiando a su vez los procesos energéticos que se deben de llevar a cabo sin perder de vista el objetivo antes mencionado de producir más por menos, y por el otro lado la fuente primaria que se desea construir.

La decisión debe tener una fuerte componente estratégica dada que la misma tiene la última palabra en la utilización de una determinada tecnología y equipos cuya sustitución puede contribuir en una inversión económica importante. En la elección debe de existir un buen conocimiento de las peculiaridades locales de la fuente de abastecimiento y de las actividades más comunes en el sector es decir que también hay que tener bien en cuenta los abastecimientos de la competencia y las razones que las justifican.

No hay duda que la tecnología y los conocimientos en el sector de la generación de la energía siempre va estar avanzando a pasos agigantados al igual que el desarrollo de la población, sin embargo es donde debe tener el país una visión pionera en la obtención de la energía teniendo cada vez más presente la repercusión que trae esta en el medio ambiente, teniendo y tomando cada vez más en serio la implementación de sistemas energéticos renovables ahorradores menos contaminantes.

## 1.2 El Sector Energético

El sector energético es fundamental para cualquier país, el suministro de energéticos con calidad y eficiencia contribuye en gran medida a un bienestar general en la población, tanto por su importancia en el sector productivo como por la contribución histórica que presenta por ser una de las principales fuentes de divisas e ingresos fiscales. En este sentido, se busca proporcionar elementos de análisis sobre este sector, analizando la evolución del mismo.

### 1.2.1 El Sector Energético en México

La información estadística constituye una herramienta fundamental para conocer objetivamente los fenómenos económicos y sociales en su dimensión, estructura, comportamiento, distribución e interrelaciones. De esta manera, su utilización es indispensable para llevar a cabo la elaboración de diagnósticos, la sustentación de estudios e investigaciones, la formulación, instrumentación y control de planes y programas, así como la evaluación de los resultados llevados de los



estudios realizados en todo el sector eléctrico en México tomando en cuenta los puntos de vista y el trabajo que se está llevando a cabo en el manejo de la energía.

El sector energético en México presenta cinco características fundamentales. La primera característica del sector energético en México es que los hidrocarburos son la principal fuente de energía producida en el país, por dar un ejemplo en 2006 representaron 60.2% de la energía producida en el año. En segundo lugar, el sector que consume más energía es el transporte, sobre todo gasolinas y naftas.

Una tercera característica del sector energético en México es el alto nivel de exportación de fuentes de energía primarias, sin procesamiento o transformación, como el petróleo, y la elevada importación de fuentes de energía secundarias, como las gasolinas. Un cuarto elemento que caracteriza al sector de energía del país es la disminución de las reservas probadas de petróleo crudo, mismas que con los niveles actuales de producción y sin mejoras en la tecnología disponible. Finalmente, un quinto aspecto a destacar sobre el sector energético en México es el desafío que supone llevar energía eléctrica a todos los hogares del país con la mayor eficiencia.

El petróleo y sus derivados han jugado un papel importante en México, han permitido impulsar la industria, con los recursos obtenidos de su explotación ha sido posible financiar una parte importante del desarrollo económico y social. Sin embargo el petróleo en el futuro tendrá que venir de yacimientos cuya complejidad supera, por mucho, la que se ha presentado hasta ahora. Para enfrentarlo se requerirá incrementar la capacidad de ejecución y de inversión, adoptar mejores prácticas en la administración del riesgo y utilizar la tecnología más adecuada para la explotación de los nuevos yacimientos.

### 1.2.2 Producción y Consumo de Energía

A continuación se integra estadística relevante sobre la participación del sector energético en los principales agregados macroeconómicos nacionales en el último sexenio, proporcionando de esta manera elementos para el conocimiento y análisis de este sector, con lo cual se fortalece el servicio público de información.

### Producción de Energía

La cantidad de energía que México produce proviene principalmente de fuentes de energía primaria y en menor medida de fuentes de energía secundaria: en 2009 la producción de energía primaria fue de 9,852.92 [PJ] y de energía secundaria fue de 5529.03 [PJ], poco más de la mitad que la energía primaria.

Entre 2006 y 2009, la producción de energía primaria decreció 7.06%, al pasar de 10,548.63 a 9852.92 [PJ]. Los hidrocarburos representaron la principal fuente de energía primaria: en 2009, tan solo el 90.58% de la energía producida en el país provino de esta fuente, el petróleo y el gas natural representan más del 80% de la producción de hidrocarburos.

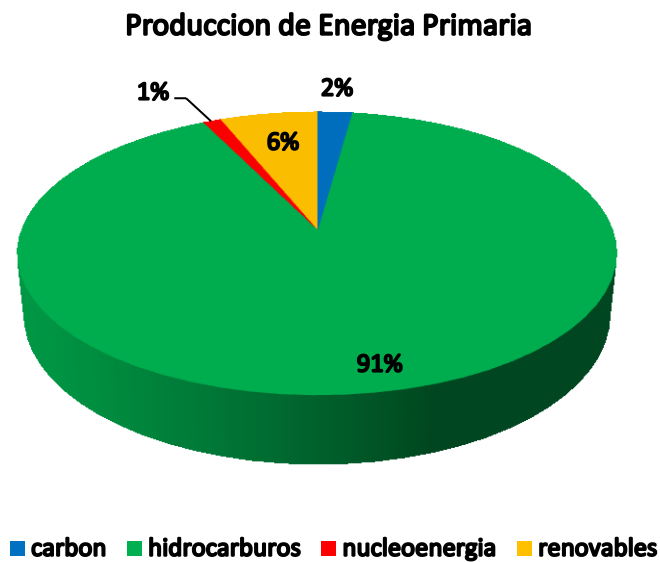


Figura 1.3

**Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.**

Por su parte, la producción de energía secundaria aumentó 3.26% entre 2006 y 2009, al pasar de 5324.91 [PJ] a 5,529.03 [PJ]. En 2009, las principales fuentes de energía secundarias producidas en México fueron el gas seco (24.82% del total). De la parte de productos petrolíferos los más sobresalientes fueron las gasolinas y naftas (17.7%), y el combustóleo (15.6%), por otra parte la energía eléctrica represento el (15.31%) del total. Como se puede observar en la figura 1.4 solo el 15% de la producción de energía primaria se emplea para obtener electricidad donde la mayor parte de los combustibles empleados son hidrocarburos.

### Consumo de Energía

El consumo nacional de energía primaria y secundaria en 2009 fue de 8,246.95 [PJ], del cual 34.3% (2,654.6 [PJ]) fue utilizado por el sector energético para la producción de energía y 58.1% (4,582.1 [PJ]) se destinó al consumo final, para uso residencial y en los diferentes sectores de la actividad económica del país.

El consumo final de energía, que forma parte del consumo nacional, comprende la energía utilizada para satisfacer las necesidades de las actividades productivas en el país, como la industria, el transporte y para uso residencial, así como la energía consumida por el sector de petroquímica de Petróleos Mexicanos (Pemex) y otros sectores.

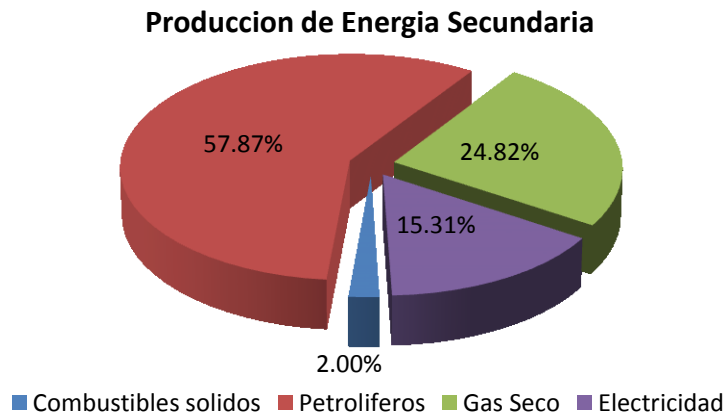


Figura 1.4<sup>2</sup>

**Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.**

El sector del transporte es el que más consumió energía en 2009 (2224.5 [PJ]): 48.7% del consumo energético total. En segundo lugar se encuentra el sector industrial (1,283.61 [PJ]), que representaron 28.1% del consumo energético total. El consumo residencial, comercial y público se ubica en tercer lugar de importancia (913.46 [PJ]), equivalente a 6.52% del consumo energético total. Sin embargo como se observa en la figura 1.5 el sector publico tan solo abarca el 0.61% del consumo energético.

<sup>2</sup> Combustibles Sólidos: Se refiere a los coques de petróleo y de carbón

Petrolíferos: Engloba las gasolinas, naftas, combustóleo, gas licuado, querosenos, diesel y productos no energéticos

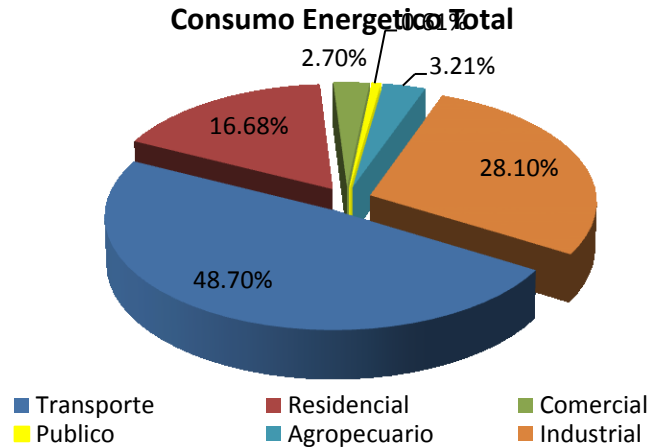


Figura 1.5

**Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.**

Como pudimos constatar, esta es una parte fundamental de la situación por la que atraviesa el sector energético mexicano, cabe mencionar que existen demás parámetros que dan una explicación a fondo de dicha situación tanto política, económica y social, sin embargo están son sus principales características respecto a su producción y consumo que reflejan perfectamente su presente y su posible futuro inmediato.

Se puede observar que la producción de hidrocarburos en México es bastante notable, tal solo representa el 91% de la producción de energía primaria, la cual a través de transformaciones energéticas será aprovechada y se empleara para distintas necesidades del ser humano.

Como ya se ha visto el sector que más consume energía es sin duda el transporte, esto se debe a que dicho medio necesita de grandes cantidades de hidrocarburos, en su mayoría gasolinas y naftas, es por ello la importancia de estos recursos no solo de México sino del mundo entero. Sin embargo el ser humano requiere de otra forma de energía con la cual satisfacer sus necesidades, así el hombre ha recurrido a la generación de energía eléctrica como el medio fundamental de generación de energía para uso final, y al ser los hidrocarburos la principal fuente para lograr dicha energía eléctrica vemos la importancia de la situación del sector energético mexicano.

La electricidad es una fuente de energía que puede transformarse en calor, luz y movimiento, entra a diario en contacto con la vida de los seres humanos al estar presente en una amplia variedad de bienes y servicios que se usan en diversos lugares como el hogar, la escuela, el trabajo y los centros de recreación.

El consumo nacional de electricidad está compuesto por dos categorías: 1) las ventas internas de energía eléctrica, las cuales consideran la energía entregada a los usuarios con recursos de generación del sector público, incluyendo a los productores independientes de energía, y 2) autogeneración, que incluye a los permisionarios de autoabastecimiento, cogeneración e importación de electricidad. El sector eléctrico es sin duda un sector el cual es de gran importancia para México, su crecimiento en el consumo de energía está ligado directamente a la economía del país así como a su crecimiento demográfico ya que de ella se formara la estructuración para proveer el consumo de electricidad a largo tiempo.

### 1.2.3 El sector Eléctrico

La demanda de electricidad durante el siglo pasado ha tenido un constante crecimiento tanto en la población de usuarios así como su consumo por sectores. Comisión Federal de Electricidad reporto para el año 2000 que su cartera de clientes alcanzaba ya la cifra de 18.6 millones, sin embargo tras la extinción de LyFC (luz y fuerza del centro), esta cartera ha aumentado en forma considerable por lo tanto los requerimientos también lo han hecho.

El sector energético y, en particular, la electricidad son indispensables para apoyar el funcionamiento de la planta productiva y para mejorar la calidad de vida de la población. Debido a que las tarifas eléctricas envían importantes señales económicas, en su determinación es prioritario considerar el efecto no sólo en el desarrollo y crecimiento de los organismos públicos del sector y el fortalecimiento de las finanzas públicas, sino también en las decisiones de los demás agentes económicos.

En la grafica de la figura 1.6 se observa la capacidad instalada en el país así como sus diferentes sectores que la componen, la energía termoeléctrica ha crecido de forma considerable, sin embargo las termoeléctricas emplean combustóleo y/o gas natural por lo cual se observa que la dependencia de hidrocarburos todavía es bastante amplia, por otra parte el ciclo combinado sigue siendo el modo de generar electricidad más rentable en el país. Por otra parte la Hidroeléctrica ha crecido en el los últimos años, principalmente a nuevos proyectos en los cuales se contempla la reestructuración de varios parques de generación así como el incremento en los mismos.

La capacidad instalada ha ido creciendo 2.2% anualmente en promedio durante la última década. Así para el 2010 la capacidad instalada en México se encuentra entre los 52.510

[GW] como lo constata CFE. En la siguiente grafica se muestra la participación en porcentaje de cada rubro generador de energía eléctrica.

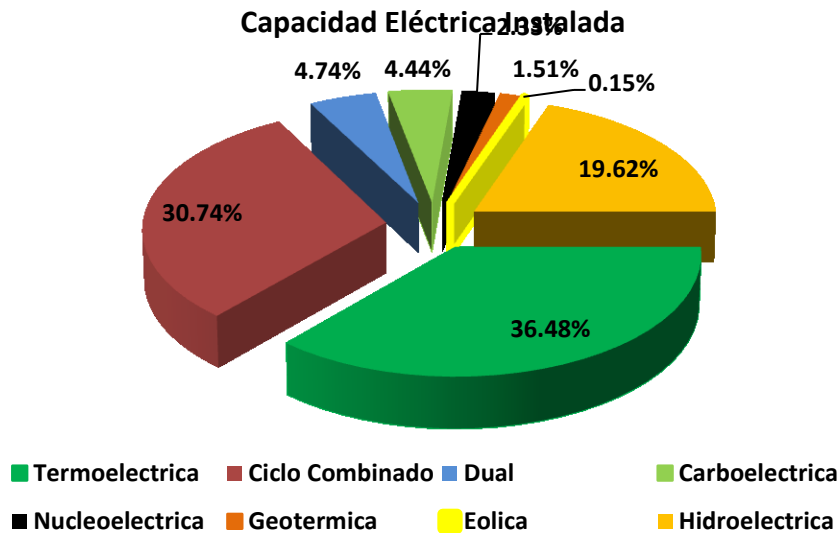


Figura 1.6

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

Hoy en día un reto importante para CFE es sin duda la capacidad que esta empresa posee para satisfacer la creciente demanda, ampliando la cobertura del sector eléctrico del país además de ser la única abastecedora de energía eléctrica.

El uso de combustibles para la generación de energía eléctrica ha presentado un cambio significativo, a principios de la década pasada el combustóleo representaba casi la mitad del total del parque de generación, el gas natural solo representaba un 16% del total, en cambio hoy esta proporción ha ido cambiando, el gas natural se ha visto fortalecido tanto en su generación como en su capacidad instalada.

Con lo que respecta a la generación de energía eléctrica en México, se observa durante los últimos cinco años ha crecido alrededor de un 11%, posicionándose de 217,158.78 [GWh] en 2005 a 241,483.26 [GWh] en 2010, con lo que la participación de cada industria generadora es proporcional y sus variaciones no son tan significativas como se muestra en la figura 1.7. Actualmente el ciclo combinado sigue siendo la principal fuente de generación de energía eléctrica, sin embargo se ha tratado de incrementar el potencial de fuentes de energía renovables sin embargo el avance todavía no es representativo.

En los últimos años se ha visto un incremento razonable respecto al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), mediante la construcción de nuevas centrales eléctricas, reconversiones y aumentos de potencia de plantas de generación ya existentes. La generación de electricidad tan solo es una etapa fundamental en el sistema de servicio eléctrico, para complementarlo se debe llevar la electricidad a un punto donde pueda ser aprovechado por un consumidor, aquí es donde entra en juego la transmisión y distribución de la energía eléctrica por lo cual se requiere trasladar la energía en forma viable y eficaz.

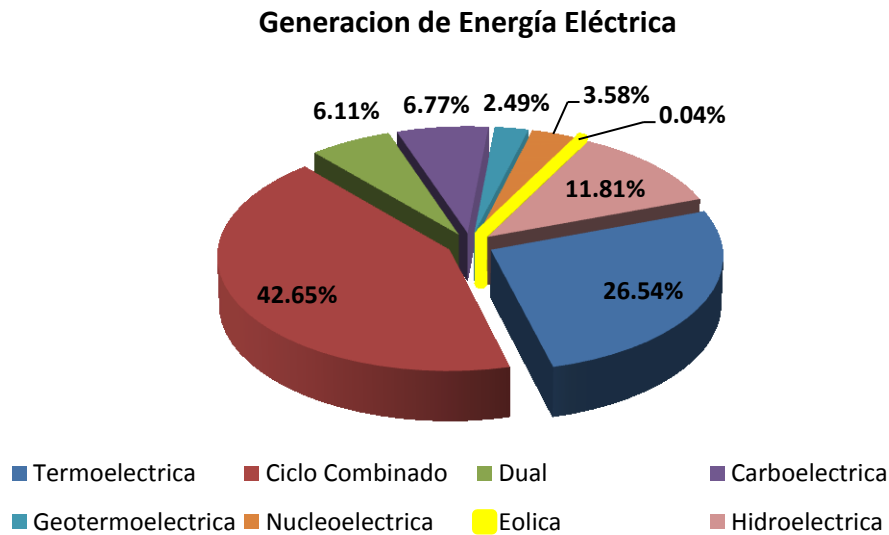


Figura 1.7

**Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.**

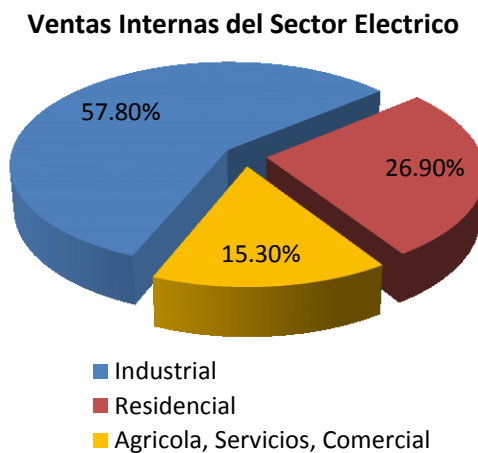
Básicamente el SEN se conforma de las fases de generación, transformación y transmisión en alta tensión, distribución en media y baja tensión, así como ventas a usuarios finales, que incluye procesos de medición y facturación

Como sabemos la energía eléctrica no se puede almacenar, por ello la confiabilidad del sistema eléctrico depende en gran medida a su capacidad de reserva, constituida por su excedente que pudiese utilizarse ante una falla en el suministro. México ha seguido un método para definir el margen de reserva que debe tener el SEN, basado en valores promedio de disponibilidad de las centrales generadoras en relación a la demanda.

De acuerdo al consumo final, las ventas internas del sector eléctrico se clasifican en cinco sectores: bombeo agrícola, industrial, residencial, comercial y servicios. Alcanzando la cifra de 186,638.877 [GWh] en el 2010. El sector industrial es el principal

consumidor de energía eléctrica en el país, representando el 57.8% de las ventas internas totales, le sigue el sector residencial con alrededor del 26.9 por ciento, ambos sectores concentran el 84.7% de las ventas internas de energía eléctrica. Los sectores agrícola, servicios y comercial, representan en conjunto el 15.3% restante. Tal y como se muestra en la figura 1.8.

En los últimos años se han registrado grandes fluctuaciones en el precio de los energéticos, particularmente en el gas natural. También se ha experimentado un aumento continuo en las tarifas eléctricas. Lo anterior impacta la competitividad de las empresas que hacen un uso intensivo de la energía.



**Figura 1.8**

**Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.**

La carga global de un sistema está constituida por un gran número de cargas individuales de diferentes clases (industrial, residencial, comercial, etc.) que demandan potencias pequeñas en comparación con la potencia total requerida. Los instantes respectivos de conexión y desconexión de estas cargas son aleatorios, pero la potencia requerida en un periodo dado por el conjunto de cargas sigue un patrón bien determinado, que depende del ritmo de las actividades humanas en las regiones atendidas por el sistema eléctrico.

Las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica se clasifican de acuerdo con su uso y nivel de tensión en:

- Domésticas: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC
- Servicios públicos: 5, 5A y 6



- Agrícola: 9, 9M, 9CU y 9N
- Temporal: 7
- Generales en baja tensión: 2 y 3
- Generales en media tensión: OM, HM y HMC
- Generales en alta tensión: HS, HSL, HT y HTL
- Respaldo en media tensión: HM-R, HM-RF y HM-RM
- Respaldo en alta tensión: HS-R, HS-RF, HS-RM, HTR, HT-RF y HT-RM
- Servicio interrumpible: I-15 e I-30

Las tarifas eléctricas se encuentran sujetas a ajustes, salvo algunas como la residencial (excepto la Doméstica de Alto Consumo (DAC)), agrícola y de servicio público, los cuales se efectúan mediante factores fijos. Las tarifas industriales de CFE se ajustan mensualmente de acuerdo a la inflación, a los precios de los combustibles fósiles empleados en la generación, a la fracción de generación neta fósil y al tipo de cambio.

El resto de las tarifas tienen estructuras más sencillas, sin diferencias horarias. Todas las tarifas eléctricas se encuentran sujetas a ajustes mensuales, con excepción de las tarifas agrícolas de estímulo 9-CU y 9-N, que se ajustan anualmente. Estas tarifas contienen un cargo por la energía consumida y se aplican, por lo general, con base en el número y características de las luminarias que conforman las redes de alumbrado público. Para bombeo de agua potable y/o residual contiene un cargo fijo y un cargo por la energía consumida.

El sector de servicios nos permitirá comprender aspectos importantes que serán vistos mas adelante. El sector eléctrico distribuye alrededor del 4 al 5% al área de servicios por año, lo cual en valor representativo para el año 2010 fue de 7,706.706 [GWh], gran parte de esta electricidad al alumbrado público (aproximadamente el 60% de las ventas internas del área de servicios).

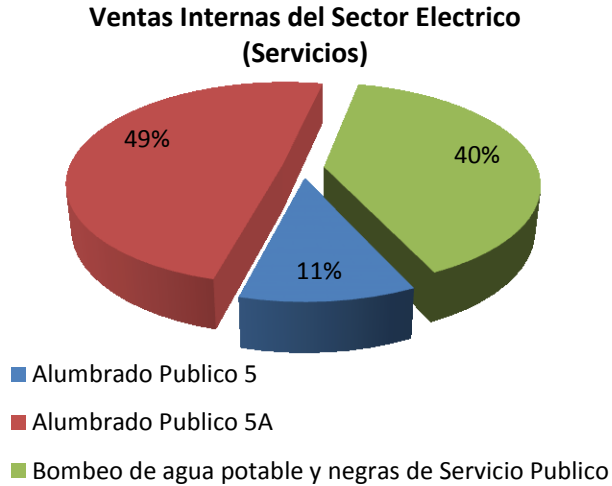


Figura 1.9<sup>3</sup>

**Fuente: Sistema de Información Energética, con información de CFE, incluye extinta LyFC.**

En México la CFE ya es responsable de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en todo el país, a su vez es la encargada de toda la planeación del sistema eléctrico. En el sector eléctrico, el objetivo primordial no sólo es garantizar el abasto de energía eléctrica, sino alcanzarlo con niveles de calidad, competitividad, servicio y eficiencia dentro de los estándares de las principales empresas eléctricas del mundo.

### 1.3 Uso Final de la Energía

Se entiende por servicio energético a aquella prestación provista naturalmente o por medio de un dispositivo que utiliza la energía para satisfacer una necesidad humana. La provisión de servicios energéticos debe tener como propósito la búsqueda de las mejores opciones que representen un menor empleo de energía, a costo reducido además de dañar el ambiente lo menos posible. El hombre a través de su historia siempre ha requerido recursos energéticos en mayor o menor grado, es decir, el hombre desde su aparición ha tenido necesidades y a lo largo de su historia ha aprendido a como satisfacerlas.

Entre los servicios energéticos más comunes se encuentran principalmente, el transporte, la iluminación, la calefacción, procesos mecánicos entre otros servicios, es

<sup>3</sup> Tarifas eléctricas (Área de Servicios)

5	D.F, Monterrey N.L., Guadalajara Jal
5 A	Resto de la Republica Mexicana
6	Bombeo de Agua Potable y aguas residuales

decir, los automóviles, las lámparas, los sistemas de enfriamiento, por mencionar algunos son artefactos de uso final de la energía donde el nexo entre el servicio provisto y la demanda de energía estará regida por la tecnología, lamentablemente los análisis de consumo por usos finales son escasos, por lo general los consumos energéticos y en particular los de la energía eléctrica, se hallan preferentemente por zona geográfica ó ya bien por sectores de consumo.

De este modo la demanda de energía no tiene dinámica propia, sino que surge del requerimiento de los innumerables servicios energéticos, en cantidad y calidad, la energía como ya se menciona es un medio no un fin por lo que en realidad la demanda de energía enmascara otra demanda, la de los servicios que la energía nos puede proveer por si misma o por medio de su transformación.

### 1.3.1 Energía Eléctrica

Desde el punto de vista del destino final de la energía eléctrica generada, el Sistema Energético Nacional (SEN) está conformado por dos sectores, el público y el privado. El sector público se integra por Comisión Federal de Electricidad (CFE), y las centrales construidas por los Productores Independientes de Energía (PIE), éstos últimos entregan la totalidad de su energía a CFE para el servicio público de energía eléctrica. El sector privado, por otro lado, agrupa las modalidades de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios y exportación.

Los usos finales de la energía eléctrica son diversos y cada uno tiene un propósito de ser, la electricidad es empleada en forma constante, es una herramienta útil que brinda satisfacción a las personas, tanto en la industria, comercio, residencial, agricultura y toda actividad en la que así se requiera, el hombre necesita de esta energía en todo momento por lo cual su generación, transmisión y distribución de la misma es vital. La electricidad es empleada en casi todos los procesos y mecanismos que el hombre utiliza día a día, por ello la importancia de la electricidad en nuestra vida diaria.

Ahora nos enfocaremos en un uso particular para el cual necesitamos energía eléctrica, la iluminación es una herramienta importante para realizar diversas actividades, a lo largo de la historia diferentes civilizaciones han aprovechado este medio. Las lámparas son un artefacto de uso final de energía, transformando la energía eléctrica en forma de luz, estas a su vez implementan diferentes tipos de tecnología sin embargo tienen un propósito común, el iluminar adecuadamente un área de trabajo o esparcimiento.

Los seres humanos poseen una capacidad extraordinaria para adaptarse a su ambiente y a su entorno inmediato. De todos los tipos de energía que pueden utilizar los humanos, la luz es de las más importantes. La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra vida diaria. La mayor parte de la información que obtenemos a través de nuestros sentidos la obtenemos por la vista. Y al estar tan acostumbrados a disponer de ella, damos por supuesta su labor. Ahora bien, no debemos olvidar que ciertos aspectos del bienestar humano, como nuestro estado mental o nuestro nivel de fatiga, se ven afectados por la iluminación y por el color de las cosas que nos rodean.

En la actualidad existen sistemas de iluminación bastante eficientes además de complejos, hoy en día se trata de tener óptimas condiciones y aprovechar de manera eficiente dichos sistemas.

A la hora de iluminar el ser humano prefiere la luz natural a la luz artificial generada por energía eléctrica, principalmente por las cualidades de la luz natural y su mejor aprovechamiento, por ello debe encontrarse un equilibrio entre estas dos modalidades, ya que desafortunadamente la luz natural no puede aprovecharse todo el día, aquí es donde juega un papel importante los sistemas de luz artificial. Sin embargo tenemos que encontrar la forma más eficiente de aprovechar este recurso ya que hacerlo representa un bienestar general.

Para poder determinar en forma precisa el potencial de ahorro en iluminación es necesario conocer en primera instancia el consumo de energía eléctrica para uso final en este servicio, realizar un análisis en forma desagregada la cual nos permita observar todas las condiciones y nos ayude a encontrar la alternativa más eficiente.

Es por eso que se debe de tomar en cuenta la creciente demanda y el objetivo debido a esto de implementar los recursos energéticos de la mejor manera, una forma de hacerlo es por medio de un diagnóstico energético por usos finales de energía, es decir un servicio energético como lo es el alumbrado público e iluminación, necesita incorporar los conceptos de uso eficiente de energía y de gestión de la demanda esto para tener previsto un crecimiento en el suministro y satisfacer el crecimiento en la demanda.

De acuerdo a un comunicado de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)<sup>4</sup>, entre 1997 y 2007 el consumo de electricidad para iluminación en

---

<sup>4</sup> Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal  
CONUEE Diciembre del 2010

México creció a un ritmo del 3.9% anual, y al cierre del 2009 dicho consumo representó el 18% del total de la energía eléctrica consumida en el país, a través de un parque estimado en 290 millones de lámparas (tubos fluorescentes, focos incandescentes y lámparas fluorescentes compactas).

El mismo informe señala que aunque el consumo de electricidad para iluminación se ha tenido incrementado de manera importante en los 12 últimos años, se considera que aún existe potencial de crecimiento adicional, ya que el consumo de electricidad per cápita en México es aún menor que el de países desarrollados como el Reino Unido.

La selección de un sistema de iluminación es compleja, ya que influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole. En forma simplificada se puede afirmar que los sistemas de iluminación se vinculan tanto a requerimientos funcionales, exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar, las respuestas al color, exigencias estéticas, sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida. Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso.

Es conveniente conocer desde un buen diseño arquitectónico, la utilización de sistemas de control, la provisión de luz por medio de sistemas artificiales a partir de la energía eléctrica. A excepción de las áreas rurales y aquellas fuera de alcance de las redes de electricidad, el resto de la iluminación en los distintos sectores como son el industrial, público, comercial, alumbrado público entre otros se basan en el uso de energía eléctrica.

Para el ser humano es fundamental que en las actividades que así lo requieran tengan un nivel de iluminación adecuado, descubrir cuál es la mejor táctica para alumbrar ciertas áreas donde se requiera, estos aspectos se darán con más detalle y se verán las condiciones necesarias que permitan un desarrollo óptimo de actividades que el hombre realiza día a día.

## **CAPITULO II**

### **Principios de iluminación exterior.**

## 2. Iluminación Exterior

Desde tiempos remotos la luz ha sido una necesidad primordial del hombre, ya que al emplear muchas de las actividades cotidianas se requiere de mecanismos automatizados los cuales reduzcan de forma considerable los esfuerzos realizados, mediante trabajos especializados en los cuales las tareas visuales son parte de su entorno. El ser humano siempre ha requerido de iluminación, ha surgido como una necesidad innata y se le ha dado una solución particular a cada tipo de problema, mediante mecanismos primarios como lo son una fogata, antorcha, hoguera, hasta sistemas de lo más complejo como pueden ser equipos de alumbrado interior y/o exterior basados en nuevas tecnologías prácticas e innovadoras.

Así a partir del siglo XX se han realizado estudios e investigaciones para conocer la iluminación que debe proporcionarse en cada caso para satisfacer las exigencias de la tarea visual que en ella se realiza. A la hora de iluminar una tarea visual el ser humano ha tenido que escoger el medio por el cual lo quiere lograr, ya sea de forma natural o artificial, como sabemos la luz natural posee un mejor rendimiento de los colores aportando elementos que nunca lograríamos con luz artificial, sin embargo a pesar de sus innegables bondades tenemos que controlar la luz natural con el fin de hacerla más útil a el entorno de trabajo, ya que siempre existe la necesidad de complementarla o reemplazarla con un alumbrado artificial.

Por ello debemos encontrar la armonía entre la luz natural y la luz artificial, creando sistemas de control de iluminación en respuesta a la aportación de luz natural, empleando esta última para conseguir una reducción del consumo de energía (eléctrica) generando un ahorro sustancial que beneficie a toda una comunidad, detallando exactamente los usos y requerimientos de una sociedad que paulatinamente tendrá más recursos y necesidades.

### 2.1. Luz Natural

La luz visible es una región del espectro electromagnético cuyas ondas electromagnéticas tienen una longitud de onda que va desde el rojo (780 [nm]), al violeta (380 [nm]). Esta pequeña región del espectro es la energía que percibe el ojo humano y nos permite ver los objetos: el espectro visible.

La luz natural es una fuente luminosa muy eficiente que cubre todo el espectro visible, la disponibilidad y características de la luz natural dependen de la latitud, meteorología, época del año y del momento del día. La luz natural consta de tres componentes:

- El haz directo procedente del sol;
- La luz natural difundida en la atmósfera (incluyendo nubes), que constituye la componente difusa del cielo;
- La luz procedente de reflexiones, en el suelo del propio interior y en objetos del entorno exterior.

Usar la luz como fuente natural de iluminación requiere de medidas especiales para su manejo adecuado ya que es una fuente cambiante, generalmente las variaciones continuas en la disponibilidad de luz natural requieren dispositivos de apantallamiento adaptables y sistemas de alumbrado eléctrico para mantener las relaciones y variaciones de luminancia en el interior dentro de límites aceptables.

En aquellos casos en que la luz natural proporcione una distribución insuficiente o incorrecta para la realización de una tarea, se empleará el alumbrado eléctrico como fuente adicional de luz. De ahí que el control del alumbrado artificial en dependencia de la luz natural constituya un útil de mucho valor para administrar la energía eléctrica empleada en el alumbrado artificial, dónde y cuándo se necesite.

La luz y el color influyen en nuestra sensación general de bienestar, incluyendo la moral y la fatiga, con bajos niveles de iluminación, los objetos tienen poco o ningún color o forma y se produce una pérdida de perspectiva. A la inversa, el exceso de luz puede ser tan incómodo como su escasez.

Un concepto el cual se torna básico en el análisis de la iluminación es sin duda el color de la luz, elegir el color adecuado para un lugar de trabajo contribuye en gran medida a la eficiencia, la seguridad y el bienestar general de las personas que utilizan la luz. Del mismo modo, el acabado de las superficies y de los equipos que se encuentran en el ambiente de trabajo contribuye a crear condiciones visuales agradables y un ambiente agradable.

Los contrastes de color resultan afectados por el color de la luz elegida y, por esa razón, de ello dependerá la calidad de la iluminación en una aplicación concreta, el color de la luz que se va a utilizar deberá decidirse en función de la tarea que se deba realizar bajo ella. Si el color es próximo al blanco, la reproducción del color y la difusión de la luz serán mejores.

Cuanta más luz se aproxime al extremo rojo del espectro, peor será la reproducción del color, pero el ambiente será más cálido y atractivo, la coloración de la iluminación no sólo depende del color de la luz, sino también de la intensidad luminosa. La



temperatura colorimétrica está relacionada con las diferentes formas de iluminación, la sensación de satisfacción con la iluminación de un ambiente determinado depende de esta temperatura.

Los criterios fundamentales en iluminación que determinan el ambiente o entorno luminoso son:

- Distribución de luminancias.
- Iluminancia.
- Uniformidades de iluminancia.
- Deslumbramiento.
- Direccionalidad de la luz o modelado.
- Color en el espacio visual.
- Efectos perjudiciales sobre la visión.
- 

## 2.2. Sistemas y Procesos de Iluminación Artificial

La luz puede verse como un estímulo que influye en el estado de ánimo de las personas desde el punto de vista psicológico y fisiológico, es decir, una adecuada iluminación permite a las personas un mejor rendimiento en cualquier actividad que esta realice. Las exigencias, recomendaciones y normas de iluminación deben basarse en la satisfacción de necesidades fisiológicas y biológicas del ser humano, para que este pueda tener un confort que le permita desenvolverse óptimamente.

El interés por la iluminación natural ha aumentado ya tiempo atrás y no se debe tanto a la calidad de este tipo de iluminación como al bienestar que proporciona, pero como el nivel de iluminación de las fuentes naturales no es uniforme, se necesita un sistema de iluminación artificial. Existen tipos de sistemas de iluminación artificial de los cuales explicaremos tres que explican de forma rápida y sencilla las cualidades básicas que debe contemplarse en un sistema de los cuales describiremos brevemente sus características.

### **Iluminación general uniforme**

En este sistema, las fuentes de luz se distribuyen uniformemente sin tener en cuenta la ubicación de los puestos donde se requiere, el nivel medio de iluminación debe ser igual al nivel de iluminación necesario para la tarea que se va a realizar, son sistemas utilizados principalmente en lugares de trabajo donde no existen puestos fijos.

Debe tener tres características fundamentales: primero, estar equipado con dispositivos anti brillos (rejillas, difusores, reflectores, etcétera); segundo, debe distribuir una fracción de la luz hacia el techo y la parte superior de las paredes, y tercero, las fuentes de luz deben instalarse a la mayor altura posible, para minimizar los brillos y conseguir una iluminación lo más homogénea posible.

### **Iluminación general e iluminación localizada de apoyo.**

Se trata de un sistema que intenta reforzar el esquema de la iluminación general situando lámparas junto a las superficies de trabajo, las lámparas suelen producir deslumbramiento y los reflectores deberán situarse de modo que impidan que la fuente de luz quede en la línea directa de visión de las personas. Se recomienda utilizar iluminación localizada cuando las exigencias visuales sean cruciales, como en el caso de los niveles de iluminación de 1.000 lux o más, generalmente, la capacidad visual de las personas se deteriora con la edad, lo que obliga a aumentar el nivel de iluminación general o a complementarlo con iluminación localizada.

### **Iluminación general localizada**

Es un tipo de iluminación con fuentes de luz instalados en el techo y distribuidas teniendo en cuenta dos aspectos: las características de iluminación del equipo y las necesidades de iluminación de cada puesto de trabajo. Está indicado para aquellos espacios o áreas de trabajo que necesitan un alto nivel de iluminación y requiere conocer la ubicación futura de cada puesto de trabajo con antelación a la fase de diseño.

#### **2.2.1. Tipos de Lámparas y Luminarios**

Las lámparas son las fuentes de luz en las instalaciones de alumbrado artificial, las lámparas son los aparatos encargados de generar la luz. Convierten la energía eléctrica en luz o energía radiante.

Existen varios tipos de lámparas, las más empleadas en los sistemas de iluminación son:

**Lámparas Incandescentes:** Contiene un filamento que se calienta por el paso de la corriente eléctrica a través de él, el filamento está encerrado en un bulbo de vidrio que tiene una base adecuada para conectar la lámpara a un receptáculo eléctrico (socket). Este tipo de lámpara es empleada por su fácil manejo y control, puede prenderse y apagarse en lapsos cortos de tiempo.

Estas lámparas son de uso cotidiano, su vida útil es relativamente corta poseen en promedio una duración de 1000 horas efectivas, además se distinguen por su alta temperatura de color y su bajo costo. Sin embargo hoy en día presentan muchas desventajas respecto a otras fabricadas con nuevas tecnologías, por lo que se ha visto una disminución en su uso tanto en la industria como en el hogar, entre ellas las que mas destacan son la de su incremento de temperatura en el ambiente, poseen una eficiencia lumínica baja alrededor de los 10 a 22 [lm/W].

**Lámparas Fluorescentes:** Consta de un tubo de vidrio con el interior cubierto con fósforo en polvo, que se torna fluorescente cuando se excita con luz ultravioleta; los electrodos del filamento se montan en juntas de extremo conectadas a las clavijas de la base. El tubo se llena con un gas inerte (como argón) y una gota de mercurio y se opera a una presión relativamente baja. Se encuentran entre las llamadas lámparas de descarga eléctrica.

Este tipo de lámparas necesitan de un recurso para poder funcionar, llamado balastro el cual su función principal es formar un arco magnético que se requiere en el tubo durante el encendido de la lámpara. Dicho balastro controla la potencia de la lámpara fluorescente mediante la modulación de la frecuencia que oscila de 20 a 100 [kHz] la cual se controla con una señal adicional de 1 a 10 [V] de corriente directa a través de dos conductores.

Las lámparas fluorescentes ofrecen una amplia gama de temperaturas de color, su alto rendimiento permite tener elevados niveles de iluminación con potencias relativamente bajas, posee una vida útil aproximadamente de 7,500 horas considerando que los periodos de encendido sean en promedio de 8 horas. Presentan una eficacia lumínica que varía de 55 a 75 [lm/W], sus aplicaciones son muy variadas por su eficiente iluminación y su costo relativamente bajo en comparación con los beneficios obtenidos.

Por otra parte existe un tipo de lámpara fluorescente compacta, la cual presenta una ventaja bastante importante la cual es que puede conectarse directamente a la instalación ya que en el casquillo poseen el equipo auxiliar requerido para su correcto funcionamiento, es decir, no necesita de un balastro magnético para su encendido lo

cual lo hace un equipo muy práctico. Poseen una vida útil que va desde las 5,000 a las 12,000 horas, su eficacia se encuentra entre 60 y 80 [lm/W] por lo que se puede lograr hasta un 75% de ahorro de energía respecto a las incandescentes.

**Lámparas de Halógeno:** Usan pequeñas cantidades de yoduros de sodio, talio, escandio, disprosio e indio, además de la mezcla usual de argón y mercurio. Entre las características más importantes se encuentran sin duda su intensidad luminosa, su temperatura de colores realza en forma considerable manteniendo un flujo luminoso constante durante la vida útil de la lámpara la cual en promedio tiene una duración de 3,000 horas.

Mantiene un adecuado nivel de iluminación a una baja potencia respecto a otro tipo de tecnologías, su eficiencia en promedio se mantiene al margen de los 20 [lm/W]. Estas lámparas están reemplazando a las viejas lámparas incandescentes por su practicidad y mejor calidad de iluminación.

**Lámparas de Vapor de Sodio:** Esta tecnología también se encuentra en las denominadas lámparas de descarga eléctrica, existen dos tipos principales baja y alta presión. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como una especie de amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir pérdidas térmicas. La tensión de encendido es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve, esta lámpara no necesita electrodos de arranque, por otra parte posee periodos de tiempo muy cortos de calentamiento y recalentamiento.

La característica predominante en este tipo de lámpara es sin duda su vida útil, ya que va desde las 12,000 hasta las 20,000 horas, sin embargo su índice de rendimiento de color es relativamente bajo lo que significa que no reproduce los colores exactos de los objetos iluminados por lo cual se ven un poco opacos. La eficacia lumínica es de las mejores ya que posee hasta 108 [lm/W] lo cual contrarresta en cierta forma su bajo IRC, su uso se destina principalmente al alumbrado de grandes avenidas, autopistas, calles, parques y donde la reproducción de colores no sea un factor importante.

**Lámparas de Aditivos Metálicos:** Existe una gran similitud respecto a las de vapor de sodio, simplemente se le agregan algunos elementos extra en el conjunto del tubo de descarga, la luz se genera por un arco eléctrico que pasa entre la mezcla de gases, estos gases son argón, mercurio y una variedad de haluros metálicos, estos últimos los cuales alteran la naturaleza de la luz produciendo distintas tonalidades de iluminación.

La eficacia lumínica oscila entre los 60 y 100 lúmenes por Watt [lm/W] y presenta un mejor IRC respecto a la lámpara de vapor de sodio, sin embargo su vida útil es más

corta que va de 7,500 a 18,000 horas. Su tiempo de arranque es prácticamente la misma que las de vapor de sodio, por otra parte al reiniciar, después de una reducción de tensión puede que este tiempo se incremente dependiendo de la capacidad de la lámpara para lograr enfriarse.

Básicamente son de uso industrial tanto como uso residencial, se suele usar en plazas, gasolineras, alumbrado público, etc. Ya que posee un amplio espectro de colores se usa en todos aquellos lugares donde se requiera una buena reproducción de colores como por ejemplo estaciones de televisión o campos deportivos.

**Lámparas de Inducción:** Como su nombre lo indica presentan una bobina de inducción sin filamentos y una antena acopladora, la cual posee una tecnología que aplica una descarga de frecuencia para proveer soluciones en iluminación. El ensamble de vidrio circundante contiene un material ion-electrón plasma y esta relleno con un gas inerte, la porción interior del vidrio está recubierta con fósforo el cual es similar al de las lámparas fluorescentes, la antena transmite la energía generada por el primario de la bobina de un sistema de inducción al gas que se encuentra dentro de la lámpara.

Esta tecnología presenta una vida útil de 100,000, su tiempo de encendido es reducido en comparación con las otras tecnologías, el tiempo de re encendido es instantáneo, no necesita calentarse como el de haluros metálicos, no requiere cambio físico de foco ni de balastro. El índice de rendimiento de color es mejor con esta tecnología respecto a las demás, posee una protección especial contra variaciones de tensión que evita daño a la luminaria, por otra parte posee una mejor intensidad de iluminación así como un aumento en luxes considerable.

**Lámparas LED:** Es una lámpara en estado sólido compuesta por varios leds (diodos emisores de luz, sus siglas en inglés Light-Emitting Diode) como fuente luminosa que consiste básicamente en un material semiconductor que es capaz de emitir una radiación electromagnética en forma de **Luz**.

Las características de los sistemas de iluminación LED que suponen una ventaja frente a la iluminación convencional son su larga vida útil, su escaso consumo, y la reducción al mínimo de la emisión de calor y rayos ultravioleta. Tampoco contienen gases ni metales pesados, por lo tanto son menos contaminantes que el resto ya que incluso las de bajo consumo, fluorescentes compactas, llevan mercurio.

Otras ventajas de esta tecnología son: la flexibilidad, ya que es sencillo adaptar su diseño a cualquier proyecto de iluminación particular, se encienden instantáneamente

al 100% de su rendimiento, permiten multitud de ciclos de encendido y apagado, trabaja muy bien en ambiente fríos (hasta menos 40° C), es insensible a las vibraciones, ofrece varias tonalidades de blanco y es fácilmente regulable.

**Los luminarios**, por contra, son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. En estos podemos encontrar el mayor número de componentes que se pueden mejorar para contribuir a un sistema más eficiente.

- a) Reflector: Este es un componente del sistema óptico cuya función es redirigir el flujo luminoso de la ampolleta hacia el difusor ó salida de la luminaria. Mientras mayor sea la absorción de luz en él, mayor será la pérdida de luz.
- b) Difusor: El difusor tiene por objetivo proteger el sistema óptico del ingreso de contaminación y de agua, pero también puede en algunos casos ayudar a la mejor distribución de la luz hacia la calle.
- c) Eficacia de la Lámpara: Para efectos del sistema de alumbrado público la lámpara es un componente que consume energía eléctrica y emite energía lumínica. El Índice de Eficiencia se mide en lúmenes sobre watt y representa la potencia lumínica que es capaz de producir la lámpara por cada watt de entrada.
- d) Factor de Utilización: El Factor de Utilización describe, para una instalación determinada, el porcentaje de Luz emitida por la lámpara que llega a la calle en cuestión, es decir, considera a la luminaria ya instalada en un lugar determinado alumbrando una calle de ancho conocido y con una altura de montaje dada.

$$\text{Factor de Utilización} = \text{Luz Útil} / \text{Luz Lámpara}$$

Donde: Luz Útil: Aquella que llega a la zona que se desea iluminar.

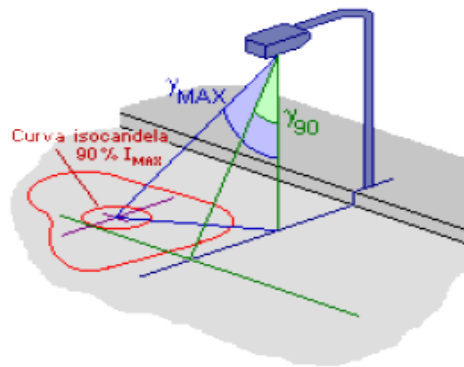
Luz Lámpara: La luz total emitida por el foco.

Para ello, adoptan diversas formas aunque en alumbrado público predominan las de flujo asimétrico con las que se consigue una mayor superficie iluminada sobre la calzada. Las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables transversales a la calzada, en catenarias colgadas a lo largo de la vía o como proyectores en plazas y cruces.

En la actualidad, los luminarios se clasifican según tres parámetros (**alcance, dispersión y control**) que dependen de sus características fotométricas. Los dos primeros nos informan sobre la distancia en que es capaz de iluminar la luminaria en las direcciones

longitudinal y transversal respectivamente. Mientras, el control nos da una idea sobre el deslumbramiento que produce la luminaria a los usuarios.

El alcance es la distancia en que el luminario es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal, es determinada por un ángulo  $Y_{MAX}$  el cual se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de la Intensidad Luminosa ( $I_{max}$ ) que corresponden al plano donde la luminaria presenta el máximo de la  $I_{max}$ . La dispersión es la distancia en que es capaz de iluminar la luminaria en dirección transversal a la calzada, determinada por el ángulo  $Y_{90}$ , se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de  $I_{max}$  proyectada sobre la calzada, que es paralela al eje de esta y se encuentra mas alejada de la luminaria.



Alcance y dispersión de una luminaria

Figura 2.1

Por último el control nos da una idea de la capacidad de la luminario para limitar el deslumbramiento que se produce. Donde la fórmula del SLI (Índice Especifico del Luminario) se calcula a partir de las características de esta.

Control limitado	$SLI < 2$
Control medio	$2 SLI 4$
Control intenso	$SLI > 4$

Tabla 2.1

Los luminarios adoptan multitud de formas desde las más funcionales hasta las de diseño más vanguardista y artístico. Como la forma y el control del haz de luz pierden importancia en favor del ambiente, existe una gran libertad de elección; desde luminarios de haz general-difuso de globo hasta las de haz controlado. Entre las posibilidades de montaje es normal encontrarlas sobre postes o columnas, adosadas a las fachadas, colgadas sobre cables o al nivel del suelo cuando sólo buscamos ambiente y orientación visual. No obstante, cuando el tráfico motorizado sea significativo recurriremos a las típicas farolas de báculo tan habituales en el alumbrado viario.

A continuación en la figura 2.11 se muestran de los luminarios más representativos empleados para la iluminación vial así como en cualquier tipo de exteriores, el uso eficiente de estos dispositivos dependerá de una buena ubicación.

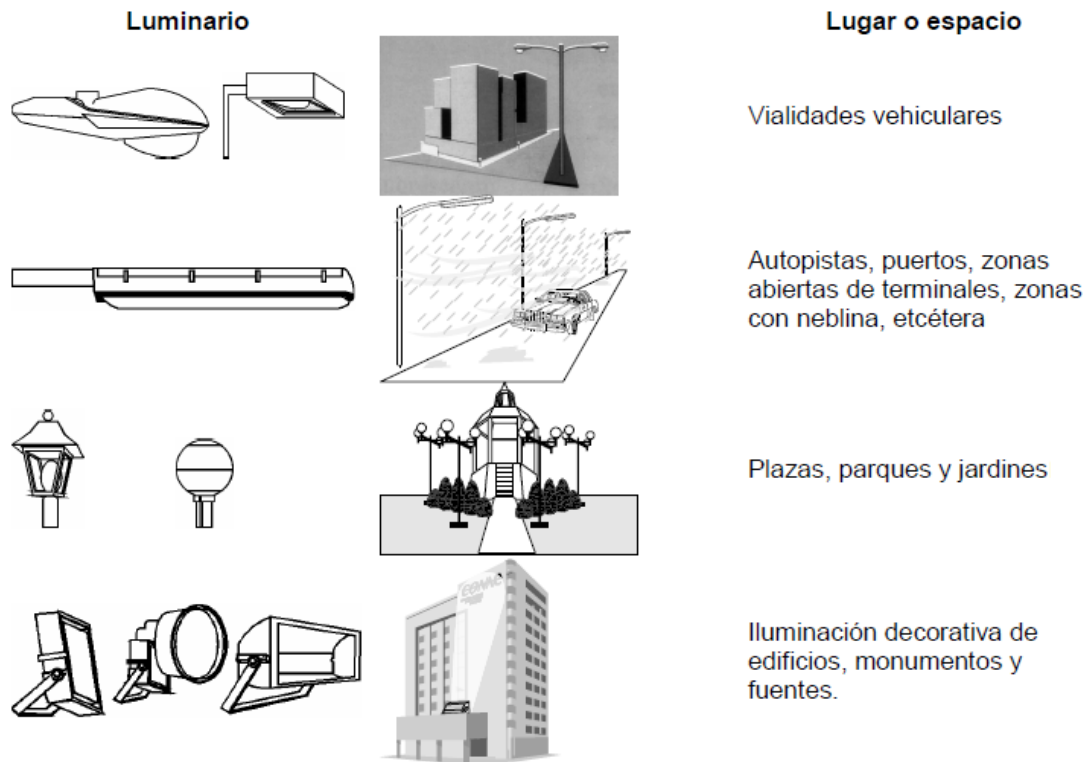


Figura 2.2

El alumbrado exterior es, sin duda, una de las aplicaciones más habituales e importantes de la iluminación. La posibilidad de realizar actividades más allá de los límites naturales ha abierto un abanico infinito de posibilidades desde iluminar calles y vías de comunicación hasta aplicaciones artísticas, de recreo, industriales, etc.



El correcto diseño de un sistema de iluminación debe ofrecer las condiciones óptimas para el confort visual. Entre los aspectos más importantes que es preciso tener en cuenta cabe citar el tipo de lámpara y el sistema de alumbrado que se va a instalar, la distribución de la luminancia, la eficiencia de la iluminación y la composición espectral de la luz.

El mantenimiento periódico de la instalación de alumbrado es muy importante. El objetivo es prevenir el envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo en las luminarias, cuya consecuencia será una pérdida constante de luz. Por esta razón, es importante elegir lámparas y sistemas fáciles de mantener.

### 2.2.2. Nuevas Tecnologías

Sin duda alguna los sistemas de iluminación han evolucionado a pasos agigantados, su eficiencia ha alcanzado altos valores en las últimas décadas reflejando con ello una mejor calidad de iluminación así como un costo muchos menor para suministrarla. El hombre siempre ha recurrido al uso de nuevas técnicas así como nuevos equipos los cuales garanticen un mejor funcionamiento lo cual innegablemente solucionaría sus necesidades primarias, hoy este camino es bastante alentador, los sistemas de iluminación cada son cada vez más eficientes.

Actualmente se utilizan diferentes tecnologías en iluminación. La más antigua, la iluminación incandescente, fue inventada originalmente a fines del 1800, y a excepción de las luces halógenas, el diseño de las lámparas prácticamente no ha cambiado desde 1930. Las lámparas fluorescentes, la alternativa actual de iluminación de interior, representan el 64% de la iluminación generada eléctricamente y representa el 45% del uso de energía eléctrica para iluminación. La eficiencia de la iluminación fluorescente varía según el tipo de lámpara, aunque generalmente es de 5 y 8 veces mayor a las incandescentes.

El otro grupo principal de tecnologías en iluminación, las lámparas de descarga, se utilizan en espacios grandes incluyendo exteriores, grandes salas y centros comerciales. Las lámparas de descarga proveen el 29% de la luz entregada y representan el 25% de la energía eléctrica utilizada en iluminación.

Existen muchas empresas dedicadas a la innovación y mejoramiento de sus sistemas de iluminación, las cuales han obtenido productos de altísima calidad lo cual se refleja en su alto rendimiento además de tener un relativo bajo costo.

A partir de la invención del led (diodo emisor de luz) se ha encontrado la bondad de este dispositivo y se han aprovechado al máximo sus características, sin duda es el dispositivo al cual se le ha tomado mas a consideración como el futuro de los sistemas de iluminación, ya que entre sus principales características están sin duda su capacidad de luminancia, su bajo costo y sobre todo su bajo consumo de energía y durabilidad. Los leds son dispositivos en estado sólido que generan luz de una manera radicalmente diferente a otras fuentes de luz.

Los leds generan luz mediante la excitación de electrones por lo que se les puede llamar luz fría, ya que no cuentan con un elemento emisor de luz que genere calor como las lámparas convencionales.

Esto nos permite tener productos más pequeños, ligeros, frescos, brillantes y con mayor conciencia ambiental. Los leds hoy en día son más grandes y brillantes y se busca en un futuro reemplazar a la mayoría de los tradicionales bulbos incandescentes y fluorescentes. Se espera que durante su desarrollo se llegue a 40 lm/W comparándose con una fluorescente compacta, pero diferenciándose con un tiempo de vida útil esperado de más de 100,000 hrs.

Los diodos emisores de luz existen desde hace varias décadas, aunque hasta no hace mucho, su uso estaba limitado a usos específicos, antes de 1990, sólo estaban disponibles los leds de color rojo, verde y amarillo, esto limitaba su utilidad, mediante la invención de los azules y ultravioletas (UV) y el incremento del brillo del led, permitieron recientemente la generación de luz blanca. Desde 1990 se aceleró el desarrollo y comercialización de semiconductores emisores de luz.

En el caso de los nuevos leds blancos, la potencia del lumen (por dispositivo) se multiplicó por 6 entre 2002 y fines de 2006 mientras que el costo por lumen disminuyó 7 veces su valor. Entre 1995 y 2005 el mercado del led blanco de alto brillo creció en un promedio de 42% anual, sin embargo, la tecnología aún está lejos de madurar con una penetración en el mercado limitada sólo para usos específicos. Los leds de colores actualmente superan en calidad a las fuentes filtradas de luz incandescente por lo que comienzan a tener una mayor demanda comercial.

Los leds que producen luz blanca aún deben esperar para lograr esa penetración en el mercado, debido a cuestiones de conversión, la luz no puede ser emitida directamente

por un led, debe ser generada por una conversión de fósforo de luz azul o UV, a partir de la mezcla de luz monocromática o por una combinación de las dos posibilidades. El uso de leds individuales que posean fósforos es la tecnología más generalizada. No obstante, esto presenta algunos grandes desafíos técnicos, especialmente en la creación de luz blanca cálida (similar a las incandescentes) ya que la eficiencia de los fósforos rojos queda por detrás de la de los disponibles para generar otros colores.

Las eficiencias de la conversión de fósforo generalmente son bajas, esto reduce la eficiencia final de los productos. En la industria muchos creen que el criterio de mezclar luz terminará siendo dominante (brindando eficiencias de 200 lm/w - mucho más que una lámpara incandescente o fluorescente), aunque la falta de leds verdes de alta potencia actualmente limita la calidad del color blanco.

El alumbrado público se ha desarrollado en los últimos 200 años. Desde el uso de luces de gas a los leds de hoy. Lo que se ha tratado es obtener una iluminación eficiente en combinación con la larga vida de los leds lo que significaría importantes ahorros a largo plazo, específicamente en términos de reducción energía y costos de mantenimiento.

En la figura 2.IV se observa a grosso modo la evolución de las luminarias empleadas para el alumbrado público, pasando por los primeros tipos de luminaria donde se empleaba bulbos llenos de un gas reflejante, hasta la aparición de tecnología de leds los cuales hoy en día son los avances más prometedores en los sistemas de iluminación artificial.

Los leds se utilizan de manera exitosa tanto en semáforos como en señales peatonales, en los Estados Unidos se estima que todas las señales de tránsito que utilizan LED requieren el 11% de la energía que utilizan las señales incandescentes convencionales. El mercado aumentó en la longevidad de los leds lo que los hacen más atractivos para estas aplicaciones ya que el cambio de las lámparas de los semáforos ocasiona interrupciones y cuesta importantes sumas de dinero.

Por estas razones, para el 2002, el 30% de las señales de tránsito de los Estados Unidos ya habían sido reemplazadas, proyectos piloto en otros sectores ya están en marcha, la tecnología del led blanco se está volviendo económicamente viable con las primeras grandes instalaciones en desarrollo. Así como ofrecen ventajas de longevidad y eficiencia, los leds se pueden atenuar completamente y pueden ser diseñados para producir luz direccional, reduciendo así de manera potencial una de las principales fuentes de contaminación lumínica del cielo nocturno.

## 2.3 Nivel de Iluminación

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas en vigor en cada territorio, aunque muchas de ellas toman como referencia los valores aconsejados por la comisión internacional de iluminación (CIE). El propósito de estas normas es dar los lineamientos necesarios para la elaboración de los proyectos de alumbrado público realizados por parte de la compañía. Con esto se ha de escoger los niveles de iluminación, de acuerdo a la zona a iluminar tomando como referencia la norma oficial mexicana nom-001-sede-2005, de instalaciones eléctricas, para efecto de la importancia que tiene en el manejo de la iluminación en lugares o zonas públicas que proporcione una buena visión durante la noche o zonas oscuras.

La norma señala que el nivel de iluminancia o la luminancia requeridas en una vialidad, se debe seleccionar de acuerdo a la clasificación en cuanto a su uso y tipo de zona en la cual se encuentra localizada, en nuestro caso nos enfocaremos en vías colectoras o primarias ya que estas son vialidades que sirven para conectar el tránsito entre las vías principales y las secundarias, Insurgentes es una avenida que conecta el paso de tránsito de una vía principal al acceso de Ciudad Universitaria la cual pertenece a una vía secundaria, empleadas fundamentalmente para acceso directo a zonas residenciales, comerciales e industriales y veremos el tipo “A” que maneja vía de tipo residencial con alto tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de moderado a alto, y con moderada existencia de comercios.

Por otra parte también se señala a excepción de pasos a desnivel peatonales, alumbrado de emergencia e instalaciones temporales, no se permite el uso de lámparas incandescentes, fluorescentes, tungsteno – halógeno, vapor de mercurio y luz mixta para el alumbrado público.

### Valores Mantenedos de Luminancia<sup>5</sup>

Clasificación de vialidades	Luminancia Promedio mínima	Uniformidad de luminancia		Relación de luminancia de deslumbramiento
	Lprom (cd/m <sup>2</sup> )	Lprom/Lmín	Lmax/Lmín	Ld/Lprom
Autopistas y carreteras	0.4	3.5 a 1	6 a 1	0.3 a 1
Vías de acceso controlado y Vías rápidas	1.0	3 a 1	5 a 1	0.3 a 1
Vías principales y ejes viales	1.2	3 a 1	5 a 1	0.3 a 1

<sup>5</sup> Fuente de Información: NOM-001-SENER-2005/Artículo 930

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

Vías primarias o colectoras	0.8	3 a 1	5 a 1	0.3 a 1
Vía secundaria residencial Tipo A	0.6	6 a 1	10 a 1	0.4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo B	0.5	6 a 1	10 a 1	0.4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo C	0.3	6 a 1	10 a 1	0.4 a 1

**Tabla 2.2**

Tomando como referencia la nom-001-sede-2005 artículo 930, toda luminaria empleada en alumbrado público debe estar aprobada y construida y diseñada específicamente para los requerimientos y necesidades propias del alumbrado público, y deben ser adecuadas para lugares húmedos, mojados o a la intemperie dependiendo del lugar donde se instalen.

A continuación se tienen otras especificaciones siguiendo la norma oficial mexicana nom-013-ener-2004, eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas la cual tiene como objeto establecer niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado según se especifique, con los que deben cumplir las nuevas instalaciones para alumbrado público y áreas exteriores públicas en las diferentes aplicaciones que se indican en la presente Norma, con el propósito de que se diseñen o construyan bajo un criterio de uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la aplicación de equipos y tecnologías que incrementen la eficacia sin menoscabo de los requerimientos visuales.

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende todos los sistemas nuevos de iluminación para vialidades, estacionamientos públicos abiertos, cerrados o techados y áreas exteriores públicas, así como las ampliaciones de instalaciones ya existentes que se construyan en el territorio nacional, independientemente de su tamaño y carga conectada, es importante tomar estas normas en cuenta ya que se deben seguir sus especificaciones a la hora de trabajar en el diagnóstico de cualquier anomalía o mejora en la parte de la iluminación en el alumbrado. Los sistemas para alumbrado de áreas exteriores públicas de la presente Norma Oficial Mexicana, el valor mínimo de eficacia de la fuente de iluminación debe ser de 22 lm/W.

**Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para vialidades (W/m<sup>2</sup>)<sup>6</sup>**

<sup>6</sup> Fuente de Información: NOM 013-SENER-2004

Nivel de Iluminancia Lux [Lx]	Ancho de la Calle Metros [m]			
	7,5	9,0	10,5	12,0
3	0,26	0,23	0,19	0,17
4	0,32	0,28	0,26	0,23
5	0,35	0,33	0,30	0,28
6	0,41	0,38	0,35	0,31
7	0,49	0,45	0,42	0,37
8	0,56	0,52	0,48	0,44
9	0,64	0,59	0,54	0,50
10	0,71	0,66	0,61	0,56
11	0,79	0,74	0,67	0,62
12	0,86	0,81	0,74	0,69
13	0,94	0,87	0,80	0,75
14	1,01	0,95	0,86	0,81
15	1,06	1,00	0,93	0,87
16	1,10	1,07	0,99	0,93
17	1,17	1,12	1,03	0,97

Tabla 2.3

**Nota:** El nivel de iluminación a utilizar depende del tipo de vialidad a iluminar, de acuerdo con lo establecido en el artículo 930 "Alumbrado Público" de la Norma NOM-001-SEDE-2005.

**Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para sistemas de iluminación en vialidades con súper postes (W/m<sup>2</sup>)<sup>7</sup>**

Área a iluminar m <sup>2</sup>	Densidad de potencia W/m <sup>2</sup>
< 2500	0.52
de 2500 a 5000	0.49
de 5000 a 12500	0.46
> 12500	0.42

Tabla 2.4

**Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para estacionamientos públicos abiertos (W/m<sup>2</sup>)<sup>8</sup>**

Área a iluminar m <sup>2</sup>	Densidad de potencia W/m <sup>2</sup>
< 300	1.80

<sup>7</sup> Fuente de Información: NOM 013-ENER-2004

<sup>8</sup> Fuente de Información: NOM 013-ENER-2004

de 300 a 500	0.90
de 500 a 1000	0.70
de 1000 a 1500	0.58
de 1500 a 2000	0.54
> 2000	0.52

**Tabla 2.5**

Cuando se tengan anchos de calle menores, mayores o diferentes a los mostrados en la Tabla 2.3, se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Para anchos de calle menores de 7,5 m se toman los valores de la columna de 7,5m.
- Para anchos de calle mayores de 12 m se toman los valores de la columna de
- 12 m.
- Para anchos diferentes a los mostrados en la Tabla 2.3 se toman los valores de ancho de calle de la columna inmediata que le antecede.

Las especificaciones de los equipos de iluminación establecen los parámetros mínimos que requiere un sistema para ser funcional, donde intervienen principalmente sus características técnicas y normativas. En México en los sistemas de iluminación (alumbrado público), se recomienda instalar solo lámparas de vapor de sodio a alta presión (VSAP), además de las conocidas como lámparas de aditivos metálicos (ADM) debidamente reglamentado por las normas oficiales mexicanas.

### 2.3.1. Alumbrado Publico

El alumbrado público es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del municipio o de la delegación si es el caso, con el objeto de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades tanto de las personas, como el alumbrado de comercios unidades habitacionales y el libre uso del automóvil, etc.

Contrariamente a lo que se pueda pensar, detrás de los cálculos y recomendaciones sobre alumbrado de vías públicas existe un importante desarrollo teórico sobre diferentes temas (pavimentos, deslumbramiento, confort visual, etc.). Afortunadamente, hoy día estos cálculos están muy mecanizados y no es necesario tener profundos conocimientos en la materia para realizarlos. No obstante, es recomendable tener nociones de algunos de ellos para comprender mejor la mecánica de cálculo. Así tras estudiar algunos conceptos previos de iluminación, veremos soluciones prácticas de alumbrado viario y los niveles de iluminación recomendados.

Por lo general el alumbrado público en las ciudades o centros urbanos es un servicio del municipio o delegación que se encarga de su instalación, aunque en carreteras o infraestructura vial importante corresponde al gobierno central o regional su implementación.

### 2.3.2. Diseño del alumbrado

Para el diseño del alumbrado público debe tomarse en cuenta diversas cuestiones respecto a su capacidad de aprovechamiento, es aquí donde los niveles de iluminación juegan un papel importante, ya que todo proyecto estará regido principalmente por un nivel de iluminación adecuado según sea su requerimiento, para todos los casos se considerara las condiciones específicas de iluminación. Lo que se pretende es tener un sistema de iluminación que maximice su funcionamiento y otorgue una relación beneficio-costos ya que cabe mencionar las tarifas que se manejan para el alumbrado público es de las más altas.

Debe tomarse en cuenta todos los factores que intervienen en el funcionamiento de un sistema de iluminación artificial, como puede ser el espacio requerido, así como sus condiciones (abierto, cerrado, ventilado, húmedo, seco, cálido, etc.). La ubicación adecuada de un luminario implica que se desea obtener la máxima funcionalidad del sistema, por lo cual se requiere que cumpla con las normas reglamentarias y avaladas por la dependencia correspondiente.

La Norma NOM 001 SEDE-2005, nos menciona la importancia de la ubicación de un luminario, por ejemplo, para la iluminación de vialidades por norma debe cumplir con una separación mínima de 1.5 [m] de ventanas, pórticos, y otros lugares accesibles al público en general.

Existen tres parámetros fundamentales que definen al consumo de energía eléctrica de acuerdo a un sistema de iluminación los cuales son: La potencia del foco que se emplea en dicho sistema, el consumo de energía durante el cual se emplea la iluminación, por último tenemos la tecnología de dicho sistema. Por lo anterior es conveniente que los sistemas de iluminación sean diseñados de manera que se obtenga un ambiente placentero y seguro en el cual se realice alguna actividad donde el sistema juegue un papel importante.

La tecnología de iluminación se enfrenta a un mundo cambiante, los nuevos equipos empleados exigen a los diseñadores emplearse a fondo para afrontar futuros retos en los cuales intervendrán el confort mismo del ser humano así como los constantes incrementos en el consumo energético de los sistemas. La eficiencia lumínica puede definirse como la capacidad de una lámpara de transformar energía eléctrica en luz. El



costo unitario puede apreciarse que disminuye considerablemente cuando se hace una selección adecuada de la lámpara.

Al contrario que en el alumbrado vial donde la prima es ofrecer unas buenas condiciones de iluminación y seguridad vial, en el alumbrado de áreas residenciales y peatonales existe un gran abanico de posibilidades que van desde iluminar zonas comerciales al simple guiado visual. Es por ello conveniente analizar los usos y requerimientos de la vía para determinar los niveles de alumbrado más adecuado y las lámparas y luminarias a utilizar.

Cuando se pretenden iluminar áreas residenciales y peatonales se busca conjugar la orientación y seguridad de movimientos con la seguridad personal de peatones y vecinos. En esta línea es importante que el alumbrado permita ver con anticipación los obstáculos del camino, reconocer el entorno y orientarse adecuadamente por las calles, el reconocimiento mutuo de los transeúntes a una distancia mínima de cuatro metros que permita reaccionar en caso de peligro, disuadir a ladrones e intrusos y en caso que esto no ocurra revelar su presencia a los vecinos y peatones.

Además de todo esto, es conveniente una integración visual de estas zonas con el entorno en que se encuentren igualándolas al resto o dándoles un carácter propio. Si por las zonas peatonales existe tráfico de vehículos se iluminará como si se tratara de una vía pública normal y corriente. El tratamiento del deslumbramiento en este tipo de vías, es mucho más sencillo que en el caso de tráfico motorizado debido a la gran diferencia de velocidad entre estos y los transeúntes.

Los peatones debido a su baja velocidad se adaptan bien a los cambios de luminancia. Habrá, no obstante, que evitar colocar luminarias sin apantallar al nivel de los ojos y vigilar la luminancia de las lámparas en ángulos críticos que provoquen molestias a los transeúntes. Así mismo, conviene evitar que las luces molesten a los vecinos en su descanso nocturno.

Por otra parte cuando se refiere al alumbrado público vial se tienen que tomar en cuenta otras observaciones las cuales no interfieran con el confort de las personas.

En la iluminación de túneles, y en general de cualquier tramo de vía cubierta, se busca proporcionar unas condiciones de seguridad, visibilidad, economía y fluidez adecuadas para el tráfico rodado. En túneles cortos, menos de 100 m, no será necesario iluminar salvo de noche o en circunstancias de poca visibilidad. En los largos, será necesario un estudio individualizado de cada caso. Para ello es necesario analizar los problemas que

representan los túneles para los vehículos en condiciones de día o de noche, el mantenimiento necesario y las características de los equipos de alumbrado a instalar.

En ausencia de luz diurna, iluminar un túnel resulta mucho más sencillo. Basta con reducir el nivel de luminancia en el interior del túnel hasta el valor de la iluminación de la carretera donde se encuentra o si esta no está iluminada que la relación entre las luminancias interior y exterior no pase de 3 a 1 para evitar problemas de adaptación. En este último caso se recomienda un valor aproximado entre 2 y 5 cd/m<sup>2</sup>. Hay que tener en cuenta que aunque no se presente el efecto del agujero negro en la entrada sí se puede dar en la salida. Por ello es recomendable iluminar la carretera a partir de la salida durante un mínimo de 200 m para ayudar a la adaptación visual.

Todos y cada uno de los componentes de un sistema de alumbrado deben seleccionarse con el máximo cuidado pensando en que cada elemento o parte de él es una pieza de ingeniería con muchas horas de pruebas y experiencia en campo que no se deben despreciar si se pretende tener éxito en un alumbrado de vialidades.

Mientras no existan fallas en un alumbrado, no existirá quién reproche su funcionamiento aunque si la calidad no cubre las expectativas si existirán muchas críticas. En un sistema bien planeado con una buena distribución de luminarios a distancias interpostales correctas la falla de un luminario es soportable aunque sea por unos pocos días, pero lo que absolutamente nadie soportará es la falla de un circuito completo.

El costo unitario por un mismo nivel de iluminación se reduce considerablemente cuando se hace una selección adecuada de la lámpara. Después de esta sencilla revisión de lámparas y luminarios es posible tener una visión mas clara de la forma de aplicar las soluciones para resolver los problemas que puedan existir, elevando la eficiencia y disminuir notablemente los niveles de costos.

## **CAPITULO III**

# **Ahorro de Energía en Alumbrado Público**

### 3.1. Programas de Ahorro de Energía en Alumbrado Público

En el capítulo anterior se vieron los temas relacionados con la iluminación, tipo de lámparas, niveles de iluminación, tecnologías que permiten un ahorro y una mejor claridad para iluminar el entorno deseado, todo esto relacionado con el alumbrado exterior y enfocado a las necesidades de nuestra sociedad, es por ello que abordaremos a continuación la importancia y el interés que los programas sobre el ahorro de energía en alumbrado público tienen para el compromiso y la necesidad de ahorrar cada vez más la energía eléctrica .

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior al crecimiento económico de una manera alarmante, ya que suple las necesidades del aparato productivo, porque está relacionado con mayores niveles de vida y propósitos no materializados que llevan a su vez al consumo de una mayor cantidad de energía eléctrica, sobre todo si se tiene en cuenta que en energía eléctrica se gasta una importante cantidad de dinero por su consumo. Debido a este ritmo de crecimiento se deben tomar acciones que impidan aumente el índice físico del consumo energético, en materia de alumbrado público de acuerdo a un comunicado de la Secretaría de Energía (SENER), entre 1997 y 2007 el consumo de electricidad para iluminación en México creció a un ritmo del 3.9% anual, y al cierre del 2010 dicho consumo representó el 19% del total de la energía eléctrica consumida en el país, a través de un parque estimado en 290 millones de lámparas (tubos fluorescentes, focos incandescentes y lámparas fluorescentes compactas). El mismo informe señala que aunque el consumo de electricidad para iluminación se ha tenido incrementado de manera importante en los 12 últimos años, se considera que aún existe potencial de crecimiento adicional, ya que el consumo de electricidad per cápita en México es aún menor que el de países desarrollados.

El diagnóstico lo arroja el estudio realizado por el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) sobre las mejores prácticas y tecnologías disponibles a nivel internacional en materia de iluminación, así como las acciones para promover el uso eficiente de la energía; el objetivo del plan es identificar

oportunidades para lograr el óptimo aprovechamiento de la energía y generar ahorros sustanciales para el país en el mediano y largo plazo.

Para lograr el objetivo señalado se identificaron diversas líneas de acción en el área de iluminación, entre las que destacan: publicar una norma de consumo de energía para iluminación; promocionar el uso de focos de alta eficiencia; acelerar la implementación de iluminación eficiente en alumbrado público; acelerar la implementación de iluminación eficiente en la Administración Pública Federal; y apoyar a grupos marginados en la adquisición de focos eficientes.

Esta realidad nos hace conciencia de que deben de poner en práctica mejoras y nuevos planes de jerarquía inmediata en la distribución de la energía eléctrica en materia de alumbrado para contribuir con la producción y eficiencia de la energía en la inmensa trayectoria y unión que se origina en las grandes centrales de generación. En vista de esto se están emprendiendo planes, programas económicos y energéticos, con la finalidad de aumentar el ahorro de energía en cada país del mundo, por ejemplo con base en los ordenamientos jurídicos vigentes, cada año la secretaria de energía realiza la planeación del sistema eléctrico nacional y publica la información oficial que corresponde al análisis y las proyecciones de la oferta y la demanda nacional en relación al alumbrado público.

En el mundo es evidente que existe un incremento constante en la demanda de energía. En nuestro país poco más del 85% de los energéticos provienen de recursos naturales no renovables, principalmente hidrocarburos y carbón.

Lo anterior nos obliga a una búsqueda de alternativas que permitan contribuir en la preservación de dichos recursos naturales. Una de estas alternativas, con resultados positivos, ha sido la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia energética, (NOM-ENER) que ya se mencionaron en el capítulo II, para que regulen los consumos de energía de aquellos aparatos que, por su demanda de energía y número de unidades requeridas en el país, ofrezcan un potencial de ahorro cuyo costo-beneficio sea satisfactorio para el país y los sectores de la producción y el consumo.

En países como Estados Unidos y Europa se está llevando a cabo un programa de ahorro de energía en alumbrado público mediante un software llamado Lighting Reality PRO, desarrollado para la implementación de luminarias compatibles con los estándares de iluminación internacionales como IES-RP08 para usuarios de Norteamérica, que señala o se encarga de la revisión y el manejo de la iluminación en carreteras, avenidas y pasos peatonales, señalando el uso de la iluminación correspondiente a la cantidad necesaria de iluminación, dirección, posición y ubicación.

Por otro lado se encuentra la NOM. EN-13201 para los usuarios Europeos la cual se encarga de los niveles de iluminación en carreteras, avenidas, lugares de esparcimiento y pasos peatonales, con este programa se trata de regular de una forma tecnológica y avanzada la iluminación en el tiempo y el momento en el que se requiera por medio de la pantalla de una computadora, permitiendo que el software mande la señal de cuanta cantidad de luz y la dirección que se necesita para el usuario en las avenidas importantes, esta estrategia es llamada lighting reality. A continuación se presenta un cuadro con las especificaciones en los niveles de iluminación según EN-13201 y IES-RP 1890/08:

Guía práctica de niveles de iluminación según EN-13201 y IES-RP 1890/08<sup>9</sup>

SITUACION DE PROYECTO	TIPO DE VIA Y USO	CLASE/CRITERIO	LUMINANCIA cd/m <sup>2</sup>			ILUMINANCIA lux			
			MED IA	MAX IMO	Uo	CLASE	MED IA	MAX	Um
A1	AUTOPISTAS Y AUTOVIAS	ME1 MD>25000 (> 3 intersecciones /km) ME2 MD >25000 (<3 intersecciones /km) ME2 MD >15000 (>3 intersecciones /km) ME3a MD <25000 (<3 intersecciones / km) ME3a MD <15000	2	3	≥ 0.4	CE1	30	72	≥0.4
			1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20	48	≥0.4
			1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20	48	≥0.4
			1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	36	≥0.4
			1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	36	≥0.4
A1	CARRETERAS UNICA CALZADA, DOBLE SENTIDO,VIAS RAPIDAS	ME1 MD>25000 ME2 MD >15000 < 25000(<3 intersecciones /km) ME2 MD <15000 (>3 intersecciones /km) ME3a MD <15000 (<3 intersecciones / km)	2	3	≥ 0.4	CE1	30	72	≥0.4
			1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20	48	≥0.4
			1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20	48	≥0.4
			1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	36	≥0.4
A2	CARRETERAS SIN ACERAS, CARRETERAS RURALES	ME2 MD>7000 (> 3 intersecciones /km) ME3a MD >7000 (<3 intersecciones /km) ME3a MD <7000 (>3 intersecciones /km) ME4a MD <7000 poco transito	1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20	48	≥0.4
			1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	36	≥0.4
			1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	36	≥0.4
			0.75	1.1	≥ 0.4	CE4	10	24	≥0.4
	CARRETERAS	ME1 MD>25000 (> 3 intersecciones /km)	2	3	≥ 0.4	CE1	30	72	≥0.4

<sup>9</sup> [http://www.gaismasnams.lv/upload/URBAN\\_2012.pdf](http://www.gaismasnams.lv/upload/URBAN_2012.pdf)

Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

A3	RAPIDAS EN CIUDADES, CIRCUNVALACIONES, RONDAS	ME2 MD >25000 (<3 intersecciones /km) ME2 MD >15000 y <25000 ME3b MD >7000 y <15000 ME4 MD <7000	1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20	48	≥0.4
			1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20	48	≥0.4
			1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	36	≥0.4
			0.75	1.1	≥ 0.4	CE4	10	24	≥0.4
-	GLORIETAS Y FONDOS DE SACO	Una clase superior del tramo de mayor clase que fluye en la zona.							≥0.4
B1	CALLES PRINCIPALES EN CIUDADES/ ARTERIAS URBANAS	ME2 MD >7000 comercial/ turístico ME3b MD >7000 ME4 MD <7000	1.5	2.3	≥ 0.4	CE2	20		≥0.4
			1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	48	≥0.4
			0.75	1.1	≥ 0.4	CE4	10	36	≥0.4
B2	CAMINOS/ CARRETERAS RURALES	ME3c MD >7000 ME4b MD <7000 ME5 MD <4000 poco transito	1	1.5	≥ 0.4	CE3	15	24	≥0.4
			0.75	1.1	≥ 0.4	CE4	10	36	≥0.4
			0.5	0.8	≥ 0.4	CE5	7.5	24	≥0.4
D1/D2	AREAS DE APARCAMIENTOS, ESTACIONES DE AUTOBUSES	Alto flujo, comercial, turístico, ocio Normal Bajo flujo peatonal	-	-	-	CE2	20	18	≥0.4
						CE3	15	48	≥0.4
						CE4	10	36	≥0.4
D3/D4	CALLES RESIDENCIALES CON VEHICULOS Y CON ACERAS A LO LARGO D ELA CALZADA	Muy alto flujo: comercial, turístico, ocio. Alto flujo peatonal Alto/ medio flujo peatonal Normal Bajo flujo peatonal.				CE2	20	24	≥0.4
						S1	15	48	≥ 0.2
						S2	10	36	≥ 0.2
						S3	7.5	24	≥ 0.2
						S4	5	18	≥ 0.2
E1/E2	PLAZAS URBANAS Y ZONAS PEATONALES	Alto flujo peatonal Normal Urbano Bajo flujo peatonal Muy bajo flujo peatonal				CE2	20	12	≥ 0.2
						S1	15	48	≥ 0.2
						S2	10	36	≥ 0.2
						S3	7.5	24	≥ 0.2
						S4	5	18	≥ 0.2
	PASARELAS PEATONALES, ESCALERAS, RAMPAS, PASOS D EPEATONES	Zona residencial Zona comercial				CE1	20	12	≥ 0.2
						CE2	30	48	≥ 0.2

Figura 3.1

El Fondo Atmosférico de Toronto (TAF), creó el proyecto Light Savers (**Ahorrradores de luz**) para acelerar el uso de la iluminación y controles avanzados de adaptación para reducir tanto el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. Posteriormente, The Climate Group licencia de la marca Light Savers de TAF estableció

un programa de ahorro de luz donde se usan luminarias de LED en la iluminación y proyectos de controles inteligentes de todo el mundo.

Si vemos todo el mundo está enfocado en un desarrollo de tecnologías que permitan un ahorro y más eficiencia en el alumbrado, México trabaja para lograr cada vez más la eficiencia en este servicio y así proporcionar bienestar a la sociedad en materia de energía y alumbrado público.

### 3.1.1 Programas de Ahorro de Energía en Alumbrado Público en México

En México existen programas de ahorro de energía encaminados a optimizar cada vez más el uso de la energía eléctrica lo cual ha llevado a México a realizar acciones importantes a fin de satisfacer las necesidades de iluminación con mayor eficiencia.

Por un lado la sustitución de focos existentes y por el otro la creación y adopción de mejoras de eficiencia en sistemas de iluminación en alumbrado público.

Formas de Prestación Del Alumbrado Público

MUNICIPIO: En esta forma de administración, el ayuntamiento, por conducto del área responsable de los servicios públicos, tiene a su cargo la organización, operación y funcionamiento del servicio.

CONCESIONADA: La concesión se entenderá como un contrato en el cual figuran dos elementos fundamentales: el ayuntamiento y los particulares, y un objetivo que es la prestación de servicio alumbrado público.

MIXTA: La administración por colaboración significa la participación conjunta de las autoridades municipales con los propios usuarios, en la organización, operación del servicio de alumbrado público.

### 3.1.2 Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012

Para llevar a cabo y atender la situación anterior, el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 establece entre sus objetivos el llevar a cabo un incremento en la eficiencia del parque de tecnología para la iluminación, esto se abordara a través de una estrategia integral conformada por cinco acciones que permitirán el desarrollo colectivo de una mejora en el ahorro de la energía en la iluminación:



- Publicar Norma Oficial Mexicana de Eficiencia Eléctrica en Iluminación
- Promocionar el uso de focos de alta eficiencia
- Apoyar a grupos marginados en la adquisición de focos eficientes
- Acelerar la adquisición e implementación de iluminación eficiente en la administración pública
- Acelerar la implementación eficiente de iluminación en alumbrado público.

Esta última línea de acción busca reducir el consumo energético por iluminación mediante la sustitución acelerada de lámparas de alumbrado público que cumplan con mayores estándares de eficiencia. Con esto se pretende centrar los trabajos a fomentar la sustitución de las luminarias ineficientes por luminarias de mayor eficiencia. Esta sustitución presenta una oportunidad para los municipios y delegaciones participantes debido a que se disminuye el consumo energético. Por otro lado se busca también la integración de aquellas localidades que presenten una factibilidad técnica y financiera dentro del Proyecto Nacional, promoviendo la mejora en eficiencia energética del alumbrado público al sustituir luminarias, balastos y lámparas. Asimismo se otorga opinión técnica y financiera a los proyectos municipales de alumbrado público.

Dentro de este programa de Aprovechamiento sustentable se lleva a cabo el Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal, donde se busca otorgar financiamiento de la banca de desarrollo a los municipios que lo requieran para la ejecución de los proyectos, buscando la recuperación de los financiamientos, en su caso a través de los ahorros económicos generados por la disminución en el consumo de energía eléctrica y dar seguimiento de los resultados de la implementación del Proyecto Nacional.

### 3.2 Programa Sectorial de Energía 2007-2012

En el programa sectorial de energía (PROSENER) publicado en el Diario Oficial de la federación el 21 de febrero del 2008 se establecen estrategias para el uso eficiente de la energía en el alumbrado público, donde se lleva a cabo la línea de acción 2.1.5 la cual es acelerar la implementación en alumbrado público mediante la sustitución acelerada de lámparas de alumbrado que cumplan con mayores estándares en la materia. Se trata de inhabilitar las lámparas ineficientes por lámparas de más eficiencia en cuanto al ahorro y al gasto de energía eléctrica.

La tecnología usada para el alumbrado público en México varía en cuanto a su eficiencia lo cual lleva que algunas de ellas en diferentes sectores no cumplen con la

normatividad de eficiencia actual, en la siguiente tabla se puede observar el tipo de luminarias que podemos encontrar y su comparativa:

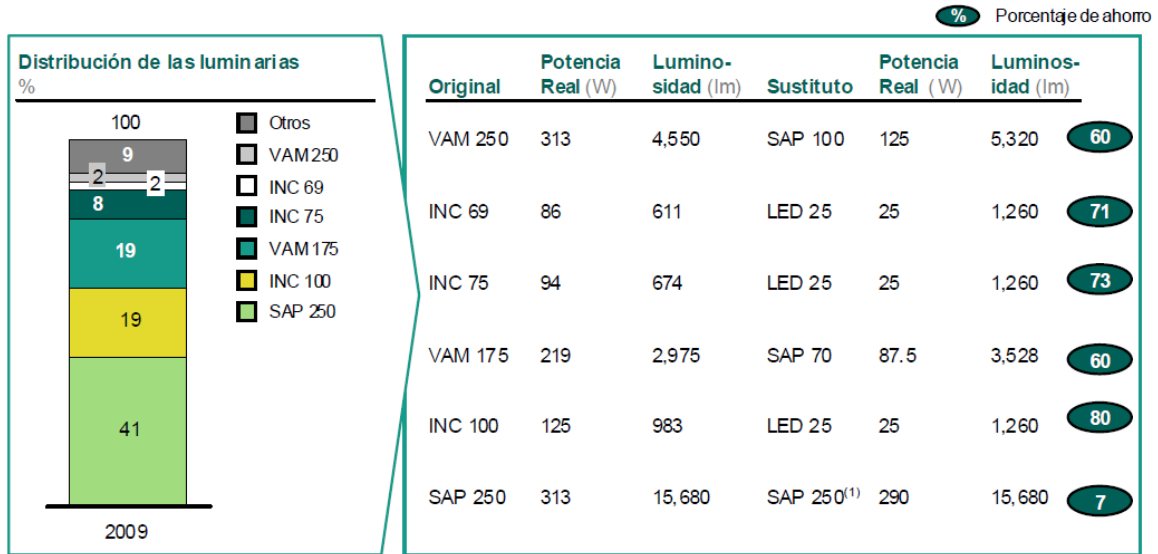


Figura 3.2

(1) se considera una mejora de la tecnología existente

Nota: SAP- Vapor de sodio Alta presión, VAM- Vapor de Mercurio, INC- Incandescente.

Fuente: CONUEE, Censo de luminarias, Análisis CONUEE.

El programa pretende con este proyecto sustituir un millón de luminarias que representan el grueso del impacto potencial, esto lograra que se tengan ganancias y un ahorro importante, estimados alrededor del 30% por esta sustitución.

Por otra parte este programa va encaminado al ahorro de energía en el alumbrado público y está realizando un programa consciente de las condiciones actuales del medio ambiente y priorizando el ahorro de energía como primicia de trabajo, se realiza un análisis y un estudio completo de la red de alumbrado público de la ciudad. Utilizando ingeniería y tecnología de primer nivel, se sustituyen equipos de alto consumo energético por equipos que nos proporcionen mejores niveles de iluminación y consumos contenidos de energía. Esto permite reducir y controlar el gasto en la facturación mensual del alumbrado del municipio.

### 3.3 Proyectos e Implementaciones

Dentro de cada programa efectuado para el ahorro de la energía, se crean proyectos que comprenden los objetivos fundamentales para su desarrollo, los cuales estudian cada una de las necesidades que se pretenden atacar como es el caso del ahorro energético en el alumbrado público para lograr un ahorro y una optimización a través de nueva tecnología que es estudiada para saber el costo beneficio de las mismas. A continuación abordaremos algunos de estos proyectos.

#### 3.3.1 Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal

Tiene un importante alcance que pretende apoyar a los municipios que lo soliciten para la sustitución de sus sistemas de alumbrado público por sistemas más eficientes, en donde se identifique un potencial importante de abatimiento de energía eléctrica.

Medios físicos por el cual el municipio proporciona el servicio es: Atraves de un red de alumbrado, abastecedores y mecanismos de distribución de mantenimiento menor.

Actualizar los censos de carga y reconocer los ahorros en la facturación de energía eléctrica por concepto de alumbrado público.

La mejora de la eficiencia eléctrica en el alumbrado público incorporando únicamente la sustitución de balastos, luminarias y lámparas. Los Organismos de apoyo con el cual el municipio trabaja de forma conjunta para prestar el servicio, lo hace de forma coordinada con que provee el suministro de energía en este caso es con comisión federal de electricidad.

Dar seguimiento real de los resultados que se están obteniendo al realizar el programa Nacional.

Otorgar financiamiento de la banca de desarrollo a los municipios para la ejecución de los proyectos, buscando la recuperación del financiamiento, en su caso a través de los ahorros económicos generados por la disminución en el consumo de la energía eléctrica.

En el programa Nacional para el aprovechamiento Sustentable de la Energía se estima que el implementar de una forma adecuada y rápida la sustitución de los sistemas de alumbrado público obsoletos por tecnología adecuada y eficiente provocara que el consumo de energía eléctrica en alumbrado en el 2030 sea del 12% menor con referencia a su línea base.

Con la participación de la Comisión Nacional para el uso eficiente de la energía, el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C y la Comisión Federal de Electricidad, el Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal tiene como objetivo principal el de ayudar a todos los municipios de México que lo soliciten para la sustitución de sus sistemas de alumbrado público que ya sean obsoletos o que consuman demasiada energía eléctrica por sistemas de alumbrado más eficientes y que se identifique un potencial importante de abatimiento de energía eléctrica.

### **Proyecto de Eficiencia energética en alumbrado público por financiamiento**

Esta opción será promovida para la realización del proyecto en los municipios a través del **Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)**, considerando que los municipios podrán solicitar de mutuo propio, su incorporación al mismo.

El financiamiento que se les otorga a estos proyectos de eficiencia energética, como lo propone este proyecto Nacional, tiene una ventaja adicional para el repago de su inversión sobre otros proyectos de financiamiento. La razón es que utiliza, en su caso, los ahorros económicos derivados del cambio tecnológico como fuente del repago de dicha inversión. Con esto se pretende esclarecer y adoptar un beneficio con el esquema de financiamiento para incorporar como legibilidad financiera estos ahorros.

En caso de que resulte viable, una vez formalizado el crédito, el **Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)** entregara los recursos correspondientes al municipio.

Sera responsabilidad llevar a cabo las acciones necesarias, para la ejecución de la propuesta de sustitución de los sistemas de alumbrado, conforme lo marque la legislación aplicable, coordinándose con la superintendencia de Distribución de la CFE para que dicho proyecto sea ejecutado de conformidad con la sectorización que administra CFE, esto con la finalidad de asegurar que la facturación sea actualizada lo antes posible.

Para efecto de monitoreo y evaluación, **Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)**, Comisión federal para el uso eficiente de la Energía Eléctrica (CONUEE) y CFE podrán solicitar al municipio información adicional durante y después del desarrollo del proyecto Nacional.

### Esquema de proyecto de eficiencia energética por financiamiento

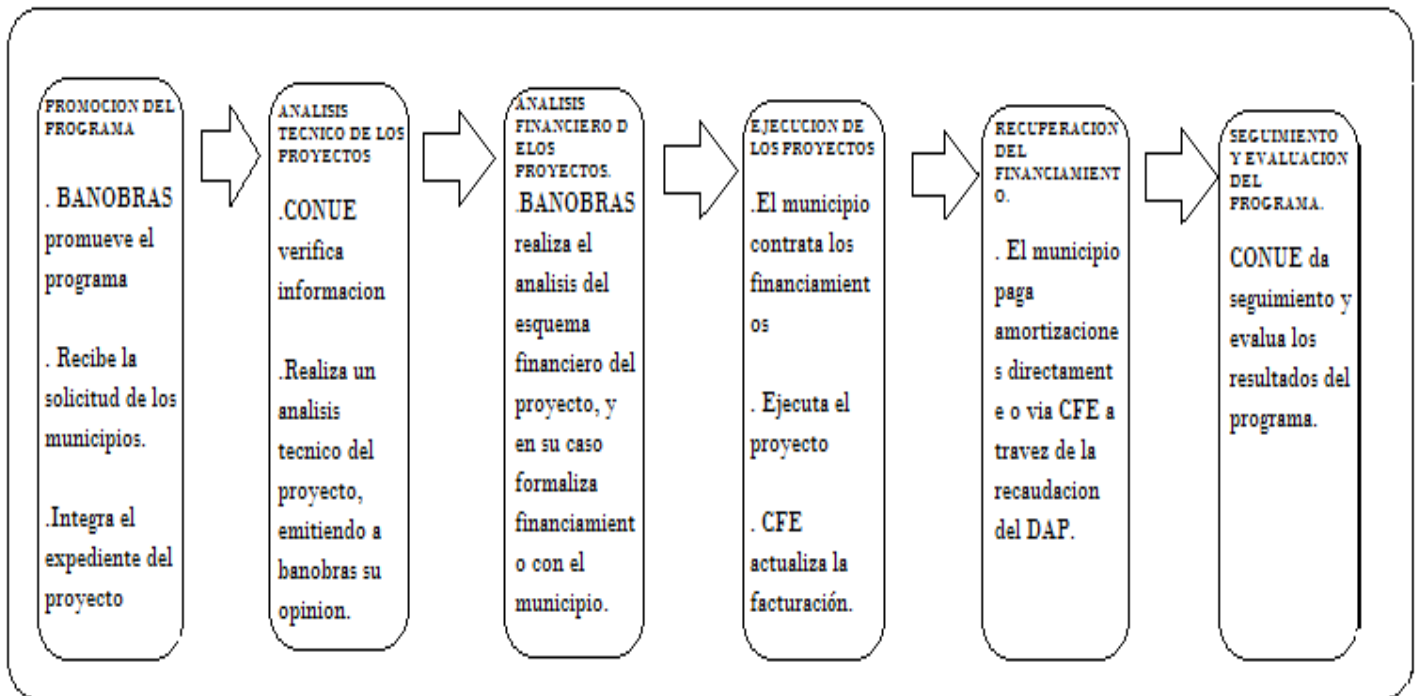


Figura 3.3

#### Proyectos de eficiencia energética en alumbrado público con recursos propios

Esta opción del proyecto Nacional también será promovida a los municipios a través de BANOBRAS considerando que los municipios también podrán solicitar de mutuo propio, su incorporación al mismo.

Con esto aquellos gobiernos que se encuentran interesados en participar deberán hacer un primer acercamiento ante la delegación estatal de BANOBRAS que le corresponda presentando los documentos siguientes:

- Carta de intención o escrito firmado por el presidente Municipal o funcionario facultado para tal efecto.
- Situación actual del alumbrado público
- Remitir y elaborar a la misma delegación de BANOBRAS su propuesta de sustitución de los sistemas de alumbrado.

La aprobación de dicho apoyo estará sujeta a la disponibilidad de recursos cuyo monto será lo que resulte menor de 10 millones de pesos o el 15% del monto total del proyecto. El comité técnico del fondo se reservará el derecho de otorgar el apoyo en el caso de

proyectos que no se apeguen a la propuesta que cuente con la opinión técnica favorable de la CONUEE.

En caso de no ser viable el proyecto el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) enviara un comunicado al municipio con las observaciones que se desprendan de la opinión, para que si el municipio cree conveniente sean solventadas y apegadas al proyecto, por otra parte si el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) aprueba el proyecto entregara los recursos correspondientes al municipio.

Todos estos proyectos son llevados a cabo en México, todos relacionados al ahorro de energía eléctrica en alumbrado público y son evaluados por un comité que es coordinado por la Secretaria de Energía SENER y está constituido por: Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE). En México, el ahorro y uso eficiente de la energía lo promueve la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía CONUEE y el FIDE, los que instrumentan programas para un uso más sustentable de la energía. La CONUEE, órgano desconcentrado de la SENER, tiene por objeto fungir como asesor técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF), de los gobiernos de las entidades federativas, municipios y particulares, en materia de ahorro y uso eficiente de la energía y del aprovechamiento de las energías renovables.

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía CONUEE concentra sus esfuerzos para el buen funcionamiento del alumbrado público a través de cuatro actividades:

a) Normalización, b) Asistencia Técnica, c) Promoción y Diseño, d) Desarrollo de Programas.

Todos estos puntos fueron tomados en cuenta para llevar a cabo la planeación de los programas de ahorro de energía en alumbrado público que se abordaron, tomando ese seguimiento como pauta para abordar como nuestro tema de estudio en materia del ahorro de energía y del potencial eléctrico del circuito universitario, encaminado con los diferentes programas que existen en México tratando de proponer el mejor sistema de iluminación, encontrando el potencial de voltaje tomando como referencia el

sistema que ahora tiene con un sistema ahorrador de energía, lo cual se expondrá en el siguiente capítulo.

### 3.4 Alumbrado Público en el circuito exterior de Ciudad Universitaria

El alumbrado de Ciudad Universitaria es de tipo convencional, alto consumo de energía, alto costo de mantenimiento correctivo y preventivo. Para iluminación de exteriores utilizan lámparas de sodio de alta presión de 250 W y lámparas con vapor de mercurio las cuales consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque. La luz que emite es color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara, aunque también están disponibles las bombillas completamente transparentes las cuales iluminan bien en zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores.

Para su operación las lámparas de vapor de mercurio requieren de un balastro. Una de las características de estas lámparas es que tienen una vida útil muy larga, ya que rinde las 25000 horas de vida aunque la depreciación lumínica es considerable.

Existen casos en los que en este tipo de lámparas los polvos fluorescentes han desaparecido por el paso de muchos años y sin embargo la lámpara continúa encendida.

Estas lámparas han sido usadas principalmente para iluminar avenidas principales, carreteras, autopistas, parques, naves industriales y lugares poco accesibles ya que el periodo de mantenimiento es muy largo. Actualmente, las lámparas de aditivos metálicos (o lámpara de halogenuro metálico), particularmente, las que encienden por pulso o pulse start, proveen mejores características a lo largo de su vida útil.

## **CAPITULO IV**

# **Análisis de los Niveles de Iluminación y DPEA en el Alumbrado Público de Ciudad Universitaria**



## 4.1. Recopilación de Información de Ciudad Universitaria

### 4.1.2. Antecedentes

Primeramente haremos una síntesis de cómo está conformada tanto en área como en todas sus estructuras Ciudad Universitaria, la cual está construida en un área de 730 hectáreas del campus universitario, ubicado al extremo sur de la delegación Coyoacán. Inaugurada en 1952, CU consta actualmente de 360 edificios y una reserva ecológica que ocupa una extensión de 1.46 kilómetros cuadrados<sup>10</sup>.

A este conjunto de edificios y espacios que conforman el campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en un principio tenía una extensión original de 2 millones de metros cuadrados, en el 2011 la extensión total construida de Ciudad Universitaria era de 1245705 m<sup>2</sup> y la superficie que es destinada para las áreas exteriores en estacionamientos y vialidades es de 898 165<sup>11</sup> m<sup>2</sup>.

El anteproyecto arquitectónico originalmente contemplaba dividir el campus universitario en tres áreas:

**-Zona Escolar:** Construida alrededor de una explanada con jardines en la cual se ubicarían los edificios administrativos. Esta zona se subdivide a su vez en otras secciones: Humanidades, Ciencias, Ciencias Biológicas y Artes. Tiene como elemento central y dominante el campus universitario que se subdivide en los siguientes grupos de edificios principales:

a) *Servicios comunes.* Inmediato a la Avenida de los Insurgentes se halla el grupo que corresponde al gobierno de la Universidad, esto es, la Rectoría, con los edificios de carácter general universitario y externo, o sea Aula Magna, Biblioteca y Museo.

Sus principales accesos son: el de honor, inmediato a la Avenida, sobre la Plaza alta de la Rectoría y los laterales, para la fácil llegada de camiones y autobuses, con sus estacionamientos correspondientes. Los pórticos sirven tanto como andenes de llegada como para alojar algunos comercios: librerías, papelerías, etc.

En las varias plazas a diversos niveles que comprende este conjunto la torre de la Rectoría, elemento dominante, acentúa el eje fundamental de la composición: Estadio, acceso de Insurgentes y Rectoría. La plaza alta, al nivel de la avenida, liga a la rectoría con el aula Magna, realizándose en ella el cambio de ejes que relaciona el conjunto con

---

<sup>10</sup> La construcción de la Ciudad Universitaria del Pedregal: Concepto, programa y planeación arquitectónica. Volumen 12 de Colección Cincuentenario de la autonomía de la Universidad Nacional de México. Editor Universidad Nacional Autónoma de México, 1979

<sup>11</sup> Inventario y escenarios de mitigación de GEI asociados con el consumo de energía en Ciudad Universitaria, UNAM.

el campus, colocando las escalinatas que conducen al mismo en el eje de la torre de Ciencias, volumen sobresaliente del campus. Las plazas bajas, originadas por el desnivel natural del terreno, ligan al Museo con la Biblioteca, así como a los pórticos y tiendas.

b) *Humanidades*. Este conjunto está constituido por la facultad de Filosofía y Letras, sus institutos y las Facultades de Derecho, Economía y Comercio, así como la Escuela de Ciencias Políticas y Sociales.

-**Zona deportiva**: Estaría destinada a los campos deportivos de diversas disciplinas.

-**Zona del Estadio Universitario** que en 1968 pasó a ser el Estadio Olímpico Universitario.

Estas tres áreas estaban organizadas como anillos dentro de una llamada súper manzana mayor. Conforme la zona urbanizada de C.U. fue creciendo para dar acomodo a una amplia población estudiantil, administrativa y visitante; se dispuso la construcción de anillos cada vez mayores, organizando la urbanización en circuitos concéntricos.

Debido a este proceso, algunos de los edificios originales no mantienen las funciones que inicialmente les fueron asignadas; las Escuelas, Facultades e Institutos que albergaban se fueron reubicando a los circuitos exteriores y sus antiguos edificios fueron ocupados por las Escuelas y Facultades que siguieron en el centro del campus universitario. Algunos ejemplos de este proceso de cambio son: la Escuela de Veterinaria (hoy Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia) y la Facultad de Ciencias.

Otra de sus cualidades del proyecto de conjunto de Ciudad Universitaria, porque la arquitectura no es estática, es que ha permitido el crecimiento de las instalaciones, algunas de ellas bien logradas y otras equivocadas, porque no pensemos que aquellas superficies iniciales resuelven ya las necesidades de actualidad que han sobrepasado en mucho las previsiones originales. Afortunadamente se contaba con superficie para crecimiento, contigua al proyecto de 1954, en el mismo Pedregal de San Ángel, misma que fue aprovechada en parte, con el desarrollo de dos circuitos sucesivos de instalaciones.

### 4.1.3. Circuitos y Vialidades que conforman CU

#### **Primer circuito**

Rodea la Zona Escolar. En su centro se encuentra la explanada central y alrededor se localizan los siguientes edificios:

- Torre de Rectoría
- Biblioteca central
- Museo Universitario de Ciencias y Artes (MUCA).
- Facultad de Arquitectura.
- Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras (CELE).
- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Química
- Facultad de Medicina
- Facultad de Odontología
- Facultad de Derecho
- Facultad de Economía
- Facultad de Filosofía y Letras
- Torre I (Parte de la Facultad de Filosofía y Letras), y Torre II de Humanidades.
- Dirección General de Orientación y Servicios Educativos (DGOSE).
- Facultad de Psicología. Ubicada enfrente de la Biblioteca Central, y su entrada principal está hacia la Av. Universidad.
- En las cercanías de este circuito (a unos 300 m) se encuentra la estación Copilco, de la Línea 3 del Metro.

#### **Circuito Exterior**

Este es el circuito donde se concentra la mayoría de las instalaciones deportivas del campus. Está compuesto por:

- Alberca olímpica. Proyectada por Félix Nuncio, Ignacio López Bancalari y Enrique Molinar.
- Frontones y canchas deportivas. Área proyectada por Alberto T. Arai<sup>[1]</sup>.
- Campos deportivos de entrenamiento. Proyectados por Mario Pani y Enrique del Moral.
- Gimnasio. Proyectado por Antonio Pastrana y Raúl Fernández.

Al paso de los años, ha sido necesario construir instalaciones académicas, algunas de ellas habían emigrado del Circuito Escolar debido a que requerían mayor espacio y otras eran instituciones nuevas que pertenecen dentro de la organización universitaria.

- Instituto de Ingeniería
- Invernadero *Faustino Miranda* del instituto de Biología.
- Instituto de investigaciones en matemáticas aplicadas y sistemas.
- Facultad de Ingeniería (División de Ciencias Básicas y División de Posgrado).
- Facultad de Contaduría y Administración (originalmente *Escuela de Comercio y Administración*).
- Escuela Nacional de Trabajo Social.
- Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC)

### **Círculo de investigación científica**

Este círculo agrupa a la mayoría de los Institutos y Programas de investigación. También se encuentran instalaciones que originalmente estaban en el círculo escolar.

- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM
- Instituto de Ciencias del mar y Limnología
- Instituto de Fisiología Celular
- Instituto de Geofísica
- Instituto de Geografía
- Instituto de Ingeniería
- Museo de Zoología
- Centro de Ciencias de la Atmósfera
- Centro de Información Científica y Humanística
- Centro para la Innovación Tecnológica
- Coordinación de la Investigación Científica
- Facultad de Química (anexos: Edificio D, Conjunto E y Edificio F)
- Instituto de Astronomía
- Instituto de Física
- Instituto de Geología
- Instituto de Matemáticas
- Instituto de Química
- Museo de Paleontología
- Programa Universitario de Alimentos
- Programa Universitario del Medio Ambiente
- Programa Universitario de Investigación en Salud
- Facultad de Ciencias
- Instituto de Ciencias Nucleares
- Instituto de Investigaciones en Materiales

Por otra parte señalaremos con el siguiente cuadro el área construida por tipología funcional.

**AREA CONSTRUIDA POR TIPOLOGIA FUNCIONAL<sup>12</sup> (m<sup>2</sup>)**

	En CU
Enseñanza superior	377,691
Investigación	157,435
Difusión Cultural	38,870
Servicios generales	61,735
Servicios de apoyo a la docencia	52,938
Edificios de productos	23,468
Otros espacios	533,568
Subtotal	1,245,705
Áreas Exteriores	898,165
Total	2,143,870

Tabla 4.1<sup>12</sup> (Véase referencias)

Si bien observamos Ciudad Universitaria posee una extensa área lo cual es un gran reto llevarla a que funcione tan exitosamente como hasta hoy y una pieza indiscutiblemente para lograr esto es la electricidad de donde partimos para seguir abordando el tema de la iluminación la cual es a menudo responsable de más de la mitad del total de la factura de electricidad. La utilización de tecnologías de iluminación moderna y eficiente puede permitir un gran ahorro de energía y reducir los costos operativos. Este ha sido el punto de partida para muchos de los proyectos que se han llevado a cabo en Ciudad Universitaria y que nosotros trataremos de realizar de una manera más puntual con el análisis del ahorro potencial eléctrico de un sector de esta universidad.

Para ello la Universidad ha realizado diversos programas que han ayudado de una manera significativa en el manejo sustentable de los recursos lo cual ha requerido realizar auditorías energéticas para recaudar información de los edificios y los equipos con los que cuenta cada uno, sin olvidar los usos de cada equipo, una vez recaudada esa información se utilizo para el cálculo de indicadores lo cual arrojo que los principales usos de la energía eléctrica se encuentran en la iluminación, aire acondicionado, refrigeración/ congelación, equipo de computo, calefacción, equipo especial (equipo de laboratorio), equipo de fuerza (bombeo) y pequeños comercios que requieren otros equipos menores. El consumo de electricidad en la universidad

<sup>12</sup> Estas cantidades fueron tomadas del libro Estadística y Legislación Universitaria pag. 63 Editorial UNAM 1987.

Actualización de datos del Inventario y escenarios de mitigación de GEI asociados con el consumo de energía en Ciudad Universitaria.

para el 2011 fue de 66 723 969<sup>13</sup> kWh, que representa el 80% de la facturación estimada para el mismo año (83 572 527 kWh). La Iluminación y la refrigeración acumulan el 49% del consumo total de CU para 2011.

Por otro lado para seguir abordando el tema de iluminación y alumbrado público hay que tener en cuenta y saber cómo llega la energía eléctrica en Ciudad Universitaria, para ello se cuenta con cuatro acometidas en cuatro subestaciones, cada acometida es alimentada en media tensión por 23000 Voltios esta se distribuye por todo CU gracias a la construcción de una red subterránea de 6300 V que van a cuatro subestaciones derivadas para poder distribuir toda la energía eléctrica a Ciudad Universitaria. Recientemente se ha llevado a cabo la sustitución de la mayor parte del alumbrado exterior de vialidades y estacionamientos de CU, el tipo de luminarias que se cambiaron eran lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP) por lámparas de halogenuros cerámicos compactas por lo que se realizara el análisis del ahorro de energía con respecto al alumbrado que aun no se sustituye y así proponer un tercer escenario para un mejor ahorro en cuanto a iluminación en alumbrado público de los circuitos en ciudad universitaria.

## 4.2. Recopilación de datos y mediciones de la iluminación del alumbrado público de Ciudad Universitaria

### 4.2.1. Descripción del levantamiento de datos y mediciones

Empezamos haciendo un recorrido en los diferentes circuitos que componen Ciudad Universitaria para percatarnos de que en realidad ya estuvieran todas las luminarias funcionando con el sistema de iluminación Philips CosmoPolis que fueron las que mencionaron las diferentes fuentes que visitamos en la Dirección de Planeación y Evaluación de Obras para recopilar la información necesaria y hacer nuestro levantamiento y conocer un poco como se ha venido trabajando en Ciudad Universitaria para el mejoramiento del alumbrado Público en todos los circuitos, con el fin de llevar una operación mas optima y a su vez ahorrando energía con un mejor sistema de iluminación. Sin embargo de aquí partiremos para analizar primero el nivel de iluminación, analizar el Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) y el ahorro de energía se abordara en el siguiente capítulo verificando si existe tal, con el sistema de iluminación Philips CosmoPolis en comparación con el sistema V.S.A.P de todos los circuitos de Ciudad Universitaria.

---

<sup>13</sup> <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/BancodeImgenes/Documents/ImagenQuincena02julio%202012.pdf>

Una vez que se tuvo la información del sistema de aditivos metálicos Philips CosmoPolis y realizado el recorrido de los circuitos en Ciudad Universitaria, se generó una serie de marginales de cada uno de los tramos de cada circuito para recopilar los datos necesarios que nos permitieran llevar a cabo el método de punto por punto, tomando en cuenta los factores fundamentales que se tienen que tener para definir la calidad que se requiere en la iluminación, por ejemplo; nivel de iluminación, que son las iluminancias que se necesitan (niveles de flujo luminoso (lux) que inciden en una superficie), distribución de luminarias, limitación de deslumbramiento, modelado, que corresponde a la limitación del contraste de luces y sombras creado por el sistema de iluminación, color, esto es el color de la luz y la reproducción cromática.

Siguiendo estos elementos se podrá determinar la calidad y la eficiencia de las luminarias y el diseño de un mejor sistema y comenzar el cálculo para saber si el nivel de iluminación es adecuado o no en su funcionamiento.

El método de punto por punto lo utilizamos para conocer los valores de iluminancia en puntos concretos, ya que las mediciones se realizaron en diferentes tramos de cada circuito que compone toda la Ciudad Universitaria. Primeramente comenzamos el levantamiento en el circuito Estadio Olímpico Universitario, utilizando un luxómetro digital cuyas especificaciones son las siguientes:

Especificaciones del Luxómetro

Rangos	0.1 a 19 990Lux
Tiempo de respuesta	2.5 veces/segundo
Rango de temperaturas	de 0 ~ 50 ° C por debajo del 80% de HR
Rango de Temperatura de almacenamiento	-10 ° C ~ 60 ° C
Fuente de energía	Batería de 9 volts
Peso	270 gr

Tabla 4.2

Se utilizó una rueda de medir (odómetro) y una computadora portátil para ir recopilando los datos, después, ya contando con las herramientas necesarias se tomaron varias medidas como; el ancho de la banqueta, el ancho de las avenidas de cada circuito y por ende el ancho de cada carril, la distancia de luminaria a luminaria, la altura de cada luminaria y se hizo un estimado de cada circuito, cabe mencionar que las mediciones se hicieron en un horario de 7 a 10 de la noche horario de invierno. Continuando con lo anterior partimos en tramos cada circuito es decir norte, sur, este y

oeste, por ejemplo, iniciamos en el circuito estadio Olímpico como ya se menciona y se dividió en tres luminarias cada tramo para sacar las mediciones.

En estas mediciones ocupamos el luxómetro para obtener la cantidad de iluminación (lux) de cada uno de los puntos que tomamos en cada luminaria, en nuestro caso tomamos de 28 a 35 puntos según el ancho de la calle donde medimos y un tramo compuesto por tres luminarias para a su vez comparar el valor teórico con el obtenido del método punto por punto.

Para el circuito del Estadio Universitario empezamos con el tramo del estacionamiento 7 que colinda con la Av. Insurgentes sur y el circuito escolar, en esta sección nos dimos cuenta de que es una zona arbolada y en casos como este, es un aspecto que influye en el nivel de la iluminación, por lo que en ciertas medidas el nivel de luxes difiere mucho del promedio y se tienen que verificar estos niveles con el objeto de cumplir con los valores mínimos establecidos en la Norma, para analizar si los sistemas sustituidos son eficientes y con flujo luminoso adecuado y apegado a dicha norma o bien analizar los factores que intervienen en su óptimo funcionamiento.

Para el caso en donde el flujo luminoso de las luminarias sobrepasa los niveles de iluminación y de la carga del sistema de alumbrado público se va a realizar una comparación con la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) establecida en la NOM-013-ENER-2004.

Siguiendo con el análisis del alumbrado en el tramo de estacionamientos del circuito Estadio Olímpico, después tomamos el estacionamiento E4-E6, se obtuvieron valores apegados a Norma en cuanto a la luminosidad, porque los valores de uniformidad luminosa van de acuerdo con los 4 luxes mínimos que pide la NOM-001-SEDE-2005 y se observo que a pesar de que en esta zona se cuenta con jardineras muy anchas y una zona arbolada, el sistema de Aditivos Metálicos mantiene bien iluminados los tramos que se eligieron y en general todo el circuito del Estadio Olímpico.

Después se tomo el tramo del estacionamiento E1-E2, aquí la zona esta mas despejada de arboles y observamos por las mediciones que tomamos que aquí el nivel de luminosidad es mayor ya que las copas de los arboles no interfieren con sus sombras y el área a iluminar esta mas despejada permitiendo actuar de una mejor forma al alumbrado.

Haciendo el mismo procedimiento de medición, nos trasladamos al circuito Zona Deportiva en donde analizamos que tramos íbamos a tomar de este circuito que cuenta con diversos factores que pueden alterar el nivel de iluminación, como por ejemplo, hay una área que tiene una parte de arboles que se llegan a juntar las copas de un lado al otro del circuito y las ramas tocan la luminaria estorbando la luminosidad y se ve oscura la zona aun con el alumbrado, en esta zona hay piedra volcánica densa y



parte de vegetación característica de la zona protegida del pedregal, este tramo fue el del campo de fútbol 1 parada del Pumabus.

Este punto lo consideramos para saber cuánto disminuye el nivel de luminosidad afectada por los árboles y nos dimos cuenta que la luminosidad debajo de la lámpara es de alrededor de 3.2 lux, es muy bajo sin embargo con la luminosidad de las lámparas que tiene cerca se compensa y aun así se alcanza el valor mínimo promedio por la Norma.

Como ya se había mencionado es una área muy oscura pero también en el caso donde las ramas no afectan las lámparas si se tiene una buena iluminación en la zona, pero consideramos que mas luminarias podrían funcionar mejor para iluminar mas esta área porque la sentimos de alguna forma insegura y muy solitarios los tramos que tomamos en la hora que se realizaron las mediciones.

Otro de los tramos fue el Jardín Botánico parada del Pumabus en donde vimos en menor medida la zona arbolada aquí la zona a iluminar está un poco mas despejada y la luminosidad debajo de la lámpara es mucho mayor que en la zona donde interfieren las ramas de los árboles, en este tramo se siguió el mismo patrón de elegir tres luminarias y 35 puntos de medición con el luxómetro a lo largo y ancho del circuito, el valor promedio de luminosidad es adecuado y conforme a Norma.

Por último tramo de este circuito consideramos el Instituto de Investigaciones Biomédicas, en esta zona se despeja aun más el área arbolada y se tiene una zona un poco más amplia en cuanto a una menos cantidad de árboles y las mediciones nos salieron aun mejor con el luxómetro, la iluminación promedio salió más alta con respecto a los otros tramos (véase anexos).

Una vez realizadas las mediciones del Circuito Estadio Olímpico y zona Deportiva nos dirigimos al circuito de la zona Cultural, esto lo decidimos porque quisimos abordar las orillas de Ciudad Universitaria primero hasta llegar al centro, primero tomamos la zona del Archivo General esto lo hicimos porque es una parte del circuito donde hay mucha afluencia de estudiantes y visitantes además de que es un área muy despejada de árboles y el alumbrado se nota de una forma más clara y a nuestro parecer se ve mejor distribuida.

Las mediciones se hicieron con los mismos patrones que las anteriores aquí el ancho de la calle es más angosto y por lo tanto el nivel de luminosidad es mejor a todo lo ancho, en este circuito hicimos 28 mediciones por cada tres luminarios y de la misma forma lo dividimos en tres tramos, Archivo general, Universum y Teatro y Danza.

Para el primer tramo Archivo General cuando realizamos las mediciones a pesar de que se ve la zona muy bien iluminada nos dimos cuenta que el promedio de luminosidad de las 28 mediciones que realizamos salió más bajo que en la zona arbolada de la zona Deportiva esto debido a que la iluminación es mas dispersa por el área tan despejada de árboles u objetos que causen sombra, sin embargo los niveles de luminancia son adecuados y están bajo Norma, también la uniformidad salió adecuada.

En el segundo tramo que es el de Universum salió muy proporcional al tramo del archivo general prácticamente el promedio de luminancia salió igual, se tomaron tres luminarias y 28 mediciones por las tres y los niveles de luminancia y uniformidad salieron adecuados bajo Norma, el nivel de luminancia es adecuado y se ve bien iluminadas las aéreas de este circuito.

Para el tercer tramo que fue Teatro y Danza es una zona muy oscura y arbolada y el promedio de luminosidad fue menor que en el de los otros dos tramos, nos dimos cuenta q en algunas luminarias los arboles estorban y esto disminuye la luminancia de la lámpara un poco, de cualquier forma los niveles están de acuerdo a la Norma (Véase Anexos).

Una vez realizados los levantamientos de estos tres circuitos: Estadio Olímpico, Zona Deportiva y Zona cultural, dimos un recorrido por el circuito interior para ver cómo estaban distribuidas la luminarias y nos dimos cuenta que aquí las luminarias en los tramos que elegimos son de dos brazos sin embargo en las mediciones que tomamos y comparamos con los de los circuitos del Estadio Olímpico, zona deportiva y zona Cultural no es significativo el aumento en el nivel de iluminación es decir que su iluminación promedio es casi igual.

Para el primer tramo del circuito interior tomamos el de la Facultad de Psicología donde se tomaron las mediciones de igual forma que todas las anteriores, con ayuda del odómetro y el luxómetro se hizo el levantamiento, se midió de luminaria a luminaria para corroborar la distancia de 30 metros, también se midió el ancho del circuito, el ancho de banquetas y se hicieron 28 mediciones por tramo, se observaron los alrededores cercanos a esta facultad para fijarnos si habían objetos o algún otro elemento que afectara a las luminarias y todo lo encontramos bien, en esta zona los arboles no afectan a las lámparas y su distribución nos pareció la adecuada.

La iluminación debajo de las lámparas nos dio más alta en comparación con otros tramos, en esta zona de la facultad de psicología se cuenta con buena iluminación y los niveles de luminosidad fueron altos pero el promedio es el correcto según la Norma Oficial. Por otra parte se fueron haciendo las mediciones de los puntos escogidos con el luxómetro de las tres luminarias escogidas en ese tramo y el promedio estuvo alrededor de los 19 lux.

Después nos pasamos a la facultad de medicina, en este tramo no hay árboles que afecten a las lámparas es una zona amplia y bien iluminada , elegimos este tramo de esta facultad porque hay mucha demanda de alumnos y personal y quisimos verificar los niveles de luminosidad , tomamos 28 puntos y los medimos con el luxómetro, el promedio nos dio cerca de los 21 lux por lo que aquí aumento la luminosidad promedio con respecto del tramo de psicología, cabe mencionar que se tomaron las mediciones de una forma metódica conforme el método punto por punto y se siguió midiendo el ancho de la calle, carril a carril, de luminaria a luminaria, ancho de la banqueta, altura de

la luminaria para estar seguros que las medidas eran las correctas y nos influyeran en un mal resultado.

Continuando con las mediciones elegimos la facultad de Ingeniería como el tercer tramo del circuito interior, esta zona si esta arbolada principalmente el camellón sin embargo el nivel de luminosidad para esta zona es adecuado con un promedio cercano a los 20 lux.

Así fue como se realizaron las mediciones de los tres tramos del circuito interior en donde el nivel de iluminación también es el adecuado, el nuevo sistema CosmoPolis hasta este punto se ve que está trabajando bien y de acuerdo a las Normas.

Por otra parte hicimos un recorrido por el circuito exterior y tomamos los tramos de la facultad de veterinaria, el anexo de Ingeniería y el estadio de Prácticas. Comenzamos con el tramo de la facultad de veterinaria aquí se tiene una zona arbolada en el camellón y las luminarias aquí si se ven afectadas un poco porque a la hora que hicimos las mediciones es una zona oscura y de mucha sombra, lo podemos comprobar con las mediciones que nos dieron como promedio los 17 lux, aquí si se ve una disminución en comparación con los tramos del circuito interior por ejemplo.

Aun así, se cuenta con los niveles requeridos por la norma, todos esos análisis se harán más adelante, una vez concluidos todos los tramos de los circuitos de Ciudad Universitaria, continuando con este tramo de la facultad de veterinaria quisimos levantarlo porque observamos que tenía una zona arbolada y nos intereso su medición para ver cuánto difiere en los puntos que tomamos pero las mediciones que nos dieron fueron adecuadas y no están tan bajos los niveles lux.

El segundo tramo fue el del anexo de Ingeniería, este es un tramo oscuro la parte de sus camellones centrales son arbolados pero del lado de las luminarias esta libre aun así da como la imagen de que no iluminan lo suficiente por la zona arbolada que hace mucha sombra y de hecho en las mediciones que se realizan en el ultimo carril el nivel de iluminación dio bajo y esto hizo que el promedio nos diera alrededor de los 14 lux, con lo que la luminosidad si fue más baja que en el tramo de veterinaria.

Para el siguiente tramo que es el estadio de prácticas, también es una zona arbolada en el camellón y también se ve afectada la iluminación por esto, sin embargo las mediciones salieron en el nivel adecuado, aun cuando las mediciones que se tomaron estaban pegadas al camellón, es decir a la zona donde se hace sombra con los arboles, estas mediciones si salieron un poco bajas, pero el promedio salió mayor que en el anexo de Ingeniería, aquí salió de 16 lux.

Teniendo los datos y recopilando cada tramo de cada circuito se hará el análisis en base a las Normas y el cálculo del DPEA para poder concluir de manera más asertiva, si el sistema de iluminación CosmoPolis de aditivos Metálicos trabaja de manera adecuada y conforme a Norma obteniendo un ahorro de energía en alumbrado.

#### 4.2.2. Análisis comparativo conforme las normas NOM-001-SEDE-2005 Y NOM -013-ENER-2004 en nivel de iluminancia

Con todos los datos del levantamiento de los niveles de iluminación en los circuitos de Ciudad Universitaria y las mediciones obtenidas, tenemos las herramientas necesarias para hacer de forma adecuada y precisa el análisis comparativo de los datos levantados con los establecidos por la Normas.

En los siguientes cuadros se hace la comparativa:

Circuito	Tramo	Puntos de medición tomados	Numero de luminarias	Promedio de los puntos de medición en Lux	Iluminancia promedio min mantenido NOM-001 (Lux)	Uniformidad de Iluminancia según NOM-001 (Lux)	Uniformidad obtenida (Lux)	Conclusión
Estadio CU	Estacionamientos E7, E1, E2, E4, E6	105	9	19.22	8	4 a 1	4.25	Cumple
Zona cultural	Archivo General, Universum, Teatro y Danza,	87	9	15.52	8	4 a 1	4.24	Cumple
Zona deportiva	Campos de futbol 1 Parada Puma bus, Jardín Botánico,	105	9	18.37	8	4 a 1	6.68	Cumple
Circuito Interior	Facultad de Ingeniería, Facultad de Medicina, Facultad de Psicología	87	9	20.25	8	4 a 1	8.51	Cumple
Circuito Exterior	Anexo de Ingeniería, Estadio de prácticas, Facultad de Veterinaria.	87	9	21.07	8	4 a 1	8.06	Cumple

Tabla 4.3

Tipo de vialidad: R1 Colectora

Observando el cuadro, se aprecian los niveles promedios mínimos de luminancia, con lo que podemos decir que los niveles de iluminación en los circuitos de Ciudad Universitaria cumplen con lo requerido en las normas.

### 4.3. Calculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)

La determinación de la DPEA se calcula a partir de la carga total conectada para alumbrado y del área total por iluminar, de acuerdo con el siguiente método de cálculo:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Area total Iluminada}}$$

Donde: la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) está expresada en W/m<sup>2</sup>, la carga total conectada para alumbrado está expresada en watts y el área total iluminada está expresada en metro cuadrado.

A partir de la información contenida en el proyecto del sistema de alumbrado, la memoria de cálculo para los niveles de iluminación, la uniformidad y de los valores de potencia real nominal obtenidos de los fabricantes de los diferentes equipos para alumbrado considerados en dicha instalación, se cuantifica la carga total conectada, así como el área total iluminada a considerarse en el cálculo para la determinación de la DPEA del sistema.

En el caso de los equipos para alumbrado que requieran el uso de balastos u otros dispositivos para su operación, se considera para fines de cuantificar la carga total conectada para alumbrado, el valor de la potencia nominal del conjunto balastro-lámpara-dispositivo.

Para luminarias de Aditivos Metálicos cerámicos de 140 watts marca Phillips Master CosmoWhite se tiene una Potencia nominal = 151.20 watts con Balastro incluido.

Haciendo un análisis con carga al 100% se tiene:

Cantidad de luminarias en circuitos = 2293

Potencia (Inc. Balastro)= 151.20 watts

Superficie total Iluminada =391,520.25 m<sup>2</sup>

Realizando una tabla para cada tramo de cada circuito se tiene:

Circuito	Tramo	Ancho de	Superficie iluminada	Núm. luminarias	Potencia Inc.	Carga total	DPEA (W/m <sup>2</sup> )	Máximo NOM-	Conclusión
----------	-------	----------	----------------------	-----------------	---------------	-------------	--------------------------	-------------	------------

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

		calle (m)	(m <sup>2</sup> )	tomadas por circuito	Balastro(W)	conectada (W)		013-ENER-2012	
Estadio CU	Estacionamientos E7, E1, E2, E4, E6	12	3240	9	151.20	1360.8	0.42	0.48	Cumple
Zona Cultural	Archivo General, Universum, Teatro y Danza,	9	2430	9	151.20	1360.8	0.56	0.48	Cumple
Zona Deportiva	Campos de futbol 1 Parada Puma bus, Jardín Botánico,	9	2430	9	151.20	1360.8	0.56	0.48	Cumple
Circuito Interior	Facultad de Ingeniería, Facultad de Medicina, Facultad de Psicología	9	2430	9	151.20	1360.8	0.86	0.48	Cumple
Circuito Exterior	Anexo de Ingeniería, Estadio de prácticas, Facultad de Veterinaria.	9	2430	9	151.20	1360.8	0.84	0.48	Cumple

Tabla 4.4

Con esta tabla podemos observar que en todos los circuitos de Ciudad Universitaria se cuenta con una densidad de potencia eléctrica que representa el cumplimiento de los niveles máximos que establece la Norma, en algunos circuitos el ancho de la calle difiere su anchura por 3 metros, sin embargo la distribución de las luminarias van de acuerdo a un plan de Iluminación adecuado dependiendo de la superficie a iluminar.

### Análisis con atenuación de 6 Hrs al 40% (Incluido Balastro)

Circuito	Tramo	Ancho de calle (m)	Superficie iluminada (m <sup>2</sup> )	Núm. luminarias tomadas por circuito	Potencia Inc. Balastro (W)	Carga total conectada (W)	DPEA (W/m <sup>2</sup> )	Máximo NOM-013-ENER-2012	Conclusión
Estadio CU	Estacionamientos E7, E1, E2, E4, E6.	12	3240	9	90.72	816.48	0.25	0.48	Cumple
Zona Cultural	Archivo General, Universum, Teatro y Danza.	9	2430	9	90.72	816.48	0.33	0.48	Cumple
Zona Deportiva	Campos de futbol 1 Parada Puma bus, Jardín Botánico.	9	2430	9	90.72	816.48	0.33	0.48	Cumple

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

Circuito Interior	Facultad de Ingeniería, Facultad de Medicina, Facultad de Psicología.	9	2430	9	90.72	816.48	0.33	0.48	Cumple
Circuito Exterior	Anexo de Ingeniería, Estadio de prácticas, Facultad de Veterinaria.	9	2430	9	90.72	816.48	0.33	0.48	Cumple

Tabla 4.5

Reflectancia: Superficie de concreto hidráulico y de concreto asfáltico en el 30% y 70% de la superficie respectivamente.

Este análisis del DPEA se realizó con el objeto de ser solo ilustrativo, para saber cuál es la densidad de la potencia eléctrica en el alumbrado cuando se atenúa y trabaja al 40 % el sistema, sin embargo el DPEA se calcula con la carga instalada.

Ahora que ya se hizo este análisis y se cuenta con los niveles de iluminación promedio de los circuitos y los valores del DPEA, en el siguiente capítulo abordaremos la evaluación del Ahorro de energía.

## **CAPITULO V**

# **Evaluación del Ahorro de Energía en el Alumbrado Público de Ciudad Universitaria**



## 5.1. Características de las luminarias de Ciudad Universitaria Sistema Philips CosmoPolis

La nueva generación de lámparas de halogenuros metálicas, usada en exteriores ofrece una eficiente y agradable luz blanca.

Lámpara para alumbrado público de importantes ventajas en cuanto a la reducción de costos y rendimiento. Importante reducción del consumo energético. Respecto de las lámparas de sodio el 10%, frente a las Master color el 30% y hasta un 150% respecto de las lámparas de vapor de mercurio HPL, vida útil muy prolongada y fiable. Aumento de la eficacia luminosa, gracias a la mejora en el diseño de la lámpara y tipo de halogenuros sin que se produzca una pérdida del nivel de luz durante la vida. Miniaturización para permitir una iluminación discreta e interesantes diseños de luminarias (véase anexo 1).

Este sistema está diseñado para funcionar con balastro electrónico, cuyas características son:

- . Sistema de alta eficiencia para ahorrar energía.
- . El tamaño compacto y bajo peso proporcionan una flexibilidad de diseño y facilidad de instalación.
- . Cuenta con un solo componente para simplificar su mantenimiento.

### 5.1.1. Evaluación de Ahorro de Energía

A parte de estar seguros de sus características vanguardistas y ventajas con respecto a otras lámparas, es muy importante evaluar los costos y la demanda eléctrica, para hacer de una manera clara y eficiente el análisis del ahorro en Alumbrado Público, y saber cuánto se está ahorrando.

A continuación se describirán todas y cada una de las etapas que se realizaron, en el proyecto de cambio de luminarias en los circuitos de Ciudad Universitaria.

Después de haber realizado todas las mediciones de niveles de iluminación, pasamos a la fase de investigar, las fechas de inicio y de terminación del cambio de las luminarias, para hacer el estudio en base al año de la realización, el mes de inicio de dicho proyecto, el mes de terminación de la etapa que se llevo a cabo o bien de todo el proyecto.

Una vez que se tuvo tal información, pasamos a la tarea de recopilar todas las facturas de luz emitidas por CFE y que nos fueron proporcionadas por la Dirección General de Obras y Servicios.

La primera etapa del proyecto inicio en el mes de diciembre del año 2009 y termino en el mes de febrero del 2010, cabe señalar que los meses que se tomaron en cuenta para obtener el cálculo, del consumo energético de las facturas de luz para esta primera etapa, fueron todos aquellos meses que se contaba con las facturas de luz de las tres subestaciones eléctricas que se tomaron en cuenta, debido a que estas son las que abastecen de energía en su mayoría al alumbrado de Ciudad Universitaria.

Por otra parte, en la recopilación de datos y cálculos se hicieron unas tablas en donde muestran los consumos (kWh) y la demanda (kW) mensual de los sistemas de iluminación tanto de vapor de sodio V.S.A.P, que era el tipo de luminaria con el que contaba antes el sistema de alumbrado Público Ciudad Universitaria y el otro sistema Philips CosmoPolis de halogenuros metálicos de la actualidad.

Para saber si hubo o no mejoría en los costos de consumo y demanda energética se llevo a cabo un análisis respecto de las facturas de luz de Ciudad Universitaria

La siguiente tabla muestra el consumo y la demanda de energía de las luminarias instaladas en la actualidad en los diferentes circuitos de Ciudad Universitaria:

Análisis con carga al 100%

Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con Balastro <sup>14</sup> Incluido	Horas uso diario	Consumo kWh (mensual)	Consumo kWh (anual)	Demanda kW (mensual)
Phillips MASTER CosmoWhite	2293	151.20	12	124812.576	1518553.00	346.7016

Tabla 5.1

A continuación los datos del sistema de iluminación anterior para hacer de la mejor forma la comparativa energética.

Análisis del consumo de las luminarias V.S.A.P al 100% de carga

Luminarias	Num.de	Capacidad en	Horas	Consumo	Consumo	Demanda
------------	--------	--------------	-------	---------	---------	---------

<sup>14</sup> Incremento por balastro del 8%

Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

	Luminarias	Watts con Balastro electromagnético <sup>15</sup> Incluido	uso diario	kWh (mensual)	kWh (anual)	kW (mensual)
V.S.A.P	2293	312.5	12	257962.5	3138543.75	716.5625

Tabla 5.2

El sistema Philips CosmoPolis tiene como característica importante la facultad de disminuir su potencia por las propiedades del balastro y trabaja de las 12:00 am a las 6:00 am con una atenuación del 40%, esto para disminuir los costos y tener ahorro de energía.

Análisis con atenuación de 6 hrs al 40% del sistema Actual

Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con Balastro Incluido	Horas uso diario	Consumo kWh (mensual)	Consumo kWh (anual)	Demanda (kW)
Phillips MASTER CosmoWhite	2293	90.72	6	37443.772	455565.9	208.0209

Tabla 5.3

Para saber cuál es el promedio de potencia y consumo del sistema Philips Cosmo Polis se realizó la siguiente tabla donde se muestran los resultados:

Análisis con carga promediada

Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con Balastro Incluido	Horas uso diario	Consumo kWh (mensual)	Consumo kWh (anual)	Demanda kW
Phillips MASTER CosmoWhite	2293	120.96	9	74887.54	911131.80	277.36128

Tabla 5.4

Se realizó el análisis del sistema de Vapor de Sodio para hacer la comparativa con respecto del sistema de halogenuros metálicos y poder saber cuánto es el consumo eléctrico que se ahorra, es por eso que necesitamos saber el comportamiento en los consumos eléctricos en el año antes de la primera etapa y después de la segunda

<sup>15</sup> Incremento por balastro electromagnético del 25%

etapa. Para saber si es representativo el ahorro que se consiguió con el cambio de luminarias o bien para determinar los factores que influyen directamente con el aumento o disminución de los consumos eléctricos.

Primero se hicieron unos cuadros en Excel (véase anexo 2 y 3) en donde se cuenta con las tres subestaciones que son las que alimentan las luminarias, después se capturaron los datos de las facturas de los años 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, no se cuenta con las facturas del 2010 porque en ese año fue cuando se extinguió Luz y Fuerza del Centro y se tuvo problemas para conseguir las facturas, sin embargo los datos del 2010 fueron proporcionados por el Programa de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería.

Después se capturo el periodo de cada factura, los consumos (kWh), la demanda (kW), el factor de Potencia y el total a pagar de cada factura.

Antes de la primera etapa se recopilaron los meses desde febrero hasta agosto, sin embargo se podrá ver (véase anexo 2) que faltan algunos meses en este lapso, debido a que las facturas de esos meses faltantes no se contaba con las de las tres subestaciones.

Se sacaron los promedios del consumo de estos meses y se saco el porcentaje con respecto de las luminarias de Vapor de Sodio para saber cuánto representaban del consumo mensual de las facturas de Ciudad Universitaria. Una vez hecho esto, se recopilaron ahora los meses después de la primera etapa de sustitución del alumbrado, los cuales fueron abril y marzo del 2010, esto fue porque la primera etapa de sustitución fue de Diciembre del 2009 a febrero del 2010 como ya se había mencionado y la segunda etapa de mayo del 2010 y ese mismo mes se termino toda la sustitución.

Como resultados antes de esta primera etapa se obtuvo lo siguiente:

Un 4% correspondiente al consumo total mensual de facturación de Ciudad Universitaria del consumo base del sistema V.S.A.P el cual es de 257,962.5 (kWh).

El consumo anual del sistema V.S.A.P es de 313854.75 kWh.

Después de la primera etapa se sumaron las luminarias de Vapor de Sodio que quedaban, mas las luminarias que se cambiaron, para sacar un consumo promedio y obtener cuanto representa del consumo de facturación de estos meses, con lo que resultado (para más detalle véase anexos 2 Y 3 ) un consumo de 195307.128 kWh sumando las luminarias de V.S.A.P y las luminarias CosmoPolis, después de la primera etapa, esto representa el 3 % del consumo mensual de facturación.

La segunda etapa su inicio y fin fue en el mes de mayo del 2010 y se recopilaron los meses de julio a diciembre del 2010, para sacar el promedio del consumo mensual y compararlo con respecto al consumo del nuevo sistema de Iluminación de halogenuros metálicos.

Los resultados (para más detalle véase anexos 2 y 3) dieron como consumo 124812.576 kWh lo que representa un 2% del consumo total mensual.

La evaluación del consumo también se aplicó en el caso donde el sistema CosmoPolis trabaja con una atenuación del 40% y se tomaron siempre todos los meses sin interrupción aun que el motivo de no tener ciertos meses fue por no contar con las facturas, porque Ciudad Universitaria siempre está iluminada aun en vacaciones y el análisis se hizo en base a todos los casos con Vapor de Sodio, con halogenuros metálicos al 100% de carga y con el 40% de atenuación.

Los resultados con las luminarias atenuadas al 40 % se muestran a continuación:

Consumo mensual: 99850.06 kWh  
Consumo total mensual 2010: 0.015%

Un resumen comparativo del sistema de Vapor de Sodio y el sistema Philips CosmoPolis:

CONCEPTO	SISTEMA V.S.A.P	SISTEMA ACTUAL	AHORRO
Demanda Máxima Mensual (kW)	716.5625	346.7016	369.8609
Consumo Mensual (kWh)	257962.5	124812.576	133149.924

Tabla 5.5

Con todo este análisis que se hizo, se tienen pruebas para saber y concluir si el proyecto de Sustitución del alumbrado Público en Ciudad Universitaria produce ahorro energético y si se ve o no reflejado en las facturas de luz por que pueden haber factores que hagan que aun con el sistema de alumbrado Cosmo Polis que genera un trabajo eficiente y ahorrador no se vea reflejado en la factura.

## **CAPITULO VI**

### **Conclusiones**

## 6. Conclusiones

Teniendo todos los resultados del análisis anterior y terminando con la evaluación del ahorro de energía podemos concluir con el trabajo que se hizo, considerando que es mucho más eficiente el sistema Philips CosmoPolis de halogenuros metálicos en comparación con el sistema de Vapor de Sodio alta Presión V.S.A.P por las siguientes razones que a continuación se mencionaran:

- Antes de la primera etapa se tiene un 4% de la facturación mensual procedente del sistema V.S.A.P de las luminarias y una vez puesta en marcha la primera etapa se observa y se determina que disminuye a un 3% , evaluándolo con el sistema V.S.A.P mas las luminarias que se cambiaron Philips CosmoPolis en esa primera etapa.
- Se tiene una disminución en el consumo mensual de 257,962.5 kWh a 183,560.69 kWh, representa un 3% del consumo mensual, después de la primera etapa.
- Después de concluir con la segunda etapa y teniendo al 100% el cambio de luminarias en todos los circuitos de Ciudad Universitaria el porcentaje mensual que representan las nuevas luminarias CosmoPolis es del 2%, por lo que hubo una disminución del 2% con respecto del otro sistema de Iluminación V.S.A.P.
- El consumo mensual del nuevo sistema CosmoPolis fue de 99850.06 kWh por lo que disminuyo 158112.43 kWh respecto al sistema de iluminación anterior V.S.A.P. lo que representa un 61% de ahorro.
- Si se compara el año 2009 con el año 2010 en el consumo mensual, se tiene que aumento el consumo, representa un 0% de ahorro, entonces no es un factor el ahorro de las lámparas CosmoPolis para que se vea reflejado en el consumo mensual facturable de Ciudad Universitaria, sin embargo las razones que ocasionan el aumento en el consumo (kWh) es porque la Universidad cada vez va creciendo tanto en instalaciones nuevas e infraestructura como en demanda estudiantil, lo cual provoca dicho aumento.
- La demanda mensual del nuevo sistema CosmoPolis con respecto al sistema V.S.A.P, disminuyo de 716.5625 kW a 554.7225 kW, es decir disminuyo un 23% correspondiente a iluminación.

- El sistema Philips CosmoPolis antes de llevar a cabo la evaluación del ahorro de energía se analizaron sus componentes y se concluye que cuenta con características sobresalientes, como un balastro electrónico Advance que ayuda a que la potencia disminuya en un horario donde disminuye la afluencia estudiantil y la luz se atenúa a un 60% es decir de las 12:00 am a 6:00 am trabaja al 40 %.
- Los niveles de iluminación y el DPEA con respecto al sistema CosmoPolis de halogenuros metálicos son adecuados y conforme a las Normas NOM-001-SEDE-2005 y NOM -013-ENER-2004.

Con todos estos puntos anteriores se concluye un trabajo que se realizó de manera metódica y analítica para darnos cuenta del trabajo eficiente de las luminarias actuales del alumbrado Público de Ciudad Universitaria y evaluar el ahorro energético con respecto a las lámparas de Vapor de Sodio Alta Presión, sin olvidarnos del análisis que se hizo del consumo y la demanda eléctrica y determinar cuánto representa el ahorro energético del alumbrado público en la factura eléctrica de Ciudad Universitaria.



# Referencias Bibliográficas

## Bibliografía

Barragán Naranjo, F. (2004). Integración del desarrollo sustentable en la estrategia de las empresas del sector eléctrico: Estudio de caso de la Comisión Federal de Electricidad. México, D.F.

Besson, L. (Dirección). (2007). La Tierra vista desde el cielo - Agua dulce [Película].

Calva, J. L. (2007). La transición energética y México como exportador de petróleo. En J. L. Calva, Agenda para el desarrollo vol. 8. Política energética (págs. 347-348). México, D.F.: UNAM.

Comisión Federal de Electricidad. (2010). Del fuego a la energía nuclear. México: Gerencia de Centrales Nucleares.

Comisión Federal de Electricidad. (agosto de 2011). Recibo de pago por consumo residencial de energía eléctrica. Teziutlán, Puebla.

Garza Garza, M. N., Moreno Salazar, C. S., Rodríguez Larragoity, R. A., & Zermeño Ramírez, D. (2009). Estrategias de ahorro de energía en Administraciones Municipales encaminadas a contrinuir al Desarrollo Sustentable. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México: Daena: International Journal of Good Conscience.

Huerta Espino, M., Altamirano Bedolla, J. A., & Méndez Aranda, A. A. (2008). Alternativas de control de emisiones de CO<sub>2</sub> en centrales de generación termoeléctrica de México. CIINDET. Cuernavaca, Morelos: Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico.

Septiembre de 2011, de iluminet revista de iluminación online :  
<http://www.iluminet.com.mx/%C2%BFaditivos-metalicos-o-vapor-de-sodio-en-alta-presion-para-el-alumbrado-publico-en-mexico/>

Lorenzo, E. (2007). La energía que producen los sistemas fotovoltaicos conectados a la red: El mito de los 1300 y "el cascabel del gato". Instituto de energía solar , 9.

Luminova. (2011). [www.luminova.com](http://www.luminova.com). Recuperado el enero de 2012, de Luminova: [www.luminova.com/productos/lamparas2.php?id\\_prod=1](http://www.luminova.com/productos/lamparas2.php?id_prod=1)

Ohanian, H. (2009). Capítulo 22 - Fuerza Eléctrica y carga eléctrica. En H. Ohanian, & J. Markert, Física para ingeniería y ciencias (págs. 694-697). México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.

Ohanian, H. (2009). Capítulo 28 Circuitos de Corriente Directa - energía en circuitos: Calor de Joule. En H. Ohanian, Física 2: Para ingeniería y ciencias (págs. 901-903). México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.

Philips. (2011). Catálogo General de lámparas. México: Philips Lighting México.

[http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/alumbrado\\_publico](http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/alumbrado_publico)

Unam. (2011, January 23). BuenasTareas.com. Retrieved from <http://www.buenastareas.com/ensayos/Unam/1440134.html>

Acosta José (2008). Introducción a la administración pública y el gobierno municipal, SEGOB, tercera edición, México.

Cuenca Rafael (2002) administración municipal, editorial PANORAMA, México.

Robles Martínez Reynaldo (2009). El municipio, editorial PORRUA, novena edición, México.

Reglamento del servicio de alumbrado público municipal San Luís Potosí.  
[www.ordenjuridico.gob.mx](http://www.ordenjuridico.gob.mx)

[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_Req uerimientos\\_LED\\_010611\\_e1c3d71a.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Req uerimientos_LED_010611_e1c3d71a.pdf)

<http://www.mastermagazine.info/termino/5554.php#ixzz2UGNYsh1x>

. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005

. NOM -013-ENER-2004

## ANEXO 1: Catalogo Master CosmoPolis



MASTER CosmoWhite CPO  
Aditivos Metálicos Cerámicos

*Iluminación exterior de vías,  
carreteras, parques y  
zonas urbanas*

CPO TW

### Cosmopolis: una nueva era en el alumbrado público de tus ciudades

**MASTER CosmoWhite CPO-TW.** Lámpara de aditivos metálicos cerámicos de altísima eficiencia, luz blanca y larga vida útil para aplicaciones exteriores. Hace parte del sistema Cosmopolis complementado por su equipo electrónico y su portalámparas.

#### Características

- Construcción robusta y resistente a las inclemencias del clima.
- Larga vida útil (hasta 30,000 horas).
- Sin duda la mejor opción en iluminación blanca para alumbrado público. Simplemente inigualable.
- Solución ideal para la iluminación urbana y pública con luz de color blanco de altísima calidad haciendo de sus ciudades lugares más atractivos y llamativos.
- Ahorro de energía inmediato al compararse con lámparas de sodio (entre 70 y 150W) y aditivos metálicos (entre 150 y 175W).
- Excelente calidad de luz: reproducción de color (CRI) superior al 66 y una temperatura de color blanco cálido de 2700 kelvin.
- Posibilidad de atenuación al ser instalada con equipos Advance Lumistep.

**PHILIPS**  
sense and simplicity

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

### Beneficios

- Mayor sensación de seguridad para los transeúntes.
- La luz blanca mejora la visibilidad periférica de las personas y el reconocimiento de objetos. Nuestros ojos aumentan su sensibilidad bajo la luz de color blanco y aumentan el contraste gracias a la mayor reproducción de color.
- Embellecimiento de ciudades y sus monumentos, parques, plazas y demás sitios turísticos.
- Incremento de la vida nocturna, activando la economía de sectores relacionados a la hospitalidad como restaurantes, bares y cafés.
- Bajos costos de propiedad al ser comparadas con tecnologías de luz blanca o amarilla similares como el sodio, inducción, mercurio, luz mixta y algunos aditivos metálicos convencionales.

### Los 6 atributos que la hacen única

1. Su luz blanca cálida la cual transforma sus alrededores haciéndolos más llamativos y atractivos.
2. Sistema de altísima eficiencia capaz de reducir sus costos de instalación al incrementar su eficacia luminosa, reducir las pérdidas energéticas y aumentar el desempeño óptico del luminario.
3. Su tamaño compacto permite el diseño de nuevos luminarios más pequeños, ligeros, modernos y flexibles.
4. Su desempeño óptico de altísima precisión incrementa el espacio inter-postal hasta en un 15% comparado con sistemas convencionales.
5. Su mantenimiento luminoso de hasta un 90% después de 20,000 horas de uso para las versiones de 90 y 140W y 12,000 horas de uso para las versiones de 45 y 60W.
6. Su reconocimiento como un producto sustentable gracias a su ECO diseño. El sistema Cosmopolis es capaz de reducir emisiones de CO<sub>2</sub>, disminuir el uso de materiales en la fabricación de luminarios, utiliza menos metales pesados que otros sistemas y reduce el uso de empaques y la reposición de lámparas de forma constante.

### Aplicaciones

- Iluminación pública: vías y carreteras.
- Iluminación urbana: áreas residenciales, parques y calles peatonales.
- Embellecimiento de ciudades: resalta monumentos históricos, fuentes, plazas y zonas turísticas de alto tráfico.

### Luminarios

Las lámparas MASTER CosmoWhite CPO TW se ajustan perfectamente a una amplia gama de luminarios para alumbrado público en sus diferentes versiones y diseños. Es importante considerar que el reflector debe ser adaptado al diseño de la lámpara para garantizar el mejor desempeño óptico como sistema.

### Sistema

Para un óptimo desempeño, se recomienda su uso con balastros electrónicos Advance en sus versiones Lumistep y On/Off en las potencias 60, 90 y 140W.

### Información Técnica de la Lámpara

Clave	Potencia	Base	Bulbo	Kelvin (TC)	IRC	MOL (Milímetros)	Vida Promedio (Horas)	Flujo Luminoso (Inicial)	Flujo Luminoso (Mantenido)	Eficiencia Luminosa (Lm/W)	Posición Encendido
157313	60W	PGZ12	T(19mm)	2,720	66	209.00	24,000	6,800	5,440	114	Universal
234393	90W	PGZ12	T(19mm)	2,750	66	211.00	30,000	10,450	11,990	116	Universal
217745	140W	PGZ12	T(19mm)	2,860	66	255.00	30,000	16,500	14,685	118	Universal

### Información Técnica del Balastro

Clave	Descripción del Producto	Potencia	Tensión de Línea (V)	Frecuencia	Corriente de Línea (A)	Potencia de Línea (W)	Min. Factor de Potencia	Max. Distancia a la Lámpara (m)
NI654	Balastro Electrónico ICW-60-N-LS	60W	208/277	50-60Hz	0.33/0.24	67/67	0.95	9
NI656	Balastro Electrónico ICW-90-M-LS	90W	208/277	50-60Hz	0.49/0.37	99/99	0.95	9
NI658	Balastro Electrónico ICW-140-M	140W	208/277	50-60Hz	0.75/0.57	153/153	0.95	9

(Sujeto a cambio sin previo aviso)



Philips Mexicana S.A. de C.V.  
 Av. La Palma No.6, Col. San Fernando  
 La Herradura, 52784  
 Huixquilucan, Estado de México  
 Línea de atención al Cliente: 01800 508 9000 o 5269 9139  
 www.lighting.philips.com



SECRETARÍA  
DE ENERGÍA



**CONUEE**  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

***GUÍA***

# **ILUMINACIÓN EFICIENTE EN ALUMBRADO PÚBLICO**



## Objetivo de la guía

No es posible concebir el mundo actual sin el uso de la iluminación artificial.

Todas las actividades que llevamos a cabo requieren iluminación: en nuestra casa, cuando nos transportamos, en la oficina, en los comercios, en la industria y hasta cuando nos divertimos.

Dada la importancia que la iluminación representa en el consumo de electricidad y el avance tecnológico en la materia, los fabricantes ya ofrecen una gran variedad de sistemas de iluminación eficientes. Sin embargo, ahora nos preguntamos, al menos lo siguiente:

- ¿Cuál es el uso final?
- ¿Qué características debe tener el sistema?
- ¿Cuánto me cuesta?

Esta guía tiene por objeto proporcionarnos información de carácter genérico que nos ayude, por un lado, a plantearnos más preguntas de cosas que debemos cuidar cuando deseamos cambiar o hacer por primera vez nuestro sistema de iluminación; y por otro, a conocer cuales son las alternativas que existen.

De cualquier forma es recomendable, en cualquier caso, solicitar la colaboración de un experto. La información de este manual nos ayudará a preguntarle una serie de aspectos que seguro beneficiarán al diseño. No queremos convertirnos en expertos.

Si seguimos los consejos y sugerencias que se muestran en esta guía, ahorraremos energía y también dinero. En efecto, si consumimos menos energía el “recibo de luz” será más barato y pagaremos menos.





## **Contenido**

1. Delineación de aspectos relativos a la iluminación en alumbrado público
2. Definiciones
3. Características y recomendaciones para el diseño de sistemas de alumbrado público eficiente
4. Bibliografía
5. Anexos



## 1. Delineación de aspectos relativos a la iluminación en alumbrado público

El primer aspecto a considerar en el alumbrado público es que debe ser diseñada para proporcionar el nivel de iluminación requerido por el tipo de vialidad, es decir, considerando el tamaño de las calles y el flujo de tránsito. En todos los casos debe considerar las condiciones específicas de iluminación, tanto en los pasos peatonales y las banquetas.

Un segundo aspecto, paralelo y complementario al anterior, es el costo de las tarifas eléctricas. El alumbrado público es la tarifa más alta. Entonces, un buen diseño del sistema de iluminación, que tiene un costo bajo, maximiza la relación beneficio, que es la que debemos buscar.

La iluminación y el consumo de energía eléctrica están íntimamente como lo está cualquier aparato que use electricidad para funcionar, por lo tanto los tres parámetros que definen el consumo, son:

- La potencia del foco, la cual se mide en watts.
- El segundo factor determinante en el consumo de la energía, es el tiempo de uso de la iluminación.
- La tecnología del foco.

Se debe tener especial cuidado al combinar estas tres variables, debido a que en un número importante de municipios, el porcentaje de los recursos de los gobiernos es para este rubro: la iluminación.

La tecnología de iluminación está en un mundo muy cambiante. Nuevas técnicas y equipos de iluminación, así como fuentes de luz más eficientes, permiten a los diseñadores enfrentarse con los retos del dinámico mundo del confort en las oficinas, sin olvidar los costos energéticos en constante aumento.

Por lo anterior, los sistemas de iluminación tienen que ser diseñados de manera que cree un ambiente placentero y seguro en el cual llevar a cabo el trabajo diario, durante ocho horas al día.

## 2. Definiciones y normas

### Definiciones:

**Balastro.** Es un dispositivo electromagnético, electrónico o híbrido que limita la corriente de lámparas y, cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido.

**Flujo luminoso.** Es la cantidad de flujo de energía luminosa por unidad de tiempo, expresada en lúmenes.

**Illuminancia o iluminación.** Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área de la misma, expresada en lux (lx), (lumen/metro cuadrado).

**Lámpara de alta intensidad de descarga.** La lámpara de alta intensidad de descarga produce luz por una descarga eléctrica en arco mantenida en gas o vapor ionizado; algunas veces en combinación con la luminiscencia de los compuestos de fósforo excitados por la radiación generada en la descarga. Las lámparas de descarga funcionan con un dispositivo -balastro- que limita la corriente que lo atraviesa, debidamente conectado al circuito. Las lámparas de vapor de sodio en alta presión, aditivos metálicos y vapor de mercurio son de descarga de alta intensidad.

**Luminario.** Conjunto de elementos integrados y autocontenidos para el aprovechamiento, control y soporte de fuentes luminosas.

**Luminario para alumbrado público.** Dispositivo que distribuye, filtra o controla la radiación luminosa emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijar, sostener, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación.

### Normas:

A continuación se indican las Normas Oficiales Mexicanas vigentes que tienen relación con los sistemas de alumbrado público:

- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas (utilización)
- NOM-002-SEDE-1999 Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución
- NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas
- NOM-058-SCFI-1999 Balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas
- NOM-064-SCFI-2000 Luminarios para uso en interiores y exteriores
- NMX-J-230-ANCE-2007 Balastos para lámparas de vapor de mercurio en alta presión y aditivos metálicos
- NMX-J-503-ANCE-2005 Balastos para lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas de vapor de sodio en baja presión
- NMX-J-507/1-ANCE-2005 Coeficiente de utilización de luminarios para alumbrado público de vialidades.

- NMX-J-510-ANCE-2003 Balastros de bajas pérdidas para lámparas de descarga de alta intensidad, para utilización en alumbrado público
- NMX-J-537-ANCE-2004 Balastros de impedancia lineal para lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas de vapor de sodio en baja presión

### 3. Características y recomendaciones para el diseño de sistemas de alumbrado público eficiente

La propuesta de sustitución de equipos en el alumbrado público se recomienda sea: vapor de sodio en alta presión y balastro de bajas pérdidas.

En otras áreas como parques, zócalos, plazas públicas, etcétera, se podrá utilizar: vapor de sodio en alta presión o aditivos metálicos con balastro de bajas pérdidas en ambos casos.

Los sistemas de iluminación ineficientes instalados en el alumbrado público pueden ser sustituidos por sistemas de eficacia mayor y con flujo luminoso igual o similar al sistema actual, lo anterior garantiza que no habrá disminución en los niveles de iluminación, manteniendo así el confort de la población.

Los sistemas ineficientes, también pueden ser sustituidos por sistemas de mayor eficacia y con flujo luminoso inferior al sistema actual, lo anterior implica una reducción de los niveles de iluminación, por lo que se debe realizar una verificación de éstos niveles, con el objeto de cumplir con los valores mínimos establecidos en el Artículo 930 de la NOM-001-SEDE-2005.

Los sistemas ineficientes, se pueden sustituir por sistemas de mayor eficacia y con flujo luminoso mayor al sistema actual, lo anterior implica un aumento en los niveles de iluminación y en la carga del sistema de alumbrado público, por lo que se debe realizar una comparación con la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) establecida en la NOM-013-ENER-2004.

#### Especificaciones para sistemas de iluminación para el alumbrado público

Las especificaciones, establecen los parámetros mínimos de eficiencia (características técnicas y normativas) que deberán cumplir los equipos y materiales de iluminación.

Se recomienda no instalar lámparas fluorescentes, incandescentes, luz mixta, vapor de mercurio y halógenas en el alumbrado público municipal.

Es importante señalar que los lineamientos y especificaciones indicadas aquí no tienen carácter limitativo. Si el Gobierno Municipal considera otros aspectos adicionales, podrán indicar las modificaciones y/o ajustes que se requieran.

#### A) Lámparas de vapor de sodio en alta presión (VSAP)

##### a) Especificaciones

Las lámparas de VSAP deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas aplicables, además de las siguientes especificaciones.

##### b) Características generales

Características	Parámetro
Potencias	35, 50, 70, 100, 150, 250 y 400 W
Temperatura de color	1,900 a 2,100 K
Índice de rendimiento de color, mínimo	22
Vida promedio	24,000 horas
Flujo luminoso inicial	35 W = 2,250 lm, 50 W = 4,000 lm, 70 W = 6,300 lm, 100 W = 9,500 lm, 150 W = 16,000 lm, 250 W = 28,500 lm, 400 W = 50,000 lm

## B) Balastos para lámparas de VSAP

### a) Especificaciones

Los balastos para lámparas de VSAP deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-058-SCFI-1999, NMX-J-510-ANCE-2003, para utilización en alumbrado público.

### b) Características generales

Características	Parámetro
Garantía	3 años
Tipo	Autorregulado circuito adelantado
Factor de potencia	Alto
Voltaje	220 V
Frecuencia	60 Hz

## C) Lámparas de Aditivos Metálicos (ADM)

### a) Especificaciones

Las lámparas de ADM deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas aplicables, además de las siguientes especificaciones:

### b) Características generales

Características	Parámetro
Potencias	35, 50, 70, 100, 150, 175, 250, 320, 350, y 400 W
Temperatura de color	3,200 a 4,000 K
Índice de rendimiento de color, mínimo	65
Vida promedio	15,000 horas
Flujo luminoso inicial	35 W = 2,400 lm, 50 W = 3,200 lm, 70 W = 5,300 lm, 100 W = 8,500 lm, 150 W = 12,500 lm, 175 W = 16,000 lm, 250 W = 23,800 lm, 320 W = 31,700 lm, 350 W = 37,000 lm, 400 W = 44,000 lm

## D) Balastos para lámparas de aditivos metálicos (ADM)

### a) Especificaciones

Los balastos para lámparas de ADM, deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-058-SCFI-1999 y la norma mexicana, NMX-J-510-ANCE-2003, para utilización en alumbrado público.

### b) Características generales

Características	Parámetro
Garantía	3 años
Tipo	Autorregulado circuito adelantado
Factor de potencia	Alto
Voltaje	220 V
Frecuencia	60 Hz



## **E) Luminarios para alumbrado público**

### **a) Especificaciones**

El luminario, debe ser de cuerpo fabricado en fundición de aluminio inyectado a alta presión y cubierto con pintura poliéster en polvo aplicada por el proceso electrostático y curada al horno; de una sola puerta, el sistema óptico debe constar de un reflector facetado con acabado texturizado en la cavidad de la lámpara, fabricado de aluminio con acabado brillante que lo provea de alta eficiencia y lo proteja contra la corrosión; un portalámpara localizado en el frente del luminario, que deberá ser ajustable a diferentes posiciones y una cubierta de cristal plano, claro, termo templado, en conjunto deberá ser capaz de proporcionar curvas fotométricas del tipo III Media, con opción a II Media Cut Off y eficiencias mínimas del 69%; la hermeticidad del sistema óptico debe ser con empaques de Dacrón poliéster, que impidan el paso de partículas contaminantes y permita la disipación del calor generado por la lámpara.

El cierre del sistema óptico se debe realizar mediante un seguro tipo gatillo resistente a las vibraciones, fabricado de fundición de aluminio inyectado a presión, que permita abrir fácilmente con una sola mano durante el mantenimiento del luminario y los cambios de lámpara. La armadura del luminario deberá contar con una abrazadera de cuatro tornillos que permita el montaje del luminario a un brazo de hasta 51 mm de diámetro.

El luminario deberá ser autobalastro, equipado para operar lámparas de vapor de sodio en alta presión, diseñado para operar a una tensión de alimentación de 220 V, 60 Hz; el balastro. Deberá incluir base para fotocelda y fotocelda.

Deberá estar provisto de una terminal o equivalente para su conexión a tierra, identificada con el color verde o el símbolo de conexión a tierra, también deberá tener una etiqueta que permita desde el piso identificar su potencia.

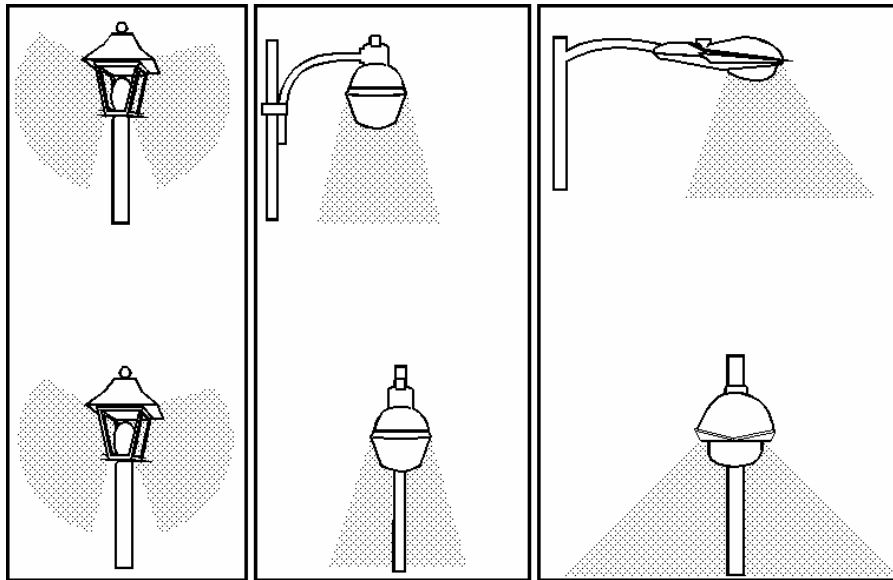
El mantenimiento del luminario no deberá requerir de herramienta especializada.

Los luminarios para lámparas de VSAP y de ADM deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-064-SCFI-2000 y NMX-J-507/1-ANCE-2005.

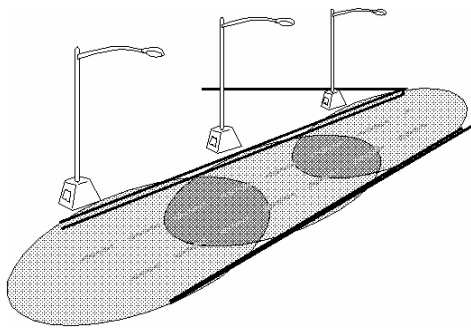
### **Recomendaciones**

#### Uso adecuado de luminarios

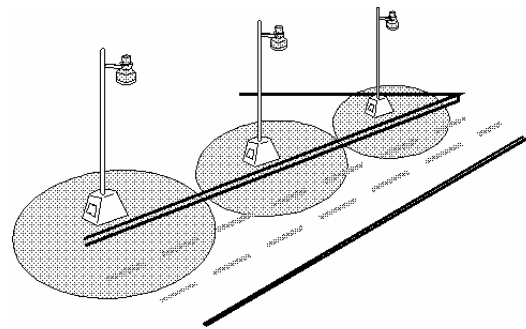
En el mercado existe una amplia variedad de luminarios, cuya eficiencia varía notablemente. Para identificar los de mayor eficiencia es necesario evaluar el nivel de iluminación y la forma de distribuir la luz; ésta también tiene relación con la altura de montaje y con la separación entre postes.



El luminario aloja los elementos activos del sistema como los controles, el balastro y la lámpara; puede iluminar con curva alargada longitudinalmente o curva circular según se utilice para vialidades o para tramos especiales de las mismas o en áreas abiertas.



Curva alargada longitudinalmente

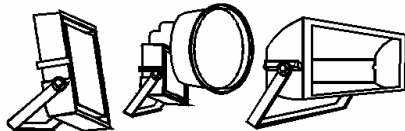
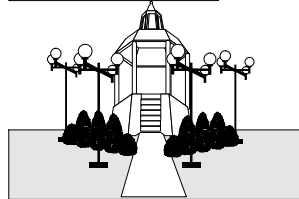
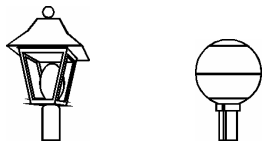
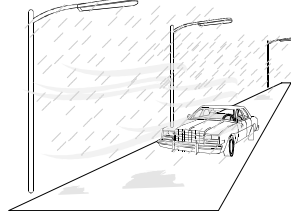
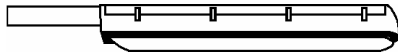
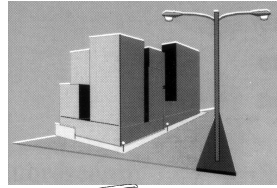
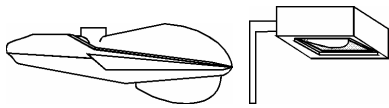


Curva Circular

La selección de uno u otro, así como el espaciamiento, altura y número de hileras, y el tipo de acabado de la superficie reflejante receptora de la luz, depende del criterio de diseño del sistema. Como se puede observar, hay que tomar en cuenta diferentes aspectos para alcanzar la calidad total del servicio.

Los tipos de luminarios que se ilustran a continuación son los más usuales en alumbrado de vialidades y exteriores. El uso eficiente se alcanza cuando se ubican en los espacios y lugares adecuados.

## Luminario



## Lugar o espacio

Vialidades vehiculares

Autopistas, puertos, zonas abiertas de terminales, zonas con neblina, etcétera □□

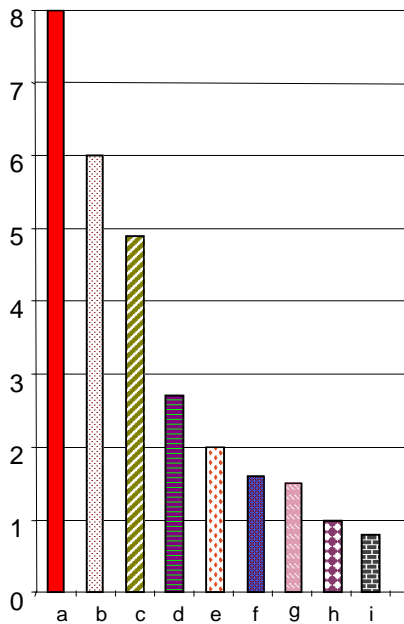
Plazas, parques y jardines □□

Iluminación decorativa de edificios, monumentos y fuentes.

Tabla Características de uso y eficiencia de los sistemas de iluminación

Característica	Vapor de Sodio Alta Presión	Aditivos Metálicos	Inducción Magnética	LED de alta potencia	LED radial
Vida útil (horas)	24,000	10,000 a 15,000	100,000	50,000 a 100,000	50,000 a 100,000
Eficacia (lm/W)	45 - 150	75 - 125	66 - 88	80 - 100	40 - 80
Mantenimiento de Lúmenes	Bueno	Pobre a regular	Regular	Bueno	Muy pobre
Índice de Rendimiento de Color	22	65	80	70 - 90	65 - 90
Temperatura de color (K)	1900 - 2200	2500 - 5000	3500 - 4100	2700 - 5700	2700 - 5700
Calor a disipar	37%	37%	42%	75% - 85%	----
Costo inicial	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto
Costo de operación	Bajo	Bajo a regular	Bajo	Bajo	Bajo
Encendido (min)	3 - 5	5 - 7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo
Reencendido (min)	1	5 - 7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo

Gráfica Índice del costo de operación unitario para un mismo nivel de iluminación



- Tipo
- a) Incandescente
  - b) Halógena
  - c) Luz mixta
  - d) Vapor de mercurio
  - e) Led
  - f) Fluorescente
  - g) Aditivos metálicos
  - h) Vapor de sodio en alta presión
  - i) Vapor de sodio en baja presión  
(No recomendable por requerimientos de adquisición, operación y mantenimiento)

En la gráfica se muestra la gran diferencia de costos por tiempo de funcionamiento y por tipo de lámpara encendida, para mantener un mismo nivel de iluminación. La referencia es la lámpara de vapor de sodio en alta presión. Por ejemplo, si en una calle la instalación cuenta con lámparas incandescentes, su costo será aproximadamente 8 veces superior al de un equipo que contara con lámparas de vapor de sodio en alta presión y con niveles de iluminación similares.

La eficiencia lumínica puede definirse como la capacidad de una lámpara para transformar energía eléctrica en luz.

Como es posible apreciar, el costo unitario por un mismo nivel de iluminación se reduce considerablemente cuando se hace una selección adecuada de la lámpara.

Después de esta sencilla revisión de luminarios y lámparas existentes en el mercado, es posible tener una visión más clara de la forma de aplicar las soluciones para resolver los problemas, elevar la eficiencia y disminuir los niveles de consumo.

Tabla Sustitución de lámparas convencionales por lámparas de VSAP

Lámpara	Flujo Luminoso (lm)	Sustitución	Flujo Luminoso (lm)
Incandescente de 60 W	820	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Incandescente de 75 W	1070	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Incandescente de 100 W	1560	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Incandescente de 150 W	2550	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 200 W	3200	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 300 W	5505	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 500 W	9675	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Reflector uso interior de 50 W	525	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector uso interior de 75 W	1030	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector uso interior de 100 W	1200	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Reflector uso interior de 150 W	1860	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Reflector exterior de 75 W	940	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector exterior de 150 W	1500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Halógena (yodo-cuarzo) de 300 W	6000	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Halógena (yodo-cuarzo) de 500 W	10950	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Halógena (yodo-cuarzo) de 1000 W	21000	Vapor de sodio en alta presión de 250 W	28000
Halógena (yodo-cuarzo) de 1500 W	33000	Vapor de sodio en alta presión de 400 W	50000
Halógena reflectora de 45 W	510	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Halógena reflectora de 90 W	1260	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Vapor de mercurio de 100 W	4500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Vapor de mercurio de 125 W	6300	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Vapor de mercurio de 175 W	8500	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Vapor de mercurio de 250 W	13000	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000
Vapor de mercurio de 400 W	23000	Vapor de sodio en alta presión de 250 W	28000
Luz mixta de 160 W	2900	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Luz mixta de 250 W	5500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Luz mixta de 500 W	14750	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000
Fluorescente de 39 W	2550	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Fluorescente de 40 W	2600	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Fluorescente de 55 W	3800	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Fluorescente de 60 W	5200	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Fluorescente de 75 W	5250	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Fluorescente de 85 W	5600	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Fluorescente de 110 W	7800	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Fluorescente de 215 W	14800	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000

#### **4. Bibliografía**

El ahorro de energía en sistemas de iluminación en interiores; Guillermo González M. Boletín IIE; 2008.

Recomendaciones de Eficiencia Energética para Estados y Municipios; Conuee; 2010.

#### **5. Anexo**

NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo; Secretaría del Trabajo y Previsión Social; diciembre de 2008.

Guía Informativa de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008

**MASTER CosmoWhite CPO-TW & CPO-TW Xtra**

Related products



CPO-TW, 140W, PGZ12



CPO-TW, 45W, PGZ12

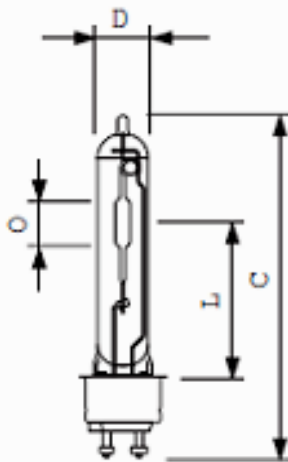


CPO-TW, 60W, PGZ12



CPO-TW, 90W, PGZ12

Dimensional drawing

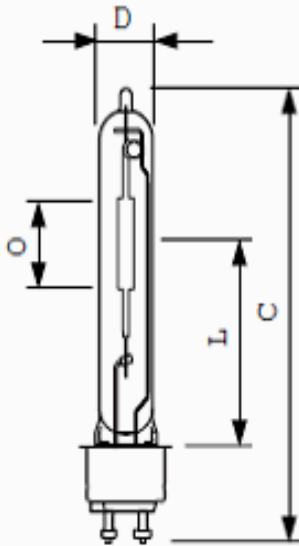


CPO-TW, 45W/60W, PGZ12

Product	C (Max)	D (Nom)	D (Max)	L (Nom)	O (Nom)
CPO-TW/90w 45W/728 PGZ12	132	19	20	59	14
CPO-TW/90w 60W/728 PGZ12	132	19	20	59	14

MASTER CosmoWhite CPO-TW & CPO-TW Xtra

Dimensional drawing



CPO-TW, 90W/140W, PGZ12

Product	C (Max)	D (Norm)	D (Max)	L (Norm)	O (Norm)
CPO-TW 140W/728 PGZ12	149.8	19	20	66	22
CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	143	19	20	66	18
CPO-TW 90W/840 PGZ12	143	19	20	66	18
CPO-TW 140W/840 PGZ12	149.8	19	20	66	22

General Characteristics (1/3)

Order code	Full product name	Bulb	Bulb Finish	Cap-Base	Burning Position	Life to 10% failures, base up	Life to 10% failures, horiz.	Life to 50% failures, base up	Life to 50% failures, horiz.	LSF EL 12kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 12kh Rated, 12h cyc. hor
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	T19	Clear	PGZ12	any	11000 hr	16000 hr	19000 hr	24000 hr	86 %	97 %
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	T19	Clear	PGZ12	any	10500 hr	12000 hr	14000 hr	15000 hr	82 %	90 %
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	T19	Clear	PGZ12	any	13000 hr	24000 hr	18000 hr	32000 hr	93 %	99 %
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	T19	Clear	PGZ12	any	13000 hr	24000 hr	18000 hr	32000 hr	93 %	99 %
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	T19	Clear	PGZ12	any	13000 hr	20000 hr	16000 hr	30000 hr	95 %	99 %
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	T19	Clear	PGZ12	any	11000 hr	12000 hr	14500 hr	15000 hr	80 %	90 %



MASTER CosmoWhite CPO-TW & CPO-TW Xtra

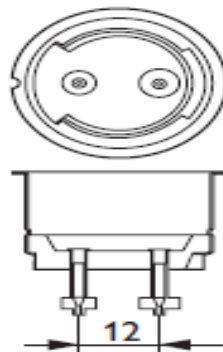
4

Order code	Full product name	LSF EL 2kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 4kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 6kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 8kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 2kh Rated, 12h cyc. hor	LSF EL 4kh Rated, 12h cyc. hor	LSF EL 6kh Rated, 12h cyc. hor	LSF EL 8kh Rated, 12h cyc. hor	LSF EL 30kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 30kh Rated, 12h cyc. hor
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	99 %	99 %	99 %	99 %	99 %	99 %	99 %	99 %	%	50 %
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	99 %	99 %	98 %	96 %	99 %	99 %	99 %	98 %	%	%

General Characteristics (3/3)

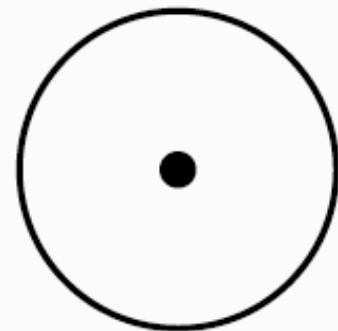
Order code	Full product name	LSF EL 24kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 24kh Rated, 12h cyc. hor	LSF EL 20kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 20kh Rated, 12h cyc. hor	LSF EL 16kh Rated, 12h cyc. bup	LSF EL 16kh Rated, 12h cyc. hor	Life to 5% failures, base up	Life to 20% failures, base up	Life to 5% failures, horiz.	Life to 20% failures, horiz.
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	%	50 %	43 %	74 %	68 %	90 %	hr	hr	13500 hr	18500 hr
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	%	%	%	%	%	30 %	hr	hr	11000 hr	13000 hr
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	%	90 %	%	97 %	70 %	99 %	hr	hr	21500 hr	27000 hr
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	%	90 %	%	97 %	70 %	99 %	hr	hr	21500 hr	27000 hr
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	%	78 %	%	90 %	50 %	96 %	hr	hr	17000 hr	23500 hr
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	%	%	%	%	%	30 %	hr	hr	11000 hr	13000 hr

Installation diagrams



PGZ12

Installation diagrams



any

## Light Technical Characteristics (1/4)

Order code	Full product name	Colour Code	Colour Designation	Chromaticity Coordinate X	Chromaticity Coordinate Y	Lum. Flux EL25°C, Rat. base up	Lum. Flux EL25°C, Rat. horiz.	Lum Effic Rat EL 25°C base up	Lum Effic Rat EL 25°C horiz.	Color Rendering Index, base up	Color Rendering Index, horiz
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO- TW 140W/728 PGZ12 1CT	728	White	444 -	401 -	16500 Lm	16500 Lm	118 Lm/W	118 Lm/W	57 (min), 66 (nom) Ra8	57 (min), 66 (nom) Ra8
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO- TW 140W/840 PGZ12 1CT	840	White	385 -	400 -	15120 Lm	16100 Lm	110 Lm/W	115 Lm/W	75 Ra8	77 (min), 80 (nom) Ra8
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO- TW Xtra 45W/728 PGZ12	728	White	459 -	412 -	4455 Lm	4950 Lm	99 Lm/W	110 Lm/W	57 (min), 60 (nom) Ra8	63 (min), 66 (nom) Ra8
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO- TW Xtra 60W/728 PGZ12	728	White	453 -	405 -	6780 Lm	7200 Lm	113 Lm/W	120 Lm/W	64 (min), 67 (nom) Ra8	70 (min), 73 (nom) Ra8
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO- TW Xtra 90W/728 PGZ12	728	White	454 -	406 -	10000 Lm	10450 Lm	111 Lm/W	116 Lm/W	49 (min), 58 (nom) Ra8	57 (min), 66 (nom) Ra8
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO- TW 90W/840 PGZ12 1CT	840	White	392 -	397 -	9450 Lm	10350 Lm	105 Lm/W	115 Lm/W	69 (min), 72 (nom) Ra8	74 (min), 77 (nom) Ra8

**Light Technical Characteristics (2/4)**

Order code	Full product name	Color Temperature, base up	Color Temperature, horizontal	Color Temp. Technical, base up	Color Temp. Technical, horiz.	LLMF EL 12000h Rated, base up	LLMF EL 12000h Rated, horiz.	LLMF EL 2000h Rated, base up	LLMF EL 2000h Rated, horiz.	LLMF EL 4000h Rated, base up	LLMF EL 4000h Rated, horiz.
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	2800 K	2800 K	2860 K	2860 K	87 %	88 %	95 %	97 %	92 %	97 %
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	4000 K	4000 K	3750 K	4000 K	90 %	90 %	95 %	98 %	91 %	95 %
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	2800 K	2800 K	2630 K	2725 K	84 %	89 %	90 %	92 %	87 %	90 %
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	2800 K	2800 K	2590 K	2760 K	84 %	89 %	89 %	92 %	87 %	90 %
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	2800 K	2800 K	2640 K	2750 K	88 %	84 %	94 %	94 %	92 %	91 %
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	4000 K	4000 K	3620 K	3850 K	90 %	90 %	95 %	95 %	93 %	93 %

# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

## Light Technical Characteristics (3/4)

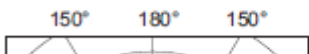
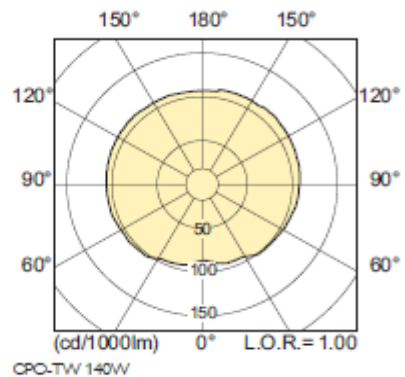
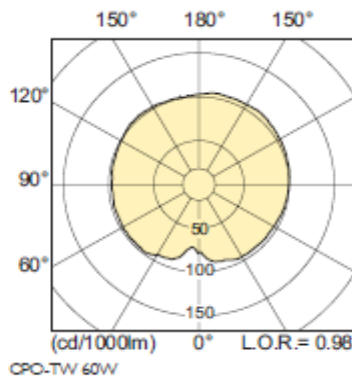
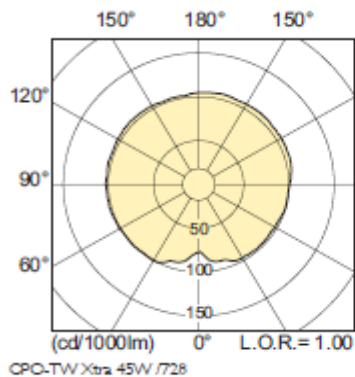
Order code	Full product name	LLMF EL 6000h Rated, base up	LLMF EL 6000h Rated, horiz.	LLMF EL 8000h Rated, horiz.	LLMF EL 8000h Rated, base up	LLMF EL 16000h Rated, base up	LLMF EL 16000h Rated, horiz.	LLMF EL 20000h Rated, base up	LLMF EL 20000h Rated, horiz.	LLMF EL 24000h Rated, base up	LLMF EL 24000h Rated, horiz.
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	91 %	95 %	93 %	90 %	85 %	85 %	%	81 %	%	78 %
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	91 %	94 %	94 %	90 %	%	%	%	%	%	%
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	87 %	90 %	90 %	86 %	77 %	87 %	%	86 %	%	84 %
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	87 %	90 %	90 %	86 %	77 %	87 %	%	86 %	%	84 %
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	92 %	88 %	87 %	92 %	88 %	84 %	%	82 %	%	80 %
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	93 %	93 %	92 %	92 %	%	%	%	%	%	%

## Light Technical Characteristics (4/4)

Order code	Full product name	LLMF EL 30000h Rated, base up	LLMF EL 30000h Rated, horiz.	Chrom. Coord. X @ ±60% power	Chrom. Coord. Y @ ±60% power	Colour Temp. @ ±60% power	CRI @ ±60% power	Luminous Efficacy @ ±60% power	Luminous Flux @ ±60% power
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	%	%	449 -	414 -	2880 K	56 -	90 lm/W	7560 lm
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	%	%	367 -	372 -	4355 K	71 -	80 lm/W	6720 lm

Order code	Full product name	LLMF EL 30000h Rated, base up	LLMF EL 30000h Rated, horiz.	Chrom. Coord. X @ ±60% power	Chrom. Coord. Y @ ±60% power	Colour Temp. @ ±60% power	CRI @ ±60% power	Luminous Efficacy @ ±60% power	Luminous Flux @ ±60% power
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	%	82 %	459 -	424 -	2815 K	59 -	84 lm/W	2520 lm
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	%	82 %	461 -	414 -	2715 K	62 -	90 lm/W	3240 lm
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	%	78 %	463 -	414 -	2675 K	55 -	88 lm/W	4752 lm
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	%	%	377 -	382 -	4125 K	70 -	82 lm/W	4428 lm

### Light technical

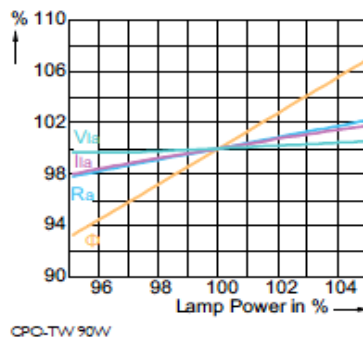
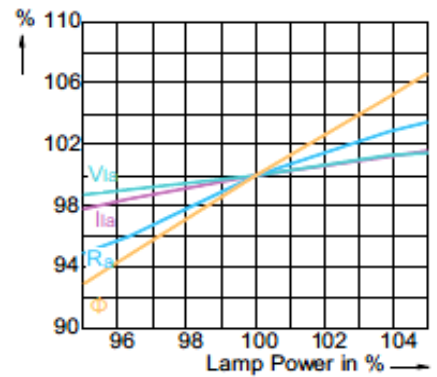
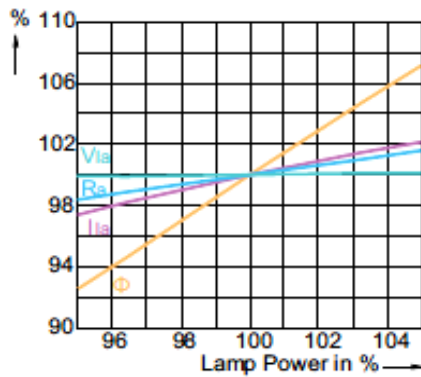
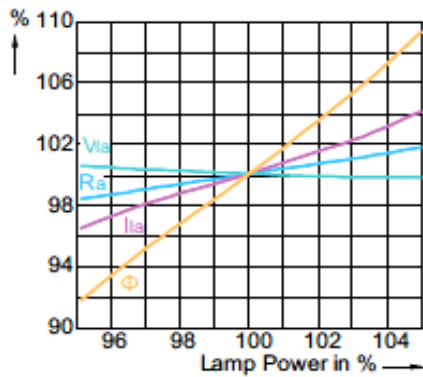


### Electrical Characteristics

Order code	Full product name	Lamp Wattage	Lamp Voltage	Lamp Current EL	Dimmable	Re-ignition Time [sec]	Lamp Wattage EL 25°C, Rated	Lamp Wattage EL 25°C, Nominal	Ratio scotopic/ photopic lumens
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	140 W	94 V	1.49 A	yes	900 (max) s	140 W	140 W	1.15 -
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	140 W	99 V	1.414 A	yes	900 (max) s	140 W	140 W	1.65 -

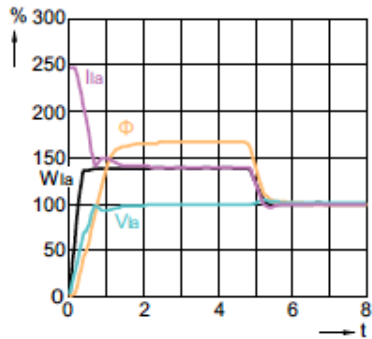
Order code	Full product name	Lamp Wattage	Lamp Voltage	Lamp Current EL	Dimmable	Re-ignition Time [sec]	Lamp Wattage EL 25°C, Rated	Lamp Wattage EL 25°C, Nominal	Ratio scotopic/ photopic lumens
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	45 W	91 V	0.484 A	yes	900 (max) s	45 W	45 W	1.15 -
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	60 W	92 V	0.644 A	yes	900 (max) s	60 W	60 W	1.15 -
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	90 W	92 V	0.97 A	yes	900 (max) s	90 W	90 W	1.15 -
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	90 W	96 V	0.95 A	yes	900 (max) s	90 W	90 W	1.65 -

### Performance diagrams

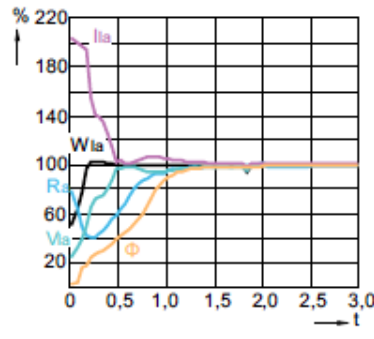


## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

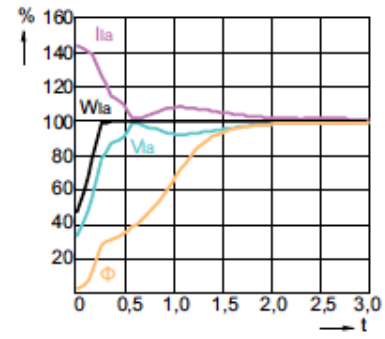
### Performance diagrams



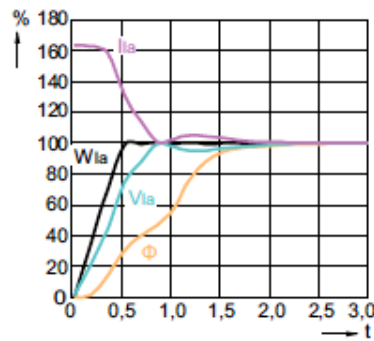
CPO-TW Xtra 45W /728



CPO-TW 60W



CPO-TW 140W



CPO-TW 90W

### Environmental Characteristics

Order code	Full product name	Mercury (Hg) Content
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	2.83 mg
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	2 mg
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	2 mg
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	2 mg
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	1.6 mg
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	1.40 mg

### Luminaire Design Requirements

Order code	Full product name	Cap-Base Temperature	Bulb Temperature
208538 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	300 (max) C	550 (max) C
137917 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 140W/840 PGZ12 1CT	300 (max) C	550 (max) C
150015 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 45W/728 PGZ12	250 (max) C	380 (max) C
208514 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 60W/728 PGZ12	300 (max) C	400 (max) C
211217 15	MASTER CosmoWhite CPO-TW Xtra 90W/728 PGZ12	300 (max) C	470 (max) C
137894 00	MASTER CosmoWhite CPO-TW 90W/840 PGZ12 1CT	300 (max) C	470 (max) C

**Miniaturization is More than a Design Trend**

Miniaturization to meet the needs of today's end-user. CosmoWhite lamps are 65% smaller than respective quartz metal halide, ceramic metal halide, high pressure sodium, and mercury vapor lamps. The CosmoWhite dedicated electronic ballast is up to half the size of quartz metal halide, ceramic metal halide, high pressure sodium and mercury vapor magnetic ballasts.

A compact lighting system allows:

- Smaller, lightweight luminaires, using light-duty poles.
- Less raw materials used to conserve resources.



**3. Compact System**

Like many of the latest lamps, CosmoWhite lamps are only designed to run on electronic ballasts, and present the following benefits:

- High system efficiency to save energy.
- Compact size and low weight provide design flexibility and easy installation.
- Only one ballast component to simplify servicing.

Philips Advance CosmoWhite ballasts were exclusively designed for perfect compatibility and reliability with CosmoWhite lamps.

In addition:

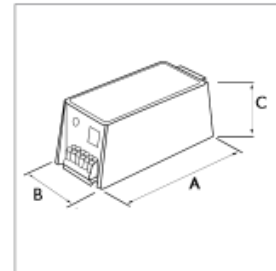
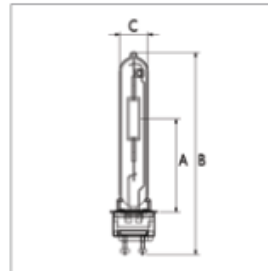
- The CosmoWhite ballast has long-life, heavy-duty specification in outdoor applications (60,000 hours).
- Peak voltage protection assists in safeguarding the lamp.
- Lightning/surge protection to 10kV, EMC/EMI compliance.
- Fully potted box, protecting components against dust, moisture and vibrations.

**Lamp Dimensions (Inches)**

	CosmoWhite 60W	CosmoWhite 90W	CosmoWhite 140W
A	2.32"	2.60"	2.60"
B	5.20"	5.63"	5.79"
C	0.75"	0.75"	0.75"

**Ballast Dimensions (Inches)**

	CosmoWhite 60W		CosmoWhite 90W & 140W	
	208-277V	120V	208-277V	120V
A	5.31"	5.91"	5.91"	6.54"
B	2.56"	2.56"	2.56"	3.94"
C	2.56"	2.56"	2.56"	2.36"



## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

mes	Periodo		Consumo				Demanda Máxima				F.P.	A pagar
	Inicio	Final	Base	Intermedia	Punta	Total	Base	Intermedia	Punta	Facturable		
noviembre	11/13/2007	12/14/2007	230,000	556,000	91,000	877,000	1,080	2,167	2,104	2,123	0.88	1,351,045
diciembre	12/14/2007	01/15/2008	144,000	378,000	78,000	600,000	1,075	2,170	2,096	2,119	0.88	1,025,130
enero	01/15/2008	02/15/2008	213,000	555,000	105,000	873,000	1,080	2,166	2,103	2,122	0.88	1,380,089
febrero	02/15/2008	03/14/2008	230,000	556,000	91,000	877,000	1,080	2,167	2,104	2,123	0.88	1,381,602
abril	04/15/2008	05/16/2008	230,000	556,000	91,000	877,000	1,080	2,167	2,104	2,123	0.88	1,448,584
mayo	05/16/2008	06/13/2008	165,000	585,000	54,000	804,000	936	2,127	1,698	1,827	0.88	1,346,162
junio	06/13/2008	07/15/2008	186,000	477,000	48,000	711,000	909	1,863	1,419	1,553	0.87	1,265,568
julio	07/15/2008	08/15/2008	183,000	510,000	48,000	741,000	909	1,953	1,566	1,683	0.88	1,369,872
agosto	08/15/2008	09/15/2008	693,000	1,779,000	165,000	2,637,000	3,207	6,138	5,208	5,487	0.88	4,722,448
septiembre	09/15/2008	10/15/2008	645,000	1,839,000	168,000	2,652,000	3,183	6,129	5,310	5,556	0.90	4,808,498
octubre	10/15/2008	11/14/2008	807,000	1,938,000	372,000	3,117,000	3,195	6,081	5,913	5,964	0.89	5,558,388
noviembre	11/14/2008	12/16/2008	654,000	1,563,000	405,000	2,622,000	3,195	6,117	5,919	5,979	0.88	4,824,255
diciembre	12/16/2008	01/15/2009	675,000	1,212,000	315,000	2,202,000	3,195	6,117	5,919	5,979	0.86	3,651,539
enero	01/15/2009	02/16/2009	795,000	1,773,000	444,000	3,012,000	3,240	6,120	5,919	5,980	0.88	4,136,004
febrero	02/16/2009	03/16/2009	708,000	1,515,000	387,000	2,610,000	3,210	6,121	5,920	5,981	0.87	3,401,493
marzo	03/16/2009	04/16/2009	726,000	1,500,000	381,000	2,607,000	3,215	6,119	5,919	5,979	0.87	3,449,839
abril	04/16/2009	05/19/2009	720,000	1,956,000	120,000	2,796,000	3,285	6,129	5,121	5,424	0.85	3,499,599
mayo	05/19/2009	06/16/2009	645,000	1,779,000	168,000	2,592,000	3,285	6,129	5,121	5,424	0.87	3,098,391
junio	06/16/2009	07/14/2009	633,000	1,584,000	153,000	2,370,000	3,285	6,129	5,121	5,424	0.86	2,906,150
julio	07/14/2009	08/14/2009	645,000	1,779,000	168,000	2,592,000	3,285	6,129	5,121	5,424	0.87	3,299,770
agosto	08/14/2009	09/14/2009	714,000	1,677,000	150,000	2,541,000	3,144	5,937	4,941	5,240	0.83	3,403,473
diciembre	12/31/2011	01/31/2012	685,350	1,498,290	382,170	2,565,810	3,063	5,823	5,331	5,479	0.87	5,332,514
enero	01/31/2012	02/29/2012	647,280	1,494,300	374,640	2,516,220	3,063	5,832	5,322	5,475	0.88	5,232,452
febrero	02/29/2012	03/31/2012	707,190	1,608,630	396,840	2,712,660	3,069	5,736	5,352	5,468	0.88	5,257,336
marzo	03/31/2012	04/30/2012	669,510	1,612,770	152,130	2,434,410	3,105	5,760	4,530	4,899	0.87	4,446,455
abril	04/30/2012	05/31/2012	720,120	1,826,880	170,700	2,717,700	3,180	5,844	4,683	5,032	0.88	4,910,990
julio	07/31/2012	08/31/2012	662,790	1,849,050	172,830	2,684,670	3,060	5,562	4,533	4,842	0.88	4,988,633
noviembre	11/30/2012	12/30/2012	732,000	1,202,460	306,000	2,240,460	3,123	5,496	5,373	5,410	0.87	4,609,141
noviembre	11/13/2007	12/14/2007	948,000	2,508,000	516,000	3,972,000	3,816	8,484	8,676	8,676	0.89	6,164,262
diciembre	12/14/2007	01/15/2008	732,000	1,356,000	348,000	2,436,000	3,816	8,484	8,676	8,676	0.86	4,421,193
enero	01/15/2008	02/15/2008	780,000	2,304,000	588,000	3,672,000	3,816	8,484	8,676	8,676	0.89	5,686,687
febrero	02/15/2008	03/14/2008	816,000	2,112,000	540,000	3,816	3,816	8,448	8,244	8,306	0.89	5,442,987
abril	04/15/2008	05/16/2008	816,000	2,112,000	540,000	3,468,000	3,816	8,448	8,244	8,306	0.89	5,813,762
mayo	05/16/2008	06/13/2008	804,000	2,176,000	556,000	3,536,000	3,816	8,460	8,388	8,410	0.89	5,866,908
junio	06/13/2008	07/15/2008	800,000	2,197,000	561,000	3,558,000	3,000	8,000	8,000	8,000	0.89	6,237,764
julio	07/15/2008	08/15/2008	806,600	2,161,700	552,300	3,520,600	3,544	8,303	8,211	8,239	0.89	6,400,562
agosto	08/15/2008	09/15/2008	696,000	2,580,000	228,000	3,504,000	3,732	8,136	7,884	7,960	0.89	6,751,924
septiembre	09/15/2008	10/15/2008	684,000	2,352,000	240,000	3,276,000	3,744	8,256	7,416	7,668	0.90	6,410,352
octubre	10/15/2008	11/14/2008	864,000	2,556,000	468,000	3,888,000	3,744	8,328	8,280	8,295	0.99	7,319,278
noviembre	11/14/2008	12/16/2008	684,000	1,932,000	516,000	3,132,000	3,744	8,328	8,280	8,295	0.88	6,576,863
diciembre	12/16/2008	01/15/2009	708,000	1,356,000	372,000	2,436,000	3,744	8,328	8,280	8,295	0.86	4,834,646
febrero	02/16/2009	03/16/2009	732,000	1,848,000	480,000	3,060,000	3,732	8,248	8,144	8,176	0.88	4,499,078
marzo	03/16/2009	04/16/2009	732,000	1,848,000	480,000	3,060,000	3,730	8,246	8,146	8,176	0.88	4,732,258
abril	04/16/2009	05/19/2009	744,000	2,472,000	204,000	3,420,000	3,756	8,268	8,676	7,294	0.88	4,740,567
mayo	05/19/2009	06/16/2009	660,000	2,244,000	204,000	3,108,000	3,696	7,896	6,132	6,662	0.89	3,962,901
junio	06/16/2009	07/14/2009	708,000	2,184,000	288,000	3,180,000	3,727	8,137	7,051	7,377	0.88	4,129,461
julio	07/14/2009	08/14/2009	732,000	1,848,000	480,000	3,060,000	3,732	8,248	8,144	8,176	0.88	4,439,170
agosto	08/14/2009	09/14/2009	660,000	1,800,000	204,000	2,664,000	3,792	8,112	6,804	7,197	0.92	3,982,473
noviembre	11/30/2011	12/31/2011	644,400	1,483,200	387,600	2,515,200	3,428	7,154	7,305	7,305	0.91	5,468,068
diciembre	12/31/2011	01/31/2012	675,600	1,802,400	457,200	2,935,200	3,309	7,020	6,916	6,948	0.93	6,117,515
enero	01/31/2012	02/29/2012	692,400	1,983,600	490,800	3,166,800	3,636	7,758	7,582	7,635	0.93	6,636,828
febrero	02/29/2012	03/31/2012	746,400	2,110,800	530,400	3,387,600	3,636	7,881	7,823	7,841	0.93	6,696,820
marzo	03/31/2012	04/30/2012	692,400	2,095,200	189,600	2,977,200	3,492	7,895	6,416	6,860	0.92	5,519,951
abril	04/30/2012	05/31/2012	751,200	2,389,200	213,600	3,354,000	3,644	8,097	6,484	6,968	0.92	6,125,916
julio	07/31/2012	08/31/2012	596,400	2,163,600	184,800	2,944,800	3,096	6,801	5,458	5,861	0.93	5,493,729
noviembre	11/13/2007	12/14/2007	167,000	482,000	133,000	782,000	963	2,100	1,974	2,012	0.99	1,288,609
diciembre	12/14/2007	01/15/2008	160,000	302,000	76,000	538,000	963	2,100	1,974	2,012	1.00	937,102
enero	01/15/2008	02/15/2008	162,000	515,000	120,000	797,000	963	2,100	1,974	2,012	0.99	1,255,893
febrero	02/15/2008	03/14/2008	149,000	455,000	121,000	725,000	963	2,100	1,974	2,012	0.99	1,182,013
marzo	03/14/2008	04/15/2008	157,000	424,000	105,000	686,000	963	2,100	1,974	2,012	0.99	1,164,528
abril	04/15/2008	05/16/2008	149,000	455,000	121,000	725,000	963	2,100	1,974	2,012	0.99	1,236,632
mayo	05/16/2008	06/13/2008	149,000	455,000	121,000	725,000	963	2,100	1,974	2,012	0.99	1,244,047
junio	06/13/2008	07/15/2008	151,000	444,000	115,000	710,000	963	2,000	1,000	1,300	0.99	1,220,775
julio	07/15/2008	07/16/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	871
julio	07/07/2008	09/15/2008	166,000	491,700	94,700	752,400	968	2,063	1,558	1,710	0.99	1,765,602
septiembre	09/15/2008	10/15/2008	343,200	1,007,800	171,800	1,522,800	969	2,050	1,420	1,609	0.99	2,618,098
octubre	10/15/2008	11/14/2008	166,000	491,700	94,700	752,400	968	2,063	1,558	1,710	0.99	1,455,863
noviembre	11/14/2008	12/16/2008	225,100	663,700	120,400	1,009,200	968	2,059	1,512	1,677	0.99	1,831,672
diciembre	12/16/2008	01/16/2009	166,000	491,700	94,700	752,400	968	2,063	1,558	1,710	0.99	1,272,232
enero	01/15/2009	02/16/2009	185,700	549,000	103,300	838,000	968	2,062	1,543	1,699	0.99	1,220,470
febrero	02/16/2009	03/16/2009	192,000	567,000	105,000	864,000	968	2,061	1,538	1,695	0.99	1,138,374
marzo	03/16/2009	04/16/2009	165,000	489,000	93,000	747,000	968	2,063	1,558	1,710	1.00	1,043,795
abril	04/16/2009	05/19/2009	177,000	532,000	90,000	799,000	968	2,062	1,546	1,701	0.99	1,098,966
mayo	05/19/2009	06/16/2009	177,000	528,000	96,000	801,000	968	2,062	1,547	1,702	1.00	1,025,470
julio	07/14/2009	08/14/2009	177,000	532,000	9,000	718,000	968	2,062	1,546	1,701	0.99	939,056
agosto	08/14/2009	09/14/2009	174,000	528,000	96,000	798,000	960	2,050	1,540	1,693	1.00	1,121,948
noviembre	11/30/2011	12/31/2011	212,250	464,190	115,500	791,940	1,299	2,274	2,082	2,140	1.00	1,646,927
diciembre	12/31/2011	01/31/2012	228,570	564,090	136,950	929,610	1,236	2,316	2,109	2,172	1.00	1,887,842
enero	01/31/2012	02/29/2012	226,650	568,620	137,790	933,060	1,227	2,421	2			



## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

Subestación1	2010	enero					2,303,503
Subestación1	2010	febrero					2,527,680
Subestación1	2010	marzo					2,985,507
Subestación1	2010	abril					3,268,800
Subestación1	2010	mayo					3,368,400
Subestación1	2010	junio					3,212,400
Subestación1	2010	julio					2,264,400
Subestación1	2010	agosto					3,412,800
Subestación1	2010	septiembre					3,164,400
Subestación1	2010	octubre					3,374,400
Subestación1	2010	noviembre					3,200,400
Subestación1	2010	diciembre					2,682,000
Subestación2	2010	enero					2,303,503
Subestación2	2010	febrero					1,878,000
Subestación2	2010	marzo					3,705,949
Subestación2	2010	abril					3,268,800
Subestación2	2010	mayo					2,830,050
Subestación2	2010	junio					2,765,220
Subestación2	2010	julio					2,100,720
Subestación2	2010	agosto					2,697,720
Subestación2	2010	septiembre					2,619,000
Subestación2	2010	octubre					2,802,810
Subestación2	2010	noviembre					2,639,640
Subestación2	2010	diciembre					2,332,560
Subestación3	2010	enero					998,180
Subestación3	2010	febrero					961,675
Subestación3	2010	marzo					878,405
Subestación3	2010	abril					836,130
Subestación3	2010	mayo					861,840
Subestación3	2010	junio					872,520
Subestación3	2010	julio					712,380
Subestación3	2010	agosto					958,380
Subestación3	2010	septiembre					905,280
Subestación3	2010	octubre					962,010
Subestación3	2010	noviembre					885,570
Subestación3	2010	diciembre					835,350
Subestación1	2011	enero					2,532,420
Subestación1	2011	febrero					3,134,400
Subestación1	2011	marzo					3,562,800
Subestación1	2011	abril					3,135,600
Subestación1	2011	mayo					3,556,800
Subestación1	2011	junio					3,264,000
Subestación1	2011	julio					2,238,000
Subestación1	2011	agosto					3,500,400
Subestación1	2011	septiembre					3,320,400
Subestación1	2011	octubre					3,498,000
Subestación1	2011	noviembre					3,141,600
Subestación1	2011	diciembre					2,515,200
Subestación2	2011	enero					2,979,600
Subestación2	2011	febrero					2,514,000
Subestación2	2011	marzo					2,816,580
Subestación2	2011	abril					2,574,810
Subestación2	2011	mayo					2,895,330
Subestación2	2011	junio					2,718,240
Subestación2	2011	julio					2,050,200
Subestación2	2011	agosto					2,722,410
Subestación2	2011	septiembre					2,598,060
Subestación2	2011	octubre					2,679,240
Subestación2	2011	noviembre					2,640,510
Subestación2	2011	diciembre					2,269,200
Subestación3	2011	enero					883,560
Subestación3	2011	febrero					851,880
Subestación3	2011	marzo					942,750
Subestación3	2011	abril					838,470
Subestación3	2011	mayo					956,610
Subestación3	2011	junio					948,360
Subestación3	2011	julio					677,580
Subestación3	2011	agosto					954,000
Subestación3	2011	septiembre					904,080
Subestación3	2011	octubre					955,140
Subestación3	2011	noviembre					904,440
Subestación3	2011	diciembre					791,940

## ANEXO 2: Fichas técnicas de resultados de la evaluación del ahorro de energía eléctrica.

Consumo y demanda del sistema de iluminación V.S.A.P							
Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts	Horas uso diario	Consumo kWh	Consumo kWh (anual)	Demanda kW	
V.S.A.P	2293	312.5	12	257962.5	3138543.75	716.5625	
Consumo y demanda con atenuacion de 6 hrs al 40%							
Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts	Horas uso diario	Consumo kWh	Consumo kWh (anual)	Demanda (kW)	
Phillips MASTER CosmoWhite	2293	90.72	6	37443.7728	455565.902	208.02096	
Consumo y Demanda de el sistema de Iluminacion Actual							
Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con Balastro Incluido c/s atenuacion	Horas uso diario	Consumo kWh (mensual)	Consumo kWh (anual)	Demanda (kW)	Consumo Total Mensual (kWh) c/s atenuacion
Phillips MASTER CosmoWhite	2293	151.2	6	62406.288	1518553.01	346.7016	99850.0608

ANALISIS DE RESULTADOS:		Antes de la Primera Etapa de la sutitucion de las luminarias V.S.A.P	
		Para las luminarias de Vapor de Sodio alta Presión se tiene:	
		Mes Febrero 2009	6,534,000
PRIMERA ETAPA DICIEMBRE DEL 2009 A FEBRERO DEL 2010		Mes Marzo 2009	6,414,000
<b>1.Consumo Base del Sistema de Iluminacion V.S.AP</b>		Mes Abril 2009	7,015,000
		Mes Mayo 2009	6,501,000
Se tomaron los meses antes de que iniciara la primera etapa de sustitucion del Alumbrado se tienen las facturas de luz de las 3 subestaciones de estos meses.		Mes julio 2009	6,370,000
		Mes Agosto 2009	6,003,000
Consumo total Mensual %	4%		
Consumo total Base mensual V.S.A.P	257,962.5 kWh	PROMEDIO	6,472,833
Representa el 4 % del consumo total mensual de facturacion de la UNAM			
		Mes Marzo 2010	7,569,861
		Mes Abril 2010	7,373,730
		PROMEDIO	7,471,796

Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

<b>Despues de la segunda etapa de sustitucion del Alumbrado</b>	
Para las luminarias de Aditivos Metalicos Phillips Master Cosmo White se tiene:	
Mes Junio 2010	6,850,140
Mes Julio 2010	5,077,500
Mes Agosto	7,068,900
Mes Septiembre 2010	6,688,680
Mes Octubre 2010	7,139,220
Mes Noviembre 2010	6,725,610
Mes Diciembre 2010	5,849,910
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,485,709</b>

Ahorro Real del sistema CosmoPolis	158112.4392	kWh	2%
Porcentaje de ahorro CosmoPolis	61%		
No representa Ahorro en el consumo mensual total de Ciudad Universitaria	-12,875		0%

<b>2.Consumo mensual Despues de la Primera Etapa</b>				
Subtotal de luminarias cambiadas		1079 CosmoPolis		
V.S.A.P		1214 luminarias restantes		
Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con Balastro Incluido	Horas uso diario	Consumo kWh (mensual)
Phillips MASTER CosmoWhite	1079	151.2 y 90.72	12	46985.69
Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con Balastro electromagnético Incluido	Horas uso diario	Consumo kWh (mensual)
V.S.A.P	1214	312.5	12	136575
VSAP + CosmoPolis		183560.69 kWh		
Consumo total mensual despues de la Primera Etapa				183560.69 kWh
Consumo total mensual % despues de la primera etapa				3%

Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

<b>3.Consumo del Sistema de Iluminacion CosmoPolis despues de la segunda etapa 2010</b>	
Consumo base mensual	99850.0608 kWh
Consumo total mensual %	2%
<b>Para el año del 2011 con el sistema CosmoPolis se tiene un ahorro:</b>	
enero	6,395,580
febrero	6,500,280
marzo	7,322,130
abril	6,548,880
mayo	7,408,740
junio	6,930,600
julio	4,965,780
agosto	7,176,810
septiembre	6,822,540
octubre	7,132,380
noviembre	6,448,740
diciembre	6,430,620
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,673,590</b>
<b>Consumo total promedio mensual %</b>	<b>1%</b>

<b>Haciendo el analisis tomando en cuenta el consumo con atenuacion del 40% por 6 hrs</b>						
Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con Balastro Incluido	Horas uso diario	Consumo kWh (mensual)		
Phillips MASTER CosmoWhite	2293	151.2	6	62406.288		
Consumo mensual =				99850.06 kWh		
Consumo total mensual % 2010				2%		
<b>Consumo y demanda con atenuacion de 6 hrs al 40%</b>						
Luminarias	Num.de Luminarias	Capacidad en Watts con	Horas uso diario	Consumo kWh	Consumo kWh (anual)	Demanda (kW)
Phillips MASTER CosmoWhite	2293	90.72	6	37443.772	455565.9	208.0209

### ANEXO 3: Método punto por punto Tramo Circuito Estadio Olímpico

HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA METODO PUNTO POR PUNTO																					
Nombre:		Universidad Nacional Autonoma de Mexico										Fecha:		23 /11/2012							
Dirección:		Av. Universidad No. 3000																			
Proyecto:		TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																			
Datos			Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación				
Ubicación:	Circuito Estadio de CU	Tramo:	Estacionamiento 7		Area	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total	
Calle:	Estacionamiento 7 Insurgentes Sur - Escolar CU		a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	l	l	l	l	l	l	l	l	Luxes	
Dimensiones de Calle			Luminario		Propuesta	1	4.000	15.0	75.07	15.51	59.9	4.000	15.0	75.07	15.51	59.9	941	941	1.47	1.47	2.94
Ancho	12	mts	Tipo	Philips Master CosmoWhite		2	6.000	15.0	68.2	16.15	60.9	6.000	15.0	68.20	16.15	60.9	928.2	928	1.32	1.32	2.65
Camellon	45	mts	Potencia (W)	151.2	watts	3	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	825	825	0.98	0.98	1.95
Acera pie poste	0.7	mts	Flujo Lum.	16500	Lumenes	4	12.000	15.0	51.34	19.21	64.9	12.000	15.0	51.34	19.21	64.9	726	726	0.69	0.69	1.37
Acera frontal	1	mts	Descripcion																		
Dist. transversal	46.7	mts	140 W/728 Com puesta de: Adifinos metalicos																		
Doble circulación	0		Casquillo PGZ12, TW Tubular White.			5	4.000	7.5	61.93	8.50	43.4	4.000	22.5	79.92	22.82	68.5	1238	722	5.88	0.44	6.32
Dist. poste a calle	1	mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12			6	6.000	7.5	51.34	9.60	46.9	6.000	22.5	75.07	23.27	68.9	1221	627	4.82	0.36	5.19
Dist. entre postes	30	mts	Ilum. recomendada	Coeficiente de luminancia		7	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	1040	619	2.90	0.32	3.23
Altura de postes	9	mts	Norma 001-SEDE-2005	Norma 001-SEDE-2005		8	12.000	7.5	32.01	14.15	57.5	12.000	22.5	61.93	25.49	70.6	957	479	1.83	0.22	2.05
			8	luxes		0.1															
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Mín luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Eficiencia %	9	4.000	0.0	0	4.00	24.0	4.000	30.0	82.41	30.21	73.4	1444	530	13.60	0.15	13.76
13.76	1.37	4.67	0.29	1681	0.10	10	6.000	0.0	0	6.00	33.7	6.000	30.0	78.69	30.56	73.6	1419	441.96	10.09	0.12	10.22
						11	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1205	427	5.26	0.11	5.37
						12	12.000	0.0	0	12.00	53.1	12.000	30.0	68.20	32.29	74.4	1031	413	2.75	0.10	2.85
						13	4.000	7.5	61.93	8.50	43.4	2.500	22.5	83.66	22.58	68.3	1238	722	5.876	0.45	6.33
						14	6.000	7.5	51.34	9.60	46.9	5.500	22.5	76.264	23.14	68.7	1221	627	4.823	0.37	5.19
						15	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	8.500	22.5	69.305	24.04	69.5	1040	619	2.904	0.33	3.23
						16	12.000	7.5	32.01	14.15	57.5	11.500	22.5	62.928	25.26	70.4	957	479	1.828	0.22	2.05

Plano de la calle

Div. Largo: 2, 19°19'49.77" N

Div. Ancho: 4, 99°11.24.41" (

h = 9m

Arreglo: Unilateral

Area por luminario

Largo: 30 mts

Ancho: 12 mts

Area total: 360 m²

1	5	9	13
2	6	10	14
3	7	11	15
4	8	12	16

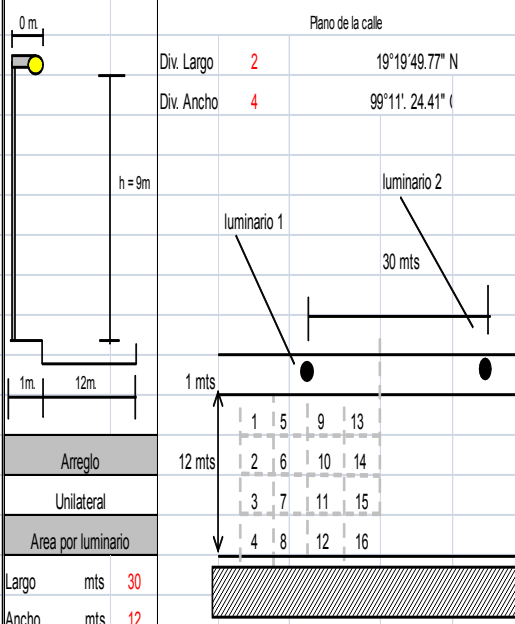
## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

### HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA METODO PUNTO POR PUNTO

**Nombre:** Universidad Nacional Autonoma de Mexico **Fecha:** 23 /11/2013  
**Dirección:** Av. Universidad No. 3000  
**Proyecto:** TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO

Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación			
Ubicación:	Circuito Estadio de CU	Tramo:	Estacionamiento E4-E6	Area	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo l	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo II	Luminario I	Luminario II	Luxes I	Luxes II	Total Luxes		
Calle:	Insurgentes Sur - Escolar CU				a	b	β	c	l	a	b	β	c	II	I	II	I	II	Luxes		
<b>Dimensiones de Calle</b>				1	4.000	15.0	75.07	15.51	59.9	4.000	15.0	75.07	15.51	59.9	941	941	1.47	1.47	2.94		
Ancho	12	mts	<b>Tipo</b> Philips Master CosmoWhite	2	6.000	15.0	68.2	16.15	60.9	6.000	15.0	68.20	16.15	60.9	928.2	928	1.32	1.32	2.65		
Camellon	45	mts	<b>Potencia (lr)</b> 151.2 watts	3	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	825	825	0.98	0.98	1.95		
Acera pie poste	0.7	mts	<b>Flujo Lum.</b> 16500 Lumenes	4	12.000	15.0	51.34	19.21	64.9	12.000	15.0	51.34	19.21	64.9	726	726	0.69	0.69	1.37		
Acera frontal	1	mts	<b>Descripcion</b>																		
Dist. transversal	46.7	mts	140 W/728 Compuesta de: Aditivos metalicos																		
Doble circulación	0		Casquillo PGZ12, TW Tubular White.		5	4.000	7.5	61.93	8.50	43.4	4.000	22.5	79.92	22.82	68.5	1238	722	5.88	0.44	6.32	
Dist. poste a calle	1	mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12		6	6.000	7.5	51.34	9.60	46.9	6.000	22.5	75.07	23.27	68.9	1221	627	4.82	0.36	5.19	
Dist. entre postes	30	mts	<b>Ilum. recomendada</b>	<b>Coefficiente de luminancia</b>	7	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	1040	619	2.90	0.32	3.23	
Altura de postes	9	mts	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	8	12.000	7.5	32.01	14.15	57.5	12.000	22.5	61.93	25.49	70.6	957	479	1.83	0.22	2.05	
			8 luxes	0.1																	
<b>Resultados</b>																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Mín luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Eficiencia %	9	4.000	0.0	0	4.00	24.0	4.000	30.0	82.41	30.21	73.4	1444	530	13.60	0.15	13.76
13.76	1.37	4.67	0.29	1681	0.10	10	6.000	0.0	0	6.00	33.7	6.000	30.0	78.69	30.56	73.6	1419	441.96	10.09	0.12	10.22
				11	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1205	427	5.26	0.11	5.37		
				12	12.000	0.0	0	12.00	53.1	12.000	30.0	68.20	32.29	74.4	1031	413	2.75	0.10	2.85		
				13	4.000	7.5	61.93	8.50	43.4	2.500	22.5	83.66	22.58	68.3	1238	722	5.876	0.45	6.33		
				14	6.000	7.5	51.34	9.60	46.9	5.500	22.5	76.264	23.14	68.7	1221	627	4.823	0.37	5.19		
				15	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	8.500	22.5	69.305	24.04	69.5	1040	619	2.904	0.33	3.23		
				16	12.000	7.5	32.01	14.15	57.5	11.500	22.5	62.928	25.26	70.4	957	479	1.828	0.22	2.05		
Arreglo	Unilateral																				
Area por luminario	360 m²																				
Largo	mts	30																			
Ancho	mts	12																			
Area total	m²	360																			

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA METODO PUNTO POR PUNTO																					
<b>Nombre:</b> Universidad Nacional Autonoma de Mexico		<b>Fecha:</b> 23/11/2013																			
<b>Dirección:</b> Av. Universidad No. 3000																					
<b>Proyecto:</b> TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																					
Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación			
<b>Ubicación:</b>	Circuito Estado de CU	<b>Tramo:</b>	Estacionamiento E1-E2	Area	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo I	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo II	Luminario I	Luminario II	Luxes I	Luxes II	Total Luxes		
<b>Calle:</b>	Estacionamiento E1-E2 Circuito Escolar CU- Estadio																				
Dimensiones de Calle		Luminario		Propuesta		1	4.000	15.0	75.07	15.51	59.9	4.000	15.0	75.07	15.51	59.9	941	941	1.47	1.47	2.94
<b>Ancho</b>	12 mts	<b>Tipo</b>	Philips Master CosmoWhite			2	6.000	15.0	68.2	16.15	60.9	6.000	15.0	68.2	16.15	60.9	928	928	1.32	1.32	2.65
<b>Camellon</b>	0 mts	<b>Potencia (lr)</b>	151.2 watts	<b>1 de 1</b>		3	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	825	825	0.98	0.98	1.95
<b>Acera pie poste</b>	0.7 mts	<b>Flujo Lum.</b>	16500 Lumenes			4	12.000	15.0	51.34	19.21	64.9	12.000	15.0	51.34	19.21	64.9	726	726	0.69	0.69	1.37
Acera frontal		Descripcion																			
<b>Dist. transversal</b>	1.7 mts	140 W728 Compuesta de: Aditivos metalicos																			
<b>Doble circulación</b>	0	Casquillo PGZ12, TW Tubular White.		5	4.000	7.5	61.93	8.50	43.4	4.000	22.5	79.92	22.82	68.5	1238	722	5.88	0.44	6.32		
<b>Dist. poste a calle</b>	1 mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12		6	6.000	7.5	51.34	9.60	46.9	6.000	22.5	75.07	23.27	68.9	1221	627	4.82	0.36	5.19		
<b>Dist. entre postes</b>	30 mts	<b>Ilum. recomendada</b>	<b>Coefficiente de luminancia</b>	7	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	1040	619	2.90	0.32	3.23		
<b>Altura de postes</b>	9 mts	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	8	12.000	7.5	32.01	14.15	57.5	12.000	22.5	61.93	25.49	70.6	957	479	1.83	0.22	2.05		
		8 luxes	0.1																		
Resultados																					
<b>Nivel Máx. luxes</b>	<b>Nivel Min luxes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Fact. Unifor.</b>	<b>F. Lum útil</b>	<b>Eficiencia %</b>	9	4.000	0.0	0	4.00	24.0	4.000	30.0	82.41	30.21	73.4	1444	530	13.60	0.15	13.76
13.76	1.37	4.67	0.29	1681	0.10	10	6.000	0.0	0	6.00	33.7	6.000	30.0	78.69	30.56	73.6	1419	441.96	10.09	0.12	10.22
<b>Plano de la calle</b>		<b>Div. Largo</b>	2	19°19'49.77" N																	
		<b>Div. Ancho</b>	4	99°11' 24.41" (																	
																					
<b>Arreglo</b>		Unilateral																			
<b>Area por luminario</b>																					
<b>Largo</b>	mts	30																			
<b>Ancho</b>	mts	12																			
<b>Area total</b>	m²	360																			
			11	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1205	427	5.26	0.11	5.37			
			12	12.000	0.0	0	12.00	53.1	12.000	30.0	68.20	32.29	74.4	1031	413	2.75	0.10	2.85			
			13	4.000	7.5	61.93	8.50	43.4	2.500	22.5	83.66	22.58	68.3	1238	722	5.876	0.45	6.33			
			14	6.000	7.5	51.34	9.60	46.9	5.500	22.5	76.264	23.14	68.7	1221	627	4.823	0.37	5.19			
			15	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	8.500	22.5	69.305	24.04	69.5	1040	619	2.904	0.33	3.23			
			16	12.000	7.5	32.01	14.15	57.5	11.500	22.5	62.928	25.26	70.4	957	479	1.828	0.22	2.05			

# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

## Tramo Circuito Zona Deportiva

HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA METODO PUNTO POR PUNTO																																			
<b>Nombre:</b>	Universidad Nacional Autonoma de Mexico										<b>Fecha:</b>	23 /11/2013																							
<b>Dirección:</b>	Av. Universidad No. 3000																																		
<b>Proyecto:</b>	TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																																		
Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación																	
<b>Ubicación:</b>	Escolar-zona Deportiva	<b>Tramo:</b>	Campos de fútbol 1 Parada	Area	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total																
<b>Calle:</b>	Escolar- zona deportiva				a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	ll	I	II	I	II	Luxes																
Dimensiones de Calle		Luminario		Propuesta	1	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	766	766	1.23	1.23	2.46															
<b>Ancho</b>	9	mts	<b>Tipo</b>	Philips Master CosmoWhite	2	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.500	15.0	73.30	15.65	60.1	707	707	1.08	1.08	2.17															
<b>Camellon</b>	45	mts	<b>Potencia (lr</b>	151.2 watts	3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	678	678	0.93	0.93	1.85															
<b>Acera pie poste</b>	0.7	mts	<b>Flujo Lum.</b>	16500 Lumenes	4	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	648	648	0.77	0.77	1.54															
Descripción																																			
<b>Dist. transversal</b>	46.7	mts	140 W/728 Compuesta de: Aditivos metalicos																																
<b>Doble circulación</b>	0		Casquillo PGZ12, TW Tubular White.		5	3.250	7.5	66.57	8.17	42.2	3.250	22.5	81.78	22.69	68.4	1238	589	6.20	0.37	6.57															
<b>Dist. poste a calle</b>	1	mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12		6	4.500	7.5	59.04	8.74	44.2	4.500	22.5	78.69	22.92	68.6	1090	575	4.97	0.35	5.32															
<b>Dist. entre postes</b>	30	mts	<b>Ilum. recomendada</b>	Coefficiente de luminancia	7	6.750	7.5	48.01	10.09	48.3	6.750	22.5	73.30	23.47	69.0	1061	530	3.87	0.30	4.17															
<b>Altura de postes</b>	9	mts	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	8	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	943	516	2.63	0.27	2.90															
			8	luxes	0.1																														
Resultados																																			
<b>Nivel Máx. luxes</b>	<b>Nivel Mín luxes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Fact. Unifor.</b>	<b>F. Lum útil</b>	<b>Eficiencia %</b>	9	3.250	0.0	0	3.25	19.9	3.250	30.0	83.82	30.10	73.4	1444	471	14.83	0.14	14.97														
14.97	1.54	4.73	0.32	1277	0.08	10	4.500	0.0	0	4.50	26.6	4.500	30.0	81.47	30.28	73.4	1385	471	12.23	0.13	12.37														
						11	6.750	0.0	0	6.75	36.9	6.750	30.0	77.32	30.72	73.7	1296	471	8.20	0.13	8.33														
						12	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1105	469	4.82	0.12	4.95														
						13	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	2.125	15.0	81.94	15.12	59.2	766	766	1.228	1.27	2.49														
						14	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.375	15.0	73.74	15.61	60.0	707	707	1.083	1.09	2.17														
						15	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.625	15.0	66.17	16.39	61.2	678	678	0.928	0.93	1.86														
						16	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	8.875	15.0	59.389	17.42	62.7	648	648	0.768	0.77	1.54														
Plano de la calle																																			
0 m		Plano de la calle																																	
h = 9m		Div. Largo	2	19°19'49.77" N																															
1m 12m		Div. Ancho	4	99°11' 24.41" (																															
1 mts		luminario 1		luminario 2																															
30 mts																																			
1 mts																																			
Arreglo		<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>5</td><td>9</td><td>13</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>10</td><td>14</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>11</td><td>15</td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>12</td><td>16</td></tr> </table>																		1	5	9	13	2	6	10	14	3	7	11	15	4	8	12	16
1	5	9	13																																
2	6	10	14																																
3	7	11	15																																
4	8	12	16																																
Unilateral																																			
Área por luminario																																			
Largo	mts	30																																	
Ancho	mts	9																																	
Área total	m <sup>2</sup>	270																																	



## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA																							
METODO PUNTO POR PUNTO																							
<b>Nombre:</b>	Universidad Nacional Autonoma de Mexico										<b>Fecha:</b>	23/11/2013											
<b>Dirección:</b>	Av. Universidad No. 3000																						
<b>Proyecto:</b>	TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																						
Datos				Area	Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación				
Ubicación:	Escolar-zona deportiva		Tramo:		Jardín Botánico		Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total		
Calle:	Jardín Botánico Escolar- zona deportiva				a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	ll	I	II	I	II	Luxes				
Dimensiones de Calle				Luminario		Propuesta		1	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	766	766	1.23	1.23	2.46
Ancho	9	mts	Tipo	Philips Master CosmoWhite		2	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.500	15.0	73.30	15.65	60.1	707	707	1.08	1.08	2.17		
Camellon	45	mts	Potencia (lr	151.2	watts	3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	678	678	0.93	0.93	1.85		
Acera pie poste	0.7	mts	Flujo Lum.	16500	Lumenes	4	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	648	648	0.77	0.77	1.54		
Acera frontal				Descripcion		5	3.250	7.5	66.57	8.17	42.2	3.250	22.5	81.78	22.69	68.4	1238	589	6.20	0.37	6.57		
Dist. transversal	46.7	mts	140 W728 Compuesta de: Aditivos metalicos			6	4.500	7.5	59.04	8.74	44.2	4.500	22.5	78.69	22.92	68.6	1090	575	4.97	0.35	5.32		
Doble circulación	0		Casquillo PGZ12, TW Tubular White.			7	6.750	7.5	48.01	10.09	48.3	6.750	22.5	73.30	23.47	69.0	1061	530	3.87	0.30	4.17		
Dist. poste a calle	1	mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12			8	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	943	516	2.63	0.27	2.90		
Dist. entre postes	30	mts	Ilum. recomendada	Coeficiente de luminancia																			
Altura de postes	9	mts	Norma 001-SEDE-2005	Norma 001-SEDE-2005																			
			8	luxes																			
				0.1																			
Resultados						9	3.250	0.0	0	3.25	19.9	3.250	30.0	83.82	30.10	73.4	1444	471	14.83	0.14	14.97		
Nivel Máx. luxes	Nivel Min luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Eficiencia %	10	4.500	0.0	0	4.50	26.6	4.500	30.0	81.47	30.28	73.4	1385	471	12.23	0.13	12.37		
14.97	1.54	4.73	0.32	1277	0.08	11	6.750	0.0	0	6.75	36.9	6.750	30.0	77.32	30.72	73.7	1296	471	8.20	0.13	8.33		
<p>Plano de la calle</p> <p>Div. Largo 2 19°19'49.77" N</p> <p>Div. Ancho 4 99°11'. 24.41" (</p> <p>h = 9m</p> <p>luminario 1</p> <p>luminario 2</p> <p>30 mts</p>						12	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1105	469	4.82	0.12	4.95		
						13	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	2.125	15.0	81.94	15.12	59.2	766	766	1.228	1.27	2.49		
<p>Arreglo</p> <p>Unilateral</p> <p>Area por luminario</p> <p>Largo mts 30</p> <p>Ancho mts 9</p> <p>Area total m² 270</p>						14	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.375	15.0	73.74	15.61	60.0	707	707	1.083	1.09	2.17		
						15	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.625	15.0	66.17	16.39	61.2	678	678	0.928	0.93	1.86		
						16	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	8.875	15.0	59.389	17.42	62.7	648	648	0.768	0.77	1.54		

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA METODO PUNTO POR PUNTO																					
Nombre:	Universidad Nacional Autonoma de Mexico										Fecha:	23 /11/2013									
Dirección:	Av. Universidad No. 3000																				
Proyecto:	TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																				
Datos				Area	Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación		
Ubicación:	Escolar- zona deportiva	Tramo:	3		Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo l	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo ll	Luminario I	Luminario II	Luxes I	Luxes II	Total Luxes		
Calle: Jardín Botánico Escolar- zona deportiva																					
Dimensiones de Calle		Luminario		Propuesta	1	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	766	766	1.23	1.23	2.46	
Ancho	9 mts	Tipo	Philips Master CosmoWhite		2	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.500	15.0	73.30	15.65	60.1	707	707	1.08	1.08	2.17	
Camellon	45 mts	Potencia (lr)	151.2 watts	1 de 1	3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	678	678	0.93	0.93	1.85	
Acera pie poste	0.7 mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes		4	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	648	648	0.77	0.77	1.54	
Descripcion																					
Dist. transversal	46.7 mts	140 W728 Compuesta de: Aditivos metalicos			5	3.250	7.5	66.57	8.17	42.2	3.250	22.5	81.78	22.69	68.4	1238	589	6.20	0.37	6.57	
Doble circulación	0	Casquillo PGZ12, TW Tubular White.			6	4.500	7.5	59.04	8.74	44.2	4.500	22.5	78.69	22.92	68.6	1090	575	4.97	0.35	5.32	
Dist. poste a calle	1 mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12			7	6.750	7.5	48.01	10.09	48.3	6.750	22.5	73.30	23.47	69.0	1061	530	3.87	0.30	4.17	
Dist. entre postes	30 mts	Ilum. recomendada	Coficiente de luminancia		8	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	943	516	2.63	0.27	2.90	
Altura de postes	9 mts	Norma 001-SEDE-2005	Norma 001-SEDE-2005																		
		8 luxes	0.1																		
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Min luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Eficiencia %	9	3.250	0.0	0	3.25	19.9	3.250	30.0	83.82	30.10	73.4	1444	471	14.83	0.14	14.97
14.97	1.54	4.73	0.32	1277	0.08	10	4.500	0.0	0	4.50	26.6	4.500	30.0	81.47	30.28	73.4	1385	471	12.23	0.13	12.37
						11	6.750	0.0	0	6.75	36.9	6.750	30.0	77.32	30.72	73.7	1296	471	8.20	0.13	8.33
						12	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1105	469	4.82	0.12	4.95
						13	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	2.125	15.0	81.94	15.12	59.2	766	766	1.228	1.27	2.49
						14	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.375	15.0	73.74	15.61	60.0	707	707	1.083	1.09	2.17
						15	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.625	15.0	66.17	16.39	61.2	678	678	0.928	0.93	1.86
						16	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	8.875	15.0	59.389	17.42	62.7	648	648	0.768	0.77	1.54

Plano de la calle

Div. Largo: 2      19°19'49.77" N

Div. Ancho: 4      99°11'. 24.41" (

h = 9m

luminario 1      30 mts      luminario 2

Arreglo: Unilateral

Area por luminario

Largo mts: 30

Ancho mts: 9

Area total m²: 270

1	5	9	13
2	6	10	14
3	7	11	15
4	8	12	16

# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

## Tramo Circuito Zona Cultural

HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA METODO PUNTO POR PUNTO																					
Nombre:		Universidad Nacional Autonoma de Mexico										Fecha:		23 /11/2013							
Dirección:		Av. Universidad No. 3000																			
Proyecto:		TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																			
Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación			
Ubicación:	Circuito Zona Cultural	Tramo:	Archivo General	Circuito Zo	Area	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total	
Calle:	Archivo General			Circuito Zona Cultural		a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	ll	I	II	I	II	Luxes	
Dimensiones de Calle		Luminario		Propuesta	1	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	766	766	1.23	1.23	2.46	
Ancho	9	mts	Tipo	Philips Master CosmoWhite	2	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.500	15.0	73.30	15.65	60.1	707	707	1.08	1.08	2.17	
Camellon	20	mts	Potencia (lr	151.2 watts	3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	678	678	0.93	0.93	1.85	
Acera pie poste	0.7	mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes	4	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	648	648	0.77	0.77	1.54	
Acera frontal	1	mts	Descripcion																		
Dist. transversal	21.7	mts	140 W/728 Compuesta de: Aditivos metalicos																		
Doble circulación	0		Casquillo PGZ12, TW Tubular White.		5	3.250	7.5	66.57	8.17	42.2	3.250	22.5	81.78	22.69	68.4	1238	589	6.20	0.37	6.57	
Dist. poste a calle	1	mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12		6	4.500	7.5	59.04	8.74	44.2	4.500	22.5	78.69	22.92	68.6	1090	575	4.97	0.35	5.32	
Dist. entre postes	30	mts	Ilum. recomendada	Coefficiente de luminancia	7	6.750	7.5	48.01	10.09	48.3	6.750	22.5	73.30	23.47	69.0	1061	530	3.87	0.30	4.17	
Altura de postes	9	mts	Norma 001-SEDE-2005	Norma 001-SEDE-2005	8	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	943	516	2.63	0.27	2.90	
			10	luxes	0.1																
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Min luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Eficiencia %	9	3.250	0.0	0	3.25	19.9	3.250	30.0	83.82	30.10	73.4	1444	471	14.83	0.14	14.97
14.97	1.54	4.73	0.32	1277	0.08	10	4.500	0.0	0	4.50	26.6	4.500	30.0	81.47	30.28	73.4	1385	471	12.23	0.13	12.37
						11	6.750	0.0	0	6.75	36.9	6.750	30.0	77.32	30.72	73.7	1296	471	8.20	0.13	8.33
						12	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1105	469	4.82	0.12	4.95
						13	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	2.125	15.0	81.94	15.12	59.2	766	766	1.228	1.27	2.49
						14	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.375	15.0	73.74	15.61	60.0	707	707	1.083	1.09	2.17
						15	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.625	15.0	66.17	16.39	61.2	678	678	0.928	0.93	1.86
						16	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	8.875	15.0	59.389	17.42	62.7	648	648	0.768	0.77	1.54

Plano de la calle

Div. Largo: 2

Div. Ancho: 4

h = 9m

Arreglo: Unilateral

Area por luminario:

Largo	mts	30
Ancho	mts	9
Area total	m <sup>2</sup>	270

1	5	9	13
2	6	10	14
3	7	11	15
4	8	12	16

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

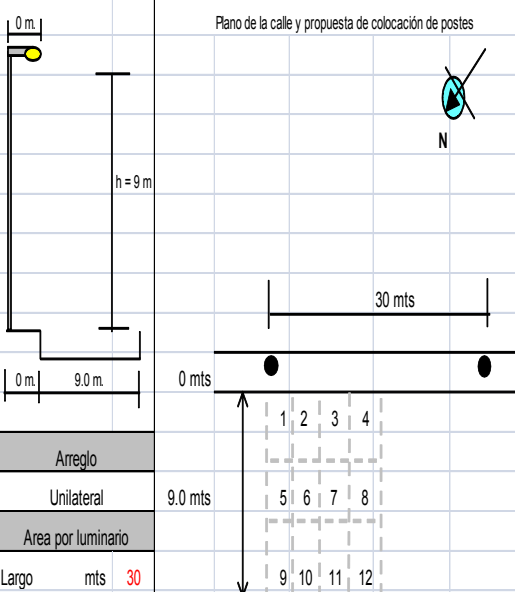
HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA METODO PUNTO POR PUNTO																							
<b>Nombre:</b>	Universidad Nacional Autonoma de Mexico										<b>Fecha:</b>	23/11/2013											
<b>Dirección:</b>	Av. Universidad No. 3000																						
<b>Proyecto:</b>	TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																						
Datos					Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación				
<b>Ubicación:</b>	Circuito Zona Cultural- Universun	<b>Tramo:</b>	Universum		<b>Area</b>	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total			
<b>Calle:</b>	Escolar- Universum					a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	ll	I	II	I	II	Luxes			
Dimensiones de Calle			Luminario		Propuesta	1	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	766	766	1.23	1.23	2.46		
<b>Ancho</b>	9	mts	<b>Tipo</b>	Philips Master CosmoWhite		2	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.500	15.0	73.30	15.65	60.1	707	707	1.08	1.08	2.17		
<b>Camellon</b>	20	mts	<b>Potencia (lr</b>	151.2	watts	3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	678	678	0.93	0.93	1.85		
<b>Acera pie poste</b>	0.7	mts	<b>Flujo Lum.</b>	16500 Lumenes		4	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	648	648	0.77	0.77	1.54		
Acera frontal			Descripcion																				
<b>Dist. transversal</b>	21.7	mts	140 W728 Compuesta de: Aditivos metalicos																				
<b>Doble circulación</b>	0		Casquillo PGZ12, TW Tubular White.			5	3.250	7.5	66.57	8.17	42.2	3.250	22.5	81.78	22.69	68.4	1238	589	6.20	0.37	6.57		
<b>Dist. poste a calle</b>	1	mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12			6	4.500	7.5	59.04	8.74	44.2	4.500	22.5	78.69	22.92	68.6	1090	575	4.97	0.35	5.32		
<b>Dist. entre postes</b>	30	mts	<b>Ilum. recomendada</b>			7	6.750	7.5	48.01	10.09	48.3	6.750	22.5	73.30	23.47	69.0	1061	530	3.87	0.30	4.17		
<b>Altura de postes</b>	9	mts	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	Norma 001-SEDE-2005		8	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	943	516	2.63	0.27	2.90		
			10	luxes																			
			0.1																				
Resultados																							
<b>Nivel Máx. luxes</b>	<b>Nivel Min luxes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Fact. Unifor.</b>	<b>F. Lum útil</b>	<b>Eficiencia %</b>	9	3.250	0.0	0	3.25	19.9	3.250	30.0	83.82	30.10	73.4	1444	471	14.83	0.14	14.97		
14.97	1.54	4.73	0.32	1277	0.08	10	4.500	0.0	0	4.50	26.6	4.500	30.0	81.47	30.28	73.4	1385	471	12.23	0.13	12.37		
						11	6.750	0.0	0	6.75	36.9	6.750	30.0	77.32	30.72	73.7	1296	471	8.20	0.13	8.33		
						12	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1105	469	4.82	0.12	4.95		
						13	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	2.125	15.0	81.94	15.12	59.2	766	766	1.228	1.27	2.49		
						14	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.375	15.0	73.74	15.61	60.0	707	707	1.083	1.09	2.17		
						15	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.625	15.0	66.17	16.39	61.2	678	678	0.928	0.93	1.86		
						16	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	8.875	15.0	59.389	17.42	62.7	648	648	0.768	0.77	1.54		
Plano de la calle																							
<b>Div. Largo</b>	2																						
<b>Div. Ancho</b>	4																						
<b>Arreglo</b>	Unilateral																						
<b>Area por luminario</b>	9 mts																						
<b>Largo</b>	mts	30																					
<b>Ancho</b>	mts	9																					
<b>Area total</b>	m <sup>2</sup>	270																					

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE LA INTENSIDAD DE LAS LUMINARIA EN CIUDAD UNIVERSITARIA																																			
METODO PUNTO POR PUNTO																																			
<b>Nombre:</b>	Universidad Nacional Autonoma de Mexico										<b>Fecha:</b>	23 /11/2013																							
<b>Dirección:</b>	Av. Universidad No. 3000																																		
<b>Proyecto:</b>	TESIS EVALUACION DEL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO																																		
Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación																	
<b>Ubicación:</b>	Circuito Zona Cultural- Centro cu			<b>Tramo:</b>	Teatro y Danza				Dist.		Dist.		Ang.		Dist.		Angulo		Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total												
<b>Calle:</b>	Circuito Zona Cultural			Area		a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	ll	I	II	I	II	Luxes															
Dimensiones de Calle		Luminario		Propuesta	1	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	766	766	1.23	1.23	2.46															
<b>Ancho</b>	9 mts	<b>Tipo</b>	Philips Master CosmoWhite		2	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.500	15.0	73.30	15.65	60.1	707	707	1.08	1.08	2.17															
<b>Camellon</b>	20 mts	<b>Potencia (lr</b>	151.2	watts	3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	678	678	0.93	0.93	1.85															
<b>Acera pie poste</b>	0.7 mts	<b>Flujo Lum.</b>	16500	Lumenes	4	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	648	648	0.77	0.77	1.54															
Descripcion																																			
<b>Acera frontal</b>	1 mts																																		
<b>Dist. transversal</b>	21.7 mts	140 W/728 Compuesta de: Aditivos metalicos																																	
<b>Doble circulación</b>	0	Casquillo PGZ12, TW Tubular White.																																	
<b>Dist. poste a calle</b>	1 mts	Bulb T19, Lamp. PGZ12																																	
<b>Dist. entre postes</b>	30 mts	<b>Ilum. recomendada</b>	Coeficiente de luminancia		7	6.750	7.5	48.01	10.09	48.3	6.750	22.5	73.30	23.47	69.0	1061	530	3.87	0.30	4.17															
<b>Altura de postes</b>	9 mts	<b>Norma 001-SEDE-2005</b>	Norma 001-SEDE-2005		8	9.000	7.5	39.81	11.71	52.5	9.000	22.5	68.20	24.22	69.6	943	516	2.63	0.27	2.90															
		10	luxes				0.1																												
Resultados																																			
<b>Nivel Máx. luxes</b>	<b>Nivel Mín luxes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Fact. Unifor.</b>	<b>F. Lum útil</b>	<b>Eficiencia %</b>	9	3.250	0.0	0	3.25	19.9	3.250	30.0	83.82	30.10	73.4	1444	471	14.83	0.14	14.97														
14.97	1.54	4.73	0.32	1277	0.08	10	4.500	0.0	0	4.50	26.6	4.500	30.0	81.47	30.28	73.4	1385	471	12.23	0.13	12.37														
		Plano de la calle																																	
		<b>Div. Largo</b>	2		11	6.750	0.0	0	6.75	36.9	6.750	30.0	77.32	30.72	73.7	1296	471	8.20	0.13	8.33															
		<b>Div. Ancho</b>	4		12	9.000	0.0	0	9.00	45.0	9.000	30.0	73.30	31.30	74.0	1105	469	4.82	0.12	4.95															
		<b>h = 9m</b>																																	
		<b>luminario 1</b>																																	
		<b>luminario 2</b>																																	
		30 mts																																	
		1 mts																																	
		1	5	9	13	13	3.250	15.0	77.78	15.33	59.6	2.125	15.0	81.94	15.12	59.2	766	766	1.228	1.27	2.49														
		2	6	10	14	14	4.500	15.0	73.3	15.65	60.1	4.375	15.0	73.74	15.61	60.0	707	707	1.083	1.09	2.17														
		3	7	11	15	15	6.750	15.0	65.77	16.44	61.3	6.625	15.0	66.171	16.39	61.2	678	678	0.928	0.93	1.86														
		4	8	12	16	16	9.000	15.0	59.04	17.49	62.8	8.875	15.0	59.389	17.42	62.7	648	648	0.768	0.77	1.54														
Arreglo		9 mts	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1</td><td>5</td><td>9</td><td>13</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>10</td><td>14</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>11</td><td>15</td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>12</td><td>16</td></tr> </table>																	1	5	9	13	2	6	10	14	3	7	11	15	4	8	12	16
1	5	9	13																																
2	6	10	14																																
3	7	11	15																																
4	8	12	16																																
Unilateral																																			
Area por luminario																																			
<b>Largo</b>	mts	30																																	
<b>Ancho</b>	mts	9																																	
<b>Area total</b>	m <sup>2</sup>	270																																	

Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

Tramo Circuito Exterior

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO PUNTO POR PUNTO																					
Empresa:												Responsable: Dra. Azucena Escobedo Izqui									
Dirección:												Fecha: 29/11/2012									
Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público																					
Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación			
Ubicación: Ciudad Universitaria				Area	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario I	Luminario II	Luxes I	Luxes II	Total Luxes		
Calle: Circuito Exterior (Anexo de Ingeniería)					a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	II	I	II	I	II			
Dimensiones de Calle		Luminario		1	2.000	1.25	32.01	2.36	14.7	2.000	28.75	86.02	28.70	72.6	1485	400	16.60	0.13	16.73		
Ancho	9 mts	Tipo	Halegenuros Metalicos	2	2.000	5.75	70.82	6.08	34.1	2.000	24.25	85.29	24.25	69.6	1320	495	9.27	0.26	9.53		
Camellon	0 mts	Potencia	140 watts	3	2.000	10.25	78.96	10.43	49.2	2.000	19.75	84.22	19.80	65.6	1080	660	3.72	0.58	4.30		
Acera pie poste	0 mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes	4	2.000	14.75	82.28	14.86	58.8	2.000	15.25	82.53	15.35	59.6	940	920	1.62	1.47	3.09		
Acera frontal	0 mts	Descripcion																			
Dist. transversal	18 mts	140W/728 Compuesta de:																			
Doble circulación	2	HOV-25-Q Armadura balastro, 4046 Refractor de cristal		5	6.000	1.25	11.77	6.13	34.3	6.000	28.75	78.21	29.33	72.9	1320	395	9.20	0.12	9.33		
		Curva de Distrib. III, Espac. 5:1, Peso aprox. 0 kg		6	6.000	5.75	43.78	8.31	42.7	6.000	24.25	76.10	24.96	70.2	1230	475	6.03	0.23	6.25		
Dist. entre postes	30 mts	Ilum. recomendada	Factor Uniformidad	7	6.000	10.25	59.66	11.87	52.8	6.000	19.75	73.10	20.63	66.4	1040	630	2.83	0.50	3.33		
Altura de postes	9 mts	Norma NOM001-SEDE-2004	Norma I. I. C.	8	6.000	14.75	67.86	15.92	60.5	6.000	15.25	68.52	16.38	61.2	880	860	1.30	1.19	2.48		
		9 luxes	0.5																		
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Min luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Efic. %	9	9.000	1.25	7.907	9.09	45.3	9.000	28.75	72.62	30.10	73.4	1150	350	4.95	0.10	5.05
16.73	1.92	5.68	0.34	1534	0.09	10	9.000	5.75	32.57	10.68	49.9	9.000	24.25	69.64	25.85	70.8	1060	450	3.50	0.20	3.70
						11	9.000	10.25	48.72	13.64	56.6	9.000	19.75	65.50	21.69	67.5	1000	580	2.06	0.40	2.47
						12	9.000	14.75	58.61	17.27	62.5	9.000	15.25	59.45	17.70	63.1	820	800	1.00	0.92	1.92
																					
Arreglo																					
Unilateral																					
Area por luminario																					
Largo	mts	30																			
Ancho	mts	9																			
Area total	m <sup>2</sup>	270																			

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO PUNTO POR PUNTO																											
Empresa:												Responsable: Dra. Azucena Escobedo Izqui															
Dirección:												Fecha: 29/11/2012															
Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público																											
Datos												Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación	
Ubicación: Ciudad Universitaria												Area	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total
Calle: Circuito Exterior (Estadio de Practicas)													a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	II	I	II	I	II	Luxes
Dimensiones de Calle			Luminario			1	2.000	1.25	32.01	2.36	14.7	2.000	28.75	86.02	28.70	72.6	1485	400	16.60	0.13	16.73						
Ancho	9	mts	Tipo	Halegenuros Metalicos		2	2.000	5.75	70.82	6.08	34.1	2.000	24.25	85.29	24.25	69.6	1320	495	9.27	0.26	9.53						
Camellon	0	mts	Potencia	140 watts		3	2.000	10.25	78.96	10.43	49.2	2.000	19.75	84.22	19.80	65.6	1080	660	3.72	0.58	4.30						
Acera pie poste	0	mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes		4	2.000	14.75	82.28	14.86	58.8	2.000	15.25	82.53	15.35	59.6	940	920	1.62	1.47	3.09						
Acera frontal	0	mts	Descripcion																								
Dist. transversal	18	mts	140W/728 Compuesta de:																								
Doble circulación	2		HOV-25-Q Armadura balastro, 4046 Refractor de cristal			5	6.000	1.25	11.77	6.13	34.3	6.000	28.75	78.21	29.33	72.9	1320	395	9.20	0.12	9.33						
			Curva de Distrib. III, Espac. 5:1, Peso aprox. 0 kg			6	6.000	5.75	43.78	8.31	42.7	6.000	24.25	76.10	24.96	70.2	1230	475	6.03	0.23	6.25						
Dist. entre postes	30	mts	Ilum. recomendada		Factor Uniformidad	7	6.000	10.25	59.66	11.87	52.8	6.000	19.75	73.10	20.63	66.4	1040	630	2.83	0.50	3.33						
Altura de postes	9	mts	Norma NOM001-SEDE-200		Norma I. I. C.	8	6.000	14.75	67.86	15.92	60.5	6.000	15.25	68.52	16.38	61.2	880	860	1.30	1.19	2.48						
			9 luxes		0.5																						
Resultados																											
Nivel Máx. luxes	Nivel Min luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Efic. %	9	9.000	1.25	7.907	9.09	45.3	9.000	28.75	72.62	30.10	73.4	1150	350	4.95	0.10	5.05						
16.73	1.92	5.68	0.34	1534	0.09	10	9.000	5.75	32.57	10.68	49.9	9.000	24.25	69.64	25.85	70.8	1060	450	3.50	0.20	3.70						
						11	9.000	10.25	48.72	13.64	56.6	9.000	19.75	65.50	21.69	67.5	1000	580	2.06	0.40	2.47						
						12	9.000	14.75	58.61	17.27	62.5	9.000	15.25	59.45	17.70	63.1	820	800	1.00	0.92	1.92						
<p>Plano de la calle y propuesta de colocación de postes</p>																											
Arreglo																											
Unilateral																											
Area por luminario																											
Largo	mts	30																									
Ancho	mts	9																									
Area total	m <sup>2</sup>	270																									

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO PUNTO POR PUNTO																					
Empresa:										Responsable: Dra. Azucena Escobedo Izqui											
Dirección:										Fecha: 29/11/2012											
Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en Alumbrado Publico																					
Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación			
Ubicación: Ciudad Universitaria				Area	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo I	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo II	Luminario I	Luminario II	Luxes I	Luxes II	Total Luxes		
Calle: Circuito Exterior (Facultad de Veterinaria)																					
Dimensiones de Calle		Luminario		1	2.000	1.25	32.01	2.36	14.7	2.000	28.75	86.02	28.70	72.6	1485	400	16.60	0.13	16.73		
Ancho	9 mts	Tipo	Halegenuros Metalicos	2	2.000	5.75	70.82	6.08	34.1	2.000	24.25	85.29	24.25	69.6	1320	495	9.27	0.26	9.53		
Camellon	0 mts	Potencia	140 watts	3	2.000	10.25	78.96	10.43	49.2	2.000	19.75	84.22	19.80	65.6	1080	660	3.72	0.58	4.30		
Acera pie poste	0 mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes	4	2.000	14.75	82.28	14.86	58.8	2.000	15.25	82.53	15.35	59.6	940	920	1.62	1.47	3.09		
Acera frontal		Descripcion																			
Dist. transversal	18 mts	140W/728 Compuesta de:																			
Doble circulación	2	HOV-25-Q Armadura balastro, 4046 Refractor de cristal		5	6.000	1.25	11.77	6.13	34.3	6.000	28.75	78.21	29.33	72.9	1320	395	9.20	0.12	9.33		
		Curva de Distrib. III, Espac. 5:1, Peso aprox. 0 kg		6	6.000	5.75	43.78	8.31	42.7	6.000	24.25	76.10	24.96	70.2	1230	475	6.03	0.23	6.25		
Dist. entre postes	30 mts	Ilum. recomendada	Factor Uniformidad	7	6.000	10.25	59.66	11.87	52.8	6.000	19.75	73.10	20.63	66.4	1040	630	2.83	0.50	3.33		
Altura de postes	9 mts	Norma NOM001-SEDE-200	Norma I. I. C.	8	6.000	14.75	67.86	15.92	60.5	6.000	15.25	68.52	16.38	61.2	880	860	1.30	1.19	2.48		
		9 luxes	0.5																		
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Mín luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Efic. %	9	9.000	1.25	7.907	9.09	45.3	9.000	28.75	72.62	30.10	73.4	1150	350	4.95	0.10	5.05
16.73	1.92	5.68	0.34	1534	0.09	10	9.000	5.75	32.57	10.68	49.9	9.000	24.25	69.64	25.85	70.8	1060	450	3.50	0.20	3.70
		Plano de la calle y propuesta de colocación de postes																			
		11	9.000	10.25	48.72	13.64	56.6	9.000	19.75	65.50	21.69	67.5	1000	580	2.06	0.40	2.47				
Arreglo Unilateral Area por luminario		12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12																			
		12	9.000	14.75	58.61	17.27	62.5	9.000	15.25	59.45	17.70	63.1	820	800	1.00	0.92	1.92				
Largo	mts	30																			
Ancho	mts	9																			
Area total	m <sup>2</sup>	270																			



# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

## Tramo Circuito Interior

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO PUNTO POR PUNTO																					
Empresa:												Responsable: Dra. Azucena Escobedo Izqui									
Dirección:												Fecha: 29/11/2012									
Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en el Alumbrado Publico																					
Datos				Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación			
Ubicación: Ciudad Universitaria				Area	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Dist.	Dist.	Ang.	Dist.	Angulo	Luminario	Luminario	Luxes	Luxes	Total		
Calle: Circuito Interior (Facultad de Ingenieria)					a	b	$\beta$	c	l	a	b	$\beta$	c	l	I	II	I	II	Luxes		
Dimensiones de Calle		Luminario		1	2.000	1.25	32.01	2.36	14.7	2.000	28.75	86.02	28.70	72.6	1485	400	16.60	0.13	16.73		
Ancho	9 mts	Tipo	Halegenuros Metalicos	2	2.000	5.75	70.82	6.08	34.1	2.000	24.25	85.29	24.25	69.6	1320	495	9.27	0.26	9.53		
Camellon	0 mts	Potencia	140 watts	3	2.000	10.25	78.96	10.43	49.2	2.000	19.75	84.22	19.80	65.6	1080	660	3.72	0.58	4.30		
Acera pie poste	0 mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes	4	2.000	14.75	82.28	14.86	58.8	2.000	15.25	82.53	15.35	59.6	940	920	1.62	1.47	3.09		
Descripcion																					
Acera frontal	0 mts	140W728 Compuesta de:																			
Dist. transversal	18 mts	HOV-25-Q Armadura balastro, 4046 Refractor de cristal		5	6.000	1.25	11.77	6.13	34.3	6.000	28.75	78.21	29.33	72.9	1320	395	9.20	0.12	9.33		
Doble circulación	2	Curva de Distrib. III, Espac. 5.1, Peso aprox. 0 kg		6	6.000	5.75	43.78	8.31	42.7	6.000	24.25	76.10	24.96	70.2	1230	475	6.03	0.23	6.25		
Dist. entre postes	30 mts	Ilum. recomendada	Factor Uniformidad	7	6.000	10.25	59.66	11.87	52.8	6.000	19.75	73.10	20.63	66.4	1040	630	2.83	0.50	3.33		
Altura de postes	9 mts	Norma NOM001-SEDE-200	Norma I. I. C.	8	6.000	14.75	67.86	15.92	60.5	6.000	15.25	68.52	16.38	61.2	880	860	1.30	1.19	2.48		
9 luxes		0.5																			
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Mín luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Efic. %	9	9.000	1.25	7.907	9.09	45.3	9.000	28.75	72.62	30.10	73.4	1150	350	4.95	0.10	5.05
16.73	1.92	5.68	0.34	1534	0.09	10	9.000	5.75	32.57	10.68	49.9	9.000	24.25	69.64	25.85	70.8	1060	450	3.50	0.20	3.70
						11	9.000	10.25	48.72	13.64	56.6	9.000	19.75	65.50	21.69	67.5	1000	580	2.06	0.40	2.47
						12	9.000	14.75	58.61	17.27	62.5	9.000	15.25	59.45	17.70	63.1	820	800	1.00	0.92	1.92
Arreglo																					
Unilateral																					
Area por luminario																					
Largo	mts	30																			
Ancho	mts	9																			
Area total	m <sup>2</sup>	270																			

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO PUNTO POR PUNTO																					
Empresa:												Responsable: Dra. Azucena Escobedo Izqui									
Dirección:												Fecha: 29/11/2012									
Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público																					
Datos			Area	Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación			
Ubicación: Ciudad Universitaria				Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo I	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo II	Luminario I	Luminario II	Luxes I	Luxes II	Total Luxes			
Calle: Circuito Interior (Facultad de Medicina)																					
Dimensiones de Calle		Luminario		1	2.000	1.25	32.01	2.36	14.7	2.000	28.75	86.02	28.70	72.6	1485	400	16.60	0.13	16.73		
Ancho	9 mts	Tipo	Halegenuros Metalicos	2	2.000	5.75	70.82	6.08	34.1	2.000	24.25	85.29	24.25	69.6	1320	495	9.27	0.26	9.53		
Camellon	0 mts	Potencia	140 watts	3	2.000	10.25	78.96	10.43	49.2	2.000	19.75	84.22	19.80	65.6	1080	660	3.72	0.58	4.30		
Acera pie poste	0 mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes	4	2.000	14.75	82.28	14.86	58.8	2.000	15.25	82.53	15.35	59.6	940	920	1.62	1.47	3.09		
Acera frontal		Descripcion																			
Dist. transversal	18 mts	140W/728 Compuesta de:																			
Doble circulación	2	HOV-25-Q Armadura balastro, 4046 Refractor de cristal		5	6.000	1.25	11.77	6.13	34.3	6.000	28.75	78.21	29.33	72.9	1320	395	9.20	0.12	9.33		
		Curva de Distrib. III, Espac. 5:1, Peso aprox. 0 kg		6	6.000	5.75	43.78	8.31	42.7	6.000	24.25	76.10	24.96	70.2	1230	475	6.03	0.23	6.25		
Dist. entre postes	30 mts	Ilum. recomendada		Factor Uniformidad		7	6.000	10.25	59.66	11.87	52.8	6.000	19.75	73.10	20.63	66.4	1040	630	2.83	0.50	3.33
Altura de postes	9 mts	Norma NOM001-SEDE-2004		Norma I. I. C.		8	6.000	14.75	67.86	15.92	60.5	6.000	15.25	68.52	16.38	61.2	880	860	1.30	1.19	2.48
		9 luxes	0.5																		
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Mín luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Efic. %	9	9.000	1.25	7.907	9.09	45.3	9.000	28.75	72.62	30.10	73.4	1150	350	4.95	0.10	5.05
16.73	1.92	5.68	0.34	1534	0.09	10	9.000	5.75	32.57	10.68	49.9	9.000	24.25	69.64	25.85	70.8	1060	450	3.50	0.20	3.70
		Plano de la calle y propuesta de colocación de postes																			
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Arreglo</p> <p>Unilateral</p> <p>Area por luminario</p> <p>Largo mts 30</p> <p>Ancho mts 9</p> <p>Area total m<sup>2</sup> 270</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>																			
		11	9.000	10.25	48.72	13.64	56.6	9.000	19.75	65.50	21.69	67.5	1000	580	2.06	0.40	2.47				
12	9.000	14.75	58.61	17.27	62.5	9.000	15.25	59.45	17.70	63.1	820	800	1.00	0.92	1.92						

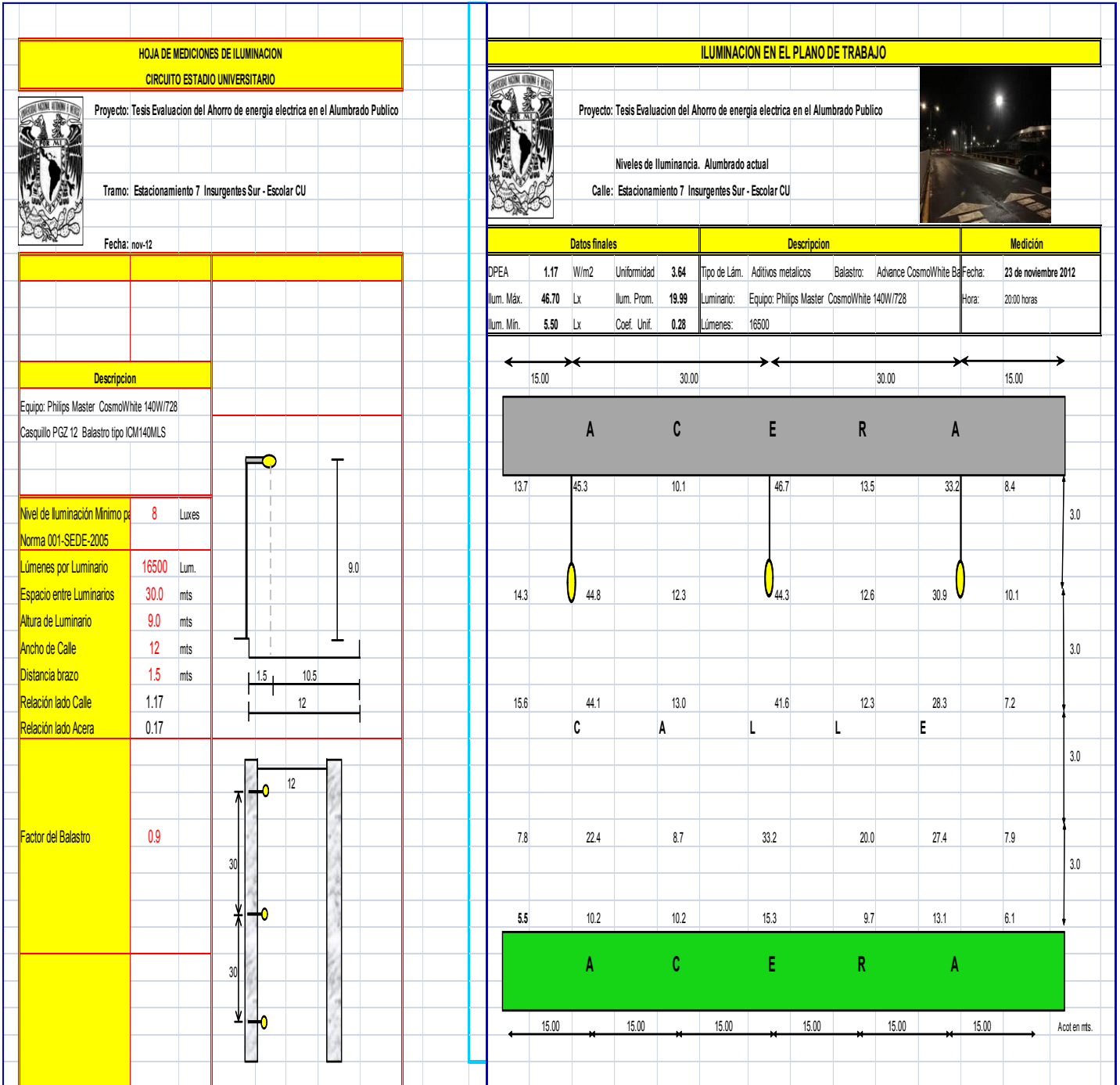
## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO PUNTO POR PUNTO																					
Empresa:												Responsable: Dra. Azucena Escobedo Izqui									
Dirección:												Fecha: 29/11/2012									
Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Publico																					
Datos				Area	Luminario No. 1					Luminario No. 2					Intensidad Luminosa		Iluminación		Iluminación Total Luxes		
Ubicación: Ciudad Universitaria					Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo l	Dist. a	Dist. b	Ang. β	Dist. c	Angulo ll	Luminario I	Luminario II	Luxes I	Luxes II			
Calle: Circuito Interior (Facultad de Psicología)																					
Dimensiones de Calle		Luminario		1	2.000	1.25	32.01	2.36	14.7	2.000	28.75	86.02	28.70	72.6	1485	400	16.60	0.13	16.73		
Ancho	9 mts	Tipo	Halegenuros Metalicos	2	2.000	5.75	70.82	6.08	34.1	2.000	24.25	85.29	24.25	69.6	1320	495	9.27	0.26	9.53		
Camellon	0 mts	Potencia	140 watts	3	2.000	10.25	78.96	10.43	49.2	2.000	19.75	84.22	19.80	65.6	1080	660	3.72	0.58	4.30		
Acera pie poste	0 mts	Flujo Lum.	16500 Lumenes	4	2.000	14.75	82.28	14.86	58.8	2.000	15.25	82.53	15.35	59.6	940	920	1.62	1.47	3.09		
Acera frontal		Descripcion																			
Dist. transversal	18 mts	140W/728 Compuesta de:																			
Doble circulación	2	HOV-25-Q Armadura balastro, 4046 Refractor de cristal		5	6.000	1.25	11.77	6.13	34.3	6.000	28.75	78.21	29.33	72.9	1320	395	9.20	0.12	9.33		
		Curva de Distrib. III, Espac. 5.1, Peso aprox. 0 kg		6	6.000	5.75	43.78	8.31	42.7	6.000	24.25	76.10	24.96	70.2	1230	475	6.03	0.23	6.25		
Dist. entre postes	30 mts	Ilum. recomendada		Factor Uniformidad		7	6.000	10.25	59.66	11.87	52.8	6.000	19.75	73.10	20.63	66.4	1040	630	2.83	0.50	3.33
Altura de postes	9 mts	Norma NOM001-SEDE-200		Norma I. I. C.		8	6.000	14.75	67.86	15.92	60.5	6.000	15.25	68.52	16.38	61.2	880	860	1.30	1.19	2.48
		9 luxes		0.5																	
Resultados																					
Nivel Máx. luxes	Nivel Mín luxes	Promedio	Fact. Unifor.	F. Lum útil	Efic. %	9	9.000	1.25	7.907	9.09	45.3	9.000	28.75	72.62	30.10	73.4	1150	350	4.95	0.10	5.05
16.73	1.92	5.68	0.34	1534	0.09	10	9.000	5.75	32.57	10.68	49.9	9.000	24.25	69.64	25.85	70.8	1060	450	3.50	0.20	3.70
		Plano de la calle y propuesta de colocación de postes																			
		11	9.000	10.25	48.72	13.64	56.6	9.000	19.75	65.50	21.69	67.5	1000	580	2.06	0.40	2.47				
		12	9.000	14.75	58.61	17.27	62.5	9.000	15.25	59.45	17.70	63.1	820	800	1.00	0.92	1.92				
Arreglo																					
Unilateral		9.0 mts																			
Area por luminario																					
Largo	mts	30																			
Ancho	mts	9																			
Area total	m <sup>2</sup>	270																			

# ANEXO 4: Resultados del levantamiento de datos

## Niveles de Iluminación

### Circuito Estadio de CU



# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

**HOJA DE MEDICIONES DE ILUMINACION**  
**CIRCUITO ESTADIO UNIVERSITARIO**


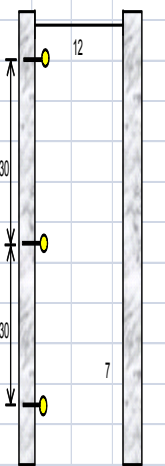


Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Publico


Tramo: Estacionamiento E4-E6 Insurgentes Sur - Escolar CU

Fecha: nov-12

Descripción	
Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	
Casquillo PGZ 12 Balastro tipo ICM140MLS	
Nivel de Iluminación Mínimo por Norma 001-SEDE-2005	8 Luxes
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0 mts
Altura de Luminario	9.0 mts
Ancho de Calle	12 mts
Distancia brazo	1.5 mts
Relación lado Calle	1.17
Relación lado Acera	0.17
Factor del Balastro	0.9


**ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO**



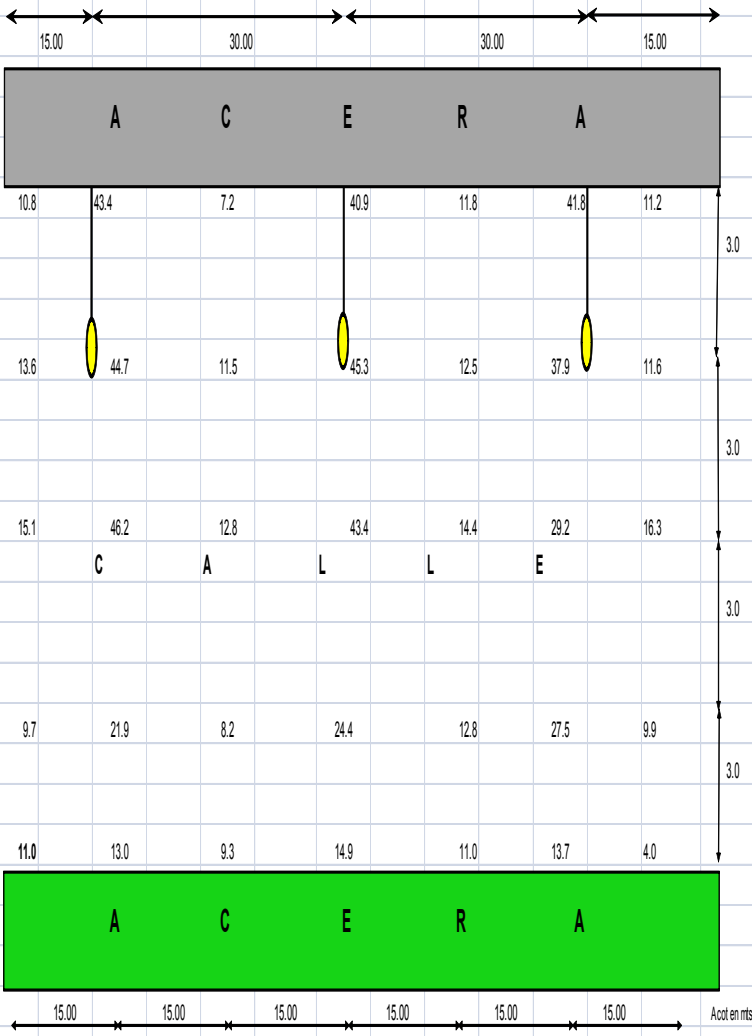
Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Publico

Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual

Calle: Estacionamiento E4-E6 Insurgentes Sur - Escolar CU




Datos finales		Descripción		Medición	
DPEA	1.17 W/m2	Uniformidad	5.09	Tipo de Lám.	Aditivos metalicos
Ilum. Máx.	46.20 Lx	Ilum. Prom.	20.37	Balastro:	Advance CosmoWhite Bal
Ilum. Min.	4.00 Lx	Coef. Unif.	0.20	Luminario:	Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728
				Lúmenes:	16500
				Fecha:	23 de noviembre de 2012
				Hora:	20.00 horas



Acot en mts.

# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

**HOJA DE MEDICIONES DE ILUMINACION**  
**CIRCUITO ESTADIO UNIVERSITARIO**

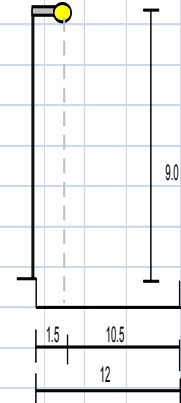
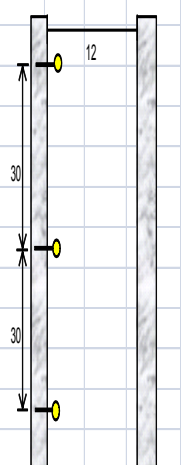


Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Público


Tramo: Estacionamiento E1-E2 Circuito Escolar CU-Estadio

Fecha: nov-12

Descripción	
Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	
Casquillo PGZ 12 Balastro tipo ICM140MLS	
Nivel de Iluminación Mínimo por Norma 001-SEDE-2005	8 Luxes
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0 mts
Altura de Luminario	9.0 mts
Ancho de Calle	12 mts
Distancia brazo	1.5 mts
Relación lado Calle	1.17
Relación lado Acera	0.17
Factor del Balastro	0.9


**ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO**



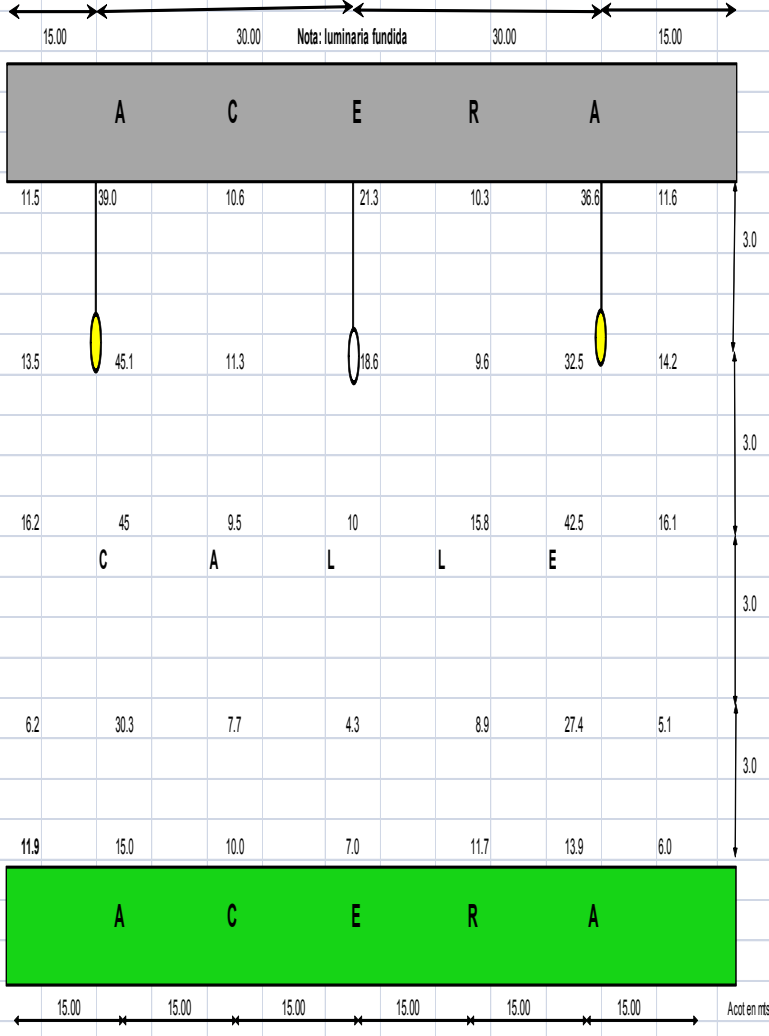
Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Público

Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual

Calle: Estacionamiento E1-E2 Circuito Escolar CU-Estadio

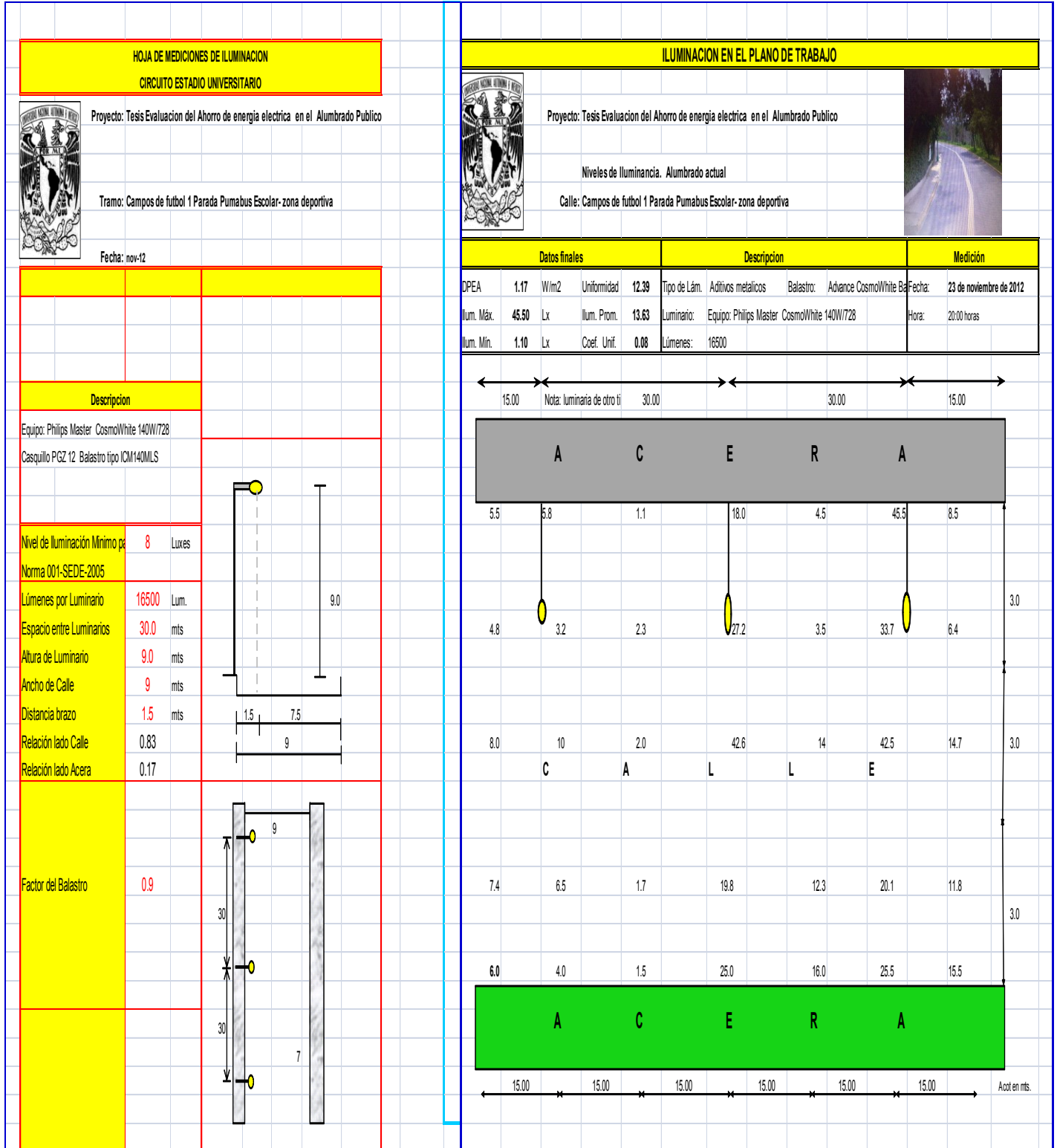


Datos finales	Descripción	Medición
DPEA 1.17 W/m <sup>2</sup> Uniformidad 4.03	Tipo de Lám. Aditivos metalicos Balastro: Advance CosmoWhite Ba	Fecha: 23 de noviembre de 2012
Illum. Máx. 45.10 Lx Illum. Prom. 17.32	Luminario: Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	Hora: 20:40 horas
Illum. Mín. 4.30 Lx Coef. Unif. 0.25	Lúmenes: 16500	

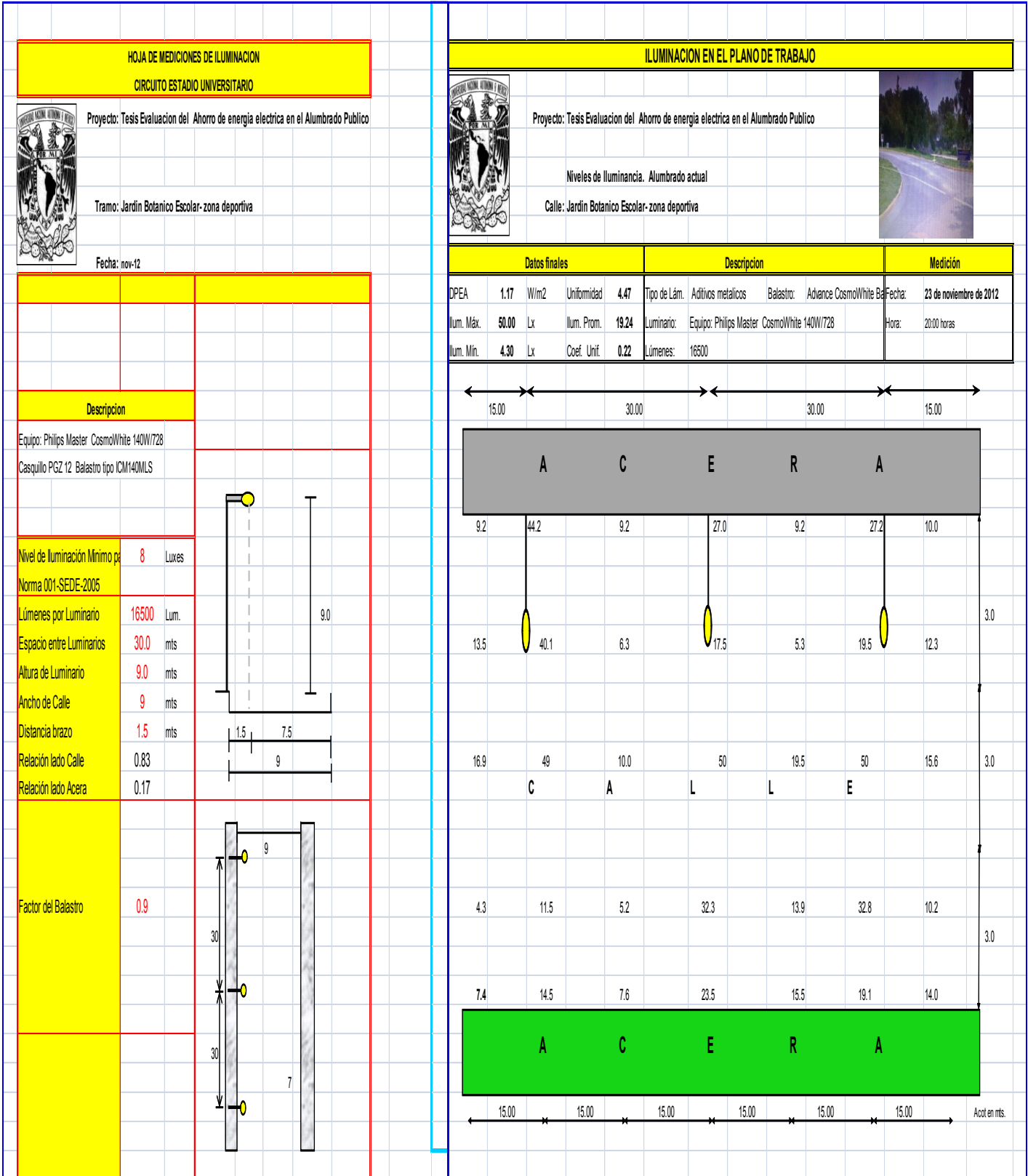


Nota: luminaria fundida

Circuito Zona Deportiva



# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público





# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

### HOJA DE MEDICIONES DE ILUMINACION

#### CIRCUITO ESTADIO UNIVERSITARIO

Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Publico  
  
 Tramo: Jardín Botánico Escolar- zona deportiva  
  
 Fecha: nov-12

Descripcion	
Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	
Casquillo PGZ 12 Balastro tipo ICM140MLS	
Nivel de Iluminación Mínimo por Norma 001-SEDE-2005	8 Luxes
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0 mts
Altura de Luminario	9.0 mts
Ancho de Calle	9 mts
Distancia brazo	1.5 mts
Relación lado Calle	0.83
Relación lado Acera	0.17
Factor del Balastro	0.9


### ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO

Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Publico  
  
 Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual  
 Calle: Jardín Botánico Escolar- zona deportiva

Datos finales		Descripcion		Medición	
DPEA	1.17 W/m2	Uniformidad	3.18	Tipo de Lám.	Aditivos metalicos
lum. Máx.	42.70 Lx	lum. Prom.	22.24	Balastro:	Advance CosmoWhite Ba
lum. Min.	7.00 Lx	Coef. Unif.	0.31	Luminario:	Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728
				Lúmenes:	16500
				Fecha:	23 de noviembre de 2012
				Hora:	20:00 horas

Circuito Zona Cultural

**HOJA DE MEDICIONES DE ILUMINACION**  
**CIRCUITO ESTADIO UNIVERSITARIO**




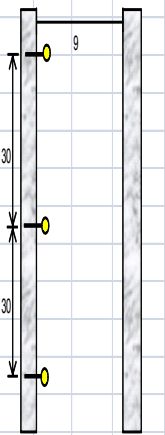
Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Publico

Tramo: Archivo General Circuito Zona Cultural


Fecha: nov-12

Descripción	
Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	
Casquillo PGZ-12 Balastro tipo ICM140MLS	
Nivel de Iluminación Mínimo por Norma 001-SEDE-2005	8 Luxes
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0 mts
Altura de Luminario	9.0 mts
Ancho de Calle	9 mts
Distancia brazo	1.5 mts
Relación lado Calle	0.83
Relación lado Acera	0.17
Factor del Balastro	0.9





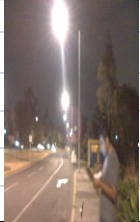
**ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO**



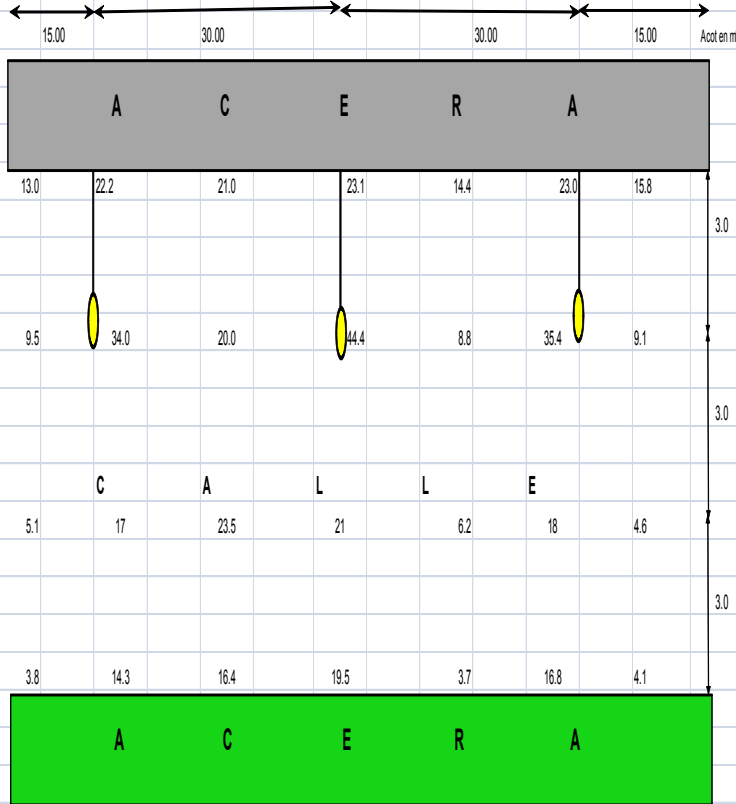
Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Publico

Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual

Calle: Archivo General Circuito Zona Cultural



Datos finales		Descripción			Medición	
DPEA	1.17 W/m2	Uniformidad	4.51	Tipo de Lám. Aditivos metalicos	Balastro: Advance CosmoWhite Baf	Fecha: 24 de noviembre de 2012
Illum. Máx.	44.40 Lx	Illum. Prom.	16.70	Luminario: Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728		Hora: 21:00 horas
Illum. Min.	3.70 Lx	Coef. Unif.	0.22	Lúmenes: 16500		



# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

### HOJA DE MEDICIONES DE ILUMINACION

#### CIRCUITO ESTADIO UNIVERSITARIO

Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Público  
  
 Tramo: Circuito Zona Cultural - Universum  
  
 Fecha: nov-12

Descripcion	
Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	
Casquillo PGZ 12 Balastro tipo ICM140MLS	
Nivel de Iluminación Mínimo por Norma 001-SEDE-2005	12 Luxes
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0 mts
Altura de Luminario	9.0 mts
Ancho de Calle	9 mts
Distancia brazo	1.5 mts
Relación lado Calle	0.83
Relación lado Acera	0.17
Factor del Balastro	0.9

### ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO

Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía eléctrica en el Alumbrado Público  
  
 Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual  
  
 Calle: Circuito Zona Cultural - Universum

Datos finales		Descripcion		Medición
DPEA	1.17 W/m2	Uniformidad	4.51	Tipo de Lám. Aditivos metalicos Balastro: Advence CosmoWhite Ba
lum. Máx.	44.40 Lx	lum. Prom.	16.70	Luminario: Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728
lum. Min.	3.70 Lx	Coef. Unif.	0.22	Lúmenes: 16500
				Fecha: 24 de noviembre de 2012
				Hora: 21:00 horas

A		C		E		R		A	
13.0	22.2	21.0	23.1	14.4	23.0	15.8	3.0	3.0	3.0
9.5	34.0	20.0	44.4	8.8	35.4	9.1	3.0	3.0	3.0
C		A		L		L		E	
5.1	17	23.5	21	6.2	18	4.6	3.0	3.0	3.0
3.8	14.3	16.4	19.5	3.7	16.8	4.1	3.0	3.0	3.0
A		C		E		R		A	

# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

## HOJA DE MEDICIONES DE ILUMINACION CIRCUITO ESTADIO UNIVERSITARIO



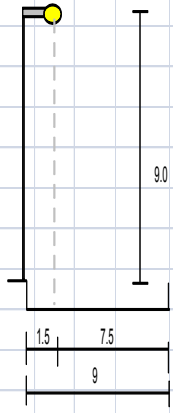
Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía electrica en el Alumbrado Publico

Tramo: Teatro y Danza Circuito Zona Cultural

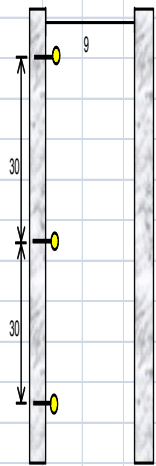
Fecha: nov-12


Descripcion	
Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	
Casquillo PGZ 12 Balastro tipo ICM140MLS	

Nivel de Iluminación Mínimo por Norma 001-SEDE-2005	8	Luxes
Lúmenes por Luminario	16500	Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0	mts
Altura de Luminario	9.0	mts
Ancho de Calle	9	mts
Distancia brazo	1.5	mts
Relación lado Calle	0.83	
Relación lado Acera	0.17	



Factor del Balastro	0.9	
---------------------	-----	--



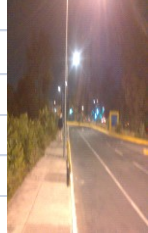
## ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO



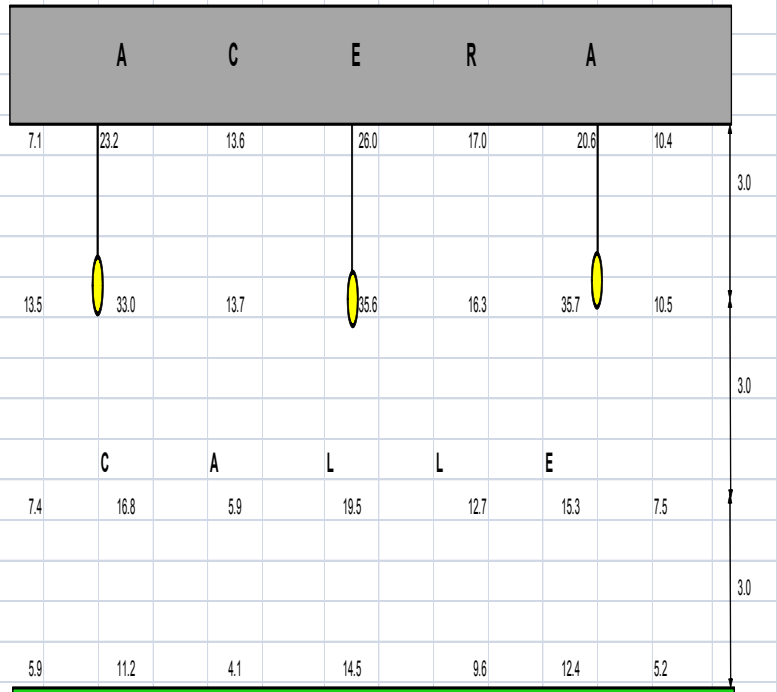
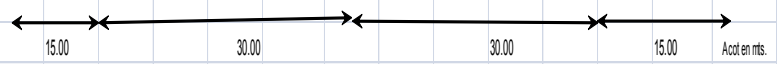
Proyecto: Tesis Evaluación del Ahorro de energía electrica en el Alumbrado Publico

Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual

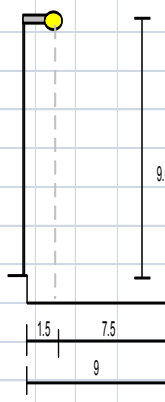
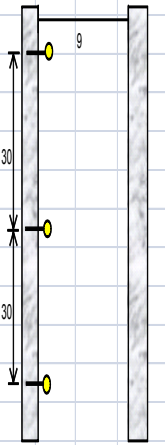
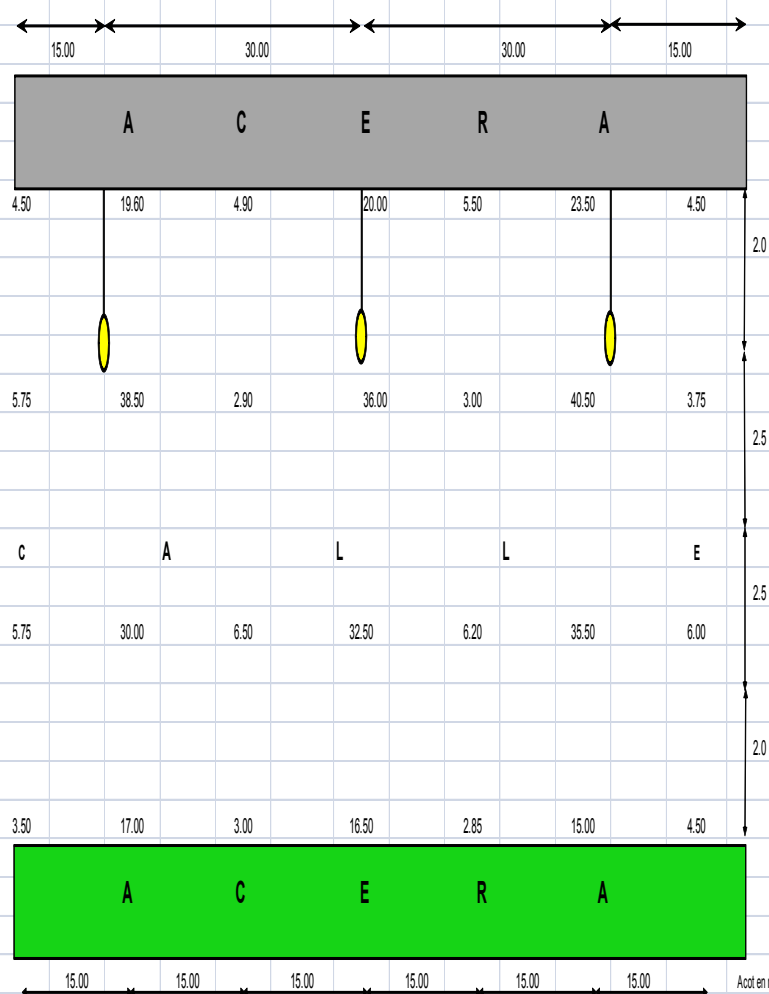
Calle: Teatro y Danza Circuito Zona Cultural



Datos finales		Descripcion		Medición		
DPEA	1.17 W/m2	Uniformidad	3.70	Tipo de Lám.	Aditivos metalicos	
lum. Máx.	35.70 Lx	lum. Prom.	15.15	Balastro:	Advance CosmoWhite Ba	
lum. Mín.	4.10 Lx	Coef. Unif.	0.27	Luminario:	Equipo: Philips Master CosmoWhite 140W/728	
Lúmenes:				16500	Fecha:	24 de noviembre 2012
					Hora:	20:30 horas



Circuito Exterior

HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO DEL LUMEN PARA EXTERIORES																																																	
Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público																																																	
Director: Dra. Azucena Escobedo Izquierdo																																																	
Calle: Circuito Exterior (Anexo de Ingeniería)																																																	
Fecha: 29/11/2012																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">Descripcion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Master CosmoWhite</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Refractor borosilicato alta resistencia</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cat. CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT</td> </tr> <tr> <td>Nivel de Iluminación</td> <td style="text-align: center;">20 Luxes</td> </tr> <tr> <td>Norma I.E.S.N.A.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lúmenes por Luminario</td> <td style="text-align: center;">16500 Lum.</td> </tr> <tr> <td>Espacio entre Luminarios</td> <td style="text-align: center;">30.0 mts</td> </tr> <tr> <td>Altura de Luminario</td> <td style="text-align: center;">9.0 mts</td> </tr> <tr> <td>Ancho de Calle</td> <td style="text-align: center;">9 mts</td> </tr> <tr> <td>Distancia brazo</td> <td style="text-align: center;">1.5 mts</td> </tr> <tr> <td>Relación lado Calle</td> <td style="text-align: center;">0.83</td> </tr> <tr> <td>Relación lado Acera</td> <td style="text-align: center;">0.17</td> </tr> </tbody> </table> 	Descripcion		Master CosmoWhite		Refractor borosilicato alta resistencia		Cat. CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT		Nivel de Iluminación	20 Luxes	Norma I.E.S.N.A.		Lúmenes por Luminario	16500 Lum.	Espacio entre Luminarios	30.0 mts	Altura de Luminario	9.0 mts	Ancho de Calle	9 mts	Distancia brazo	1.5 mts	Relación lado Calle	0.83	Relación lado Acera	0.17	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Variación de Tensión</td> <td style="text-align: center;">0.97</td> </tr> <tr> <td>Temp. Ambiente 20 oC</td> <td style="text-align: center;">0.98</td> </tr> <tr> <td>Factor del Balastro</td> <td style="text-align: center;">0.9</td> </tr> <tr> <td>Dep. suciedad acum. local</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Lámparas quemadas o fund</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Dep. lúmenes lámpara</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> </tr> <tr> <td>Dep. suciedad. acum. lum.</td> <td style="text-align: center;">0.8</td> </tr> <tr> <td>Factor de Mantenimiento</td> <td style="text-align: center;">0.44</td> </tr> <tr> <td>Coef. Util. lado calle</td> <td style="text-align: center;">0.23</td> </tr> <tr> <td>Coef. Util. lado Acera</td> <td style="text-align: center;">0.025</td> </tr> <tr> <td>Coeficiente Utilización</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> </tr> </tbody> </table> 	Variación de Tensión	0.97	Temp. Ambiente 20 oC	0.98	Factor del Balastro	0.9	Dep. suciedad acum. local	1	Lámparas quemadas o fund	1	Dep. lúmenes lámpara	0.65	Dep. suciedad. acum. lum.	0.8	Factor de Mantenimiento	0.44	Coef. Util. lado calle	0.23	Coef. Util. lado Acera	0.025	Coeficiente Utilización	0.25
Descripcion																																																	
Master CosmoWhite																																																	
Refractor borosilicato alta resistencia																																																	
Cat. CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT																																																	
Nivel de Iluminación	20 Luxes																																																
Norma I.E.S.N.A.																																																	
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.																																																
Espacio entre Luminarios	30.0 mts																																																
Altura de Luminario	9.0 mts																																																
Ancho de Calle	9 mts																																																
Distancia brazo	1.5 mts																																																
Relación lado Calle	0.83																																																
Relación lado Acera	0.17																																																
Variación de Tensión	0.97																																																
Temp. Ambiente 20 oC	0.98																																																
Factor del Balastro	0.9																																																
Dep. suciedad acum. local	1																																																
Lámparas quemadas o fund	1																																																
Dep. lúmenes lámpara	0.65																																																
Dep. suciedad. acum. lum.	0.8																																																
Factor de Mantenimiento	0.44																																																
Coef. Util. lado calle	0.23																																																
Coef. Util. lado Acera	0.025																																																
Coeficiente Utilización	0.25																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #ffff00;"> <th colspan="3" style="text-align: center;">ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Calle: Circuito Exterior (Anexo de Ingeniería)</td> </tr> <tr style="background-color: #ffff00;"> <th style="width: 33%;">Datos finales</th> <th style="width: 33%;">Descripción</th> <th style="width: 33%;">Medición</th> </tr> <tr> <td>DPEA 0.84 W/m2 Uniformidad 4.98</td> <td>Tipo de Lám. Aditivos metalicos Balastro: Advance CosmoWhite Ba</td> <td>Fecha: 23 de noviembre 2012</td> </tr> <tr> <td>Ilum. Máx. 40.50 Lx Ilum. Prom. 14.20</td> <td>Luminario: Master CosmoWhite</td> <td>Hora: 20:00 horas</td> </tr> <tr> <td>Ilum. Min. 2.85 Lx Coef. Unif. 0.20</td> <td>Lúmenes: 16500</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO			Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público			Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual			Calle: Circuito Exterior (Anexo de Ingeniería)			Datos finales	Descripción	Medición	DPEA 0.84 W/m2 Uniformidad 4.98	Tipo de Lám. Aditivos metalicos Balastro: Advance CosmoWhite Ba	Fecha: 23 de noviembre 2012	Ilum. Máx. 40.50 Lx Ilum. Prom. 14.20	Luminario: Master CosmoWhite	Hora: 20:00 horas	Ilum. Min. 2.85 Lx Coef. Unif. 0.20	Lúmenes: 16500																									
ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO																																																	
Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público																																																	
Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual																																																	
Calle: Circuito Exterior (Anexo de Ingeniería)																																																	
Datos finales	Descripción	Medición																																															
DPEA 0.84 W/m2 Uniformidad 4.98	Tipo de Lám. Aditivos metalicos Balastro: Advance CosmoWhite Ba	Fecha: 23 de noviembre 2012																																															
Ilum. Máx. 40.50 Lx Ilum. Prom. 14.20	Luminario: Master CosmoWhite	Hora: 20:00 horas																																															
Ilum. Min. 2.85 Lx Coef. Unif. 0.20	Lúmenes: 16500																																																
		<p style="font-size: small;">A cot. en mts.</p>																																															

# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

**HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION**  
**METODO DEL LUMEN PARA EXTERIORES**

Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en el Alumbrado Publico

Director: Dra. Azucena Escobedo Izquierdo

Calle: Circuito Exterior (Estadio de Practicas)

Fecha: 29/11/2012

Descripción			
Master CosmoWhite			
Refractor borosilicato alta resistencia			
Cat. CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT			
Nivel de Iluminación	20	Luxes	
Norma I.E.S.N.A			
Lúmenes por Luminario	16500	Lum.	
Espacio entre Luminarios	30.0	mts	
Altura de Luminario	9.0	mts	
Ancho de Calle	9	mts	
Distancia brazo	1.5	mts	
Relación lado Calle	0.83		
Relación lado Acera	0.17		
Variación de Tensión	0.97		
Temp. Ambiente 20 oC	0.98		
Factor del Balastro	0.9		
Dep. suciedad acum. local	1		
Lámparas quemadas o fund	1		
Dep. lúmenes lámpara	0.65		
Dep. suciedad. acum. lum.	0.8		
Factor de Mantenimiento	0.44		
Coef. Util. lado calle	0.23		
Coef. Util. lado Acera	0.025		
Coeficiente Utilización	0.25		

**ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO**

Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en el Alumbrado Publico

Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual

Calle: Circuito Exterior (Estadio de Practicas)

Datos finales	Descripción	Medición
DPEA: 0.84 W/m <sup>2</sup>	Uniformidad: 5.69	Tipo de Lám.: Aditivos metalicos
Ilum. Máx.: 46.00 Lx	Ilum. Prom.: 16.21	Balastro: Advance CosmoWhite Ba
Ilum. Min.: 2.85 Lx	Coef. Util.: 0.18	Luminario: Master CosmoWhite
		Lúmenes: 16500
		Fecha: 23 de noviembre 2012
		Hora: 20:00 horas

# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

**HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION**  
**METODO DEL LUMEN PARA EXTERIORES**

Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en Alumbrado Publico

Director: Dra. Azucena Escobedo Izquierdo

Calle: Circuito Exterior (Facultad de Veterinaria)

Fecha: 29/11/2012

Descripcion	
Master CosmoWhite	
Refractor borosilicato alta resistencia	
Cat. CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	
Nivel de Iluminación	20 Luxes
Norma I.E.S.N.A	
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0 mts
Altura de Luminario	9.0 mts
Ancho de Calle	9 mts
Distancia brazo	1.5 mts
Relación lado Calle	0.83
Relación lado Acera	0.17
Variación de Tensión	0.97
Temp. Ambiente 20 oC	0.98
Factor del Balastro	0.9
Dep. suciedad acum. local	1
Lámparas quemadas o fund	1
Dep. lúmenes lámpara	0.65
Dep. suciedad. acum. lum.	0.8
Factor de Mantenimiento	0.44
Coef. Util. lado calle	0.23
Coef. Util. lado Acera	0.025
Coeficiente Utilización	0.25

**ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO**

Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en Alumbrado Publico

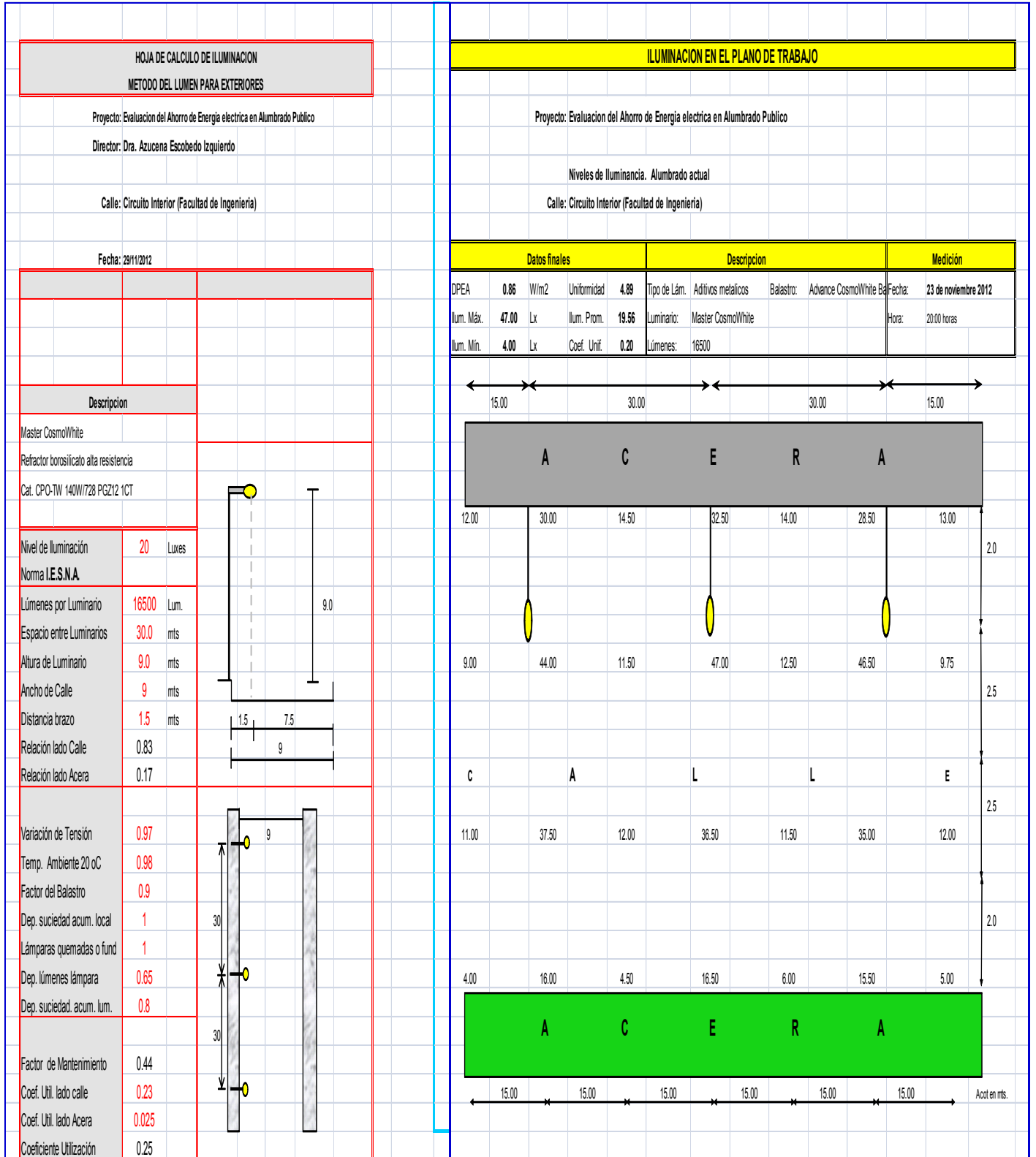
Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual

Calle: Circuito Exterior (Facultad de Veterinaria)

Datos finales	Descripcion	Medición
DPEA 0.84 W/m2	Uniformidad 4.97	Tipo de Lám. Aditivos metalicos
Ilum. Máx. 48.50 Lx	Ilum. Prom. 17.40	Balastro: Advance CosmoWhite
Ilum. Mín. 3.50 Lx	Coef. Unif. 0.20	Luminario: Master CosmoWhite
		Lúmenes: 16500

Fecha: 23 de noviembre 2012  
Hora: 20:00 horas

Circuito Interior



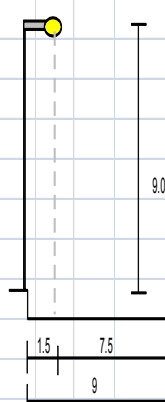
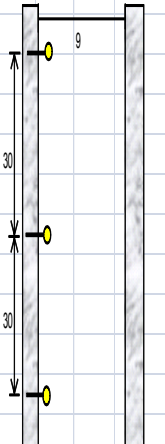


# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

## HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION METODO DEL LUMEN PARA EXTERIORES

Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público  
 Director: Dra. Azucena Escobedo Izquierdo  
 Calle: Circuito Interior (Facultad de Medicina)  
 Fecha: 29/11/2012

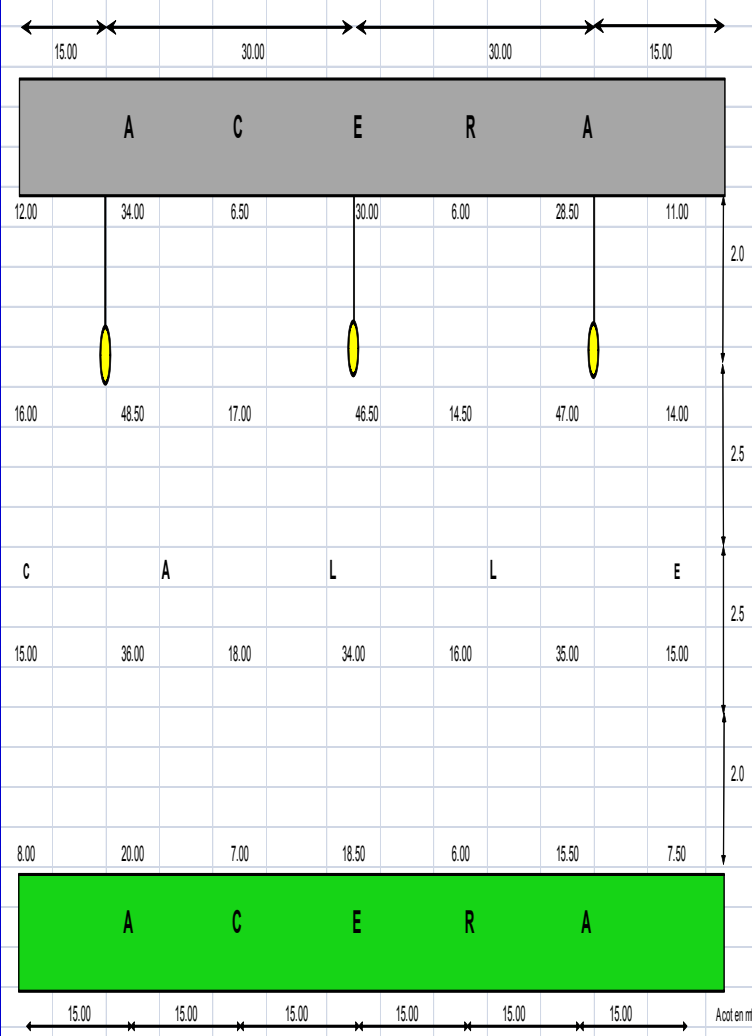
Descripción	
Master CosmoWhite	
Refractor borosilicato alta resistencia	
Cal. CPO-TW 140W/728 PGZ12 1CT	
Nivel de Iluminación	20 Luxes
Norma I.E.S.N.A.	
Lúmenes por Luminario	16500 Lum.
Espacio entre Luminarios	30.0 mts
Altura de Luminario	9.0 mts
Ancho de Calle	9 mts
Distancia brazo	1.5 mts
Relación lado Calle	0.83
Relación lado Acera	0.17
Variación de Tensión	0.97
Temp. Ambiente 20 oC	0.98
Factor del Balastro	0.9
Dep. suciedad acum. local	1
Lámparas quemadas o fund	1
Dep. lúmenes lámpara	0.65
Dep. suciedad. acum. lum.	0.8
Factor de Mantenimiento	0.44
Coef. Util. lado calle	0.23
Coef. Util. lado Acera	0.025
Coefficiente Utilización	0.25

## ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO

Proyecto: Evaluación del Ahorro de Energía eléctrica en el Alumbrado Público  
 Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual  
 Calle: Circuito Interior (Facultad de Medicina)

Datos finales	Descripción	Medición
DPEA 0.86 W/m2 Uniformidad 3.47	Tipo de Lám. Aditivos metalicos Balastro: Advance CosmoWhite Ba	Fecha: 23 de noviembre 2012
lum. Máx. 48.50 Lx lum. Prom. 20.82	Luminario: Master CosmoWhite	Hora: 20:00 horas
lum. Mín. 6.00 Lx Coef. Unif. 0.29	Lúmenes: 16500	



# Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

**HOJA DE CALCULO DE ILUMINACION**  
**METODO DEL LUMEN PARA EXTERIORES**

Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en el Alumbrado Publico

Director: Dra. Azucena Escobedo Izquierdo

Calle: Circuito Interior (Facultad de Psicologia)

Fecha: 28/11/2012

Descripcion					
Master CosmoWhite					
Refractor borosilicato alta resistencia					
Cat. CPO-TW 140W/728 PG212 1CT					
Nivel de Iluminación	20	Luxes			
Norma I.E.S.N.A					
Lúmenes por Luminario	16500	Lum.			
Espacio entre Luminarios	30.0	mts			
Altura de Luminario	9.0	mts			
Ancho de Calle	9	mts			
Distancia brazo	1.5	mts			
Relación lado Calle	0.83				
Relación lado Acera	0.17				
Variación de Tensión	0.97				
Temp. Ambiente 20 oC	0.98				
Factor del Balastro	0.9				
Dep. suciedad acum. local	1				
Lámparas quemadas o fund	1				
Dep. lúmenes lámpara	0.65				
Dep. suciedad. acum. lum.	0.8				
Factor de Mantenimiento	0.44				
Coef. Util. lado calle	0.23				
Coef. Util. lado Acera	0.025				
Coefficiente Utilización	0.25				

**ILUMINACION EN EL PLANO DE TRABAJO**

Proyecto: Evaluacion del Ahorro de Energia electrica en el Alumbrado Publico

Niveles de Iluminancia. Alumbrado actual

Calle: Circuito Interior (Facultad de Psicologia)

Datos finales	Descripcion	Medición
DPEA: 0.86 W/m <sup>2</sup>	Uniformidad: 3.85	Tipo de Lám.: Aditivos metalicos
lum. Máx.: 49.50 Lx	Illum. Prom.: 19.26	Balastro: Advance CosmoWhite Ba
lum. Mín.: 5.00 Lx	Coef. Unif.: 0.26	Luminario: Master CosmoWhite
	Lúmenes: 16500	Fecha: 23 de noviembre 2012
		Hora: 20:00 horas

Calle	Lum. A	Lum. C	Lum. E	Lum. R	Lum. A	Acera
7.00	28.00	6.50	25.00	6.00	28.50	13.00
12.00	48.00	13.00	49.50	12.50	46.50	9.75
11.00	38.50	12.00	35.00	11.50	35.00	12.00
7.50	20.00	6.50	17.50	7.00	15.50	5.00

## ANEXO 5: NORMAS

### NOM-001-SEDE-2005

#### 82 (Séptima Sección) DIARIO OFICIAL Lunes 13 de marzo de 2006

En subestaciones de tipo interior, las tarimas y tapetes deben instalarse cubriendo la parte frontal de los equipos de accionamiento manual, que operen a más de 1000 V entre conductores; su colocación no debe presentar obstáculo en la apertura de las puertas de los gabinetes.

Para subestaciones tipo pedestal o exteriores no se requieren tapetes o tarimas aislantes.

#### ARTICULO 930-ALUMBRADO PÚBLICO

##### A. Disposiciones generales

**930-1. Objetivo y campo de aplicación.** El objetivo de este Artículo es establecer las disposiciones para proporcionar una visión rápida, precisa y confortable durante las horas de la noche en vialidades y zonas públicas. Estas cualidades de visión pueden salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes, facilitando y fomentando el tráfico vehicular y peatonal.

**NOTA:** El cumplimiento de este Artículo no exime ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras Normas Oficiales Mexicanas.

##### 930-2. Definiciones

**Alumbrado Público.** Sistema de iluminación de lugares o zonas públicas, con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o en zonas oscuras.

**Coefficiente de Utilización:** es la relación entre el flujo luminoso emitido por el luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso que emite(n) la(s) lámpara(s) solas del luminario.

**Coefficiente de Utilización:** Un coeficiente de utilización es derivado de la curva de utilización y es el porcentaje del lumens emitidos por la lámpara que inciden en uno o dos áreas de longitud infinita, una que se extiende al frente del luminario (lado calle) y la otra atrás del luminario (lado casa) cuando el luminario está nivelado y orientado sobre la vialidad en una manera equivalente en la cual fue probado. Ya que el ancho de

la vialidad está expresado en términos de una relación de altura de montaje del luminario al ancho de la calle, este término no tiene unidades (unidimensional).

**Confort visual.** Grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.

**Deslumbramiento.** Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

**Iluminancia ( $E=d\Phi/dA$ ).** Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el lux (lx).

**Luminancia (L).** La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>).

**930-3. Clasificación del alumbrado público.** El nivel de iluminancia o la luminancia requeridas en una vialidad, se debe seleccionar de acuerdo a la clasificación en cuanto a su uso y tipo de zona en la cual se encuentra localizada:

**a) Autopistas.** Vialidades con alto tránsito vehicular de alta velocidad con control total de acceso y sin

cruces al mismo nivel.

**b) Carreteras.** Vialidades que interconectan dos poblaciones con cruces al mismo nivel.

**c) Vías principales y ejes viales.** Vialidades que sirven como red principal para el tránsito de paso; conecta áreas de generación de tráfico y vialidad importante de acceso a la ciudad. Generalmente tiene alto tránsito peatonal y vehicular nocturno y puede tener circulación vehicular en contra flujo. Típicamente no cuenta con pasos peatonales.

**d) Vías colectoras o primarias.** Son vialidades que sirven para conectar el tránsito entre las vías principales y las secundarias.

**e) Vías secundarias.** Vialidades usadas fundamentalmente para acceso directo a zonas residenciales, comerciales e industriales, se clasifican a su vez en:

**TIPO A-**Vía de tipo residencial con alto tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de moderado a alto, y con moderada existencia de comercios.

**TIPO B-**Vía de tipo residencial con moderado tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de bajo a moderado y con moderada existencia de comercios.

**TIPO C-**Vía de acceso industrial que se caracteriza por bajo tránsito peatonal nocturno, moderado tránsito vehicular y baja actividad comercial.

**f) Túneles.** Para la clasificación de la estructura de los túneles, se deben tener en cuenta sus características dimensionales y su alineación geométrica.

**1) Túnel Corto.** Es el túnel recto cuya longitud total de un extremo a otro, a lo largo de su eje central, es igual o menor que la distancia mínima de seguridad de frenado. Un túnel corto puede tener hasta 25 m de

largo, sin que necesite alumbrado durante el día, siempre que sea recto o el tráfico no sea muy intenso.

**2) Túnel Largo.** Es el túnel cuya longitud total es mayor que la distancia mínima de seguridad de frenado, o bien, aquel que por su alineación o curvatura impida observar al conductor la salida del mismo. En los túneles largos necesariamente existen zonas de umbral, transición, interior, nuevamente transición y umbral.

**3) Túnel unidireccional.** Es aquella estructura que consiste en dos recintos separados, cada uno de los cuales está diseñado para el flujo de tráfico en una sola dirección. Este tipo de túnel puede ser de uno o varios carriles.

**4) Túnel bidireccional.** Es aquella estructura que consiste de un solo recinto común diseñado para el flujo de tráfico en ambas direcciones. En este tipo de túnel, el nivel de luminancia en la zona interior, debe ser mayor que la correspondiente del túnel unidireccional.

**5) Paso superior o paso inferior.** Una estructura es considerada paso superior o paso inferior, cuando la longitud del mismo no excede el ancho de la vialidad superior o inferior, respectivamente.

**6) Vía de acceso.** Es el área externa de la vialidad que conduce al túnel.

**7) Portal.** Es el plano de entrada al interior del túnel.

**8) Zona de entrada o umbral.** Es la zona interior inicial del túnel donde se realiza la transición de un alto nivel de iluminación natural hasta el inicio de las zonas de transición y es igual que la distancia mínima de seguridad de frenado menos 15 m. La luminancia del túnel en esta zona durante el día debe ser relativamente alta con el fin

de proporcionar visibilidad durante el proceso de adaptación del ojo, conforme el conductor se interne en el túnel.

**9) Zona de transición.** Es la zona después de la de umbral que permite al conductor la apropiada adaptación de la visión y debe disminuir gradualmente hasta la zona interior. La longitud de esta zona es igual que la distancia mínima de frenado.

**10) Zona interior.** Es la zona dentro del túnel que le sigue a la zona de transición, donde se completa la adaptación del ojo. El nivel de luminancia en esta zona debe mantenerse constante.

**g) Los estacionamientos se clasifican:**

**1) Por su construcción**

**a.** Abiertos.

**b.** Cerrados.

**2) Por su actividad.** Estos niveles reflejan la actividad vehicular y peatonal, normalmente identificados por los siguientes ejemplos:

**a.** Alta

Eventos deportivos de importancia.

Eventos cívicos y culturales de relevancia.

Centros comerciales regionales.

Restaurantes.

**b.** Media

Centros comerciales locales.

Eventos cívicos, culturales o recreacionales.

Áreas de oficinas.

Áreas de hospitales.

Áreas de terminales aéreas, terrestres y de trasbordo.

Complejos residenciales

c. Baja

Centros comerciales pequeños.

Áreas industriales.

Áreas escolares.

Iglesias.

Otras actividades.

## B. Especificaciones de los sistemas de alumbrado

**930-4. Disposiciones generales.** Se permite que las autopistas y carreteras puedan estar o no iluminadas, sin embargo se deben iluminar los tipos restantes de clasificaciones de alumbrado público indicados en 930-3.

A excepción de pasos a desnivel peatonales, alumbrado de emergencia e instalaciones temporales, no se permite el uso de lámparas incandescentes, fluorescentes, tungsteno-halógeno, vapor de mercurio y luz mixta para el alumbrado público.

### 930-5. Especificaciones auxiliares

**a) Reflectancia del pavimento.** Se deben considerar las características de reflectancia del pavimento para el cálculo de luminancia de una vialidad, las cuales son mostradas en la Tabla 930-5(a).

**TABLA 930-5(a).- Características de reflectancia del pavimento**

Clase	Qo	Descripción	Tipo de reflectancia
R <sub>1</sub>	0,10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R <sub>2</sub>	0,07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava de tamaño mayor que 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R <sub>3</sub>	0,07	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados oscuros tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (Típico de autopistas).	Ligeramente especular
R <sub>4</sub>	0,08	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular

**NOTA:** Qo representa el coeficiente de luminancia media.

**b) Distancia mínima de seguridad de frenado.** En un túnel la distancia mínima de seguridad de frenado es aquella requerida para que un conductor pueda detener su vehículo con seguridad, a fin de no impactarse con objetos que se encuentren dentro del túnel. Dicha distancia varía de acuerdo a la velocidad de circulación permitida la cual se indica en la Tabla 930-5(b).

**TABLA 930-5(b).- Distancia mínima de seguridad de frenado**

Velocidad del Tráfico km/h	Distancia mínima de seguridad de frenado (m)
50	80
65	90
80	140
90	165
95	200
105	220

**930-6. Niveles de luminancia e iluminancia.** Se permite que las necesidades visuales a lo largo de las vialidades tipo autopistas, carreteras, vías principales, primarias y secundarias, puedan darse en términos de la iluminancia o de la luminancia.

La relación entre los valores de luminancia e iluminancia se derivan de condiciones generales para pavimentos secos y vialidades rectas. Esta relación no se aplica a los promedios.

Para autopistas con doble carril por sentido de circulación, donde el sistema de iluminación pueda diferir entre uno y otro, los cálculos deben realizarse para cada sentido en forma independiente.

Para autopistas, los valores mínimos se aplican tanto a la vialidad como a las rampas de acceso.

**a) Niveles de luminancia**

**1) Vialidades.** Las necesidades visuales del entorno a lo largo de una vialidad en función de la luminancia deben ser los descritos en la Tabla 930-6(a) que se muestra a continuación.



**TABLA 930-6(a).- Valores mantenidos de luminancia**

Clasificación de vialidades	Luminancia promedio mínima	Uniformidad de luminancia		Relación de luminancia de deslumbramiento
	$L_{prom}$ (cd/m <sup>2</sup> )	$L_{prom}/L_{mín}$	$L_{max}/L_{min}$	$L_d/L_{prom}$
Autopistas y carreteras	0,4	3,5 a 1	6 a 1	0,3 a 1
Vías de acceso controlado y Vías rápidas	1,0	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1
Vías principales y ejes viales	1,2	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1
Vías primarias o colectoras	0,8	3 a 1	5 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo A	0,6	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria residencial Tipo B	0,5	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1
Vía secundaria industrial Tipo C	0,3	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1

$L_d$  = Luminancia de deslumbramiento.

**2) Túneles.** Las Tablas 930-6(b) indican la forma para determinar los niveles de luminancia que deben mantenerse en túneles.

El nivel de luminancia en la zona de entrada o umbral del túnel para iluminación diurna o nocturna, debe determinarse teniendo en cuenta las condiciones indicadas en la Tabla 930-6(b)-1y 2 y en la Figura 930-6(b)-1.

**TABLA 930-6(b)-1.- Nivel de luminancia de pavimento, promedio mínimo mantenido en la zona de entrada o umbral de túneles vehiculares (cd/m<sup>2</sup>)**

Características del túnel	Velocidad del tráfico (km/h)	Orientación		
		Norte	Este-Oeste	Sur
Vialidad abierta				
escena tipo 1	100	300	410	550
escena tipo 2 $L_{TH} \times 0,8^*$	80	250	350	470
escena tipo 3 $L_{TH} \times 0,9^*$	60	260	240	255
túnel urbano	100	260	240	255
rampa T	80	220	220	220
escenas tipo 4, 5 y 6	60	195	210	180
túnel de montaña	100	240	260	270
escena tipo 7	80	200	220	230
escena tipo 8	80	180	190	200

Observaciones:

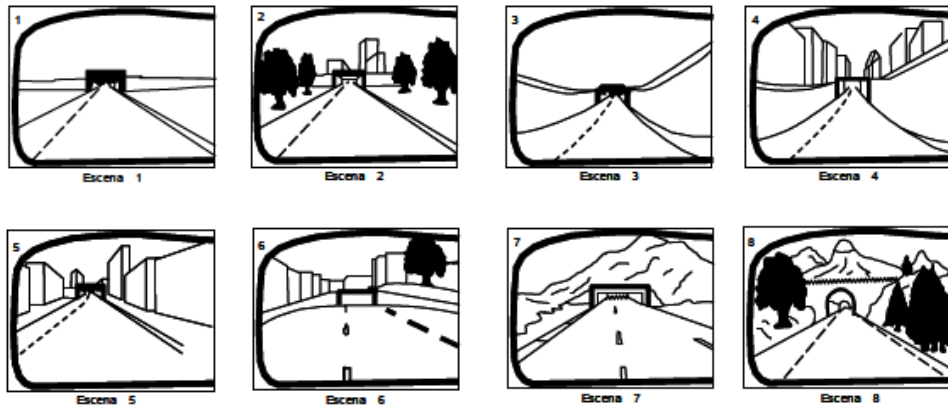
1.  $L_{TH}$  = Luminancia de umbral o de entrada.

2. Los valores mostrados en esta tabla deben observarse únicamente para la luminancia en la zona de entrada o umbral.

3. \* estos factores representan la reducción permitida en los valores de la luminancia LTH debido a la luminancia resultante de la configuración del portal. Las diferentes escenas se indican en la Figura 930-6(b)-1

**TABLA 930-6(b)-2.- Porcentajes de aplicación de los valores indicados en la Tabla 930-6(b)-1**

Longitud del túnel	Volumen de tráfico	Ciclistas	Salida visible				Salida no visible			
			Penetración de luz de día				Penetración de luz de día			
			Buena		Pobre		Buena		Pobre	
			Reflectancia de las paredes				Reflectancia de las paredes			
			Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja
Menos de 25 m	Ligero	No	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Pesado	No	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
25 m-100 m	Ligero	No	0 %	0 %	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Si	0 %	0 %	50 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Pesado	No	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %
		Si	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
101 m-250 m	Ligero	No	50 %	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	50 %	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pesado	No	50 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Más de 250 m	Ligero	No	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pesado	No	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
		Si	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %



**FIGURA 930-6(b)(1).- Tipos de escena indicados en la Tabla 930-6(b)(1)**

## Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

Los niveles de luminancia en el interior del túnel para condiciones de luz diurna, debe cumplir con lo establecido en la Tabla 930-6(b)(3).

**TABLA 930-6(b)-3.- Nivel de luminancia promedio mínimo mantenido sobre la vialidad en la zona interior durante el día (cd/m<sup>2</sup>)**

Distancia de frenado	Luminancia promedio en la superficie de la zona interior		
	Flujo de tráfico en número de vehículos		
	BAJO Menos de 2 400 promedio anual de tráfico diario	MEDIO Más de 2 400 y menos de 24 000 promedio anual de tráfico diario	PESADO Más de 24 000 promedio anual de tráfico diario
160 m	6 cd/m <sup>2</sup>	8 cd/m <sup>2</sup>	10 cd/m <sup>2</sup>
100 m	4 cd/m <sup>2</sup>	6 cd/m <sup>2</sup>	8 cd/m <sup>2</sup>
60 m	3 cd/m <sup>2</sup>	4 cd/m <sup>2</sup>	6 cd/m <sup>2</sup>

Para la Iluminación nocturna en el interior del túnel los niveles de luminancia a lo largo del túnel durante la noche debe ser como mínimo de 2,5 cd/m<sup>2</sup>. las vitalidades de entrada y salida del túnel deberán tener un nivel de luminancia no menor que 1/3 del nivel del interior del túnel al menos por una distancia mínima a la de seguridad de frenado.

Las paredes laterales del túnel arriba de 3 m por encima de la superficie de rodamiento del mismo, deberá tener un nivel mínimo de luminancia de 1/3 con respecto al existente en la vialidad.

**Relaciones de uniformidad.** Las tolerancias de la relación de uniformidad relativa a los niveles de luminancia en las diferentes zonas del túnel debe ser de 2 a 1, promedio a mínimo, y 3,5 a 1, máximo mínimo. Estas tolerancias se aplican a los carriles en una sola dirección y se calculan en una sección transversal para túneles bidireccionales.

**b) Niveles de iluminancia.** Los niveles de iluminancia deben satisfacer los requerimientos indicados en

las Tablas 930-6(c) a la 930-6(f), según aplique. La Tabla 930-6(c) muestra los valores de iluminancia en función de las características de reflectancia del pavimento.

Evaluación del Ahorro de Energía Eléctrica en el Alumbrado Público

**TABLA 930-6(c).- Valores mínimos mantenidos de iluminancia promedio (lx)**

Clasificación de vialidades	Clasificación del pavimento			Uniformidad de la iluminancia	Andadores	
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> y R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	E <sub>prom</sub> /E <sub>min</sub>	Iluminancia promedio horizontal mínima	Iluminancia vertical promedio para seguridad <sup>(1)</sup>
Autopistas y carreteras	4	6	5	3 a 1	---	---
Vías de acceso controlado y vías rápidas	10	14	13	3 a 1		
Vías principales y ejes viales	12	17	15	3 a 1	10	22
Vías primarias y colectoras	8	12	10	4 a 1		
Vías secundaria residencial Tipo A	6	9	8	6 a 1		
Vías secundaria residencial Tipo B	5	7	6	6 a 1	10	22
Vías secundaria industrial Tipo C	3	4	4	6 a 1	6	11
Andadores alejados de vialidades	---	---	---	---	5	5
Túneles de peatones	---	---	---	---	43	54

<sup>(1)</sup> Medido a una altura de 1,6 m.

**TABLA 930-6(d).- Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida con superpostes**

Clasificación de vialidades	Iluminancia horizontal E <sub>prom</sub> (lx)
Autopistas y carreteras	6
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14
Vías principales y ejes viales	17
Vías primarias o colectoras	12

Observaciones:

1. Uniformidad mínima de iluminancia 6 a 1 (promedio a mínimo), para todas las clasificaciones de vialidades a los niveles de iluminancia recomendados anteriormente.

Estos valores de diseño se aplican solamente a la porción de rodamiento de vialidades. Los intercambios (distribuidores) se analizan individualmente con el propósito de establecer los niveles de iluminancia y uniformidad.

**TABLA 930-6(e).- Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida para estacionamientos abiertos**

Nivel de actividad	Area general de estacionamiento y peatonal	
	Mínimo sobre el pavimento Lx	Uniformidad E <sub>prom</sub> /E <sub>min</sub>
Alta	10,0	4 a 1
Media	6,0	4 a 1
Baja	2,0	4 a 1

**TABLA 930-6(f).- Valores mantenidos mínimos de iluminancia para estacionamientos cerrados**

Turno	Area general de estacionamiento y peatonal Lx	Rampas y esquinas lx	Accesos lx	Escaleras Rango de iluminancias lx
Diurno	54,0	110,0	540,0	100-150-200
Nocturno	54,0	54,0	54,0	100-150-200

**NOTAS:**

- 1. Aplicable para cualquier nivel de actividad.**
- 2. La relación mínima de iluminancia en todos los casos es 4 a 1 (E<sub>prom</sub>/E<sub>min</sub>).**

**A. Especificaciones de los componentes**

930-7. Luminarios. Los luminarios a instalarse deben estar aprobados (véase 110-2) y cumplir con los siguientes incisos:

a) Luminarios. Todo luminario empleado en alumbrado público debe estar aprobado y construido y diseñado específicamente para los requerimientos y necesidades propias del alumbrado público, y deben ser adecuados para lugares húmedos, mojados o a la intemperie dependiendo del lugar donde se instalen.

b) Coeficientes de utilización. Los luminarios para el alumbrado de vialidades deben cumplir con los coeficientes de utilización para los que fueron aprobados (véase 110-2).

930-8. Balastros. Los balastros a emplear en las instalaciones de Alumbrado Público deben estar aprobados (véase 110-2), deben ser de bajas pérdidas, electromagnéticos o electrónicos para lámparas de vapor de sodio en alta presión o aditivos metálicos y adicionalmente deben:

- a) Factor de potencia mayor que 90%.
- b) La corriente eléctrica de arranque de línea debe ser menor o igual que la nominal de línea medida, a menos que se cuente con las protecciones especificadas.

c) La tensión eléctrica nominal de operación de los balastos debe ser la especificada en su aprobación (véase 110-2).

d) Operar satisfactoriamente para variaciones de  $\pm 10\%$  de la tensión eléctrica nominal de alimentación, en cuanto a los límites establecidos por los trapezoides correspondientes para vapor de sodio en alta presión.

e) Operar satisfactoriamente para variaciones  $\pm 10\%$  de la tensión eléctrica nominal de alimentación para lámparas de aditivos metálicos.

930-9. Fotocontroladores. El uso de fotocontroladores en los sistemas de alumbrado público es obligatorio para vialidades tipo autopistas y carreteras, vías principales, primarias y secundarias. Los

fotocontroladores deben ser de un tipo aprobado (véase 110-2). Los fotocontroladores se pueden sustituir por un dispositivo electrónico de control tipo encendido-apagado aprobado.

930-10. Cables de alimentación. Los conductores a instalar deben estar aprobados. Las instalaciones para el alumbrado público se deben realizar de acuerdo con lo descrito en esta norma.

930-11. Aislamientos. Los aislamientos a emplear en las instalaciones de alumbrado público deben ser los previstos en esta norma.

#### **930-12. Canalizaciones**

**a) Canalizaciones aprobadas.** Las canalizaciones empleadas en alumbrado público deben estar aprobadas (véase 110-2).

**b) Otros requerimientos.** Cuando se instalen cables en canalizaciones, estas deben cumplir con los requerimientos aplicables de los Artículos 922, 923, 331, 345 a 351 y los requisitos aplicables correspondientes del Artículo 370.

**930-13. Soportes del luminario.** Cuando un luminario se instala en ambientes húmedos o mojados o a la intemperie, los soportes metálicos del luminario, como postes, ménsulas, abrazaderas, tornillos, u otros elementos similares, deben ser de metal inherentemente resistente a la corrosión y cumplir con lo siguiente:

**a) Ménsulas o brazos, y abrazaderas.** Cuando se utilicen, ménsulas, abrazaderas o elementos similares, deben ser de acero con algún recubrimiento resistente a la corrosión, o material inherentemente resistente a la corrosión.

**b) Postes.** Cuando se utilicen postes para el Alumbrado Público, deben cumplir con las disposiciones aplicables de los Artículos 922 y 410.

**c) Tornillería.** La tornillería empleada para la sujeción de luminarios, debe tener la resistencia mecánica para soportar el peso del luminario y sus soportes y tener un recubrimiento para resistir la corrosión que se pudiera presentar en el lugar.

**930-14. Portalámparas.** Los portalámparas deben estar aprobados (véase 110-2).

**930-15. Protecciones.** Las protecciones a emplear en las instalaciones de alumbrado público son las previstas en esta norma según lo establecido en el Artículo 240.

## **B. Métodos de alambrado**

**930-16. Métodos de alambrado.** Las instalaciones para el alumbrado público se deben realizar de acuerdo con lo descrito a continuación:

### **a) Disposiciones generales**

1) Los conductores de alimentación deben ser continuos, sin empalmes ni derivaciones de la acometida al luminario.

2) Cuando se presente la necesidad de hacer un empalme o una derivación, éstos deben quedar alojados en un registro.

3) Se deben asegurar los empalmes entre los cables del luminario y los de alimentación tanto eléctrica como mecánicamente, y el material usado para aislarlos, debe tener una clase térmica al menos igual que la de los cables para la alimentación del luminario.

4) Cuando los conductores de alimentación pasen a través de un orificio debe estar libre de rebabas o filos cortantes.

5) Se debe limpiar el interior de toda canalización, para evitar que queden desperdicios de materiales, que puedan dañar el forro de los conductores.

6) La alimentación al luminario debe realizarse con cable con aislamiento tipo THHW, o similar de tamaño

nominal mínimo de 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), para 600 V, y con clase térmica del aislamiento de al menos 90° C, a menos que el marcado del luminario indique usar cables de mayores dimensiones y características.

### **b) Instalación en postes**

1) Cuando un luminario esté instalado en postes de distribución de concreto, madera o metálicos deben mantener una distancia mínima de seguridad según lo especificado en esta norma entre el conductor de distribución más bajo y la parte superior del luminario o del soporte metálico de éste.

2) Cuando se usen postes metálicos para soportar luminarios y conductores de alimentación confinados, se deben cumplir las condiciones establecidas en 410-15(b).

3) El cable de alimentación para postes de distribución debe ir por el interior de la ménsula.

4) La instalación de bajadas y alimentación del control para el circuito de alumbrado público, se debe hacer en tubo (conduit) metálico.

c) **Instalaciones subterráneas.** Los requisitos generales para la aplicación de esta Sección están contenidos en el Artículo 923 y además deben cumplir con lo siguiente:

1) Las canalizaciones en banquetas, no se deben iniciar previa a la existencia de guarniciones, a menos que se instalen a una distancia mínima de 90 cm con respecto al paño exterior de la guarnición.

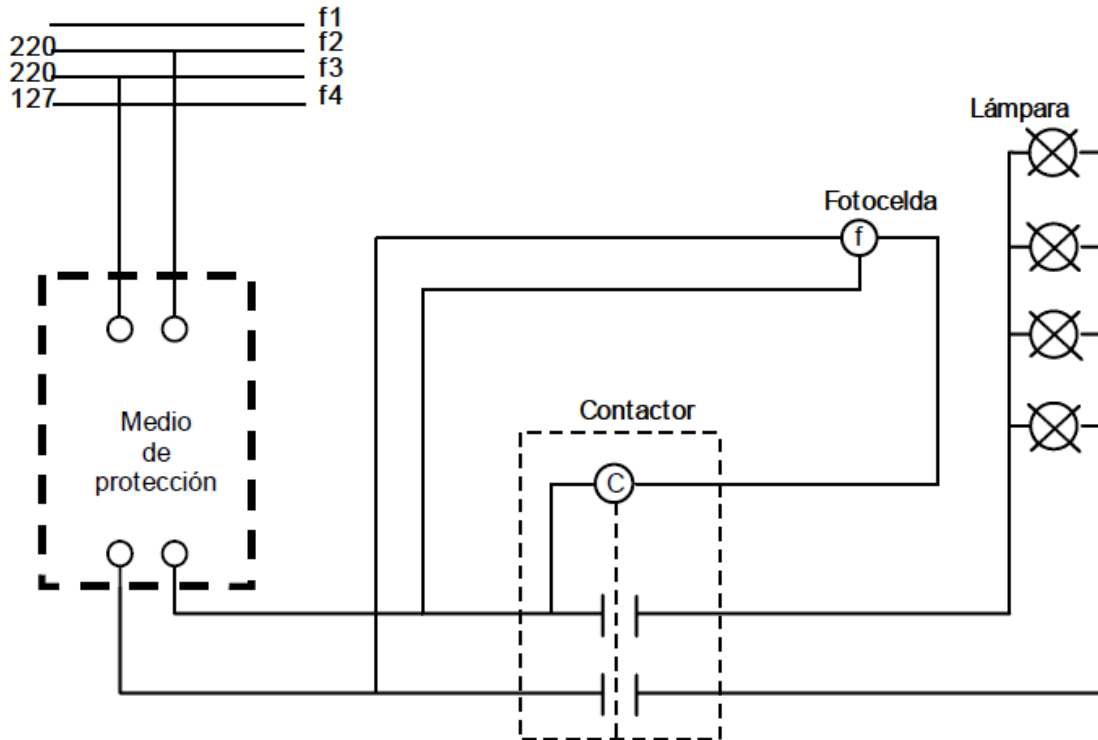
2) Cuando estén colocadas en los cruceros, se deben instalar antes de iniciar la construcción del pavimento.

3) Se deben construir de tal forma que por ningún motivo queden alojadas por debajo de cimentaciones de cualquier tipo, principalmente cuando éstas correspondan a equipo, maquinaria o edificaciones, ni donde haya vapores corrosivos o inflamables.

**930-17. Método de protección y desconexión.** El alumbrado público debe contar con medios de protección, conexión y desconexión, con el fin de aislar fallas eléctricas que causen daños al equipo, y para permitir las labores de mantenimiento y servicio de la instalación.

Para proteger, conectar y desconectar el equipo, se deben utilizar interruptores termomagnéticos de operación simultánea, de navajas con fusibles, interruptores automáticos, o dispositivos de similares características, como se ejemplifica en la Figura 930-17.





**FIGURA 930-17**

**930-18. Puesta a tierra.** La instalación de puesta a tierra del sistema de alumbrado, debe ajustarse a lo indicado en el Artículo 250 y conforme a lo dispuesto en 410-17 al 410-19.

La colocación del cable para el sistema de tierra debe ser de las características señaladas en 250-91 (b) y de tamaño nominal de acuerdo a lo indicado en 250-95. El cable de puesta a tierra debe ser continuo, sin empalmes y en su caso utilizando conectores aprobados.

La colocación de conexión del electrodo se debe hacer en el lugar y a la profundidad señalada.

La conexión del cable al electrodo se debe realizar con abrazaderas o conectores adecuados, de acuerdo a lo indicado en 250-92(a).

**930-19. Ubicación del luminario.** La estructura del alumbrado público debe de cumplir con los siguientes requisitos:

**a) Separación de lugares accesibles.** Los luminarios para alumbrado de vialidades primarias y secundarias, deben tener una separación medida horizontalmente mayor que 1,5 m de ventanas, pórticos y otros lugares accesibles al público en general.

**b) Daño físico.** Cada luminario debe ubicarse de tal manera que no provoque o reciba daño físico de, o hacia vehículos o peatones.



















## ANEXO 6. Folletos de consulta CONUEE

SECRETARÍA  
DE ENERGÍA



**CONUEE**  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

**GUÍA**

# ILUMINACIÓN EFICIENTE EN ALUMBRADO PÚBLICO



## Objetivo de la guía

No es posible concebir el mundo actual sin el uso de la iluminación artificial.

Todas las actividades que llevamos a cabo requieren iluminación: en nuestra casa, cuando nos transportamos, en la oficina, en los comercios, en la industria y hasta cuando nos divertimos.

Dada la importancia que la iluminación representa en el consumo de electricidad y el avance tecnológico en la materia, los fabricantes ya ofrecen una gran variedad de sistemas de iluminación eficientes. Sin embargo, ahora nos preguntamos, al menos lo siguiente:

- ¿Cuál es el uso final?
- ¿Qué características debe tener el sistema?
- ¿Cuánto me cuesta?

Esta guía tiene por objeto proporcionarnos información de carácter genérico que nos ayude, por un lado, a plantearnos más preguntas de cosas que debemos cuidar cuando deseamos cambiar o hacer por primera vez nuestro sistema de iluminación; y por otro, a conocer cuales son las alternativas que existen.

De cualquier forma es recomendable, en cualquier caso, solicitar la colaboración de un experto. La información de este manual nos ayudará a preguntarle una serie de aspectos que seguro beneficiarán al diseño. No queremos convertirnos en expertos.

Si seguimos los consejos y sugerencias que se muestran en esta guía, ahorraremos energía y también dinero. En efecto, si consumimos menos energía el “recibo de luz” será más barato y pagaremos menos.



## **Contenido**

1. Delineación de aspectos relativos a la iluminación en alumbrado público
2. Definiciones
3. Características y recomendaciones para el diseño de sistemas de alumbrado público eficiente
4. Bibliografía
5. Anexos





## **1. Delineación de aspectos relativos a la iluminación en alumbrado público**

El primer aspecto a considerar en el alumbrado público es que debe ser diseñada para proporcionar el nivel de iluminación requerido por el tipo de vialidad, es decir, considerando el tamaño de las calles y el flujo de tránsito. En todos los casos debe considerar las condiciones específicas de iluminación, tanto en los pasos peatonales y las banquetas.

Un segundo aspecto, paralelo y complementario al anterior, es el costo de las tarifas eléctricas. El alumbrado público es la tarifa más alta. Entonces, un buen diseño del sistema de iluminación, que tiene un costo bajo, maximiza la relación beneficio, que es la que debemos buscar.

La iluminación y el consumo de energía eléctrica están íntimamente como lo está cualquier aparato que use electricidad para funcionar, por lo tanto los tres parámetros que definen el consumo, son:

- La potencia del foco, la cual se mide en watts.
- El segundo factor determinante en el consumo de la energía, es el tiempo de uso de la iluminación.
- La tecnología del foco.

Se debe tener especial cuidado al combinar estas tres variables, debido a que en un número importante de municipios, el porcentaje de los recursos de los gobiernos es para este rubro: la iluminación.

La tecnología de iluminación está en un mundo muy cambiante. Nuevas técnicas y equipos de iluminación, así como fuentes de luz más eficientes, permiten a los diseñadores enfrentarse con los retos del dinámico mundo del confort en las oficinas, sin olvidar los costos energéticos en constante aumento.

Por lo anterior, los sistemas de iluminación tienen que ser diseñados de manera que cree un ambiente placentero y seguro en el cual llevar a cabo el trabajo diario, durante ocho horas al día.

## 2. Definiciones y normas

### Definiciones:

**Balastro.** Es un dispositivo electromagnético, electrónico o híbrido que limita la corriente de lámparas y, cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido.

**Flujo luminoso.** Es la cantidad de flujo de energía luminosa por unidad de tiempo, expresada en lúmenes.

**Iluminancia o iluminación.** Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área de la misma, expresada en lux (lx), (lumen/metro cuadrado).

**Lámpara de alta intensidad de descarga.** La lámpara de alta intensidad de descarga produce luz por una descarga eléctrica en arco mantenida en gas o vapor ionizado; algunas veces en combinación con la luminiscencia de los compuestos de fósforo excitados por la radiación generada en la descarga. Las lámparas de descarga funcionan con un dispositivo -balastro- que limita la corriente que lo atraviesa, debidamente conectado al circuito. Las lámparas de vapor de sodio en alta presión, aditivos metálicos y vapor de mercurio son de descarga de alta intensidad.

**Luminario.** Conjunto de elementos integrados y autocontenidos para el aprovechamiento, control y soporte de fuentes luminosas.

**Luminario para alumbrado público.** Dispositivo que distribuye, filtra o controla la radiación luminosa emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijar, sostener, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación.

### Normas:

A continuación se indican las Normas Oficiales Mexicanas vigentes que tienen relación con los sistemas de alumbrado público:

- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas (utilización)
- NOM-002-SEDE-1999 Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución
- NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas
- NOM-058-SCFI-1999 Balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas
- NOM-064-SCFI-2000 Luminarios para uso en interiores y exteriores
- NMX-J-230-ANCE-2007 Balastos para lámparas de vapor de mercurio en alta presión y aditivos metálicos
- NMX-J-503-ANCE-2005 Balastos para lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas de vapor de sodio en baja presión
- NMX-J-507/1-ANCE-2005 Coeficiente de utilización de luminarios para alumbrado público de vialidades.

- NMX-J-510-ANCE-2003 Balastros de bajas pérdidas para lámparas de descarga de alta intensidad, para utilización en alumbrado público
- NMX-J-537-ANCE-2004 Balastros de impedancia lineal para lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas de vapor de sodio en baja presión

### 3. Características y recomendaciones para el diseño de sistemas de alumbrado público eficiente

La propuesta de sustitución de equipos en el alumbrado público se recomienda sea: vapor de sodio en alta presión y balastro de bajas pérdidas.

En otras áreas como parques, zócalos, plazas públicas, etcétera, se podrá utilizar: vapor de sodio en alta presión o aditivos metálicos con balastro de bajas pérdidas en ambos casos.

Los sistemas de iluminación ineficientes instalados en el alumbrado público pueden ser sustituidos por sistemas de eficacia mayor y con flujo luminoso igual o similar al sistema actual, lo anterior garantiza que no habrá disminución en los niveles de iluminación, manteniendo así el confort de la población.

Los sistemas ineficientes, también pueden ser sustituidos por sistemas de mayor eficacia y con flujo luminoso inferior al sistema actual, lo anterior implica una reducción de los niveles de iluminación, por lo que se debe realizar una verificación de éstos niveles, con el objeto de cumplir con los valores mínimos establecidos en el Artículo 930 de la NOM-001-SEDE-2005.

Los sistemas ineficientes, se pueden sustituir por sistemas de mayor eficacia y con flujo luminoso mayor al sistema actual, lo anterior implica un aumento en los niveles de iluminación y en la carga del sistema de alumbrado público, por lo que se debe realizar una comparación con la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) establecida en la NOM-013-ENER-2004.

#### Especificaciones para sistemas de iluminación para el alumbrado público

Las especificaciones, establecen los parámetros mínimos de eficiencia (características técnicas y normativas) que deberán cumplir los equipos y materiales de iluminación.

Se recomienda no instalar lámparas fluorescentes, incandescentes, luz mixta, vapor de mercurio y halógenas en el alumbrado público municipal.

Es importante señalar que los lineamientos y especificaciones indicadas aquí no tienen carácter limitativo. Si el Gobierno Municipal considera otros aspectos adicionales, podrán indicar las modificaciones y/o ajustes que se requieran.

#### A) Lámparas de vapor de sodio en alta presión (VSAP)

##### a) Especificaciones

Las lámparas de VSAP deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas aplicables, además de las siguientes especificaciones.

##### b) Características generales

Características	Parámetro
Potencias	35, 50, 70, 100, 150, 250 y 400 W
Temperatura de color	1,900 a 2,100 K
Índice de rendimiento de color, mínimo	22
Vida promedio	24,000 horas
Flujo luminoso inicial	35 W = 2,250 lm, 50 W = 4,000 lm, 70 W = 6,300 lm, 100 W = 9,500 lm, 150 W = 16,000 lm, 250 W = 28,500 lm, 400 W = 50,000 lm

## B) Balastos para lámparas de VSAP

### a) Especificaciones

Los balastos para lámparas de VSAP deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-058-SCFI-1999, NMX-J-510-ANCE-2003, para utilización en alumbrado público.

### b) Características generales

Características	Parámetro
Garantía	3 años
Tipo	Autorregulado circuito adelantado
Factor de potencia	Alto
Voltaje	220 V
Frecuencia	60 Hz

## C) Lámparas de Aditivos Metálicos (ADM)

### a) Especificaciones

Las lámparas de ADM deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas aplicables, además de las siguientes especificaciones:

### b) Características generales

Características	Parámetro
Potencias	35, 50, 70, 100, 150, 175, 250, 320, 350, y 400 W
Temperatura de color	3,200 a 4,000 K
Índice de rendimiento de color, mínimo	65
Vida promedio	15,000 horas
Flujo luminoso inicial	35 W = 2,400 lm, 50 W = 3,200 lm, 70 W = 5,300 lm, 100 W = 8,500 lm, 150 W = 12,500 lm, 175 W = 16,000 lm, 250 W = 23,800 lm, 320 W = 31,700 lm, 350 W = 37,000 lm, 400 W = 44,000 lm

## D) Balastos para lámparas de aditivos metálicos (ADM)

### a) Especificaciones

Los balastos para lámparas de ADM, deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-058-SCFI-1999 y la norma mexicana, NMX-J-510-ANCE-2003, para utilización en alumbrado público.

### b) Características generales

Características	Parámetro
Garantía	3 años
Tipo	Autorregulado circuito adelantado
Factor de potencia	Alto
Voltaje	220 V
Frecuencia	60 Hz

## **E) Luminarios para alumbrado público**

### **a) Especificaciones**

El luminario, debe ser de cuerpo fabricado en fundición de aluminio inyectado a alta presión y cubierto con pintura poliéster en polvo aplicada por el proceso electrostático y curada al horno; de una sola puerta, el sistema óptico debe constar de un reflector facetado con acabado texturizado en la cavidad de la lámpara, fabricado de aluminio con acabado brillante que lo provea de alta eficiencia y lo proteja contra la corrosión; un portalámpara localizado en el frente del luminario, que deberá ser ajustable a diferentes posiciones y una cubierta de cristal plano, claro, termo templado, en conjunto deberá ser capaz de proporcionar curvas fotométricas del tipo III Media, con opción a II Media Cut Off y eficiencias mínimas del 69%; la hermeticidad del sistema óptico debe ser con empaques de Dacrón poliéster, que impidan el paso de partículas contaminantes y permita la disipación del calor generado por la lámpara.

El cierre del sistema óptico se debe realizar mediante un seguro tipo gatillo resistente a las vibraciones, fabricado de fundición de aluminio inyectado a presión, que permita abrir fácilmente con una sola mano durante el mantenimiento del luminario y los cambios de lámpara. La armadura del luminario deberá contar con una abrazadera de cuatro tornillos que permita el montaje del luminario a un brazo de hasta 51 mm de diámetro.

El luminario deberá ser autobalastro, equipado para operar lámparas de vapor de sodio en alta presión, diseñado para operar a una tensión de alimentación de 220 V, 60 Hz; el balastro. Deberá incluir base para fotocelda y fotocelda.

Deberá estar provisto de una terminal o equivalente para su conexión a tierra, identificada con el color verde o el símbolo de conexión a tierra, también deberá tener una etiqueta que permita desde el piso identificar su potencia.

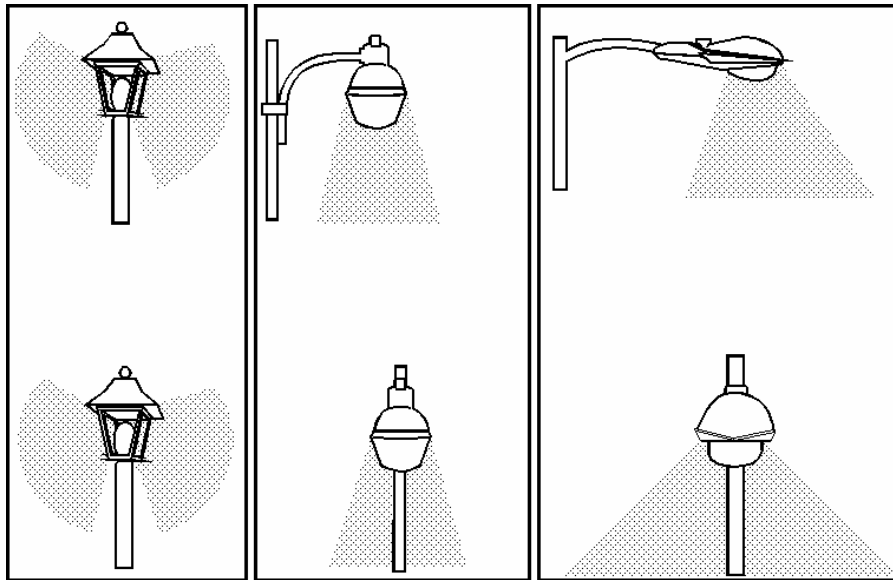
El mantenimiento del luminario no deberá requerir de herramienta especializada.

Los luminarios para lámparas de VSAP y de ADM deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-064-SCFI-2000 y NMX-J-507/1-ANCE-2005.

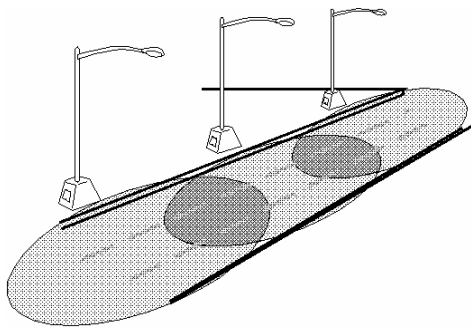
### **Recomendaciones**

#### Uso adecuado de luminarios

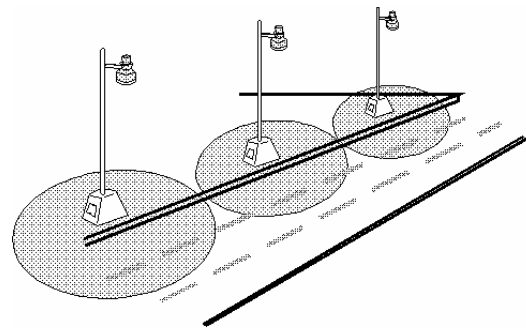
En el mercado existe una amplia variedad de luminarios, cuya eficiencia varía notablemente. Para identificar los de mayor eficiencia es necesario evaluar el nivel de iluminación y la forma de distribuir la luz; ésta también tiene relación con la altura de montaje y con la separación entre postes.



El luminario aloja los elementos activos del sistema como los controles, el balastro y la lámpara; puede iluminar con curva alargada longitudinalmente o curva circular según se utilice para vialidades o para tramos especiales de las mismas o en áreas abiertas.



Curva alargada longitudinalmente



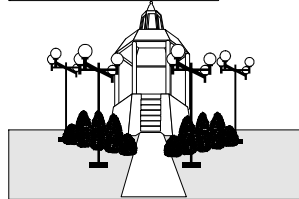
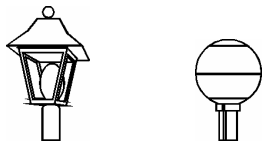
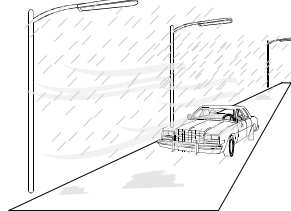
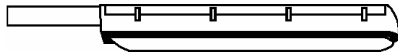
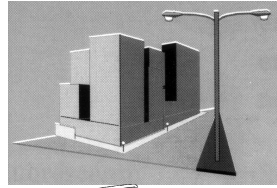
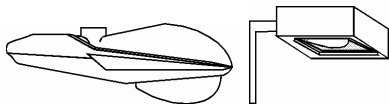
Curva Circular

La selección de uno u otro, así como el espaciamiento, altura y número de hileras, y el tipo de acabado de la superficie reflejante receptora de la luz, depende del criterio de diseño del sistema. Como se puede observar, hay que tomar en cuenta diferentes aspectos para alcanzar la calidad total del servicio.

Los tipos de luminarios que se ilustran a continuación son los más usuales en alumbrado de vialidades y exteriores. El uso eficiente se alcanza cuando se ubican en los espacios y lugares adecuados.



## Luminario



## Lugar o espacio

Vialidades vehiculares

Autopistas, puertos, zonas abiertas de terminales, zonas con neblina, etcétera □□

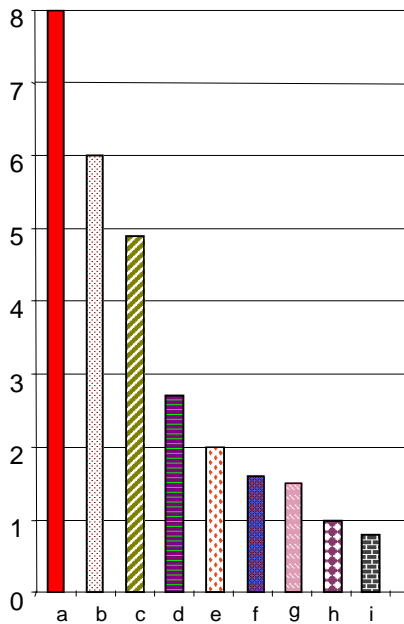
Plazas, parques y jardines □□

Iluminación decorativa de edificios, monumentos y fuentes.

Tabla Características de uso y eficiencia de los sistemas de iluminación

Característica	Vapor de Sodio Alta Presión	Aditivos Metálicos	Inducción Magnética	LED de alta potencia	LED radial
Vida útil (horas)	24,000	10,000 a 15,000	100,000	50,000 a 100,000	50,000 a 100,000
Eficacia (lm/W)	45 - 150	75 - 125	66 - 88	80 - 100	40 - 80
Mantenimiento de Lúmenes	Bueno	Pobre a regular	Regular	Bueno	Muy pobre
Índice de Rendimiento de Color	22	65	80	70 - 90	65 - 90
Temperatura de color (K)	1900 - 2200	2500 - 5000	3500 - 4100	2700 - 5700	2700 - 5700
Calor a disipar	37%	37%	42%	75% - 85%	----
Costo inicial	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto
Costo de operación	Bajo	Bajo a regular	Bajo	Bajo	Bajo
Encendido (min)	3 - 5	5 - 7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo
Reencendido (min)	1	5 - 7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo

Gráfica Índice del costo de operación unitario para un mismo nivel de iluminación



- Tipo
- a) Incandescente
  - b) Halógena
  - c) Luz mixta
  - d) Vapor de mercurio
  - e) Led
  - f) Fluorescente
  - g) Aditivos metálicos
  - h) Vapor de sodio en alta presión
  - i) Vapor de sodio en baja presión  
(No recomendable por requerimientos de adquisición, operación y mantenimiento)

En la gráfica se muestra la gran diferencia de costos por tiempo de funcionamiento y por tipo de lámpara encendida, para mantener un mismo nivel de iluminación. La referencia es la lámpara de vapor de sodio en alta presión. Por ejemplo, si en una calle la instalación cuenta con lámparas incandescentes, su costo será aproximadamente 8 veces superior al de un equipo que contara con lámparas de vapor de sodio en alta presión y con niveles de iluminación similares.

La eficiencia lumínica puede definirse como la capacidad de una lámpara para transformar energía eléctrica en luz.

Como es posible apreciar, el costo unitario por un mismo nivel de iluminación se reduce considerablemente cuando se hace una selección adecuada de la lámpara.

Después de esta sencilla revisión de luminarios y lámparas existentes en el mercado, es posible tener una visión más clara de la forma de aplicar las soluciones para resolver los problemas, elevar la eficiencia y disminuir los niveles de consumo.

Tabla Sustitución de lámparas convencionales por lámparas de VSAP

Lámpara	Flujo Luminoso (lm)	Sustitución	Flujo Luminoso (lm)
Incandescente de 60 W	820	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Incandescente de 75 W	1070	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Incandescente de 100 W	1560	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Incandescente de 150 W	2550	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 200 W	3200	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 300 W	5505	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 500 W	9675	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Reflector uso interior de 50 W	525	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector uso interior de 75 W	1030	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector uso interior de 100 W	1200	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Reflector uso interior de 150 W	1860	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Reflector exterior de 75 W	940	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector exterior de 150 W	1500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Halógena (yodo-cuarzo) de 300 W	6000	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Halógena (yodo-cuarzo) de 500 W	10950	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Halógena (yodo-cuarzo) de 1000 W	21000	Vapor de sodio en alta presión de 250 W	28000
Halógena (yodo-cuarzo) de 1500 W	33000	Vapor de sodio en alta presión de 400 W	50000
Halógena reflectora de 45 W	510	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Halógena reflectora de 90 W	1260	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Vapor de mercurio de 100 W	4500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Vapor de mercurio de 125 W	6300	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Vapor de mercurio de 175 W	8500	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Vapor de mercurio de 250 W	13000	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000
Vapor de mercurio de 400 W	23000	Vapor de sodio en alta presión de 250 W	28000
Luz mixta de 160 W	2900	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Luz mixta de 250 W	5500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Luz mixta de 500 W	14750	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000
Fluorescente de 39 W	2550	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Fluorescente de 40 W	2600	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Fluorescente de 55 W	3800	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Fluorescente de 60 W	5200	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Fluorescente de 75 W	5250	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Fluorescente de 85 W	5600	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Fluorescente de 110 W	7800	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Fluorescente de 215 W	14800	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000

#### **4. Bibliografía**

El ahorro de energía en sistemas de iluminación en interiores; Guillermo González M. Boletín IIE; 2008.

Recomendaciones de Eficiencia Energética para Estados y Municipios; Conuee; 2010.

#### **5. Anexo**

NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo; Secretaría del Trabajo y Previsión Social; diciembre de 2008.

Guía Informativa de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008