



NOM-013-ENER-1996

Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios

CONTENIDO

	Página
1. Introducción	3
2. Glosario	3
3. Clasificación	4
4. Especificaciones y método de cálculo	5
5. Anexo 1 Artículo 930 de la NOM-001-SEDE-1999	13
6. Anexo 2 NOM-013-ENER-1996	25
7. Anexo 3 Ejemplos	34
8. Anexo 4 Ejercicio	38

1. Introducción

La Norma Oficial Mexicana NOM-013-ENER-1996 “Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios”, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de mayo de 1997 y tiene por objeto establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad de potencia eléctrica de alumbrado (DPEA), con los que deben de cumplir las nuevas instalaciones de alumbrado público o alumbrado exterior, con el propósito de que se diseñen y/o construyan bajo un criterio de uso eficiente de energía eléctrica, mediante la optimización de los diseños y la aplicación de equipos y tecnologías que incrementen la eficacia sin menoscabo de los requerimientos visuales.

En virtud de que no todos los profesionistas en la rama eléctrica están familiarizados con sistemas de alumbrado en vialidades y exteriores de edificios, la Secretaría de Energía (Sener) a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) ha realizado este manual en la que se proporcionan los conocimientos técnicos para la correcta interpretación de la Norma.

2. Glosario

Ya que en la Norma NOM-013-ENER-1996 se mencionan términos referidos a otras normas, a continuación se presenta un glosario de términos aplicables a esta Norma.

Alumbrado de exteriores. Sistema de iluminación ubicado en exteriores de inmuebles, que tiene como finalidad principal el resaltar el entorno durante la noche, la textura y/o forma del área, estructura o monumento, favoreciendo así las condiciones de seguridad, estéticas y comerciales del lugar.

Alumbrado público. Sistema de iluminación que tiene como finalidad principal el proporcionar condiciones mínimas de iluminación para el tránsito seguro de peatones y vehículos en vialidades y espacios.

Densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA). Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m^2 .

Eficacia luminosa. Es la medida de la capacidad de una lámpara para convertir la potencia de entrada a una salida en energía luminosa, y es medida en lúmenes por watt (lm/W).

Eficiencia energética. (para fines de la Norma). Es la que persigue obtener el máximo rendimiento de la energía consumida, a través del establecimiento de valores límites de la DPEA sin menoscabo del confort psicofísico de sus ocupantes.

Estacionamiento público. Espacio de servicio público abierto cuya finalidad principal es el resguardo seguro de vehículos automotores.

Iluminancia (E). El cociente del flujo luminoso incidente sobre un elemento infinitesimal de la superficie que contiene al punto considerado entre el área de ese elemento, la iluminancia está expresada en lux (lx).

Luminancia (L). Es la relación de la intensidad luminosa en una dirección dada de un elemento infinitesimal de superficie que contiene al punto considerado y el área del elemento proyectado ortogonalmente sobre un plano perpendicular a la dirección considerada, expresada en candelas por metro cuadrado (Cd/m^2).

Sistema de alumbrado. Conjunto de equipos, aparatos y accesorios relacionados entre sí para suministrar luz a una superficie o espacio.

Superposte. Poste para alumbrado público que tiene una altura mínima de 18 metros.

Vialidad. Es el área definida y dispuesta adecuadamente para el tránsito seguro y confortable de sus usuarios

3. Clasificación

La Norma NOM-013-ENER-1996 cubre a los siguientes sistema de alumbrado público y de exteriores:

- ◆ *Vialidades*
 - Autopistas
 - Carreteras
 - Ciclopistas
 - Vías rápidas
 - Vías principales
 - Vías secundarias

- ◆ *Estacionamientos públicos*

- ◆ *Áreas exteriores*
 - Fachadas de edificios y logos
 - Lagos, cascadas, fuentes y similares
 - Monumentos, esculturas y banderas
 - Parques, jardines, alamedas y kioscos
 - Aceras
 - Paraderos
 - Plazas y zócalos

Las instalaciones **no** incluidas dentro de esta norma son:

- Aeropuertos: sistemas de aproximación, sistema de pendiente de precisión para un aterrizaje correcto, luces de señalización de pistas; rodajes y plataformas, zonas de maniobras y de pernocta y similares.
- Alumbrado de emergencia.
- Alumbrado dentro de predios de vivienda unifamiliares o plurifamiliares.
- Alumbrado ornamental de temporada.
- Alumbrado para ferias.
- Alumbrado para plataformas marinas, faros y similares.
- Alumbrado temporal en obras de construcción.
- Anuncios luminosos.
- Áreas de vigilancia especial, garitas, retenes y similares de seguridad.
- Áreas típicamente regidas por relaciones laborales como andenes, muelles, patios de maniobra y almacenamiento, áreas de carga y descarga, áreas de manufactura de astilleros y similares.
- Juegos mecánicos.
- Lugares de resguardo de bicicletas.
- Paseos exclusivos de jinetes.
- Señalización de vialidades y carreteras, semaforización.

Dentro de las vialidades, las vías principales corresponden a la parte del sistema vial que sirve como red principal del flujo de tráfico. Estas vialidades conectan áreas de generación de tráfico y accesos carreteros y pueden estar indicadas en los planos para revisión como vías de acceso controlado (anular o periférica, radial, viaducto).

Las vías principales pueden ser indicadas como eje vial, avenida, paseo, calzada o boulevard, en tanto que las vías secundarias suelen ser llamadas como calle colectora, calle local, callejón, callejuela, rinconada, cerrada, privada, terracería, calle peatonal, pasaje o andador.

Revisar el tipo de vialidad es importante, ya que una de las condiciones que debe acatar el sistema de alumbrado, como se verá más adelante, es cumplir con los valores de iluminancia y luminancia de la norma NOM-001-SEDE-1999, lo cual también será revisado por la Unidad Verificadora.

4. Especificaciones y método de cálculo

En esta parte de la norma se establecen los valores que deben cumplir los sistemas de alumbrado y exteriores de edificios.

En su primera parte indica que para la iluminación de fachadas de edificios y logos, lagos, cascadas, fuentes y similares así como monumentos, esculturas, banderas, parques, jardines, alamedas y kioscos, el valor mínimo de eficacia de la fuente de iluminación debe ser de 22 lm/W.

La segunda parte establece que para los sistemas de alumbrado de aceras, paraderos, plazas y zócalos, el valor mínimo de eficacia de la fuente de alimentación debe ser 40 lm/W.

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) con los cuales deben cumplir los sistemas de alumbrado público en vialidades y estacionamientos públicos abiertos, no deben exceder de los valores mostrados en las tablas de la Norma, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 1 Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado para vialidades (W/m²)

Nivel de iluminancia lux (lx)	Ancho de calle			
	7,5 m	9,0 m	10,5 m	12,0 m
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 Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado para estacionamientos

Area a iluminar m ²	Densidad de potencia W/m ²
<300	1,80
300 - 500	0,90
500 - 1 000	0,70
1 000 – 1 500	0,58
1 500 – 2 000	0,54
>2 000	0,52

La Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) será calculada a partir de la carga total de alumbrado y del área total por iluminar, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado (W)}}{\text{Área total iluminada (m}^2\text{)}}$$

La carga total de alumbrado es calculada a partir de los datos de la potencia de la lámpara y, en su caso, de las pérdidas del dispositivo auxiliar para el arranque y correcto funcionamiento de la lámpara (balastro).

Así, un sistema de alumbrado que conste de 50 luminarios de vapor de sodio de 250 W c/u, y que utilice balastos que demandan 40 W tendrá una carga instalada de 14 500 watts (50 x (250+40)).

Para el caso de vialidades, el área total iluminada **no incluye el área destinada a aceras.**

Debido a que existen anchos de calle diferentes a los mostrados en la tabla 1, la Norma establece que para el cálculo de la DPEA se debe tomar el valor de ancho inmediato inferior de dicha tabla, sin incluir áreas destinadas a aceras o camellones, y para anchos menores de 7,5 metros, se debe tomar el valor correspondiente a la columna de 7,5 metros. De la misma manera, para un ancho de calle de 10 m se tomará el valor de DPEA correspondiente a 9,0 m.

Por otra parte, la determinación de la eficacia en el caso de alumbrado para exteriores (primeras dos partes de la especificación) se calcula a partir del flujo luminoso de la fuente luminosa entre la suma de la potencia nominal de la misma fuente luminosa (esto para el caso de las lámparas incandescentes, las cuales para efectos de esta Norma no son aplicables), para el caso de las lámparas de descarga, la eficacia se calcula a partir del flujo luminoso de la fuente luminosa entre la suma de la potencia nominal de la misma fuente luminosa más las pérdidas del dispositivo auxiliar para el arranque y funcionamiento de dicha fuente (balastro). Por ejemplo, si se tiene un jardín de 500 m² iluminado con lámparas incandescentes de 100 W cuyo flujo luminoso es de 1560 lúmenes (lm) no cumplirá con la Norma, ya que la eficacia de cada lámpara es 15,6 lm/W. Pero si se instalan lámparas fluorescentes compactas de 23 W, 1 550 lm (28 W con balastro) se cumple con la norma, ya que su eficacia será de 55,36 lm/W.

También es importante hacer notar que para sistemas de iluminación en aceras, paraderos, plazas y zócalos, no podrán instalarse fuentes de luz incandescentes, ya que su eficacia es menor a 40 lm/W.

Ya que en los sistemas de alumbrado cubiertos por la Norma se pueden utilizar distintas fuentes de luz (lámparas), a continuación se presenta una breve descripción de las

diferentes fuentes de luz que pueden ser usadas en sistema de iluminación para exteriores.

Lámparas incandescentes.

Las lámparas incandescentes son el tipo más familiar de fuentes de luz. La luz es producida por el paso de una corriente eléctrica a través de un filamento, usualmente de tungsteno. Sus ventajas incluyen bajo costo inicial, excelentes cualidades de color y buen control óptico.

Aunque este tipo de fuente de luz no es usado en sistemas de alumbrado de vialidades, algunas veces se encuentra en alumbrado de fachadas. No se recomienda su uso debido a su baja eficiencia energética.

Lámparas halógenas.

Las lámparas halógenas también producen luz por el paso de una corriente eléctrica a través de un delgado filamento encerrado en un tubo que contiene un gas halógeno. Esto permite incrementar la temperatura de operación, produciendo una luz más blanca y con mayor eficacia.

Este tipo de lámparas está disponible en una gran variedad de formas y tamaños y pueden ser usadas en muchas aplicaciones para alumbrado interior o exterior.

Lámparas de alta intensidad de descarga.

Las lámparas de alta intensidad de descarga (HID) emiten luz por un gas o vapor que ha sido excitado por una corriente eléctrica. Se necesita de un dispositivo, llamado balastro, para el encendido y operación de la lámpara.

Las lámparas de descarga tienen una eficiencia energética mayor que las fuentes de luz incandescentes y existen tres tipos de estas lámparas que son: vapor de sodio en alta presión, aditivos metálicos y vapor de mercurio

Las lámparas de vapor de sodio en alta presión son muy eficientes, hasta 140 lúmenes por watt (lm/W) y producen un color amarillo. Son excelentes para iluminar grandes áreas y son las más usadas en alumbrado de calles y avenidas así como en parques, iluminación de exteriores etc. También se han desarrollado lámparas de “sodio blanco” en pequeñas potencias para sustituir a las lámparas incandescentes. Estas lámparas requieren de balastros electrónicos especiales para encender y operar.

Las lámparas de aditivos metálicos también son muy eficientes, hasta 115 lm/W, y producen una luz blanca fresca con muy buenas propiedades de rendimiento de color. También proporcionan un buen control óptico y son usadas en aplicaciones de iluminación en espacios públicos y comerciales.

Las lámparas de vapor de mercurio son los miembros más viejos de la familia de lámparas de descarga. Aunque no tienen la misma eficiencia energética de las lámparas de aditivos metálicos y vapor de sodio en alta presión, aún son usadas en una variedad de aplicaciones tales como alumbrado de calles y de seguridad, en parques y jardines donde la calidad del color es crítica.

Lámparas fluorescentes.

Las lámparas fluorescentes son lámparas de mercurio de baja presión las cuales tienen muy alta eficiencia energética. No obstante que este tipo de lámpara no tiene prácticamente aplicación en alumbrado de exteriores, se mencionan en virtud del desarrollo de lámparas fluorescentes compactas, las cuales pueden sustituir a las incandescentes normales, proporcionando grandes ahorros en potencia y demanda de energía eléctrica.

Lámparas de vapor de sodio en baja presión.

Las lámparas de vapor de sodio en baja presión tienen generalmente la más alta eficacia de todas las fuentes de luz, pero son las que tienen el más pobre rendimiento de color. La salida de luz de las lámparas de vapor de sodio en baja presión es un amarillo profundo monocromático que hace que los objetos iluminados por esta fuente de luz aparezcan en tonos grises o amarillos, por lo cual su uso es limitado a aplicaciones donde el color no es importante, como en alumbrado de exteriores para vigilancia o depósitos de material con poco uso.

Lámparas de luz mixta.

Las lámparas de luz mixta son una combinación de la lámpara de vapor de mercurio y la lámpara incandescente. Una de sus características principales es que puede conectarse a la red sin necesidad del empleo de un balastro, ya que el filamento, además de funcionar como fuente luminosa, actúa como resistencia estabilizadora de la descarga del vapor de mercurio. En la actualidad el uso de estas lámparas ha disminuido debido a que su eficacia, comparada con las lámparas de alta intensidad de descarga, es menor que la de éstas últimas.

Para tener una idea completa de la eficacia de las distintas fuentes de luz, así como las alternativas que pueden ser empleadas, a continuación se presenta una tabla que muestra las eficacias de algunas lámparas (sin incluir potencia del balastro)

Tabla 3. Eficacia de distintas fuentes de luz

Tipo de lámpara	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)
Incandescente	100	1 560	15,60
Incandescente	150	2 440	16,26
Fluorescente compacta	23	1 550	67,39
Vapor de mercurio	125	6 300	50,40
Vapor de mercurio	250	13 000	52,00
Luz mixta	250	5 500	22,00
Luz mixta	500	14 000	28,00
Aditivos metálicos	70	4 500	64,28
Aditivos metálicos	175	14 000	80,00
Aditivos metálicos	250	20 500	82,00
Vapor de sodio en alta presión	150	16 000	106,67
Vapor de sodio en alta presión	250	27 500	110,00
Vapor de sodio en baja presión	26	3 600	138,46
Vapor de sodio en baja presión	90	13 500	150,00
“Sodio blanco”	50	2 500	50,00

La mayoría de los sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores emplean lámparas de descarga, las cuales como se indicó anteriormente, requieren de un balastro para operar. Este balastro también consume energía y es importante conocer la potencia que consumen estos dispositivos. De acuerdo a la norma NOM-001-SEDE-1999, los balastros deben ser de factor de potencia mayor a 90% y de bajas pérdidas; de acuerdo a la NMX-J-510-1997-ANCE, los balastros utilizados en el alumbrado público tienen las siguientes pérdidas máximas:

Tabla 4. Pérdidas máximas para balastros electromagnéticos tipo autotransformador para lámparas de vapor de sodio en alta presión

Potencia nominal de la lámpara (W)	Potencia total del conjunto balastro lámpara (W)	Pérdidas máximas (W)	% de pérdidas máximas
70	90	20	28,5
100	125	25	25
150	174	24	16
200	232	32	16
250	290	40	16
310	359,6	49,6	16
400	464	64	16

Tabla 5. Pérdidas máximas para balastos electrónicos para lámparas de vapor de sodio en alta presión

Potencia nominal de la lámpara (W)	Potencia total del conjunto balastro lámpara (W)	Pérdidas máximas (W)	% de pérdidas máximas
70	81	11	15,7
100	113	13	13,0
150	164	14	9,3

Tabla 6. Pérdidas máximas para balastos electromagnéticos tipo autotransformador para lámparas de aditivos metálicos

Potencia nominal de la lámpara (W)	Potencia total del conjunto balastro lámpara (W)	Pérdidas máximas (W)	% de pérdidas máximas
70	90	20	28,5
100	126	26	26,0
150	175	25	16,7
175	202	27	15,4
250	278	28	11,2
400	440	40	10,0
1000	1080	80	8,0

Tabla 7. Pérdidas máximas para balastos electrónicos para lámparas de aditivos metálicos

Potencia nominal de la lámpara (W)	Potencia total del conjunto balastro lámpara (W)	Pérdidas máximas (W)	% de pérdidas máximas
70	82	12	17,1
100	113	13	13,0
150	165	15	10,0

No obstante que las normas indican valores límite para los balastos, en el mercado pueden encontrarse otros tipos de balastos que no cumplen con dichos valores, por lo que **será necesario verificar, durante la etapa de diseño e instalación, las pérdidas reales de dichos equipos** (esto se obtiene observando los datos de placa de dichos balastos.)

Estas tablas le permitirán, en dado caso, dar recomendaciones a los proyectistas en caso de no cumplir con los valores de DPEA. Por ejemplo, una calle de 80 m de largo y 7,2 m de ancho (576 m²) iluminada con dos lámparas de vapor de mercurio de 250 W proporciona una iluminancia promedio de 9 lx, con una densidad de potencia de 1,00 W/m². Con este valor no se cumple con la norma (ver tabla 1). Si las lámparas de vapor de mercurio son reemplazadas por lámparas de vapor de sodio de 150 W, la densidad de potencia disminuirá a 0,6 W/m², valor que si cumple con la norma.

Se hace notar que en el ejemplo anterior, no se tomó en cuenta el nivel de iluminación el cual puede aumentar debido a la diferencia de emisión del flujo luminoso.

Para la **verificación** de la norma, las Unidades Verificadoras deberán asegurarse de que la información de los proyectos se registre en una memoria de cálculo que detalle toda la información y consideraciones efectuadas durante el mismo, así como para comprobar que las instalaciones se construyan con estricto apego al proyecto aprobado. **La preparación de esta información será una obligación del responsable del proyecto aprobado**, por lo que debe estar debidamente integrada y firmada por el mismo.

En el caso de revisar que las instalaciones se construyan de acuerdo al proyecto aprobado, se deberá tomar en cuenta los casos en que las condiciones físicas del terreno impidan el arreglo, de acuerdo al diseño original. Por ejemplo, cuando la instalación de un luminario de alumbrado público no pueda ser instalado en su lugar debido a que existe una coladera o un árbol, este puede ser desplazado para librar dichos obstáculos.

Una vez terminada la instalación, se deberá verificar, de acuerdo a planos aprobados, el cálculo de la DPEA con los datos reales mostrados en lámparas y/o equipos auxiliares y el área cubierta por el sistema de alumbrado.

Recuerde, la Unidad Verificadora solo se encarga de comprobar que el diseño o instalación, cumple con los valores de esta Norma. La Unidad Verificadora, **no diseña** los sistemas de iluminación, sino que únicamente valora la información que le es entregada por el proyectista o constructor.

La metodología que usualmente emplean los diseñadores de sistemas de alumbrado para vialidades son los siguientes:

1. Determinar de acuerdo con la importancia de la arteria el nivel de iluminación
2. Tener los datos del perfil de la vía o calzada
3. Tipo de lámpara a emplear y cual es su flujo luminoso
4. En función del tipo y capacidad de la lámpara, seleccionar el luminario
5. Con los datos fotométricos proporcionados por el fabricante de luminarios, determinar el coeficiente de utilización
6. De acuerdo al tipo de luminario ver cual es el factor de conservación que le corresponde
7. Conforme el tipo de lámpara ver cual es el factor de depreciación del flujo luminoso
8. Calcular el espaciamiento
9. De acuerdo con la relación altura de luminario/ancho de calle, ver que disposición le corresponde
10. Con la curva isolux calcular la iluminancia en varios puntos para determinar el nivel de uniformidad

Anexo 1

Artículo 930 de la

NOM-001-SEDE-1999

SECRETARIA DE ENERGIA
NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).

ARTÍCULO 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.

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 (Luminosidad) (E). La iluminancia en un punto de una superficie, se define como el flujo luminoso que fluye hacia el exterior de un elemento de la superficie, dividido por el área de ese elemento. 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^2).

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 a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 transbordo.
- 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 reflectivas del pavimento para el cálculo de luminancia de una vialidad, las cuales son mostradas en la Tabla 930-5(a).

b)

Tabla 930-5(a). Características reflectivas del pavimento

Clase	Qo	Descripción	Tipo de reflectancia
R1	0,10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R2	0,07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60 % de grava de tamaño mayor a 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R3	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
R4	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 L_{prom} (cd/m ²)	Uniformidad de luminancia		Relación de luminancia de deslumbramiento L_d/L_{prom}
		$L_{prom}/L_{mín}$	L_{max}/L_{min}	
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/m²)

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} x 0,8*	80	250	350	470
escena tipo 3 L _{TH} x 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 L_{TH} 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 . Tabla de por cientos de aplicación a 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		Penetración de luz de día		Penetración de luz de día	
			Buena	Pobre	Buena	Pobre	Buena	Pobre	Buena	Pobre
			Reflectancia de las paredes		Reflectancia de las paredes		Reflectancia de las paredes		Reflectancia de las paredes	
			Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja
< 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 %
25-100 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 %
101-250 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 %
> 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 %

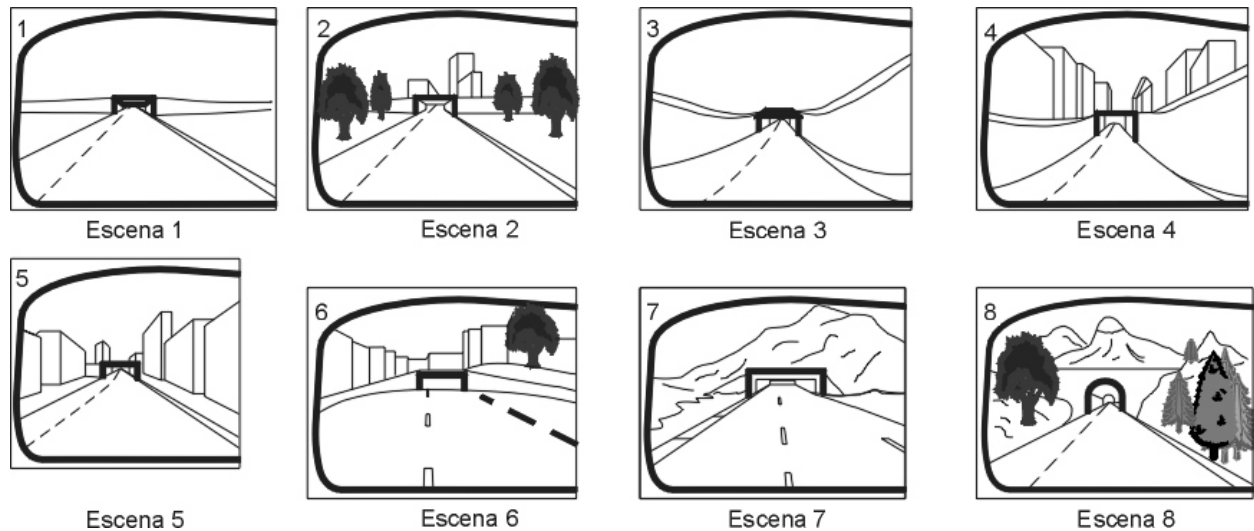


Figura 930-6(b)(1). Tipos de escena indicados en la Tabla 930-6(b)(1)

Los niveles de luminancia en el interior del túnel para condiciones de luz diurna, deberá 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^2)

Distancia de frenado	Luminancia promedio en la superficie de la zona interior cd/m^2		
	Flujo de tráfico		
	Bajo < 2,400 promedio anual de tráfico diario	Medio > 2,400 < 24,000 promedio anual de tráfico diario	Pesado > 24,000 promedio anual de tráfico diario
160 m	6	8	10
100 m	4	6	8
60 m	3	4	6

Para la iluminación nocturna en el interior del túnel los niveles de luminancia a lo largo del túnel durante la noche deberá ser como mínimo de 2,5 cd/m^2 . las vitalidades de entrada y salida del túnel deberán tener un nivel de luminancia no menor a 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 deberá ser de 2 a 1, promedio a mínimo, y 3,5 a 1, máximo a 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.

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

Clasificación de vialidades	Clasificación del pavimento			Uniformidad de la iluminancia E_{prom}/E_{min}	Andadores	
	R ₁	R ₂ y R ₃	R ₄		Iluminancia promedio horizontal mínima	Iluminancia vertical promedio para seguridad ⁽¹⁾
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

(1) 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_{prom} (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	Área general de estacionamiento y peatonal	
	Mínimo sobre el pavimento lx	Uniformidad E_{prom}/E_{min}
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	Área 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_{prom}/E_{min}).

C. Especificaciones de los componentes

930-7. Luminarias. Las luminarias a instalarse deberán estar aprobadas (véase 110-2) y cumplir con los siguientes incisos:

a) Luminarias. 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.

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

930-8. Balastos. Los balastos 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 a 90%.
- b) La corriente eléctrica de arranque de línea debe ser menor o igual a 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 trapecios 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 NOM.

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

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 de la luminaria. Cuando una luminaria se instala en ambientes húmedos o mojados o a la intemperie, los soportes metálicos de la luminaria, 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 luminarias, debe tener la resistencia mecánica para soportar el peso del luminaria 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 NOM según lo establecido en el Artículo 240.

D. 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 a la luminaria.

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 de la luminaria y los de alimentación tanto eléctrica como mecánicamente, y el material usado para aislarlos, debe tener una clase térmica al menos igual a la de los cables para la alimentación de la luminaria.

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 a la luminaria debe realizarse con cable con aislamiento tipo THHW, o similar de tamaño nominal mínimo de $5,26 \text{ mm}^2$ (10 AWG), para 600 V, y con resistencia térmica del aislamiento de al menos 90°C , a menos que el marcado de la luminaria indique usar cables de mayores dimensiones y características

b) Instalación en postes

1) Cuando una luminaria esté instalada en postes de distribución de concreto, madera o metálicos deben mantener una distancia mínima de seguridad según lo especificado en esta NOM entre el conductor de distribución más bajo y la parte superior de la luminaria o del soporte metálico de ésta.

2) Cuando se usen postes metálicos para soportar luminarias 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.

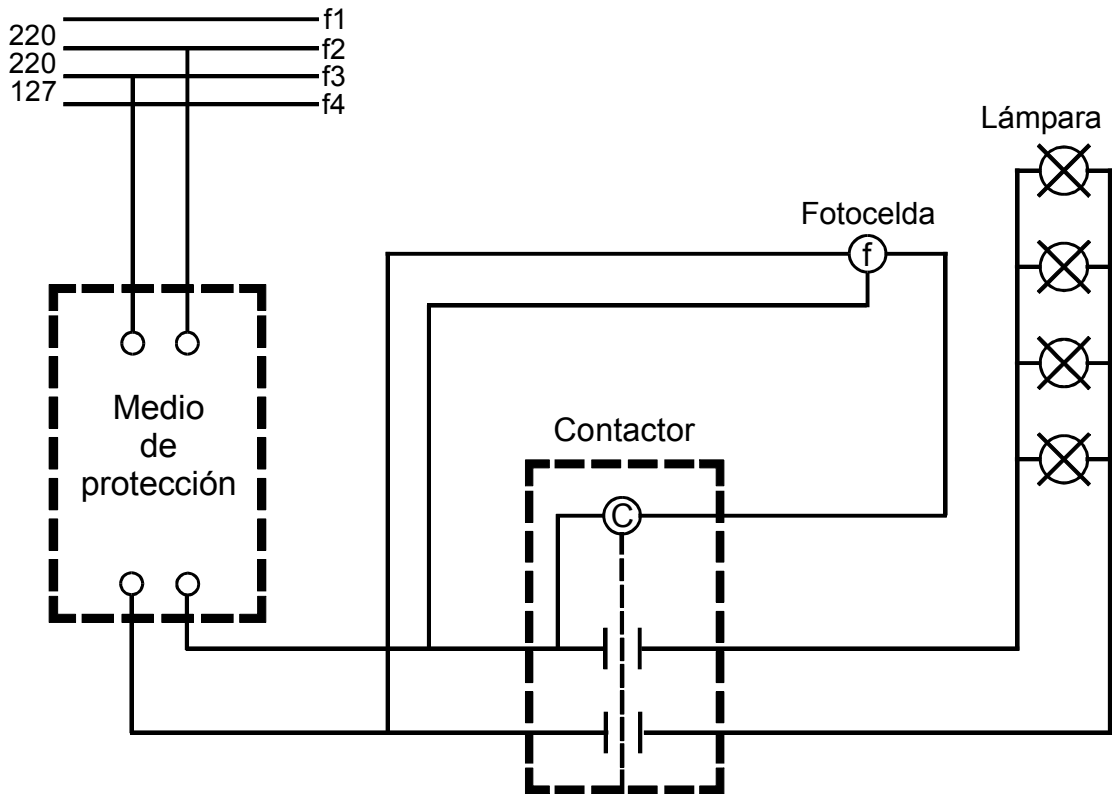


Figura 930-17

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 señalados. 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 de la luminaria. La estructura del alumbrado público debe de cumplir con los siguientes requisitos:

a) Separación de lugares accesibles. Las luminarias para alumbrado de vialidades primarias y secundarias, deben tener una separación medida horizontalmente mayor a 1,5 m de ventanas, pórticos y otros lugares accesibles al público en general.

b) Daño físico. Cada luminaria debe ubicarse de tal manera que no provoque o reciba daño físico de o hacia vehículos o peatones.

Anexo 2

NOM-013-ENER-1996

SECRETARÍA DE ENERGÍA

NORMA Oficial Mexicana NOM-013-ENER-1996, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-013-ENER-1996, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO PARA VIALIDADES Y EXTERIORES DE EDIFICIOS.

ODÓN DE BUEN RODRÍGUEZ, Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) de la Secretaría de Energía, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 38 fracciones II y III; 40 fracciones X y XII y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 29 fracción III del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y

CONSIDERANDO

Que el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 ha propuesto, entre sus objetivos fundamentales, la promoción de un crecimiento económico vigoroso, sostenido y sustentable en beneficio de los mexicanos.

Que para impulsar y alcanzar este objetivo fundamental, el Plan Nacional de Desarrollo identificó diversas estrategias prioritarias entre las cuales destacan el uso eficiente de los recursos, la aplicación de políticas sectoriales pertinentes y el despliegue de una política ambiental que haga sustentable el crecimiento económico.

Que para lograr las metas establecidas por estas estrategias será necesario propiciar un aumento sistemático de la eficiencia general de la economía, así como impulsar la actualización tecnológica.

Que como antecedente de la presente Norma se encuentra el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-013-ENER-1996, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios, publicado para comentarios en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de julio de 1996.

Que las reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 28 de diciembre de 1994, delimitaron las facultades de la nueva Secretaría de Energía, mismas entre las que se encuentra la de expedir Normas Oficiales Mexicanas que promuevan la eficiencia del sector energético.

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización señala como una de las finalidades de las Normas Oficiales Mexicanas el establecimiento de criterios y/o especificaciones que promuevan el mejoramiento del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales.

Que el Programa Nacional de Normalización 1996, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de abril de este mismo año, contempla la expedición de diversas Normas Oficiales Mexicanas cuya finalidad es la preservación y uso racional de los recursos energéticos.

Que el programa de la Secretaría de Energía para 1996 considera el ahorro y uso eficiente de la energía como una de las prioridades de la política sectorial.

Que el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 1 de junio de 1995, adscribió el ejercicio de la facultad de aprobar y emitir las Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, por sí o en conjunto con otras dependencias, por lo tanto se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-013-ENER-1996, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO PARA VIALIDADES Y EXTERIORES DE EDIFICIOS.

Para estos efectos, esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor doce meses después de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 6 de marzo de 1997.- El Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, **Odón de Buen Rodríguez**.- Rúbrica.

PREFACIO

La presente Norma fue elaborada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, bajo la Coordinación de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía y con la colaboración de los siguientes organismos y empresas:

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS

PETRÓLEOS MEXICANOS

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

LABORATORIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL SECTOR ELÉCTRICO

PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ENERGÍA DE LA UNAM

CÁMARA NACIONAL DE MANUFACTURAS ELÉCTRICAS

SOLA BASIC

MANUFACTURERA DE REACTORES

LUMISISTEMAS

HOLOPHANE

OSRAM DE MÉXICO

CAREAGA Y ASOCIADOS

PHILIPS

UNICORP

Esta Norma tiene como objeto establecer niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de densidad de potencia eléctrica de alumbrado (DPEA), según se especifique, con los que deben cumplir las nuevas instalaciones de alumbrado público o alumbrado exterior 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.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-013-ENER-1996, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO PARA VIALIDADES Y EXTERIORES DE EDIFICIOS.

CONTENIDO

- 1 OBJETIVO
- 2 CAMPO DE APLICACIÓN
- 3 REFERENCIAS

4	DEFINICIONES
5	CLASIFICACION
6	ESPECIFICACIONES
7	MÉTODO DE CÁLCULO
7.1	Consideraciones generales
7.2	Metodología
8	VIGILANCIA
9	SANCIONES
10	BIBLIOGRAFÍA

1 Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de densidad de potencia eléctrica de alumbrado (DPEA), según se especifique, con los que deben cumplir las nuevas instalaciones de alumbrado público o alumbrado exterior 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.

2 Campo de aplicación

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende todos los sistemas nuevos de iluminación para vialidades, estacionamientos públicos abiertos y áreas exteriores, así como las ampliaciones de instalaciones ya existentes que se construyan en el territorio nacional, independientemente de su tamaño y carga conectada.

Las aplicaciones de instalaciones cubiertas bajo esta Norma incluyen:

- 2.1** Vialidades
- 2.2** Estacionamientos públicos abiertos
- 2.3** Áreas exteriores

Quedan excluidas de esta Norma las siguientes instalaciones:

- Aeropuertos: sistemas de aproximación, sistema de pendiente de precisión para un aterrizaje correcto, luces de señalización de pistas, rodajes y plataformas, zonas de maniobras y de pernocta y similares.
- Alumbrado de emergencia.
- Alumbrado dentro de predios de viviendas unifamiliares y plurifamiliares.
- Alumbrado ornamental de temporada.
- Alumbrado para ferias.
- Alumbrado para plataformas marinas, faros y similares.
- Alumbrado temporal en obras de construcción.
- Anuncios luminosos.
- Áreas de vigilancia especial, garitas, retenes y similares de seguridad.

- Áreas típicamente regidas por relaciones laborales como andenes, muelles, patios de maniobra y almacenamiento, áreas de carga y descarga, áreas de manufactura de astilleros y similares.
- Juegos mecánicos.
- Lugares de resguardo de bicicletas.
- Paseos exclusivos de jinetes.
- Señalización de vialidades y carreteras, semaforización.

3 Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma deben consultarse las siguientes normas vigentes:

NOM-007-ENER-1995	Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
NOM-001-SEMP-1994	Relativa a las instalaciones destinadas al uso y suministro de la energía eléctrica.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema general de unidades de medida.
NOM-Z-13-1977	Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas.

4 Definiciones

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los siguientes términos se definen como se establece en este capítulo. Los términos no definidos tendrán su acepción ordinariamente aceptada dentro del contexto en el que son usados, o bien, están definidos en otras normas y publicaciones con carácter oficial.

4.1 Alumbrado de exteriores

Sistema de iluminación ubicado en el exterior de inmuebles, que tiene como finalidad principal el resaltar, de su entorno durante la noche, la textura y/o la forma del área, estructura o monumento, favoreciendo así las condiciones de seguridad, estéticas y comerciales del lugar.

4.2 Alumbrado público

Sistema de iluminación que tiene como finalidad principal el proporcionar condiciones mínimas de iluminación para el tránsito seguro de peatones y vehículos en vialidades y espacios.

4.3 Estacionamiento público

Espacio de servicio público abierto cuya finalidad principal es el resguardo seguro de vehículos automotores.

4.4 Sistema de alumbrado

Conjunto de equipos, aparatos y accesorios relacionados entre sí para suministrar luz a una superficie o espacio.

4.5 Vialidad

Es el área definida y dispuesta adecuadamente para el tránsito seguro y confortable de sus usuarios.

4.6 Superposte

Poste para alumbrado público que tiene una altura mínima de 18 metros.

5 Clasificación

Para los fines de esta Norma Oficial Mexicana, los sistemas de alumbrado público y de exteriores se clasifican en:

5.1 Vialidades

5.1.1 Autopistas

5.1.2 Carreteras

5.1.3 Ciclopistas

5.1.4 Vías rápidas

5.1.5 Vías principales

5.1.6 Vías secundarias

5.2 Estacionamientos públicos

5.3 Áreas exteriores

5.3.1 Fachadas de edificios y logos

5.3.2 Lagos, cascadas, fuentes y similares

5.3.3 Monumentos, esculturas y banderas

5.3.4 Parques, jardines, alamedas y kioscos

5.3.5 Aceras

5.3.6 Paraderos

5.3.7 Plazas y zócalos

6 Especificaciones

Para los sistemas de alumbrado exterior cubiertos por los apartados 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3 y 5.3.4 de la presente Norma, el valor mínimo de eficacia de la fuente de iluminación debe ser de 22 lm/W.

Para los sistemas de alumbrado exterior cubiertos por los apartados 5.3.5, 5.3.6 y 5.3.7 de la presente Norma, el valor mínimo de eficacia de la fuente de iluminación debe ser de 40 lm/W.

Los valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) con los cuales deben cumplir los sistemas de alumbrado público en vialidades y estacionamientos públicos abiertos, indicados en los apartados 5.2 y 5.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los niveles indicados en las tablas 1 y 2.

En el caso de usar superpostes para alumbrado de vialidades cubiertas bajo el punto 5.1, los valores máximos de Densidad de Potencia de Alumbrado (DPEA) no deben exceder lo indicado en la tabla 3. Estos valores se consideran solamente para el área de vialidad.

Tabla 1 Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado para vialidades (W/m^2)

Nivel de Iluminancia lux (lx)	Ancho de calle (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 Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado para estacionamientos

Área a iluminar m^2	Densidad de potencia W/m^2
<300	1,80
300- 500	0,90
500-1 000	0,70
1 000-1 500	0,58
1 500-2 000	0,54
>2 000	0,52

Tabla 3 Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado para sistemas de iluminación en vialidades con superpostes

Area a iluminar m^2	Densidad de potencia W/m^2
< 2500	0,52
2500-5000	0,49
5000-12 500	0,46
>12 500	0,44

7 Método de cálculo

7.1 Consideraciones generales

Quando un sistema de alumbrado público sea diseñado y construido, se considera para fines de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana que la Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado máxima permisible no exceda lo establecido en la tabla 1 del capítulo 6 y que además cumple con los valores indicados en el capítulo 9 "Alumbrado Público" de la Norma NOM-001-SEMP-1994 en su última revisión.

La determinación de la DPEA será calculada a partir de la carga total conectada de alumbrado y del área total por iluminar, de acuerdo a la metodología indicada a continuación:

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA), es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}}$$

donde la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) está expresada en W/m^2 , la carga total conectada para alumbrado está expresada en watts y el área total iluminada está expresada en metros cuadrados.

Para el caso de vialidades, el área total iluminada no incluye el área destinada a aceras.

En el caso de anchos de calle distintos a los mostrados en la tabla 1 se debe tomar el valor de ancho inmediato inferior o el múltiplo de ancho inmediato inferior de dicha tabla, sin incluir áreas destinadas a aceras o camellones. Para anchos menores de 7.5 metros, se debe tomar el valor correspondiente a la columna de 7.5 m.

La determinación de la eficacia en el caso de alumbrado para exteriores es calculada a partir del flujo luminoso de la fuente luminosa entre la suma de la potencia nominal de la misma fuente luminosa más las pérdidas del dispositivo auxiliar para el arranque y correcto funcionamiento de dicha fuente.

Es obligatorio para fines de certificación y verificación del cumplimiento de la presente Norma, que los proyectos incluyan una memoria de cálculo que detalle toda la información y consideraciones efectuadas durante el mismo. La preparación de esta información será una obligación del responsable del proyecto, por lo que debe estar debidamente integrada y firmada por el mismo.

La autoridad responsable de la certificación y verificación de la presente Norma Oficial Mexicana, revisará y tomará en cuenta esta información para fines de aprobación del proyecto, así como para comprobar que las instalaciones se construyan con estricto apego al proyecto aprobado; a excepción de los casos en que las condiciones físicas del terreno impidan el arreglo, de acuerdo al diseño original.

7.2 Metodología

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

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

Una vez terminada la instalación y de acuerdo con los planos aprobados del proyecto, se verificará la instalación a partir de un cálculo de la DPEA con los datos reales mostrados en lámparas y/o equipos auxiliares y el área cubierta por el sistema de alumbrado.

Asimismo, se verificará que todo el equipo instalado cumpla con los requisitos de seguridad y funcionamiento, de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas en vigor.

8 Vigilancia

La Secretaría de Energía es la autoridad competente para certificar y verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana:

- a) Durante el proceso de aprobación de proyectos de instalaciones para alumbrado público.
- b) Al término de la construcción de las mismas.

El cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana no releva ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras Normas Oficiales Mexicanas y reglamentos existentes aplicables a instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica.

9 Sanciones

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento y demás disposiciones legales aplicables.

10 Bibliografía

- Norma Oficial Mexicana NOM-Z-13-1981, Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 1 de julio de 1992.
- Illuminating Engineering Society Of North America. *IES Lighting Handbook Reference and Application, 1993.*
- Illuminating Engineering Society of North America. *IES RP-8 American National Standard Practice for Roadway Lighting, 1983.*
- Illuminating Engineering Society of North America. *IES CP-31-1989 Value of Public Roadway Lighting.*
- Illuminating Engineering Society of North America. *IES LEM-6-1987 Guidelines for Unit Power Density (UPD) for new Roadway Lighting Installations.*
- Commission International de L'clairage (CIE). *CIE No. 12.2 Recommendation for the Lighting of roads for motorized traffic.*
- French Lighting Association. *Recommendations for outdoor Lighting, 1974.*
- Comisión Federal de Electricidad. *Manual de Alumbrado Público, 1981.*
- Ministry of Transportation and Communication. Ontario, Canada. *Design Manual for Highway Illumination 1977.*
- W.J.M. van Bommel, J.B. de Boer. *Road Lighting, Philips Technical Library, 1980.*
- Philips Lighting. *Lighting manual, 1993.*
- Emilio Carranza Castellanos. *Alumbrado Urbano, 1981.*
- Emilio Carranza Castellanos. *Luminotécnica y sus aplicaciones, 1993.*
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de Alumbrado, 1989.*
- Jan Basan. *Manual de urbanismo. Editorial Trillas, 1984.*

México, D.F., a 6 de marzo de 1997.- El Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, **Odón de Buen Rodríguez**.- Rúbrica.

Anexo 3

Ejemplos

Ejemplo 1

Se tiene una vía principal con un pavimento tipo R1 de 1 500 metros de largo y 16,5 metros de ancho, con un camellón de 1,5 metros de ancho y 2 aceras de 1,5 metros cada una, se van a iluminar con 60 lámparas de vapor de sodio en alta presión de 150 watts y balastos de bajas pérdidas (16% de pérdidas); los postes se instalarán a ambos lados de la vialidad (30 a cada lado); el nivel de iluminación que se tendrá será de 12 luxes.

Calcular la Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado y decir si cumple o no con la norma oficial mexicana NOM-013-ENER-1996.

Resultado

Para el cálculo de la DPEA no se consideran las áreas destinadas a aceras y camellones, por lo que el área total a iluminar será:

$$\text{Área total a iluminar} = 1\,500\text{ m} [16,5\text{ m} - 1,5\text{ m} - 2(1,5\text{ m})] = \mathbf{18\,000\text{ m}^2}$$

La carga total conectada para alumbrado será:

$$\text{Carga total conectada para alumbrado} = 60\text{ lámparas} (150\text{ W} \times 1,16) = \mathbf{10\,440\text{ W}}$$

$$\text{DPEA} = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} = \frac{10\,440\text{ W}}{18\,000\text{ m}^2} = 0,58\text{ W/m}^2$$

$$\mathbf{\text{DPEA} = 0,58\text{ W/m}^2}$$

De la Tabla 1 de la Norma, se muestra que para un ancho de 12,0 m de calle y un nivel de iluminación de 12 luxes, el valor máximo de DPEA es 0,69

Al ser la DPEA del proyecto (0,58 W/m²) menor a encontrada en la tabla (0,69 W/m²), el proyecto cumple con la Norma.

Ejemplo 2

Se requiere comprobar si un área comprendida por un lago de 8 000 metros cuadrados de extensión y un estacionamiento de 1 400 metros cuadrados cumplen con la NOM-013-ENER-1996. Para la iluminación del lago se cuenta con 20 luminarios con lámparas de luz mixta de 250 watts; para el estacionamiento se cuenta con un superposte con 4 luminarios de aditivos metálicos de 150 watts que tiene un balastro que consume 30 watts, también se cuenta con un logo iluminado con dos lámparas incandescentes de 100 watts.

Resultado

Para la iluminación de lagos, cascadas, fuentes y similares, la Norma exige que el valor mínimo de eficacia de la fuente de iluminación sea de 22 lm/W; las lámparas de luz mixta de 250 W tienen un flujo luminoso de 5 500 lúmenes, esto da una eficacia de $5\,500\text{ lm} / 250\text{ W} = 22\text{ lm}$. El lago cumple con la norma

Para el caso del estacionamiento, se tiene una carga total conectada para alumbrado de:

Carga total conectada para alumbrado = 4 lámparas (150 W + 30 W) = **720 W**

$$\text{DPEA} = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} = \frac{720\text{ W}}{1400\text{ m}^2} = 0,51\text{ W/m}^2$$

$$\text{DPEA} = 0,51\text{ W/m}^2$$

De la Tabla 2 de la Norma, se muestra que para un estacionamiento con un área de 1 400 metros, el valor máximo de DPEA es 0,58

Al ser la DPEA del proyecto (0,51 W/m²) menor a encontrada en la tabla (0,58 W/m²), el estacionamiento también cumple con la Norma.

Para la iluminación de fachadas de edificios y logos, la Norma exige que el valor mínimo de eficacia de la fuente de iluminación sea de 22 lm/W; las lámparas incandescentes tienen un flujo luminoso de 1 560 lúmenes, esto da una eficacia de $1\,560\text{ lm} / 100\text{ W} = 15,6\text{ lm}$. El logo no cumple con la Norma

Dado que el logo no cumple con la norma, el proyecto en su conjunto no cumple con la NOM-013-ENER-1996.

Cabe resaltar, que si las lámparas incandescentes fueran remplazadas por compactas fluorescentes, muy posiblemente el proyecto cumplirá con la norma

Ejemplo 3

Se tiene un distribuidor vial con las siguientes características: vía principal de 3 carriles, 9 metros de ancho y 400 metros de largo y una vía colectora de 2 carriles, 6 metros de ancho y 400 metros de largo. Se pretende iluminar con dos superpostes que cuenta cada uno con cuatro luminarios de vapor de sodio en alta presión de 250 watts y balastro de bajas pérdidas (16% de pérdidas). ¿El proyecto cumple con la Norma?

Resultado

El área por iluminar de la vías es el siguiente:

$$\text{Área por iluminar} = (9 \text{ m} \times 400 \text{ m}) + (6 \text{ m} \times 400 \text{ m}) = 3\,600 \text{ m}^2 + 2\,400 \text{ m}^2 = \mathbf{6\,000 \text{ m}^2}$$

La carga total conectada para el alumbrado con los superpostes es de:

$$\text{Carga conectada} = 2 \text{ postes} [4 \text{ luminarios} (250 \text{ W} \times 1,16)] = \mathbf{2\,320 \text{ W}}$$

$$\text{DPEA} = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} = \frac{2\,320 \text{ W}}{6\,000 \text{ m}^2} = 0,39 \text{ W/m}^2$$

$$\mathbf{\text{DPEA} = 0,39 \text{ W/m}^2}$$

Para la iluminación de vialidades con superpostes, en la Tabla 3 se muestra que para un área a iluminar de 6 000 m², el valor máximo de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA) es de 0,46 W/m²

Al ser la DPEA del proyecto (0,39 W/m²) menor a encontrada en la tabla (0,46 W/m²), la iluminación de las vialidades con los superpostes cumple con la Norma.

Anexo 4

Ejercicio

Ejercicio

Comprobar si el siguiente proyecto cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-013-ENER-1996, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios.

Se requiere iluminar una colonia de nueva creación, la cual cuenta con las siguientes áreas:

1. Una vía principal de 22 metros de ancho y 600 metros de largo, con un camellón de 1 metro de ancho y 2 aceras de 1,5 metros de ancho
2. Cuatro vías secundarias residenciales de 9 metros de ancho y 600 metros de largo, con aceras a ambos lados de un metro de ancho.
3. Tres vías secundarias de 9 metros de ancho y 400 metros de largo, con aceras a ambos lados de un metro de ancho.
4. Un lago de 100 metros de ancho y 600 metros de largo
5. Un área de juegos mecánicos de 100 metros de ancho y 300 metros de largo
6. Un área destinada a estacionamiento público de 100 metros de ancho y 200 metros de largo
7. Un área destinada a centro comercial de 100 metros de ancho y 700 de largo
8. Un zócalo
9. Un área con jardín, kiosco y esculturas
10. Un conjunto de edificios, destinados a viviendas unifamiliares

Tabla 1. Equipos de iluminación y niveles de iluminación

Num.	Area	Equipo	Nivel de iluminación Luxes (lx)
1	Vía principal	24 luminarios instalados en el camellón (dos en cada poste), con lámparas de vapor de sodio en alta presión de 250 W y balastro de bajas pérdidas (16% de pérdidas)	17
2	Vías secundarias residenciales de 600 metros de largo	Cada una cuenta con 12 luminarios instalados en una acera, con lámparas de vapor de sodio en alta presión de 150 W y balastro de bajas pérdidas (16% de pérdidas)	7
3	Vías secundarias residenciales de 400 metros de largo	Cada una cuenta con 8 luminarios instalados en una acera, con lámparas de vapor de sodio en alta presión de 150 W y balastro de bajas pérdidas (16% de pérdidas)	7
4	Lago	4 reflectores de aditivos metálicos de 250 W con balastro de bajas pérdidas (11,2% de pérdidas)	4
5	Juegos mecánicos	4 superpostes de 8 luminarios de aditivos metálicos de 250 W con balastro de bajas pérdidas (11,2% de pérdidas)	50
6	Estacionamiento público	70 luminarios con lámparas de vapor de sodio en alta presión de 100 W y balastro de bajas pérdidas (25% de pérdidas)	6
7	Centro comercial	Anuncio luminoso: 4 lámparas incandescentes de 150 W tipo reflector Alumbrado temporal: 20 luminarios con lámparas de luz mixta de 250 W	15
8	Zócalo	4 luminarios con lámparas de luz mixta de 250 W	15
9	Jardín	4 luminarios con lámpara de vapor de mercurio de 250 watts y balastro con 50W de pérdidas	10
	Kiosco	1 luminarios con lámparas de aditivos metálicos de 250 W con balastro de bajas pérdidas (11,2% de pérdidas)	100
	Escultura	3 luminarios con lámparas de aditivos metálicos de 250 W con balastro de bajas pérdidas (11,2% de pérdidas)	90
10	Conjunto de edificios de vivienda unifamiliar	Para fachadas de los edificios y andadores, 12 luminarios con lámparas de vapor de sodio en alta presión de 150 W y balastro de bajas pérdidas (16% de pérdidas)	22

Figura 1. Plano de la colonia

