



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS

ANTEPROYECTO DE PROYECTO FINAL DE GRADO

**PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE
ALUMBRADO PÚBLICO DE LA CONCESIONARIA CLYFSA DE LA
CIUDAD DE VILLARRICA.**

Especialidad: Ingeniería Eléctrica

Autor: Victor Manuel Alderete González

Firma autor:

AÑO 2017

Contenido

1. Introducción.....	4
2. Planteamiento y Formulación del Problema.....	5
3. Justificación.....	6
4. Objetivos	7
4.1. Objetivos Generales	7
4.2. Objetivos Específicos	7
5. Marco Teórico	8
5.1. Antecedentes	8
5.2. Teorías básicas.....	9
5.2.1. Luz y Radiación	9
5.2.1.1. Radiación electromagnética	9
5.2.1.2. Espectro electromagnético.....	9
5.2.1.3. Longitud de onda	10
5.2.1.4. Reflexión de la luz	10
5.2.1.5. El color	11
5.2.1.6. Apariencia de color y rendimiento de color (IRC)	12
5.2.1.7. Temperatura de color	12
5.2.2. Magnitudes fotométricas	13
5.2.2.1. Flujo luminoso	13
5.2.2.2. Intensidad luminosa.....	13
5.2.2.3. Iluminancia.....	14
5.2.2.4. Luminancia	15
5.2.2.5. Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa	16
5.2.2.6. Relaciones prácticas entre magnitudes.....	17
5.2.2.7. Instrumentos de medida	17
5.2.3. Fuente Luminosa y luminarias	18
5.2.3.1. Clasificación	18
5.2.3.2. Características.....	18
5.2.3.3. Tipos de Lámparas y equipos auxiliares	24
5.2.3.4. Luminarias	38
5.2.4. Métodos de cálculo para iluminación y simulación	39
5.2.4.1. Iluminación vial.....	39

5.2.4.2.	Calculo de iluminación puntual y media.....	41
5.2.4.3.	Factor de mantenimiento y utilización de software de cálculo	43
5.3.	Definición de Términos Básicos.....	44
6.	Métodos y técnicas a utilizar	45
6.1.	Tipo de Investigación	45
6.2.	Técnicas e instrumentos de recolección de Datos	45
6.3.	Fases metodológicas	45
7.	Recursos Necesarios para elaboración del proyecto	47
8.	Cronograma de Actividades	49
9.	Bibliografía.....	51
10.	Anexos	52

1. Introducción

Actualmente las instalaciones de alumbrado público a cargo de la concesionaria de energía eléctrica CLYFSA de la ciudad de Villarrica presenta un alto consumo de energía.

El proyecto que a continuación se presenta tiene como objetivo principal la presentación de una propuesta de alternativas tecnológicas para la reducción de consumo de energía eléctrica de los alumbrados públicos de la concesionaria CLYFSA.

El proyecto presentara todas las alternativas tecnológicas posibles para determinar una buena y eficiente iluminación con la idea de reemplazar los alumbrados públicos existentes ubicados en las avenidas, calles residenciales, lugares importantes dentro de la ciudad.

La instalación de los alumbrados públicos actuales dentro de la ciudad fue proyectada y configurada para el desarrollo constante de la población y mejorar la seguridad. Para ellos en la propuesta se respetara el tipo de instalación existente haciendo una relevación de datos de las instalaciones de alumbrados existentes.

Rigiéndonos en normativas internacionales y realizando una exploración de disponibilidad en el mercado de alternativas tecnológicas, se requerirá un equipo de cada uno de los fabricantes para realizar ensayos de laboratorio, instalaciones a modo de prueba, para después realizar una evaluación y comparación a cada alternativa. Con esto se seleccionara la alternativa que se considera apropiada para la reducción de consumo de energía eléctrica.

Los principales beneficiarios serán los clientes, como también la concesionaria que conseguiría un ahorro importante con la reducción del consumo de energía eléctrica de los alumbrados públicos. También se propenderá la menor afectación del medio ambiente debido a que se buscará aplicar tecnologías no contaminantes.

2. Planteamiento y Formulación del Problema

La Compañía de Luz y Fuerza S.A. - CLYFSA, fue creada en el año 1953 a iniciativa colectiva y popular. De las fuerzas económicas y sociales surgía la iniciativa de constituir una sociedad por acciones con capital guaireño, estableciéndose una Sociedad Anónima con aportes de toda la comunidad.

CLYFSA cuenta con una moderna Subestación 66 / 23 kV., con una capacidad nominal de potencia de 30 MVA la cual es monitoreada las 24 hs. por personal calificado. CLYFSA es la empresa distribuidora de energía eléctrica y alumbrado público dentro del municipio de la Ciudad de Villarrica a más de 14.100 usuarios.

El consumo de energía eléctrica por parte de los alumbrados públicos dentro del municipio de la ciudad de Villarrica a cargo de la concesionaria de energía eléctrica Clyfsa, estima un consumo total de energía durante un año que según registros es de 3.480.000 kWh en toda la ciudad¹. La misma cuenta con una cantidad de 3045 equipos de alumbrado público, de los cuales 1.720 equipos son de Vapor de sodio de 250W, 1.200 equipos de Vapor de Mercurio de 250W y 125 equipos de Luz Mixta de 250W.²

Esto equivale al 4,03% del total de energía facturada en el año 2016 (86.414.234 kWh), En comparación con la ciudad de Graz (una ciudad austríaca, capital del estado federado de Estiria) que con 24.000 equipos consume por año 8.480.000 kWh³, tomando este dato como referencia se estima que 3045 equipos de esa ciudad consumirían en un año 1.078.437 Kwh la cual equivale a una consumo de solo el 30% de lo que consume los alumbrados públicos de la concesionaria CLYFSA.

Por todo lo expuesto, se pretende reducir el consumo de energía total de los alumbrados públicos con la implementación de un sistema más eficiente, reemplazando el sistema existente en forma parcial o en su mayor parte.

¿Cuáles son las alternativas tecnológicas para lograr la reducción de consumo de energía del sistema de alumbrado público de la concesionaria CLYFSA?

¹ Departamento de operaciones técnicas Clyfsa

² Departamento de mantenimientos técnicos Clyfsa

³ Grazer Energieagentur (Agencia de la Energía de Graz)

3. Justificación

Las entidades prestadoras de servicios ya sea de energía eléctrica u otro tipo de servicios apuntan siempre a la calidad en la prestación del servicio brindando un servicio eficiente, buscando la satisfacción del cliente como también de la concesionaria. Los alumbrados públicos cumplen un papel muy importante dentro de una ciudad como también en zonas rurales pues permite el desarrollo constante de la población como también ayudar a mejorar la seguridad.

Actualmente las tecnologías en sistemas de alumbrado están en continua evolución. Todas las alternativas, mediante sus políticas de sustentabilidad y desarrollo han diseñado luminarias actualizables, presentando en el mercado soluciones duraderas y fáciles de adaptar a futuros progresos tecnológicos. Las prestaciones de los diseños fotométricos y mecánicos apuntan específicamente, a la reducción del consumo energético sin dejar de alcanzar, los niveles de iluminación requeridos, respetando las normativas vigentes.

Con la realización de este proyecto se propondrá a la concesionaria CLYFSA alternativas para disminuir el consumo de energía eléctrica de los alumbrados públicos optando por nuevas tecnológicas disponibles en el mercado que puedan reemplazar a los alumbrados públicos existentes ubicados en las avenidas, calles residenciales, lugares importantes dentro de la ciudad. Se buscara que los equipos propuestos respondan de manera ventajosa en cuanto al consumo de energía eléctrica, vida útil, reproducción cromática, niveles de deslumbramiento, etc.

El principal beneficiario será el cliente por las ventajas que presenta estas tecnologías, la entidad prestadora de servicio conseguiría un ahorro importante con la reducción del consumo de energía eléctrica por los alumbrados públicos por ser una entidad que compra energía de la ANDE. Además de todo esto son sistemas amigables con el medio ambiente por no ser contaminantes en comparación con los equipos utilizados actualmente que si son contaminantes.

4. Objetivos

4.1. Objetivos Generales

Proponer alternativas para la reducción de consumo de energía eléctrica del sistema de alumbrado público de la concesionaria Clyfsa de la ciudad de Villarrica.

4.2. Objetivos Específicos

- Relevar datos e informaciones sobre la situación de las instalaciones de alumbrado actuales
- Revisar normas internacionales sobre tecnologías nuevas en sistema de iluminación pública
- Explorar el mercado sobre la disponibilidad de sistemas tecnológicos para sistemas de alumbrados públicos
- Realizar una adaptación y configuración de cada alternativa tal que cumplan los estándares en cuanto a normas y criterios para la iluminación
- Establecer criterios técnicos y económicos para la comparación de las alternativas tecnológicas
- Seleccionar la alternativa más eficiente en cuanto a consumo de energía y con mejor desempeño en durabilidad

5. Marco Teórico

5.1. Antecedentes

CHAPEL HILL, N.C., APRIL 20, 2009 Chapel Hill Ha instalado luminarias viales LED en 100 cuadras de la calle Franklin, una de las vías comerciales más importantes de la ciudad. Diez lámparas tradicionales de sodio fueron reemplazadas por LED para evaluar una posible extensión en el uso de estas últimas en Chapel Hill. Las lámparas LED para uso vial podrían reducir el consumo energético en un 50% o más. Los habitantes están solicitando retroalimentación acerca de la calidad de la luz para evaluar no solo el lado económico, sino también la calidad de este programa piloto de 12 meses.

GWANGJU, SOUTH KOREA, July 16, 2009 — Cree, Inc. empresa líder en iluminación LED,, anunció que Gwangju en Corea del Sur es la primera empresa de este país que se une al programa internacional LED CITY, el cual tiene como fin principal promover el desarrollo de sistemas eficientes de energía LED. En el centro de Guangju se encuentran aproximadamente 180 compañías que se conformaron con el fin de investigar, desarrollar y comercializar productos LED de iluminación. Una gran variedad de luces LED alumbran los centros de convenciones, parqueaderos subterráneos y palacios de exposiciones, reemplazando las luces tradicionales por luces LED.

5.2. Teorías básicas

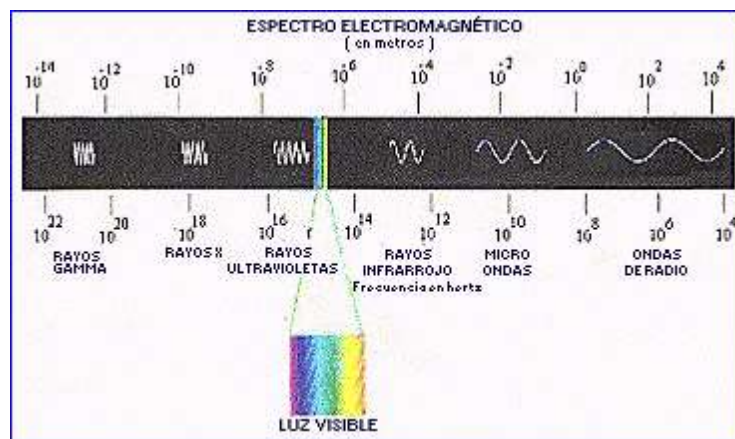
5.2.1. Luz y Radiación

5.2.1.1. Radiación electromagnética

Las radiaciones electromagnéticas pueden definirse como aquellos procesos en los que se emite energía bajo la forma de ondas o partículas materiales y pueden propagarse tanto a través de un medio material como en el vacío.

Se diferencian unas de otras en el valor de su frecuencia. Cuanto mayor es la frecuencia de una radiación, mayor es su energía.

Las radiaciones electromagnéticas se clasifican mediante el espectro electromagnético de frecuencias:



Las radiaciones de alta frecuencia (superior a 10¹⁷ Hz) son ionizantes y cuando interactúan con la materia producen la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones).

Las radiaciones no ionizantes, de menor energía, no son capaces de ionizar la materia.

5.2.1.2. Espectro electromagnético

Se denomina espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. A la radiación electromagnética en este rango de longitudes de onda se le llama luz visible o simplemente luz. No hay límites exactos

en el espectro visible; un típico ojo humano responderá a longitudes de onda desde 400 a 700 nm aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 a 780 nm.

5.2.1.3. Longitud de onda

La longitud de onda donde el ojo tiene su mejor respuesta es en la porción amarillo verdoso del espectro, es decir, en los 555 nm. Luego decrece tanto hacia las longitudes más cortas como hacia las más largas.

5.2.1.4. Reflexión de la luz

Es el cambio de dirección que experimenta la luz cuando incide en una superficie que separa dos medios, volviendo al mismo medio por donde viajaba.

La reflexión la podemos clasificar en especular y difusa, dependiendo de las características de la superficie donde se produzca.

Reflexión especular: Si un haz de rayos paralelos incide en una superficie lisa o pulida y se obtiene un haz reflejado que también es paralelo, la reflexión es especular. (Fig., 1). Estas superficies se llaman generalmente espejos.

Reflexión difusa: Si el haz que incide en paralelo, pero los rayos reflejados no lo son entonces la reflexión es difusa. Esto sucede en superficies irregulares. (Fig. 32).

Casi todos los objetos reflejan difusamente la luz, lo que nos permite verlos, independientemente de la posición que ocupemos con respecto a ellos.

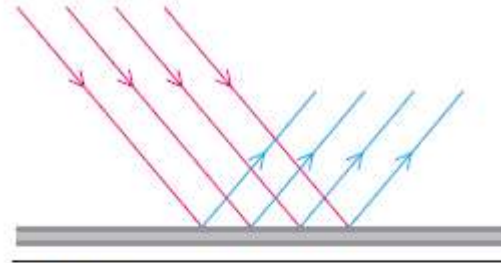


Fig. 1. Reflexión especular.

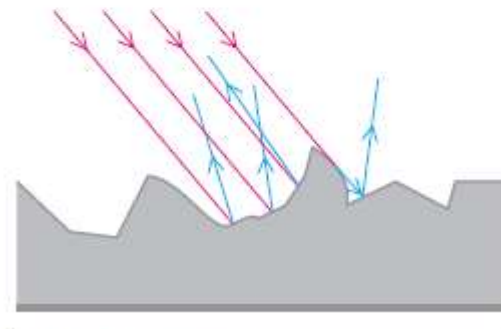


Fig. 2. Reflexión difusa.

5.2.1.5. El color

Los colores del arco iris en el espectro visible incluye todos esos colores que pueden ser producidos por la luz visible de una simple longitud de onda, los colores del espectro puro o monocromáticos. A pesar que el espectro es continuo y por lo tanto

no hay cantidades vacías entre uno y otro color, los rangos anteriores podrían ser usados como una aproximación.



violeta	380–450 nm
azul	450–495 nm
verde	495–570 nm
amarillo	570–590 nm
anaranjado	590–620 nm
rojo	620–750 nm

5.2.1.6. Apariencia de color y rendimiento de color (IRC)

Indica la capacidad de una fuente de luz en reproducir los colores de un objeto en comparación con una fuente de referencia.

El índice de reproducción cromática (Ra) varía de 0 a 100, siendo 100 el que se obtiene para la luz de referencia.

Las lámparas incandescentes son las que presentan mejor IRC (100) ya que tienen un espectro de emisión continuo.

5.2.1.7. Temperatura de color

La apariencia de color de una fuente luminosa se describe por su temperatura de color correlacionada.

La TCC es definida como la temperatura absoluta a la que un cuerpo negro emitirá el mismo nivel de radiación, o sea, provocando la misma apariencia de color.

La TCC es medida en grados Kelvin, y varía de 1.500K, cuya apariencia es anaranjada/roja, hasta 9.000K cuya apariencia es azul.

Las fuentes de luz con temperatura de color igual o inferior a 3.100 K son denominadas “cálidas” y presentan una apariencia amarillenta.

Las “frías” son aquellas con temperatura de color mayor a 4.000K y de apariencia azulada.

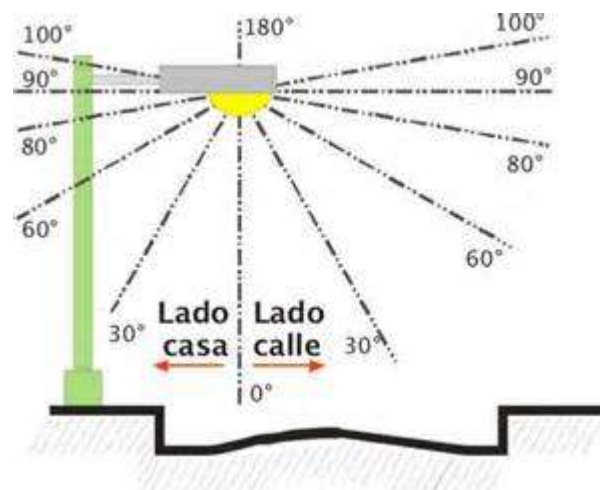
Las lámparas con temperatura de color entre 3.100K y 4.000K son llamadas de apariencia “neutra”.

La luz blanca natural es aquella emitida por el sol en cielo abierto a medio día, cuya temperatura de color es de 5.800K. [1]

5.2.2. Magnitudes fotométricas

5.2.2.1. Flujo luminoso

Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Se expresa en lúmenes (lm). Una Lámpara de 100w tiene un flujo luminoso comprendido entre 1200 y 1600 lm



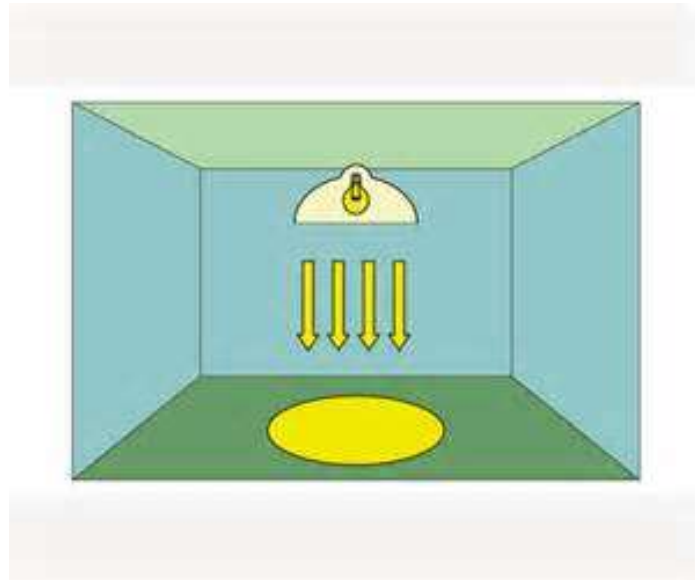
Flujo luminoso	Símbolo: Φ
	Unidad: lumen (lm)

5.2.2.2. Intensidad luminosa

Cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido. Magnitud que expresa la

distribución del flujo luminoso en el espacio. La intensidad luminosa se expresa en candela (cd).

Una linterna de bolsillo produce una intensidad luminosa de 200cd y un faro marítimo aproximadamente 2.000.000cd

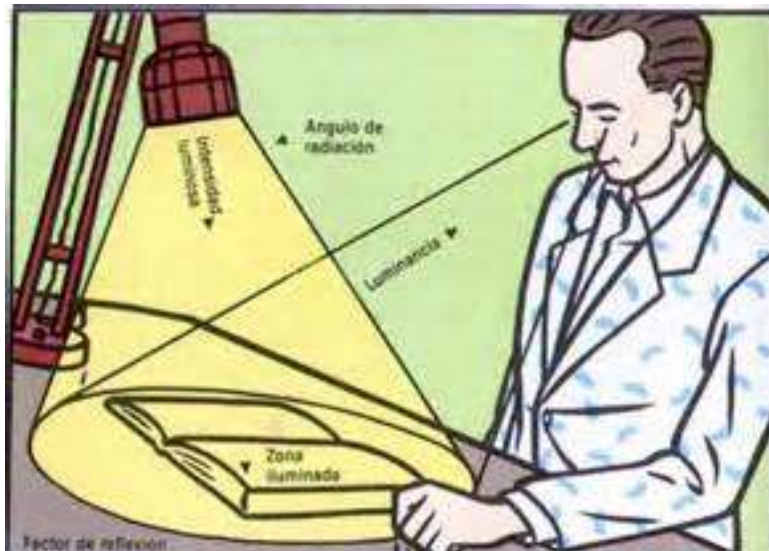


Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

5.2.2.3. Iluminancia

Es la expresión cuantitativa para el flujo luminoso incidente sobre una superficie (el termino más familiar es nivel de iluminación). La iluminancia se expresa en Lux (lx).

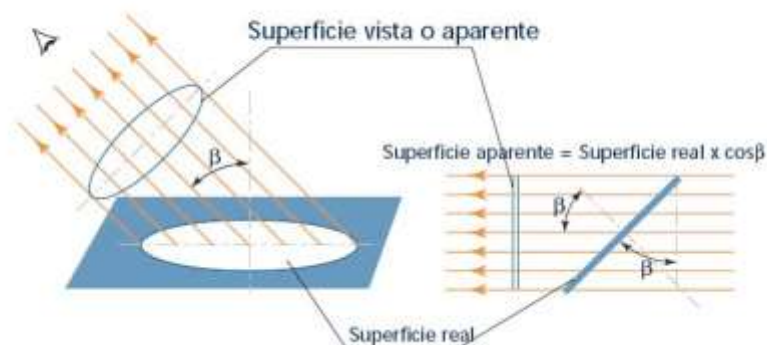
$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} \cdot \text{m}^2.$$



Iluminancia	Símbolo: E	$\text{lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$
$E = \frac{\Phi}{S}$	Unidad: lux (lx)	

5.2.2.4. Luminancia

Es la expresión cuantitativa de la cantidad de luz reflejada por una superficie en una dirección determinada (una expresión más familiar es el brillo). La luminancia de una superficie se determina por la iluminancia de una superficie en cuestión y sus propiedades reflectantes. Se expresa en Candela por metro cuadrado (Cd/m²)



Luminancia	Símbolo: L	
$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$	Unidad: cd/m²	

5.2.2.5. Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa

Cuando prendemos una lámpara, sólo una parte de la energía eléctrica que consume se convierte en luz emitida, otra parte se convierte en calor y otras radiaciones no visibles.

Para saber cuánta energía, de toda la que consume, es emitida en forma de luz, se utiliza la eficacia luminosa.

Una lámpara eficaz desperdiciará menos energía, puesto que la mayor parte de la energía que recibe la transforma en radiaciones visibles o luz.

- Supongamos que tenemos una lámpara de

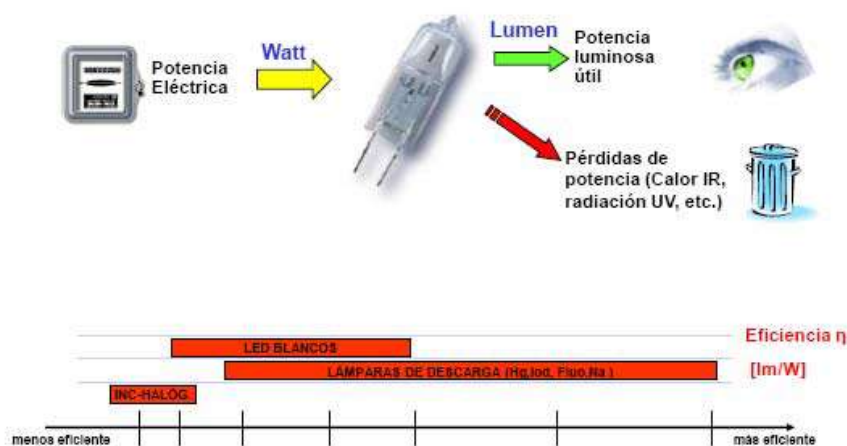
100 W y otra de 30 W y que ambas emiten 1.500 lúmenes.

La eficacia de la primera lámpara está dada por

$1.500 \div 100 = 15 \text{ lm/W}$ y la de la segunda por

$1.500 \div 30 = 50 \text{ lm/W}$.

Con ambas obtenemos el mismo nivel de iluminación, pero si utilizamos diez horas la primera lámpara, consumimos 1 kWh, mientras que con la segunda consumimos 0,30 kWh.



Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\Phi}{W}$	Símbolo: η	Rendimiento = $\frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$
	Unidad: lm / W	

5.2.2.6. Relaciones prácticas entre magnitudes

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	RELACIONES
FLUJO LUMINOSO	Φ	Lumen(lm)	$\Phi = I \cdot \omega$
RENDIMIENTO LUMINOSO	η	Lumen por vatio (lm/W)	$\eta = \Phi / W$
INTENSIDAD LUMINOSA	I	Candela (cd)	$I = \Phi / \omega$
ILUMINANCIA	E	Lux (lx)	$E = \Phi / S$
LUMINANCIA	L	Candela por metro cuadrado (cd/m ²)	$L = I / S_{APA}$

5.2.2.7. Instrumentos de medida

Luxómetro

El luxómetro permite una medida de la luz realmente recibida en un punto dado (arquitectura de interior, medio ambiente) nocturno. Un luxómetro (también llamado luxómetro o light meter) es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es lux (lx). Contiene una célula foto eléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes. [2]

5.2.3. Fuente Luminosa y luminarias

5.2.3.1. Clasificación

Termorradiación o incandescencia

Consiste en calentar un sólido hasta su punto de incandescencia. Para esto se hace circular una corriente eléctrica por el filamento de la lámpara hasta que se alcanza una temperatura elevada a la que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

En esta categoría se encuentran las lámparas incandescentes convencionales y las halógenas.

Luminiscencia

Consiste en la radiación luminosa emitida por un material por efecto de la excitación de los átomos del mismo. Las principales lámparas disponibles comercialmente utilizan la electroluminiscencia y la fotoluminiscencia.

La electroluminiscencia se produce por el pasaje de una descarga eléctrica a través de un gas, el cual excita los átomos del mismo, produciéndose radiaciones de diferentes longitudes de onda según el gas en cuestión. Los gases más frecuentemente utilizados son el mercurio, el sodio y los gases nobles (argón, neón, helio, kriptón y xenón).

En esta categoría se encuentran las lámparas de sodio y de mercurio, muy utilizadas en alumbrado público, las lámparas de mercurio con haluros metálicos, y los tubos y placas luminiscentes utilizadas para anuncios publicitarios e iluminación decorativa.

5.2.3.2. Características

Vida útil

Una de las características a considerar de cada tipo de lámpara es la vida útil o la duración aproximada en horas.

Durante este período se garantiza el mantenimiento del flujo luminoso.

En el caso de la iluminación interior, las lámparas incandescentes son las de menor vida útil y las fluorescentes compactas, las de mayor.

La vida útil de las lámparas disminuye cuando se las apaga y prende con mayor frecuencia.

También se reduce si la tensión (V) de la red eléctrica es mayor que aquella para la cual está diseñada la lámpara.

Depreciación del flujo luminoso

El flujo luminoso de una lámpara corresponde al valor medido luego de 100 horas de funcionamiento. Este valor va disminuyendo con el tiempo de funcionamiento.

Deslumbramiento

Otro de los factores importantes del entorno que puede perturbar la percepción y el rendimiento visual es el deslumbramiento. Vamos a profundizar sobre el fenómeno del deslumbramiento.

En general, se puede producir deslumbramiento cuando:

- a) La luminancia de los objetos del entorno (principalmente luminarias y ventanas) es excesiva en relación con la luminancia general existente en el entorno (deslumbramiento directo)
- b) Cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

Ahora bien, en cualquiera de los dos casos, el deslumbramiento puede revestir dos formas distintas, aunque habitualmente se presentan juntas:

El deslumbramiento perturbador.- Cuyo efecto es reducir la percepción del contraste y, por tanto, el rendimiento visual (sin que ello provoque necesariamente discomfort).

El deslumbramiento molesto.- Cuyo efecto es producir una situación de discomfort visual (sin que ello reduzca necesariamente la percepción de contrastes).

a) El deslumbramiento perturbador

Tiene lugar habitualmente cuando una fuente de alta luminancia se percibe en las proximidades de la línea de visión. (Pequeñas fuentes de muy alta luminancia o fuentes extensas de relativamente alta luminancia). Existen dos efectos que causan este tipo de deslumbramiento: el efecto de adaptación y el efecto de velo.

Mecanismo de adaptación.- Cuando existen objetos con grandes luminancias en el campo de visión, más o menos cercanos a la línea de visión, el ojo se adapta a esa luminancia, resultándole entonces difícil o imposible percibir el contraste de una tarea mucho más oscura. (Un ejemplo de esto lo constituye la dificultad de leer un cartel situado junto a una ventana).

Mecanismo de velo.- Se debe a la dispersión de la luz en la córnea, el cristalino y demás medios intraoculares. La luz dispersa se proyecta sobre la retina de manera uniforme (como un velo de luz) reduciendo la sensibilidad al contraste. Este efecto suele aumentar con la edad.

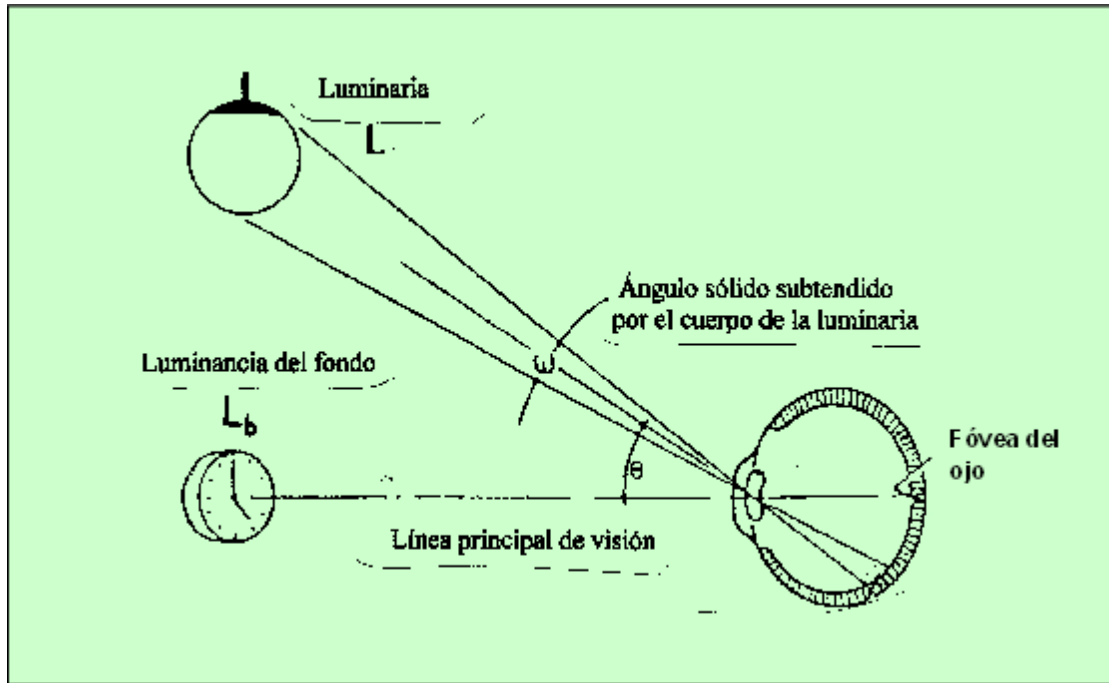
b) Deslumbramiento molesto

El deslumbramiento molesto se experimenta como una sensación de discomfort que tiende a ir aumentando con el tiempo y causa fatiga visual. En los locales de oficina el deslumbramiento molesto resulta más habitual que el perturbador. Este tipo de deslumbramiento es producido por las fuentes luminosas situadas dentro del campo visual.

El grado de deslumbramiento molesto depende de los siguientes parámetros (Figura 11):

- Luminancia de las fuentes.
- Su tamaño aparente (ángulo sólido ω subtendido).
- Número de fuentes en el campo visual.
- Distancia angular θ de cada fuente al eje visual.
- Luminancia L de fondo (que determina la luminancia de adaptación).

La sensación de deslumbramiento aumenta con los tres primeros factores y disminuye con los otros. Estos parámetros son los que intervienen en los procedimientos de estimación de la sensación o grado de deslumbramiento.



La C.I.E (Comisión Internacional de Iluminación) define el llamado índice UGR (unified glare rating) para determinar la sensación de deslumbramiento:

$$UGR = 8 \log [0,25 / L_B \sum (\omega L^2 / \rho^2)]$$

L_B : Luminancia de fondo en Cd/m^2 .

L: Luminancia de cada luminaria en la dirección de los ojos.

ω : Tamaño aparente de cada luminaria en estereorradianes.

ρ : Índice Guth de posición angular de cada luminaria (CIE 117).

Cuanto mayor sea el índice UGR mayor será la sensación de deslumbramiento (menor calidad). En función del tipo de actividad se recomienda un límite máximo para dicho índice.

P. Ejemplo.

En actividades de oficina UGR <19

En control de procesos UGR <16

En cuartos de máquinas UGR <25

Para controlar el deslumbramiento originado por las luminarias existen otros criterios. Uno de los más utilizados es el sistema C.I.E. de curvas de deslumbramiento.

Cada una de las curvas representa la limitación de la luminancia para diferentes valores de niveles de iluminación, estableciendo unos límites o grados que definen la calidad de la iluminación ante el deslumbramiento, para cada tarea visual.

El sistema establece cinco tipos de calidades o niveles de exigencia, según la tarea visual a cumplir.

En la (Figura 12) se definen las cinco calidades de deslumbramiento (A, B, C, D y E) para diferentes valores de iluminancia, todo ello por la parte superior del diagrama, que es por donde se entra en él; una vez definida la calidad y el nivel de iluminación, se baja y se localiza la línea límite de luminancia, entonces se superpone en el diagrama la curva de luminancia de la luminaria a comprobar, debiendo quedar a la izquierda de la línea límite para que no exista deslumbramiento. Si la curva de la luminaria corta a la línea límite, o está hacia la derecha de ella, se producirá deslumbramiento y esa luminaria no cumplirá la calidad solicitada.

En el eje vertical izquierdo del diagrama se representan los ángulos de apantallamiento contra el deslumbramiento (ángulos críticos desde 45 a 85°C), en el eje horizontal inferior los valores de la luminancia en cd/m².

En la figura se ha representado la validez de una luminaria que trabaja con un nivel medio de iluminancia de 500 lux, para una calidad (C), destacando la curva límite del deslumbramiento.

C-CALIDAD	G	VALIDO PARA ILUMINANCIA EN SERVICIO							
		2.000	1.000	500	<300	<300	<300	<300	<300
A	1-15	2.000	1.000	500	<300	<300	<300	<300	<300
B	1-5		2.000	1.000	500	<300	<300	<300	<300
C	1-85			2.000	1.000	500	<300	<300	<300
D	2-2				2.000	1.000	500	<300	<300
E	2-55					2.000	1.000	500	<300

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

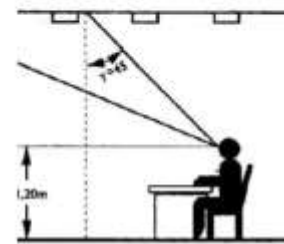
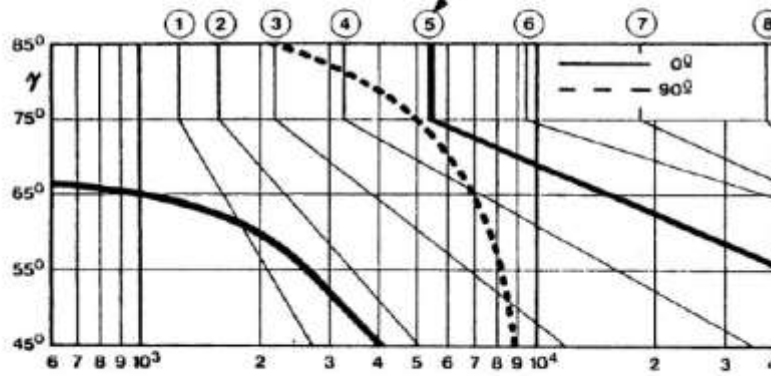


Figura 12

5.2.3.3. Tipos de Lámparas y equipos auxiliares

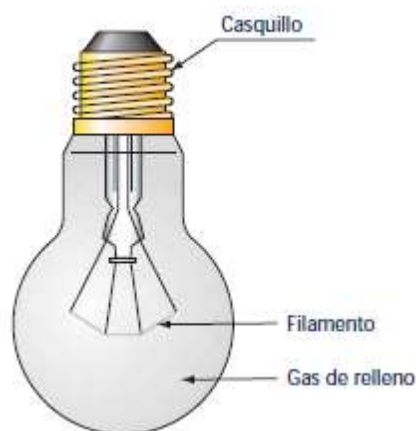
5.2.3.3.1. De incandescencia

Como hemos dicho anteriormente, la lámpara incandescente es la fuente de luz eléctrica más antigua y aún la de uso más común. Es también la que posee mayor variedad de alternativas y se puede encontrar en casi todas las aplicaciones, particularmente cuando se requieren bajos flujos luminosos.

Un descubrimiento relativamente reciente es la lámpara de wolframio halógena incandescente, que rápidamente ha abarcado muchas áreas de aplicación en iluminación.

Lámparas incandescentes convencionales

La lámpara incandescente produce luz por medio del calentamiento eléctrico de un alambre (el filamento) a una temperatura alta que emite de esta forma radiación dentro del campo visible del espectro.



Las partes principales de una lámpara incandescente son el filamento, los soportes del filamento, la ampolla, el gas de relleno y el casquillo.

Filamento: El utilizado en las lámparas modernas está hecho de wolframio (alto punto de fusión y bajo grado de evaporación).

Se logró mayor eficiencia lumínica enrollando el filamento en forma de espiral.

Ampolla: Es una cubierta de vidrio sellado que encierra al filamento y evita que tome contacto con el aire exterior (para que no se quemé).

Gas de relleno: La evaporación del filamento se reduce relleno la ampolla con un gas inerte. Los gases que comúnmente se utilizan son argón y nitrógeno.

En estas lámparas, la energía luminosa obtenida es muy poca comparada con la energía calorífica que irradia, es decir, gran parte de la energía eléctrica transformada se pierde en calor y por ello su eficacia luminosa es pequeña (es una lámpara derrochadora de energía).

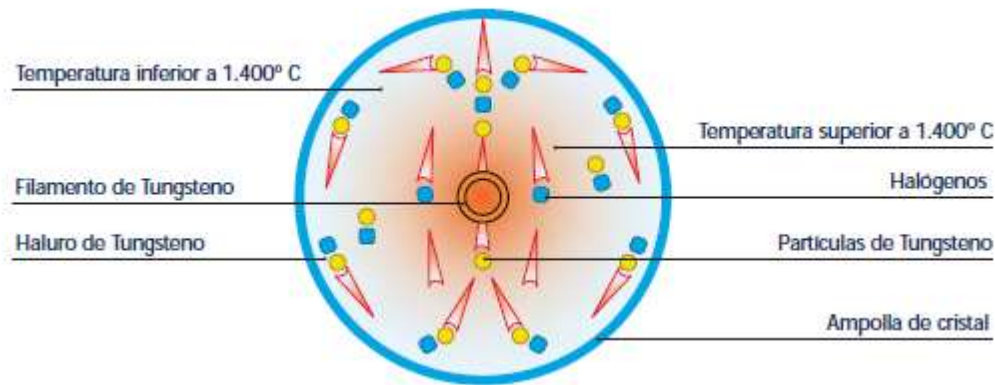
Estas lámparas tienen la ventaja de que se conectan directamente a la red, no necesitando ningún equipo auxiliar para su funcionamiento.

5.2.3.3.2. De incandescencias con halógenos

Lámparas halógenas de wolframio

La alta temperatura del filamento de una lámpara incandescente normal causa que las partículas de wolframio se evaporen y se condensan en la pared de la ampolla, dando por resultado un oscurecimiento de la misma. Las lámparas halógenas poseen un componente halógeno (yodo, cloro, bromo) agregado al gas de relleno y trabajan con el ciclo regenerativo de halógeno para prevenir el oscurecimiento.

El wolframio evaporado se combina con el halógeno para formar un compuesto wolframio halógeno. A diferencia del vapor de wolframio, se mantiene en forma de gas, siendo la temperatura de la ampolla suficientemente elevada como para prevenir la condensación. Cuando dicho gas se acerca al filamento incandescente, se descompone debido a la elevada temperatura en wolframio, que se vuelve a depositar en el filamento, y en halógeno, que continúa con su tarea dentro del ciclo regenerativo.



La diferencia principal con una lámpara incandescente, aparte del aditivo de halógeno mencionado anteriormente, está en la ampolla. Debido a que la temperatura de la ampolla debe ser alta, las lámparas halógenas son más pequeñas que las lámparas incandescentes normales. La envoltura tubular está hecha de un vidrio de cuarzo especial (que no debe tocarse con los dedos).

Desde su introducción, las lámparas halógenas de wolframio han incursionado en casi todas las aplicaciones donde se utilizaban las lámparas incandescentes. Las ventajas de las lámparas halógenas de wolframio con respecto a las lámparas incandescentes normales son: mayor durabilidad, mayor eficiencia luminosa, menor tamaño, mayor temperatura de color y poca o ninguna depreciación luminosa en el tiempo.

5.2.3.3.3. Fluorescentes

La lámpara fluorescente es una lámpara de descarga en vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga.

La lámpara, generalmente con ampolla de forma tubular larga con un electrodo sellado en cada terminal, contiene vapor de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas inerte para el arranque y la regulación del arco. La superficie interna de la ampolla está cubierta por una sustancia luminiscente (polvo fluorescente o fósforo) cuya composición determina la cantidad de luz emitida y la temperatura de color de la lámpara.

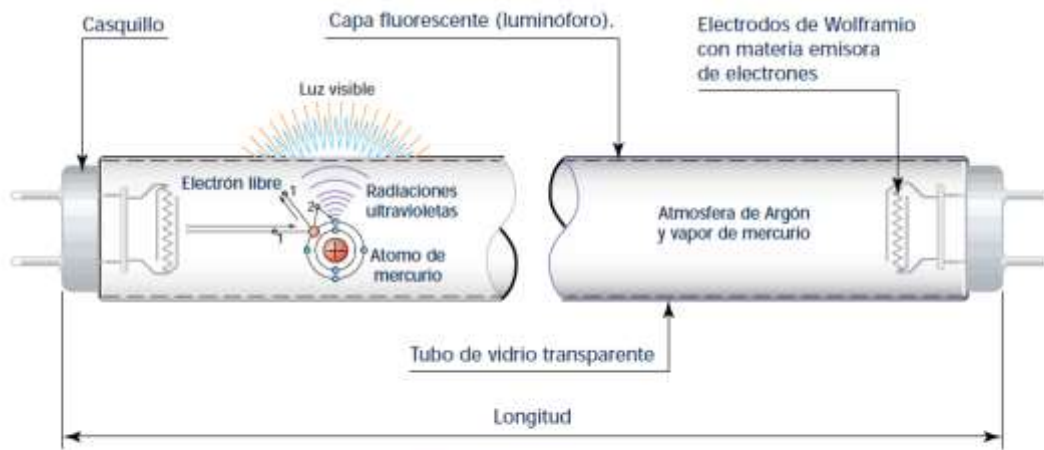


Figura 8. Lámpara fluorescente.

Las partes principales de la lámpara fluorescente son la ampolla, la capa fluorescente, los electrodos, el gas de relleno y los casquillos.

Ampolla: La ampolla de una lámpara fluorescente normal está hecha de vidrio cal-soda suavizado con óxido de hierro para controlar la transmisión ultravioleta de onda corta.

Revestimientos fluorescentes: El factor más importante para determinar las características de la luz de una lámpara fluorescente es el tipo y composición del polvo fluorescente (o fósforo) utilizado. Éste fija la temperatura de color (y como consecuencia la apariencia de color), el índice de reproducción del color (IRC) y, en gran parte, la eficiencia lumínica de la lámpara.

Tres grupos de fósforos se utilizan para producir las diferentes series de lámparas con diferentes calidades de color (fósforos standard, tri-fósforos y multi-fósforos).

Electrodos: Los electrodos de la lámpara, que poseen una capa de material emisor adecuado, sirven para conducir la energía eléctrica a la lámpara y proporciona los electrones necesarios para mantener la descarga.

La mayoría de los tubos fluorescentes poseen electrodos que se precalientan mediante una corriente eléctrica justo antes del encendido (se llaman lámparas de electrodos precalentamiento siendo iniciado este precalentado por un arrancador independiente).

Gas de relleno: El gas de relleno de una lámpara fluorescente consiste en una mezcla de vapor de mercurio saturado y un gas inerte amortiguador (argón y kriptón).

Bajo condiciones operativas normales, el mercurio se encuentra en el tubo de descarga tanto en forma líquida como de vapor.

El mayor rendimiento se logra con una presión de vapor de mercurio de alrededor de 0'8 Pa., combinado con una presión del amortiguador de alrededor de 2.500 Pa. (0'025 atmósferas). Bajo estas condiciones, alrededor de un 90% de la energía irradiada es emitida en la onda ultra-violeta de 253'7 nm.

En las lámparas fluorescentes, la temperatura de color está comprendida entre 2.700 K y 6.500 K., con una curva de distribución espectral discontinua que reproduce colores según la composición de la sustancia fluorescente que recubre la pared interior del tubo.

Cada radiación luminosa total resultante es la suma de la radiación del espectro discontinuo más la de una distribución espectral continua, cada vez más eficaz con el empleo de fósforos especiales.

De esta forma se fabrican tubos fluorescentes con varias tonalidades de luz e índices de reproducción cromáticos clasificados, según las normas C.I.E. en tres grandes grupos:

- Luz blanca día: $TC > 5.000 \text{ K}$.
- Blanco neutro: $5.000 \text{ K} \geq TC \geq 3.000 \text{ K}$.
- Blanco cálido: $TC < 3.000 \text{ K}$.

En cada grupo existen varios tonos con una amplia variedad de temperaturas de color e índices de reproducción cromática, según cada fabricante, que cubren las necesidades de una amplia gama de aplicaciones.

Estas lámparas precisan un equipo auxiliar formado por un balasto e ignitor (cebador), además de un condensador de compensación para mejorar el factor de potencia.

Los valores nominales de funcionamiento se alcanzan al cabo de cinco minutos. Cuando se apaga la lámpara, debido a la gran presión en el quemador, necesita enfriarse entre cuatro y quince minutos para encenderse nuevamente.

5.2.3.3.4. De descarga en alta presión

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Desde su introducción, la lámpara de vapor de mercurio a alta presión ha sido desarrollada a tal punto que la tecnología de iluminación es apenas imaginable sin ella.

En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga de cuarzo que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte, generalmente argón, para ayudar al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte se emite también en la ultravioleta. Cubriendo la superficie interna de la ampolla exterior, en la cual se encuentra el tubo de descarga, con un polvo fluorescente que convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible, la lámpara ofrecerá mayor iluminación que una versión similar sin dicha capa.

Principios de funcionamiento

Cuando se examina el funcionamiento de la lámpara de mercurio de alta presión, se deben considerar tres fases bien diferenciadas: ignición, encendido y estabilización.

Ignición

La ignición se logra por medio de un electrodo auxiliar o de arranque, ubicado muy cerca del electrodo principal y conectado al otro a través de una resistencia de alto valor (25 k Ω). Cuando se enciende la lámpara, un gradiente de alto voltaje ocurre entre los electrodos principales y de arranque, e ioniza el gas de relleno de esta zona en forma de descarga luminiscente, siendo la corriente limitada por una resistencia. La descarga luminiscente luego se expande por todo el tubo de descarga bajo la influencia del campo eléctrico entre los dos electrodos principales.

Cuando la descarga luminiscente alcanza el electrodo más distante, la corriente aumenta en forma considerable. Como resultado, los electrodos principales son caldeados hasta que la emisión aumenta lo suficiente como para permitir que la descarga luminiscente cambie completamente a una descarga de arco, sin que el electrodo auxiliar desempeñe otra función en el proceso a causa de la alta resistencia conectada en serie con él.

En esta etapa, la lámpara funciona como una descarga de baja presión (semejante a la de una lámpara fluorescente). La descarga llena el tubo y posee una apariencia azulada.

Encendido

Habiendo sido ejecutada la ionización del gas inerte, la lámpara aún no quema en la forma deseada y no ofrece su máxima producción de luz, hasta que el mercurio presente en el tubo de descarga esté completamente vaporizado. Esto no ocurre hasta que haya transcurrido un tiempo determinado, denominado tiempo de encendido.

Como resultado de la descarga de arco en el gas inerte se genera el caldeo resultando un rápido aumento de temperatura dentro del tubo de descarga. Esto causa la vaporización gradual del mercurio, aumentando la presión del vapor y concentrando la descarga hacia una banda angosta a lo largo del eje del tubo. Con un mayor aumento en la presión, la energía radiada se concentra en forma progresiva en las líneas espectrales de longitudes de onda mayores y se introduce una pequeña porción de radiación continua, de manera tal que la luz se torna más blanca. Con el tiempo, el arco logra un punto de estabilización y se dice que la lámpara alcanza el punto de equilibrio termodinámico total. Todo el mercurio entonces se evapora, y la descarga ocurre en vapor de mercurio no saturado.

El tiempo de encendido, que se define como el tiempo necesario de la lámpara desde el momento de ignición para alcanzar un 80% de su producción máxima de luz, es de aproximadamente cuatro minutos.

Estabilización

La lámpara de mercurio de alta presión, como la gran mayoría de las lámparas de descarga, posee una característica de resistencia negativa y, por lo tanto, no puede operar por su cuenta en un circuito sin un balasto adecuado para estabilizar el flujo de la corriente a través de ella.

Partes principales

En la Fig. 9 se pueden observar las partes principales de una lámpara de vapor de mercurio a alta presión.

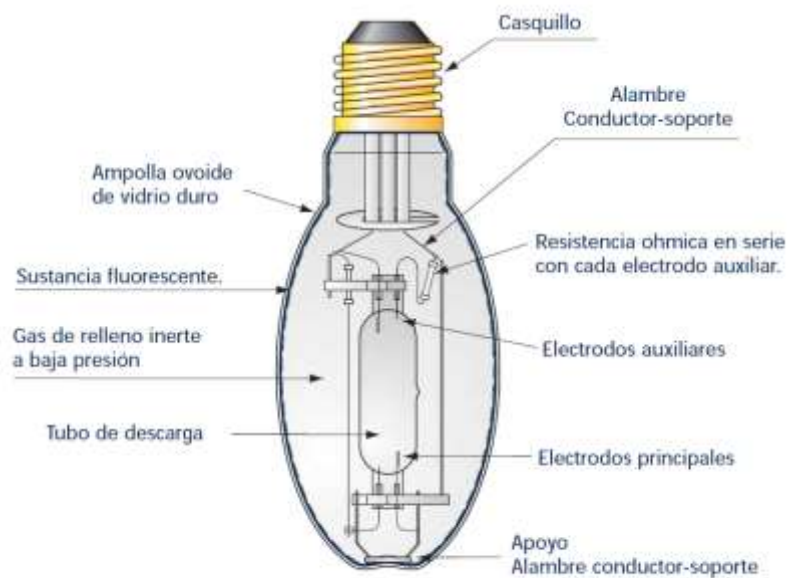


Figura 9. Lámpara de vapor de mercurio a alta presión.

Tubo de descarga y soporte: El tubo de descarga está hecho de cuarzo. Presenta una baja absorción a la radiación ultravioleta y a la visible, y posee la capacidad de soportar las altas temperaturas de trabajo involucradas.

Electrodos: Cada electrodo principal se compone de una varilla de wolframio, cuyo extremo se encuentra revestido por una serpentina de wolframio impregnado con un material que favorece la emisión de electrones. El electrodo auxiliar es simplemente un trozo de alambre de molibdeno o wolframio colocado cerca de uno de los electrodos principales y conectado al otro mediante una resistencia de 25 k Ω .

Ampolla exterior: Para lámparas de hasta 125 W de potencia, la ampolla exterior puede ser de vidrio de cal-soda. Sin embargo, las lámparas de potencias mayores

se fabrican, generalmente, con vidrio duro de borosilicato, ya que puede soportar temperaturas de trabajo mayores y golpes térmicos.

La ampolla exterior, que normalmente contiene un gas inerte (argón o una mezcla de argón y nitrógeno), protege al tubo de descarga de cambios en la temperatura ambiente y protege de corrosión a los componentes de la lámpara.

Revestimiento de la ampolla: En la mayoría de las lámparas de mercurio de alta presión, la superficie interna de la ampolla exterior está cubierta por fósforo blanco para mejorar la reproducción de color de la lámpara y para aumentar su flujo luminoso.

El fósforo convierte una gran parte de la energía ultravioleta radiada por la descarga en radiación visible, predominantemente en el extremo rojo del espectro.

Gas de relleno: El tubo de descarga está relleno de un gas inerte (argón) y de una dosis precisa de mercurio destilado. El primero es necesario para ayudar a originar la descarga y para asegurar una vida razonable para los electrodos de emisión recubiertos. La ampolla exterior está rellena de argón o una mezcla de argón y nitrógeno a presión atmosférica. El agregado de nitrógeno sirve para prevenir un arco eléctrico entre los soportes de alambre de la ampolla.

Estas lámparas precisan un equipo auxiliar que normalmente es un balasto con resistencia inductiva o transformador de campo de dispersión, además de un condensador de compensación.

Cuando la lámpara se apaga, no volverá a arrancar hasta que se haya enfriado lo suficiente para bajar la presión del vapor al punto donde el arco volverá a encenderse. Este periodo es de unos cinco minutos.

Lámparas de sodio a alta presión

Físicamente, la lámpara de sodio alta presión es bastante diferente de la lámpara de sodio baja presión, debido a que la presión de vapor es más alta en la primera. Este factor de presión también es causa de muchas otras diferencias entre las dos lámparas, incluyendo las propiedades de la luz emitida.

El tubo de descarga en una lámpara de sodio de alta presión contiene un exceso de sodio para dar condiciones de vapor saturado cuando la lámpara está en funcionamiento. Además posee un exceso de mercurio para proporcionar un gas amortiguador, y se incluye xenón, para facilitar el encendido y limitar la conducción de calor del arco de descarga a la pared del tubo. El tubo de descarga se aloja en una envoltura de vidrio protector vacía.

Las lámparas de sodio de alta presión irradian energía a través de una buena parte del espectro visible. Por lo tanto, en comparación con la lámpara de sodio baja presión, ofrecen una reproducción de color bastante aceptable.

Partes principales

Las partes principales de una lámpara de vapor de sodio a alta presión son las siguientes:

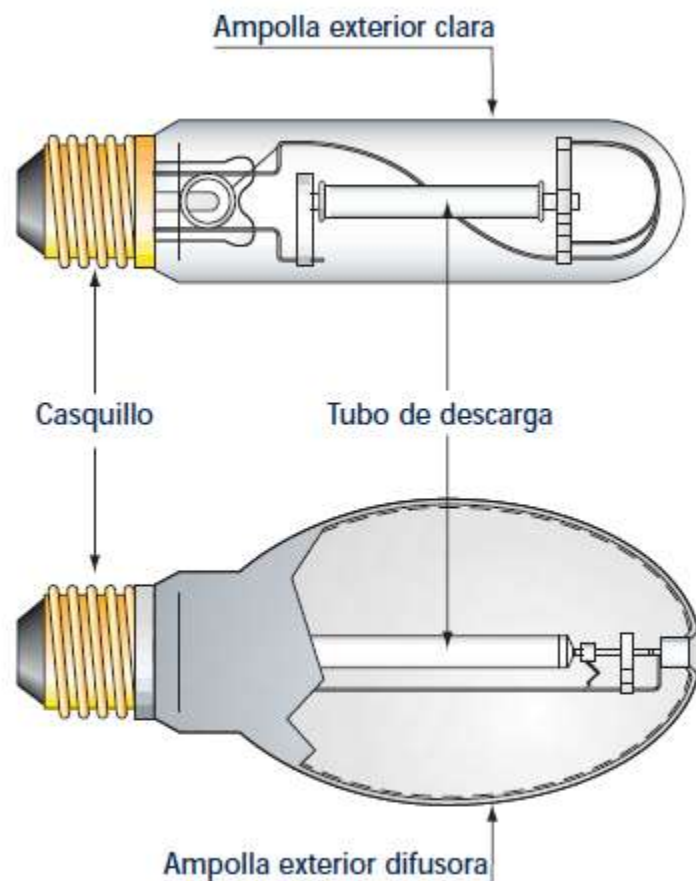


Figura 13. Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Tubo de descarga: El tubo de descarga está hecho de cerámica de óxido de aluminio (aluminio sinterizado) muy resistente al calor y a las reacciones químicas con el vapor de sodio.

Electrodos: Los electrodos, cubiertos por una capa de material emisor, consisten en una varilla de wolframio con una serpentina de wolframio enroscada alrededor de la misma.

Relleno: En el interior del tubo de descarga se encuentran sodio, mercurio y un gas nobles (xenón o argón) de los cuales es el sodio el principal productor de luz.

Ampolla externa: Esta ampolla está generalmente vacía.

La forma puede ser tanto ovoidal como tubular. La primera posee un revestimiento interno. Sin embargo, ya que el tubo de descarga de la lámpara de sodio alta presión

no produce, prácticamente, ninguna radiación ultra violeta, el revestimiento es simplemente una capa difusa de polvo blanco, para disminuir el elevado brillo del tubo de descarga. La ampolla tubular es siempre de vidrio claro.

Arrancadores y arrancadores auxiliares: Muchas de las lámparas de sodio de alta presión poseen un arrancador auxiliar incorporado, el cual ayuda a reducir la medida del voltaje pico de encendido que se necesita para encender la lámpara. A veces ambos, el arrancador incorporado y el arrancador auxiliar, se encuentran en la misma lámpara.

Estas lámparas precisan de un equipo auxiliar formado por un balasto e ignitor con tensión de impulso según tipo. También necesitan un condensador de compensación.

Los valores nominales se alcanzan al cabo de cinco minutos de encendido. Cuando se apaga una lámpara, debido a la gran presión del quemador, necesita enfriarse entre cuatro y quince minutos para encenderse nuevamente.

Lámparas de luz mezcla

Las lámparas de luz mezcla son una combinación de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión y de la lámpara incandescente, como resultado de uno de los intentos para corregir la luz azulada de las lámparas de vapor de mercurio, lo cual se consigue por la inclusión dentro de la misma ampolla de un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente de wolframio.

La luz de la descarga de mercurio y la del filamento caldeado se combina, o se mezclan, para lograr una lámpara con características operativas totalmente diferentes a aquellas que poseen tanto una lámpara de mercurio puro como una lámpara incandescente.

Partes principales

A excepción del filamento y del gas utilizado en la ampolla externa, las partes de una lámpara de luz mezcla son las mismas que las ya descritas en las lámparas de vapor de mercurio a alta presión (Fig. 10).

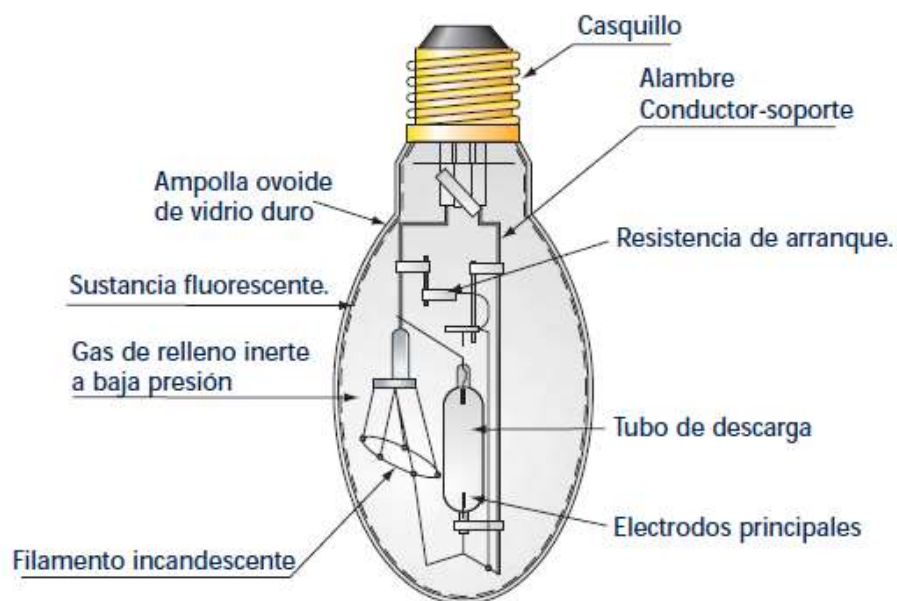


Figura 10. Lámpara de luz mezcla.

Filamento: El filamento, que también actúa como un balasto de resistencia para el tubo de descarga, es un alambre de wolframio enrollado igual que en la lámpara incandescente. Está conectado en serie con el tubo de descarga y situado junto o alrededor del mismo, para obtener buena mezcla de luz y para fomentar el rápido encendido del tubo.

Gas de relleno en ampollas externas: Así como en las lámparas incandescentes, el gas de relleno en lámparas de luz mezcla está compuesto de argón pero agregándole un porcentaje de nitrógeno para evitar un arco en el filamento. Comparada con la lámpara standard de vapor de mercurio a alta presión, se utiliza una presión mayor de llenado para mantener la evaporación del wolframio al mínimo.

Las lámparas de luz mezcla tienen la ventaja de que pueden conectarse directamente a la red (no precisan de balasto y arrancador para su funcionamiento). Tardan unos dos minutos en el encendido y no se puede efectuar el re-encendido hasta que no se enfría.

Tablas características

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Vida útil: 14.000 horas.

Temperatura de color: 3.500 K 4.200 K

Índice de reproducción cromática (IRC): 50

Potencia nominal	Flujo ϕ (lm)	Rendimiento Lm/W	Diámetro \emptyset en mm	Longitud L en mm	Casquillo
50	1.800	36,00	55	130	E-27
80	3.800	47,50	70	156	E-27
125	6.300	50,40	75	170	E-27
250	13.000	52,00	90	226	E-40
400	22.000	55,00	120	290	E-40
700	38.500	55,00	140	330	E-40
1.000	58.000	58,00	165	390	E-40

Lámparas de sodio a alta presión

Vida útil: 12.000 ÷ 18.000 horas.

Temperatura de color: 2.000 K ÷ 2.200 K

Índice de reproducción cromática (IRC): 20 ÷ 65

Vapor de sodio alta presión forma tubular clara

Potencia nominal	Flujo ϕ (lm)	Rendimiento Lm/W	Diámetro \emptyset en mm	Longitud L en mm	Casquillo
50	4.000	80,00	40	155	E-27
70	6.500	92,85	40	155	E-27
100	10.000	100,00	45	210	E-40
150	17.000	113,33	45	210	E-40
250	33.000	132,00	45	255	E-40
400	55.500	138,75	45	285	E-40
600	90.000	150,00	55	285	E-40
1.000	130.000	130,00	65	400	E-40

Vapor de sodio alta presión elipsoidal capa difusa

Potencia nominal	Flujo ϕ (lm)	Rendimiento Lm/W	Diámetro \emptyset en mm	Longitud L en mm	Casquillo
50	3.500	70,00	70	155	E-27
70	5.600	80,00	70	155	E-27
100	10.000	100,00	75	185	E-40
150	14.000	93,33	90	225	E-40
250	25.000	100,00	90	225	E-40
400	47.000	117,50	120	290	E-40
1.000	128.000	128,00	165	400	E-40

5.2.3.4. Luminarias

Al conjunto de elementos que se necesitan para ubicar y proteger una o más lámparas de cualquier tipo y los elementos auxiliares, en caso que corresponda, se lo denomina luminaria.

Es importante considerar el tipo de luminaria a utilizar, ya que ésta influye sobre el nivel de iluminación y la adecuada distribución del flujo luminoso.

Una luminaria debe cumplir con las siguientes funciones:

- Distribuir adecuadamente la luz en el espacio
- Evitar toda causa de molestia provocada por deslumbramiento o brillo excesivo
- Satisfacer las necesidades estéticas y de ambientación del espacio al que están destinadas

- Optimizar el rendimiento energético, aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso entregado por las lámparas
- Proteger adecuadamente la lámpara, el sistema fotométrico y el equipamiento auxiliar de las condiciones ambientales

Existen además prácticas sencillas con las que mejorar la reflectividad de las luminarias existentes, simplemente agregando placas de aluminio pulido, en la parte posterior de la luminaria, se obtiene una mejora del nivel de iluminación.

Índice IP

Corresponde al grado de protección contra cuerpos sólidos y agua que da la luminaria al grupo óptico (que incluye la lámpara) y al receptáculo para el equipamiento auxiliar (puede ser diferenciado para ambas partes de la luminaria).

El índice se compone de dos dígitos IP XY.

El primer dígito refiere a la protección contra objetos sólidos y varía de 0 a 6. Las clases 5 y 6 indican hermeticidad al polvo.

El segundo dígito refiere a la protección contra la penetración de agua y humedad. El índice varía entre 0 y 8, los números 3 al 6 indican protección contra lluvia y chorro de agua y, 7 y 8 protección frente a la inmersión.

Las luminarias con IP más bajo indican que la luminaria es más abierta, y requieren períodos de mantenimiento más cortos. [3]

5.2.4. Métodos de cálculo para iluminación y simulación

5.2.4.1. Iluminación vial

Una de las aplicaciones de la Luminotecnia a la Ingeniería de Carreteras es el estudio de los niveles de iluminación de vías destinadas a la circulación de vehículos como de peatones.

Muchas veces, una correcta iluminación influye en forma indirecta en factores determinantes desde el punto de vista del tráfico, como son la velocidad de circulación, la capacidad de la vía o la seguridad de la misma. Por tanto, es

conveniente disponer de una serie de nociones básicas acerca del tema para poder abordar la construcción de vías urbanas.

Disposición de las luminarias

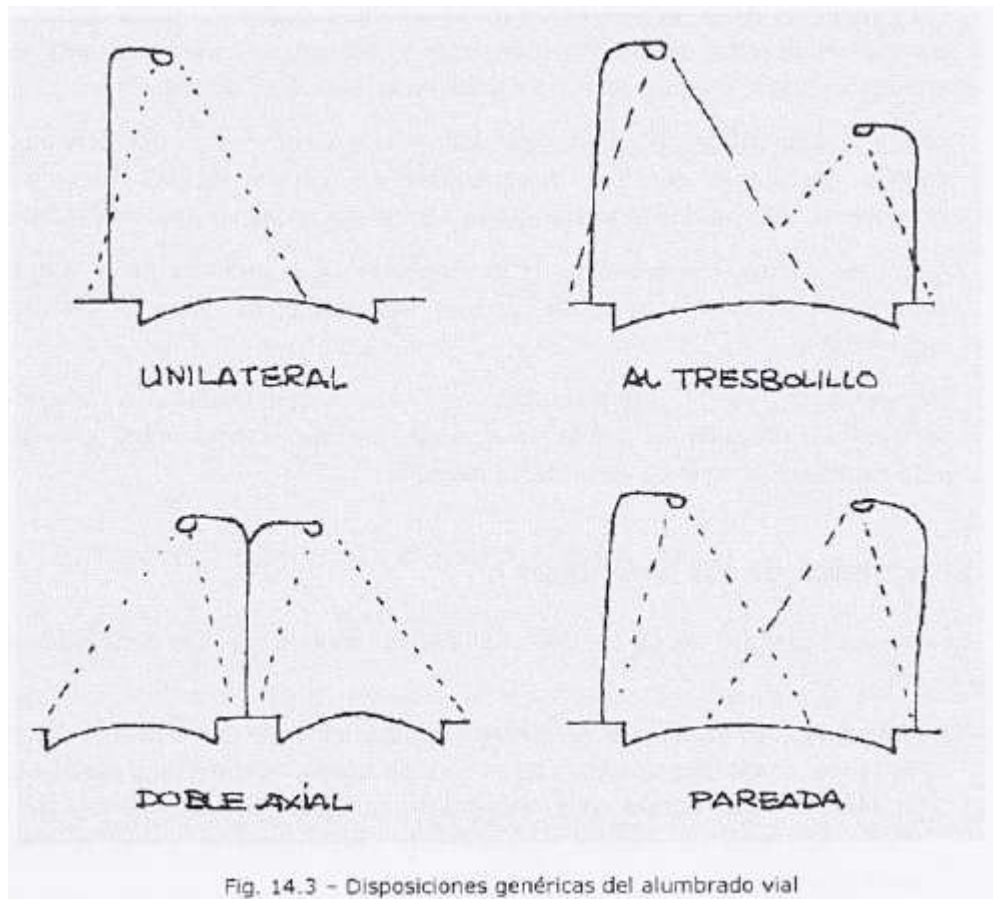
Unilateral: Las luminarias se disponen únicamente en uno de los márgenes de la vía, con lo que una sola calzada queda mucho más iluminada que la otra. Es una opción muy económica, aunque por su baja calidad de alumbrado está en desuso, empleándose únicamente en zonas rurales o poco transitadas

Al tresbolillo: Se basa en la alternativa de luminarias a ambos lados de la calzada. Esta solución es aceptable y relativamente económica, aunque la uniformidad de alumbrado deja bastante que desear. Es antiestética.

Pareada: Las luminarias se sitúan enfrentadas, una a cada lado de la vía. Esta solución es sin duda la que mejor resultados da desde el punto de vista de la uniformidad, aunque debe procurarse distanciar las luminarias lo suficiente como para no producir el desagradable efecto túnel.

Doble axial: En el caso de vías con medianas o calzadas muy anchas, puede colocarse en el centro de las mismas un basculo que se bifurque en dos luminarias, de forma que cada una de ellas ilumine uno de los lados. Esta solución hace los carriles más iluminados, con la consiguiente reducción de la capacidad de la vía.

Como ocurre normalmente, la mejor solución se obtendrá con la combinación de las tipologías anteriormente descritas.

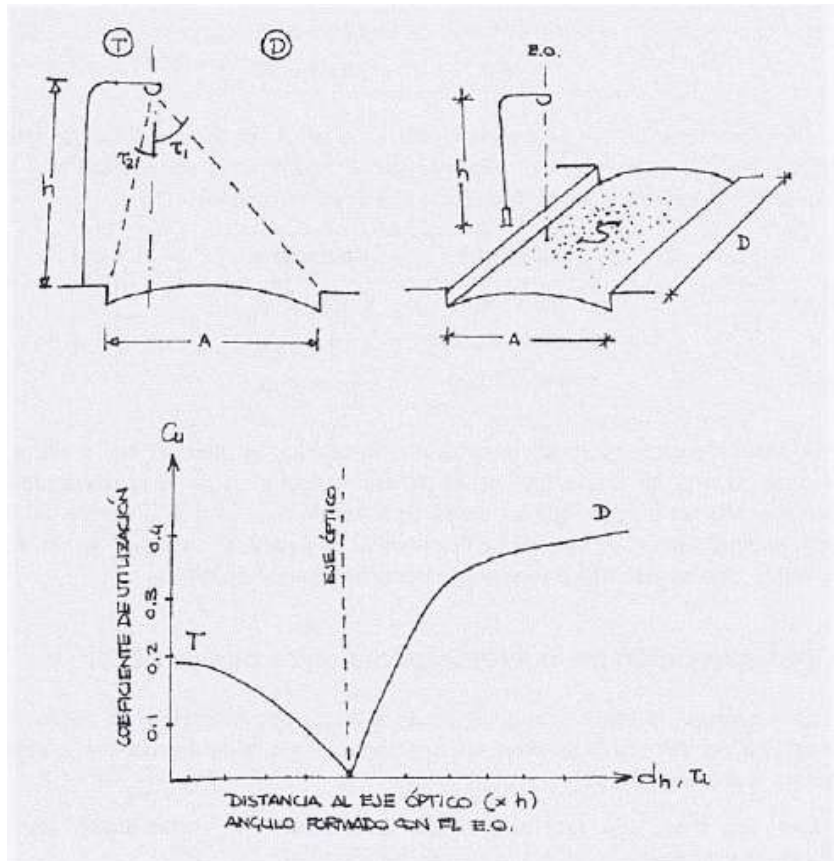


5.2.4.2. Cálculo de iluminación puntual y media

Método de los coeficientes de utilización

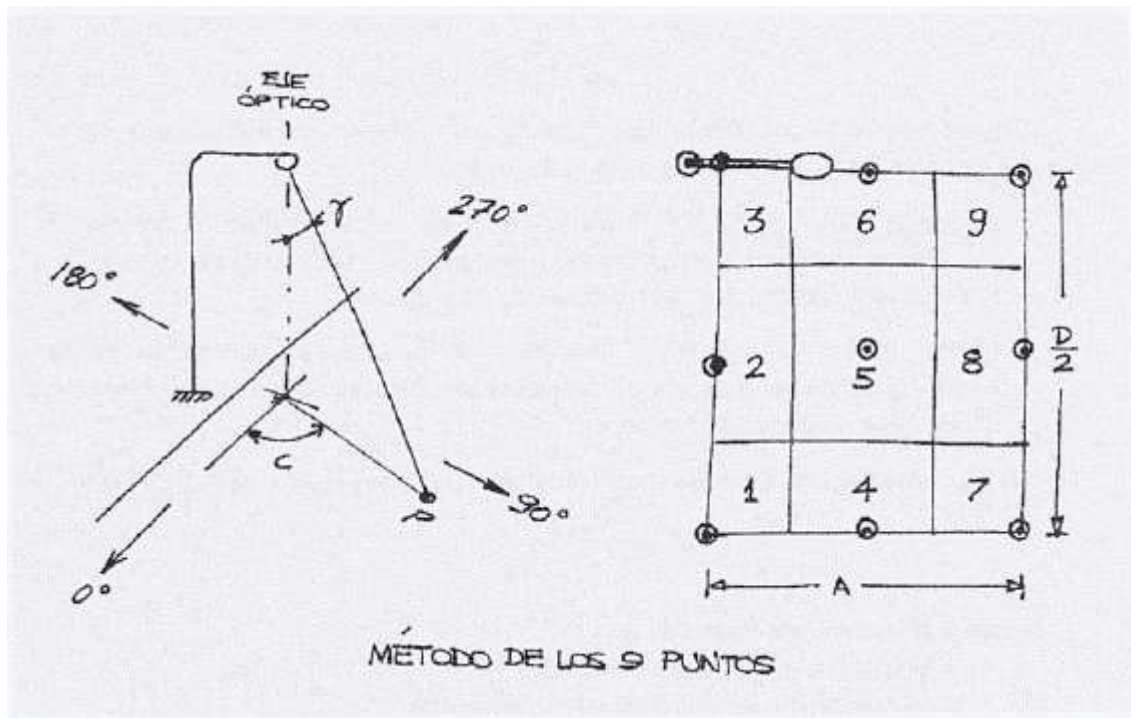
Este método se basa en la utilización del coeficiente de utilización, que define el porcentaje de luz que llega a la superficie deseada. Este coeficiente, suministrado por los fabricantes de luminarias, en función de la geometría y diseño de la propia luminaria.

Normalmente, los coeficientes de utilización se presentan en forma de curvas que relacionan el ángulo que la dirección forma con el eje óptico de la luminaria o la relación entre la distancia horizontal y la altura de la luminaria.



Método de los nueve puntos

Este procedimiento de cálculo mucho más preciso que el anterior se engloba en el conjunto de métodos de cálculo por elementos finitos, basados en el análisis de la iluminancia de una serie de puntos distribuidos en las intersecciones de una malla reticulada. Su cálculo se realiza mediante ordenadores, ya que se trata de procedimientos iterativos y tediosos de realizar manualmente.



5.2.4.3. Factor de mantenimiento y utilización de software de cálculo

Los programas de cómputo que existen hoy en el mercado es un fenómeno que no existía tan solo hace 20 años. Los avances de estos se han dado debido al rápido crecimiento de la industria de la iluminación donde cada vez más se requiere a profesionales equipados con todas las herramientas que miden la eficiencia de un buen diseño de iluminación.

AGi32, Dialux, Calculux, Relux, WYSIWYG, y Litestar son algunos de los programas de cómputo actualmente en el mercado. Cada uno cuenta con diferentes ventajas y desventajas. De los más usados son AGi32 y WYSIWYG por el software CAST.

AGi32 puede servir como una herramienta de diseño en todas las etapas del proceso, sobre todo para reducir el consumo de energía mediante el desarrollo de diseños exigentes. En su uso, el diseñador descubrirá constantemente maneras de reducir los niveles de luz del diseño en el que trabaja. Esta capacidad de desafiar las suposiciones y presunciones del diseñador permite crear diseños mucho mejores.

Por otro lado, WYSIWYG es un programa de gran alcance, pre-visualización y programación de herramientas para la industria de la iluminación de entretenimiento. Sin embargo, no es el software que se desearía utilizar para diseñar la iluminación de oficinas, pero no fue concebido para ese fin.

Lo principal para tomarse en cuenta es la mayor utilidad que brindan estos programas después de que se haya completado un diseño arquitectónico. Es decir, cuentan con más funciones para medir la eficiencia de un diseño lumínico que con funciones para diseñar un espacio atractivo.

La mejor práctica al usar estos programas es primero diseñar y generar dibujos del diseño de iluminación usando programas como AutoCAD. Luego, una vez que las cualidades estéticas y los objetivos de diseño se hayan establecido por el arquitecto, los dibujos se traspasan al programa de iluminación. [4]

5.3. Definición de Términos Básicos

6. Métodos y técnicas a utilizar

6.1. Tipo de Investigación

La investigación será del tipo documental y de campo. En el tipo documental se realizara consultas en algunas fuentes de información tales como páginas web, catálogos y libros. Y en el tipo de campo, se investigara sobre las alternativas tecnológicas existentes en nuestro mercado para distinguir las diferentes características en cuanto a especificaciones técnicas y criterios de luminotecnia

6.2. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

Se utilizaran planillas electrónicas para ir teniendo una base de datos de todo el proceso de recolección de datos. Los instrumentos que se utilizaran son instrumentos de medición tal como, luxómetro, cámara termografica, cámara fotográfica, medidores de consumo de energía.

6.3. Fases metodológicas

Se desarrollaran las siguientes fases metodológicas para encarar el logro de los objetivos perseguidos con este proyecto de fin de grado:

- **Fase I: Relevamiento de Datos**

Se relevara datos de las instalaciones de alumbrado públicos existentes, buscando el catalogo del fabricante para tener las especificaciones técnicas y con instrumentos de medición se tomaran datos de los niveles de iluminación proporcionadas por el equipo actualmente.

- **Fase II: Revisión Normativa**

Se revisara normas internacionales que son aplicadas para la instalación de nuevos sistemas tecnológicos de alumbrado público.

- **Fase III: Exploración de mercado en cuanto a tecnologías disponibles**

Se realizara una exploración del mercado sobre la disponibilidad de sistemas tecnológicos de alumbrado público, se solicitara a cada fabricante un equipo con catálogo de especificaciones técnicas y datos presupuestarios.

- **Fase IV: Realización de ensayo a equipos**

Se realizara ensayos de consumo de energía, FDP, termografía a cada uno de los equipos provistos por sus fabricantes y luego se instalaran los equipos de cada fabricante a modo de prueba, colocando en un mismo lugar de un equipo anterior con fin de tomar datos en cuanto a criterios de iluminación utilizando instrumentos de medición

- **Fase V: Definición de criterios técnicos y económicos**

Se establecerán criterios técnicos y económicos que tras resultados obtenidos en ensayos, datos presupuestarios y datos técnicos tomados luego de la instalación para realizar una evaluación y comparación de las alternativas según los criterios establecidos.

- **Fase VI: Evaluación y selección de alternativa**

Teniendo en cuenta las evaluaciones y comparaciones según criterios técnicos y económicos se seleccionara la alternativa más eficiente en cuanto a consumo de energía, mejores características posibles como vida útil, criterios de luminotecnica y económicamente rentable.

7. Recursos Necesarios para elaboración del proyecto

- Recursos Humanos

Este proyecto final de grado será elaborado por el alumno proyectista de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA carrera de Ingeniería en Electricidad, con el apoyo del Asistente de proyecto final de grado, Ingeniero tutor y personales técnicos correspondientes al área de estudio de esta investigación de la concesionaria Clyfsa.

- Recursos Materiales

Los recursos materiales que se necesitaran son:

- Computadora y calculadora (Propio)
- Bloc de notas y agenda
- Software de diseño y simulación (Propio)
- Luxometro
- Cámara termografica (Prestado sin costo)
- Laboratorio de ensayo (Prestado sin costo)
- Herramientas utilizadas en taller y montaje de equipos (Prestado sin costo)
- Medios de transporte

- Recursos Financieros

Presupuesto para recursos materiales en Gs.				
Materiales	Total Meses	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Computadora y calculadora	5	1	NA	NA
Bloc de notas y agenda	5	2	20.000	40.0000

Software de diseño y simulación	2	2	NA	NA
Luxometro	2	1	250.0000	250.000
Cámara termografica	2	1	NA	NA
Laboratorio de ensayo	1	4	NA	NA
Herramientas	1	10	NA	NA
Medios de transporte	5	20	30.000	600.000
Viatico	5	20	30.000	600.000
Subtotal				1.450.000
Imprevisto 10%				145.000
Total General				1.595.000

Observación: NA (no aplica) son materiales propios o prestados sin costo

8. Cronograma de Actividades

Cronograma de Actividades																								
Mes	Setiembre 2017				Octubre 2017				Noviembre 2017				Diciembre 2017				Enero 2018				Febrero 2018			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividad																								
Revisión bibliográfica			■	■																				
Redacción de marco teórico					■	■	■	■																
Relevamiento de Datos																								
Relevamiento de datos de instalaciones actuales						■	■	■																
Búsqueda de catálogo del fabricante											■	■												
Revisión Normativa																								
Revisión de normas aplicadas en instalaciones actuales											■	■												
Revisión de normas aplicadas en sistemas tecnológicos											■	■												
Exploración de mercado en cuanto a tecnologías disponibles																								
Exploración de mercado nacional											■	■												
Selección de proveedores con quien se desea trabajar															■	■								
Realización de ensayo a equipos																								
Realización de solicitud de equipos a fabricantes															■	■								
Realización de ensayos correspondiente																			■	■				

9. Bibliografía

- [1] E. C. y. B. O`Donell, «Cap 2: Luz, Color y Vision,» de *Iluminacion Eficiente*, Buenos Aires, 2002, pp. 1-30.
- [2] C. C. N. M. A. A. P. V. R. M. Blanca Giménez Vicente, *Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida.*, 2007.
- [3] B. M. O. J. D. S. y. F. Paukste, «Cap 4: Fuentes Luminosas,» de *Iluminación Eficiente*, Buenos Aires, 2002, pp. 1-68.
- [4] A. J. Leon, «Cap 4: Iluminacion de exteriores,» de *Lighting*, Honolulu, Hawai, 2007, pp. 63 - 72.

10. Anexos