

" ESCUELA POLITECNICA NACIONAL "

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO DE SISTEMAS DE ALUMBRADO PUBLICO

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL  
TITULO DE INGENIERO ELECTRICO EN  
LA ESPECIALIDAD DE POTENCIA

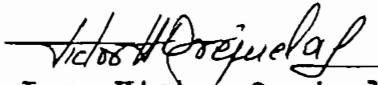
FAUSTO PATRICIO GRANDA DELGADO

002714

QUITO-MARZO 1982

CERTIFICACION

CERTIFICO QUE: la presente tesis de Grado ha sido realizada en su totalidad por el señor Fausto Patricio Granda Delgado.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Victor Orejuela". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath.

Ing. Victor Orejuela L.,  
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A Miriam Cecilia,y

Byron Patricio.

## AGRADECIMIENTO

A mis padres.

Al señor Ingeniero Victor Orejuela,  
por su dirección en la Tesis.

Al Ingeniero Paul Ayora, por su ase  
soramiento.

Al Ingeniero Fausto Avilés, por su  
apoyo.

El Autor.

## INDICE

Párrafo	Pag.
CAPITULO I	
INTRODUCCION	
I.1. Generalidades	1
I.2. Alcance y Objetivos	3
CAPITULO II	
GENERALIDADES SOBRE ILUMINACION	
II.1.1. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia	4
II.1.2. Ley del coseno	5
II.2. Niveles básicos de iluminación	6
II.3. Equipo general a utilizarse	11
II.3.1. Fuente	11
II.3.2. Bombilla	11
II.3.3. Luminaria	11
II.3.4. Reflector	11
II.3.5. Refractor	11
II.3.6. Difusor	12
II.3.7. Protector	12
II.3.8. Apantallamiento de una luminaria	12
II.3.9. Soportes	12

Párrafos	Pag.
II.4. Tipos de lámparas más utilizados	14
II.4.1. Bombillas incandescentes	15
II.4.2. Tubos fluorescentes	16
II.4.3. Lámparas de vapor de mercurio	16
II.4.4. Lámparas de vapor de sodio de <u>ba</u> ja presión	20
II.4.5. Lámparas de vapor de sodio de <u>al</u> ta presión	22
II.4.6. Lámparas de luz mixta	
II.5. Características de los aparatos de alumbrado	26
II.5.1. Características de las luminarias	26
II.5.2. Clasificación de las luminarias se gún la simetría del flujo emitido e intensidades luminosas	26
II.5.3. Clasificación de las luminarias, se gún la radiación del flujo luminoso respecto a un plano	28
II.5.4. Clasificación de luminarias de ra- diación directa y distribución si- métrica en función del ángulo bajo el cual se irradia el 50% de flujo luminoso total.	28
II.5.5. Clasificación de las luminarias em- pleadas en alumbrado público	28
II.5.6. Clasificación de las luminarias se gún el tipo de lámpara	32
II.6. Altura y separación de los aparatos de alumbrado	32
II.6.1. Altura del punto de luz	32
II.6.2. Separación de los puntos de alum- brado	33

Párrafos	Pag.
II.6.3. Disposición de los puntos de luz	34
II.7. Cálculo del flujo luminoso	36
II.7.1. Método del flujo luminoso necesario	36
II.7.2. Método del punto por punto	39
II.7.3. Método simplificado	41
CAPITULO III	
SISTEMAS DE ALUMBRADO	
III.1. Tipos de sistema	44
III.2. Sistema serie	44
III.2.2. Ventajas	49
III.2.3. Desventajas	49
III.2.4. Equipo especial a utilizarse	49
a) Transformador de corriente constante.	51
b) Interruptores	57
c) Seccionadores tipo película	59
d) Conductores	61
e) Relés	62
f) Pararrayos	64
g) Puesta a tierra	67
III.3. Sistema múltiple	69
III.3.2. Ventajas	73
III.3.3. Desventajas	73
III.3.4. Equipo especial a utilizarse	74

Párrafos	Pag.
a) Transformadores	74
b) Interruptores	74
c) Balastos	75
d) Conductores	76
e) Equipo de protección	77
III.4. Sistema Mixto	78
III.4.1. Características	78
III.4.2. Ventajas	81
III.4.3. Desventajas	81
III.4.4. Equipo especial a utilizarse	81
CAPITULO IV	
CONTROL	
IV.1. Generalidades	83
IV.2. Control manual	84
IV.3. Control con célula fotoeléctrica	85
IV.4. Control con relojes	91
IV.5. Control con hilo piloto	93
IV.6. Otro tipo de control	96
CAPITULO V	
EVALUACION ECONOMICA	
V.1. Costo de inversión, valor presente de los gastos de operación y mantenimiento del sistema serie, de acuerdo al tipo de control	101

Párragos	Pag.
V.2. Costo de inversión, valor presente de los gastos de operación y mantenimiento del sistema múltiple, de acuerdo al tipo de control	117
V.3. Costo de inversión, valor presente de los gastos de operación y mantenimiento del sistema mixto, de acuerdo al tipo de control	131
 CAPITULO VI	
EJEMPLO DE APLICACION	
VI.1. Antecedentes	133
VI.2. Características de la calle	135
VI.3. Nivel medio de iluminación	135
VI.4. Tipo de lámpara	135
VI.5. Tipo de luminaria	136
VI.6. Altura del punto de luz	136
VI.7. Disposición de los puntos de luz	137
VI.8. Separación de los puntos de luz	138
VI.9. Cálculo del número de luminarias	138
VI.10 Rectificación y/o corrección de la separación entre los puntos de luz	139
VI.11. Verificaciones	140
VI.11.1. Cálculo del nivel de iluminación	141
VI.11.2. Medidas de niveles de iluminación	143
VI.12 Tipo de sistema	144
VI.12.1. Sistema serie	144
VI.12.12 Sistema múltiple	153
VI.12.3. Sistema mixto	155

Párrafos	Pag.
VI.13. Evaluación Económica	166
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### I.1. GENERALIDADES

La mayor parte de nuestras acciones, se encuentran condicionadas a nuestro sistema visual, - de tal manera que el mejor desenvolvimiento de las actividades cotidianas e inclusive la misma seguridad personal, depende de una buena iluminación, razón por la cual, uno de los principales objetivos que persigue una buena instalación de alumbrado público es salvaguardar la seguridad de los ciudadanos, seguridad que constantemente se encuentra amenazada por peligros nocturnos, como son los robos, crímenes y vandalismo. De acuerdo a estadísticas realizadas en España, por los departamentos de seguridad, se establece que los actos delictivos durante la noche se propagan en los sectores poco atendidos con el servicio de alumbrado público. Una instalación de alumbrado público, a más de cumplir con el objetivo anteriormente citado - debe procurar que su aspecto exterior, no desentone con el medio ambiente, en el cual está incluida, debido especialmente a que las lumina-

I.2. ALCANCE Y OBJETIVOS

Una de las metas trazadas para la elaboración del presente trabajo es la presentación de una herramienta de trabajo, la misma que ofrecerá los lineamientos recomendados por la CEAC, OSRAM y por la WESTINHOUSE.

Otro de los objetivos es el de realizar una breve descripción tanto de los sistemas de alumbrado público como de los diferentes tipos de control.

El principal objetivo es el de realizar una evaluación económica de los sistemas de alumbrado público, esta evaluación económica se la realiza, tomando en consideración las diferentes formas de control.

El presente trabajo no tiene por objeto determinar los siguientes parámetros de un proyecto de alumbrado, disposición de las luminarias, altura de montaje de las luminarias, separación de los puntos de alumbrado, tipo de lámparas a utilizarse, tipo de poste, tipo de mantenimiento (preventivo y correctivo) y número de limpiezas de luminarias.

## CAPITULO II

### GENERALIDADES SOBRE ILUMINACION

#### II.1. CONCEPTOS GENERALES

Los principales conceptos sobre iluminación se encuentran resumidos en el anexo N. 1, y las magnitudes y unidades luminosas fundamentales se encuentran representadas en el anexo N. 2; por este motivo nos limitaremos a tratar en forma rápida la ley de la inversa del cuadrado de la distancia y la ley del coseno.

##### II.1.1. LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA

Para el mismo manantial luminoso, las iluminancias en diferentes superficies situadas perpendicularmente a la dirección de la radiación, son directamente proporcionales a la intensidad luminosa del foco, e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa del mismo.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Esta ley se cumple cuando se trata de una fuente puntual de superficies perpendiculares a la dirección del flujo luminoso y cuando la distancia es

grande en relación al tamaño del foco; para luminarias se considera suficientemente exacta si la distancia es por lo menos cinco veces la máxima dimensión de la luminaria.

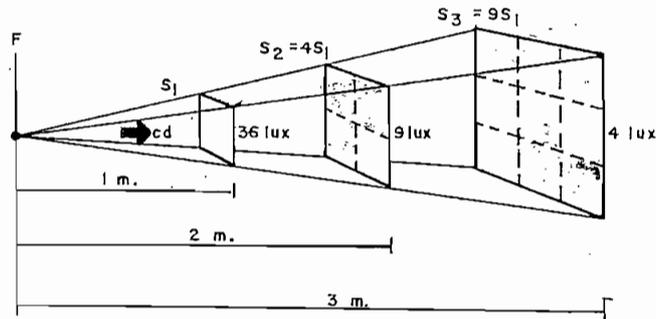


Fig. II.2 Aplicación de la ley de la inversa del cuadrado de la distancia.

### II.1.2. LEY DEL COSENO

La iluminancia en un punto cualquiera de una superficie es proporcional al coseno del ángulo de incidencia de los rayos luminosos en el punto iluminado; ángulo de incidencia es el formado por la dirección del rayo incidente y la perpendicular a la superficie.

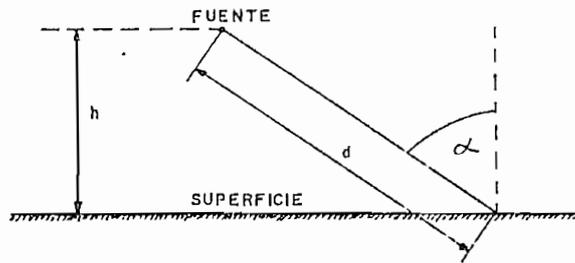


Fig. II.3. Iluminancia con ángulo de incidencia  $\alpha$

$$E = \frac{I}{d^2} \cos \alpha$$

En la práctica, generalmente no se conoce la distancia "d" del foco al punto considerado, sino su altura "h" a la horizontal del punto, por lo que en lugar de la fórmula anterior se emplea la siguiente:

$$E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha$$

## II.2. NIVELES BASICOS DE ILUMINACION

La iluminación de una vía pública está en razón directa con la intensidad del tráfico rodado o la velocidad media de los vehículos que por ella circulan; depende también de la categoría de la

calle, anchura de la calzada y de las caracte--  
rísticas especiales que presenten las calles que  
son típicamente comerciales, residenciales, etc.  
Los niveles básicos de iluminación y sus corres-  
pondientes factores de uniformidad en función de  
la intensidad de tráfico rodado y de la velocidad  
media del mismo, deben constituir un equilibrio  
entre las necesidades visuales de los usuarios -  
de las vías públicas y las posibilidades económi-  
cas de satisfacerlas.

La tabla II.1 nos representa los valores mínimos  
recomendados por OSRAM S.A.

Para el caso de que no se tengan datos numéricos  
sobre tráfico, Osram S.A. recomienda la utiliza-  
ción de la tabla II.2., la cual nos dá los valo-  
res de nivel y factor de uniformidad de ilumina-  
ción sobre la calzada en servicio.

La tabla II.3. nos representa los valores prome-  
dio de niveles de iluminación recomendados por -  
el Código Eléctrico Ecuatoriano.

TABLA II.1

Nivel y factor de uniformidad de iluminación sobre la calzada, en servicio según el tipo de vía y según la velocidad de tráfico rodado, según el manual OSRAM S.A.

Iluminación (lux)	4	7	15	22	30
Uniformidad	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
Tipo de vía	VEHICULO/HORA				
Vía principal continuación de carretera de red básica, afluyente o una de estas.	-	250-500	500-1000	1.000 1.800	Más de 1.800
Vía principal continuación de carretera de red comunal	-	300-600	600 1.200	-	-
Vía principal continuación de carretera de red local o vecinal	-	400-800			
Vías urbanas	150-300	300-600	600 1.200	1.200 1.400	más de 1.400
Velocidad	VEHICULO/HORA				
Inferior a 25 Km/h	150-400	400-800	800 1.600	1.600 3.200	más de 3.200
Superior a 55 Km/h	150-250	250-500	500 1.000	1.000 1.800	más de 1.800

TABLA II.2.

Nivel y factor de uniformidad de iluminación sobre la calzada y en servicio en ausencia de datos numéricos sobre el tráfico, según manual OSRAM 1975.

	Valores mínimos		Valores nominales	
	Ilumina. mínima lux	Factor uniformidad	Ilumin. media lux	Factor de uniformidad
- Carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	22	0,30
- Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	22	0,30
- Vías principales de penetración, continuación de carreteras de la red comunal	10	0,25	15	0,25
- Vías principales o de penetración de carreteras de las redes locales o vecinales	7	0,20	10	0,25
- Vías industriales	4	0,15	7	0,20
- Vías comerciales de lujo con tráfico rodado	15	0,25	22	0,30
- Vías comerciales con tráfico en general	7	0,20	15	0,25
- Vías comerciales sin tráfico rodado	4	0,15	10	0,25
- Vías residenciales con tráfico rodado	7	0,15	10	0,25
- Vías residenciales con poco tráfico rodado	4	0,15	7	0,20
- Grandes plazas	15	0,25	20	0,30
- Plazas en general	7	0,20	10	0,25
Paseos	10	0,25	15	0,25

TABLA II.3.

NIVELES PROMEDIO PARA ILUMINACION EN LUX  
SEGUN EL CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO

Tráfico	Clasificación de tráfico vehicular			
	Muy ligero Hasta 150	Ligero 150 - 500	medio 500-1.200	pesado 1.200 y más
Peatonal				
Pesado	20	30	40	50
medio	10	20	30	40
Ligero	5	10	20	30

### II.3. EQUIPO GENERAL A UTILIZARSE

A continuación se anotarán las definiciones dadas por el Código Colombiano sobre los principales equipos a utilizarse.

#### II.3.1. FUENTE

Superficie u objeto que emite la luz producida por una transformación de energía.

#### II.3.2. BOMBILLA

Fuente artificial constituida con el objeto de producir luz, se la denomina también lámpara

#### II.3.3. LUMINARIA

Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las bombillas incluyendo todas las piezas necesarias para fijar, proteger las bombillas y conectarlas al circuito de alimentación.

#### II.3.4. REFLECTOR

Dispositivo que sirve para modificar la repartición espacial del flujo luminoso de una fuente, utilizando esencialmente el fenómeno de reflexión.

#### II.3.5. REFRACTOR

Dispositivo que sirve para modificar la repartición espacial del flujo luminoso de una fuente,

tilizando esencialmente el fenómeno de refracción.

#### II.3.6. DIFUSOR

Dispositivo que sirve para modificar la repartición espacial del flujo luminoso de una fuente, utilizando esencialmente el fenómeno de difusión.

#### II.3.7. PROTECTOR

Parte transparente o traslúcida de una luminaria cerrada, destinada a proteger las fuentes luminosas y los reflectores del polvo y de los agentes atmosféricos.

#### II.3.8. APANTALLAMIENTO DE UNA LUMINARIA

En el Código Eléctrico Ecuatoriano se lo define - como el ángulo de apantallamiento de una luminaria y es el ángulo entre una línea horizontal que pasa a través del centro de la luminaria y la línea de visión a partir de la cual empieza a descubrirse la fuente de luz.

#### II.3.9. SOPORTES

Los soportes utilizados en el alumbrado público - son: postes: comprenden generalmente un elemento de soporte vertical y uno o varios brazos, salvo cuando se trate de luminarias verticales montadas directamente en la extremidad del poste vertical.

Los postes pueden ser de hormigón vibrado o centrifugado de sección circular o poligonal, estos prácticamente no necesitan ningún mantenimiento, pero es conveniente exigir una línea esbelta y armoniosa del conjunto para conseguir una proporción justa entre las dimensiones del soporte y la luminaria y una unión perfecta entre el brazo y el soporte vertical.

Los postes metálicos pueden ser de acero o de aluminio; generalmente son más esbeltos que los de hormigón, pueden ser de forma cilíndrica, cónica o piramidal truncado, se los debe proteger contra la corrosión, a los postes de acero se les debe desoxidar antes de la protección, los postes de aluminio no requieren prácticamente de ningún mantenimiento, pero su precio es elevado y hay que tomar precauciones para evitar su destrucción por electrólisis.

Los postes plásticos han hecho recientemente su aparición en el mercado, son ligeros y presentan buena resistencia a la corrosión pero son muy flexibles, se utilizan unicamente para alturas reducidas de 6 a 9 metros.

Brazo: pueden fijarse a las fachadas de los edificios, en los postes de la línea de distribución -

de energía eléctrica, o en los postes anteriormente indicados, están constituidos por ensamble de tubos metálicos o de perfiles metálicos soldados.

Suspensión por alambres o cables: se utiliza en casos en los cuales ningún otro sistema es posible; por ejemplo en vías bordeadas de árboles. - Tiene los siguientes inconvenientes: con fuertes vientos es imposible evitar el balanceo perjudicial para las luminarias y molesto para los usuarios, su mantenimiento es más peligroso y perjudicial al tránsito.

## 2.- FUENTES DE ILUMINACION

### II.4.) 2.1 TIPOS DE LAMPARAS MAS UTILIZADOS

Dentro de la gran cantidad de lámparas existente la utilización de uno u otro tipo en el alumbrado público viene determinado en cada caso, por diversos factores, entre los cuales se puede citar como más importantes, los siguientes:

- El rendimiento luminoso
- La utilización anual
- El costo de adquisición, mantenimiento y reparación
- El color de la luz.

Las siguientes consideraciones permiten tener una idea de las ventajas o inconvenientes que presentan las fuentes luminosas comunmente utilizadas.

#### II.4.1. BOMBILLOS INCANDESCENTES

Presentan la ventaja de menor precio que las otras lámparas existentes, una gran simplicidad de empleo por la ausencia de accesorios eléctricos auxiliares, pequeño tamaño, luz color agradable y un factor de potencia igual a la unidad.

Los inconvenientes de estos bombillos los convierten en poco utilizados en las nuevas instalaciones de alumbrado público; estos inconvenientes son en orden de importancia los siguientes:

- Baja eficiencia lumínica
- Poca vida útil (1.000 horas)
- Gran influencia de las variaciones de voltaje en la vida útil y rendimiento lumínico.
- Luminancia comprendida entre 100 y 200  $\text{cd}/\text{cm}^2$  lo cual produce mayor deslumbramiento
- Los gastos de consumo y mantenimiento contrarrestan con su mínimo costo de instalación inicial.

la emisión de luz es consecuencia de la excitación de los átomos de mercurio contenidos en el tubo de descarga, su luz es de reparto discontinuo - presentado unas líneas muy intensas en las zonas de 4.047, 4.358 y 5.780 Å dentro del espectro visible y otras líneas en la zona ultravioleta próxima sobre los 3.340 y 3.650 Å. La ausencia de radiaciones en diversas zonas del espectro determinan que la luz de estas lámparas posea una reproducción defectuosa de los colores de los objetos que iluminen; para atenuar al máximo este inconveniente se aprovecha el fenómeno de fluorescencia de sustancias tales como el fluorgermanato de magnesio o el vanadato de itrio, cuya emisión es preferentemente de radiaciones que corresponden a tonos rojos y anaranjados, estas nuevas lámparas se denominan de vapor de mercurio con el color corregido y han desplazado a las antiguas - lámparas de ampolla clara, las características más importantes de estas lámpara son:

- Rendimiento superior a las lámparas incandescentes, standard de 36 a 62,5 lm/w según la potencia frente a los 20 lm/w de las incandescentes de alta potencia.

Tensiones bajas dificultan el encendido y disminuyen el flujo luminoso, con tensiones altas se

se incrementa el flujo luminoso al encendido se realiza en menor tiempo pero su vida útil disminuye.

- Una vida media entre 8.000 y 16.000 horas, - considerando una frecuencia de encendido igual a una conexión cada tres horas.

Hay que tomar en cuenta que la finalización de la vida útil de la lámpara suele ser consecuencia del agotamiento de los electrodos, y el - desgaste de éstos es muy intenso durante el pe ríodo de arranque.

- El encendido no es instantáneo, precisándose - un cierto tiempo para que la lámpara alcance su máxima emisión; del mismo modo, el reencendido no es instantáneo debiéndose esperar a que el mercurio se haya condensado para poder cebar - de nuevo el arco.
- Durante el período de arranque las lámparas de vapor de mercurio absorben una corriente cuyo valor es practicamente el doble del valor de re gimen normal,

Fig. II.4. Características de arranque de una lámpara de vapor de mercurio de 400 w.

el más práctico, si se dispone de corriente trifásica consiste en conectar las lámparas en grupos de tres sobre pares de fases distintas (RS, ST, TR,); otra forma de eliminar el efecto es-troboscópico es utilizando lámparas de luz in-candescente en combinación con las de mercurio.

#### II.4.4. LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESION

En estas lámparas la descarga a través del metal sodio vaporizado a baja presión, provoca la emisión de una radiación visible casi monocromática, formada por dos hondas muy próximas entre si con longitudes de honda de 589 y 589,6 nm respectivamente.

Las lámparas de vapor de sodio de baja presión, están constituidas principalmente por un tubo de vidrio en forma de "U", en el cual se realiza la descarga. Este tubo se encuentra dentro de una ampolla tubular de vidrio que le sirve de protección mecánica y térmica, reforzada esta última por el vacío que se hace del espacio interior entre tubo y ampolla. La pared interna del tubo de descarga se protege de la acción del sodio con una fina capa de vidrio al borax.

El período de arranque de estas lámparas es de 15 minutos.

Debido a su luz monocromática sus aplicaciones no son muy amplias, quedando limitadas a aquellos casos en que interesa disponer de gran cantidad de luz, sin que influya la calidad de la misma, como son los alumbrados de autopistas, carreteras, tuneles, aparcamientos, minas, etc.

También se aplican en alumbrado arquitectónicos, para resaltar los colores tostados de ciertos tipos de piedra.

- El rendimiento de estas lámparas es bastante elevado, llegando a valores de 133 a 178 lm/w.
- Su vida útil es de 6.000 horas con un funcionamiento de tres horas por encendido.
- Las variaciones de tensión de alimentación, ejercen una notable influencia en el comportamiento luminoso y eléctrico de las lámparas, el mismo que puede observarse en las curvas representadas en la figura II.5.

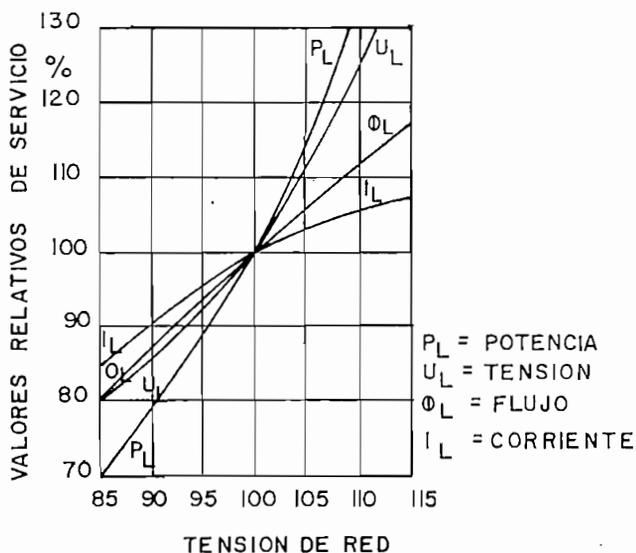


Fig. II.6. Curvas características de las lámparas de vapor de sodio alta presión.

#### II.4.6. LAMPARAS DE LUZ MIXTA

Son una combinación de la lámpara de vapor de mercurio alta presión y de la lámpara incandescente, pues incluye dentro de la ampolla un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente de wolframio, su ampolla está recubierta interiormente con una capa de materia fluorescente (vanadato de itrio), lo cual mejora el color de luz, la reproducción cromática, el rendimiento luminoso y la vida útil.

- Se puede conectar a la red de 220 V. sin emplear balasto, ya que el filamento además de fuente luminosa actúa como resistencia estabilizadora de la descarga del vapor de mercurio.
- La lámpara alcanza los valores de régimen después de aproximadamente minuto y medio, lo mismo sucede con el reencendido.

En el Ecuador, la tensión de alimentación es de 220 V. aunque puede variar entre 200 y 230 V. respectivamente, pequeñas oscilaciones en la tensión de alimentación apenas influyen en el encendido, flujo luminoso y duración de la lámpara, tensiones eventuales de más de un 10% de la nominal de la lámpara pueden llegar a dificultar su correcto encendido y dan lugar a una reducción muy considerable de la vida útil, de forma similar a lo que ocurre con las lámparas incandescentes.

- Se utilizan en alumbrados de interiores y exteriores. En interiores para alumbrado de naves de fábricas, talleres, salas de máquinas. Se utilizan para el alumbrado exterior de calles, plazas, vías de comunicación, etc. Al poder ser conectadas directamente a la red, pueden sustituir con ventaja a las lámparas incandes-

centes, sobre todo en instalaciones de alumbrado existentes con estas lámparas.

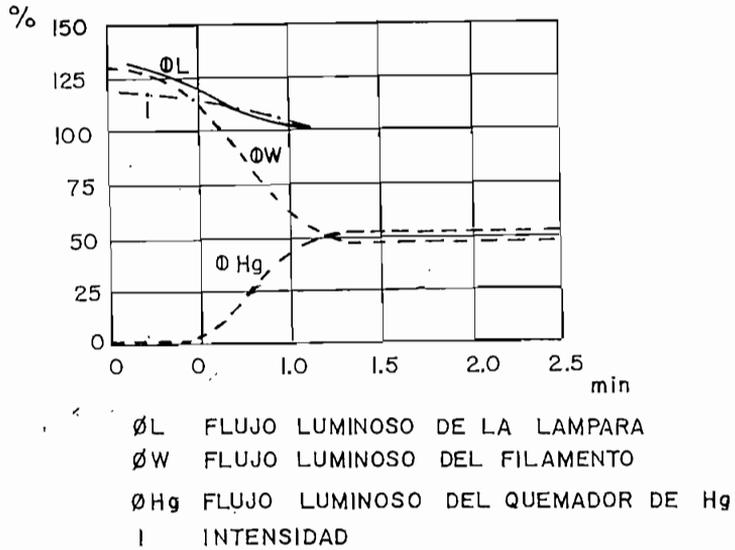


Fig. II-7. CURVAS DE ENCENDIDO DE LAS LAMPARAS DE LUZ MIXTA

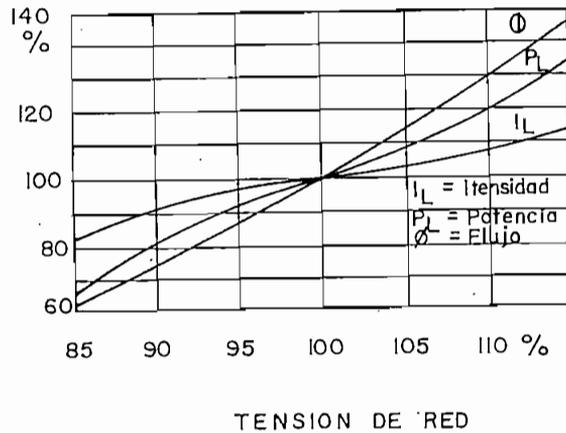


Fig II - 8 CURVAS CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS DE LUZ MIXTA

## II.5 CARACTERISTICAS DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO

Se estudiaran basicamente las características de las Luminarias cuya definición según la CIE es la siguiente :

" Son aparatos que distribuyen, filtran o transformas la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al cicuito de alimentación".

### II.5.1.CARACTERISTICAS DE LAS LUMINARIAS

#### OPTICAS:

- Reparto Luminoso de acuerdo con la función que deba desempeñar.
- Valores de luminancias reducidas, para determinadas direcciones.
- Buen rendimiento luminoso.

#### MECANICAS Y ELECTRICAS:

- Solidez
- Facilidad de montaje, desmontaje y limpieza
- Accesibilidad a la lámpara y equipo eléctrico (portalámpara, cables de conexión, y cuando pueda cotener, reactancias y condensadores.
- Ejecución en un buen material cuyas características permitan emplearlo en las condiciones de trabajo para las que se ha previsto.
- Protección eficaz de las lámparas y equipo eléctrico contra el polvo, humedad y demás agentes atmosféricos así como tambien contra los efectos

mecánicos.

- Construcción que permita funcionar a la lámpara en condiciones apropiadas de temperatura, proporcionando la refrigeración apropiada cuando se trate de luminarias que deban contener lámparas incandescentes o de descarga, o el suficiente aislamiento térmico cuando se trate de luminarias que deban alojar tubos fluorescentes.

#### ESTETICAS:

- Las luminarias, más visibles durante el día que durante la noche, deben integrarse en el conjunto, procurando que su aspecto exterior no desentone con el medio ambiente en el cual están incluidas.

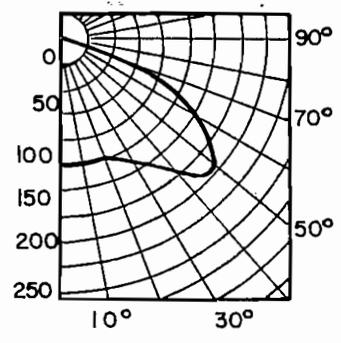
#### II.5.2. CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS SEGUN LA SIMETRIA DE DISTRIBUCION DEL FLUJO EMITIDO E INTENSIDADES LUMINOSAS.

Con respecto a la simetría del flujo emitido se clasifican en luminarias de Distribución Simétrica y Luminarias de Distribución Asimétrica.

En las Luminarias de Distribución Simétrica, Figura II.9 , el flujo luminoso se reparte simétricamente respecto al eje de simetría y la distribución espacial de las intensidades puede representarse con una sola curva fotométrica.

En las luminarias de Distribución Asimétrica, Figura II.10, el reparto del flujo luminoso no se hace de forma simétrica respecto a un eje y la distribución espacial

Fig. 11. CURVA FOTOMETRICA DE UNA LUMINARIA CON DISTRIBUCIÓN SIMÉTRICA



ILUMINACIÓN DE EXTERIORES PRODUCIDA POR UNA LUMINARIA CON DISTRIBUCIÓN SIMÉTRICA

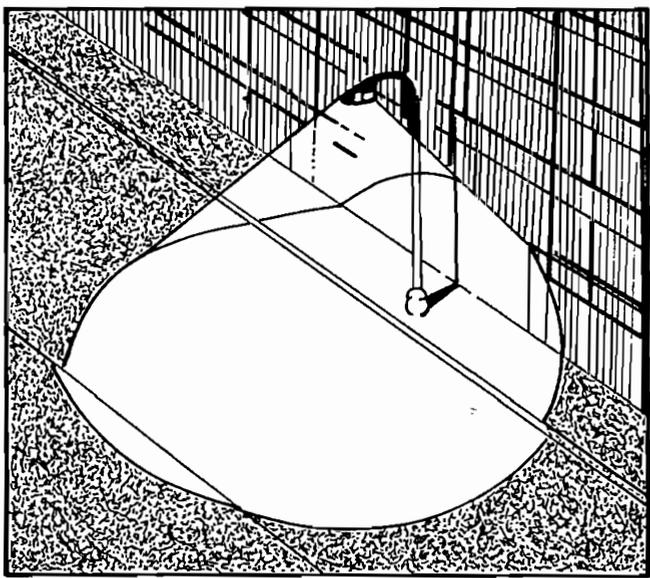
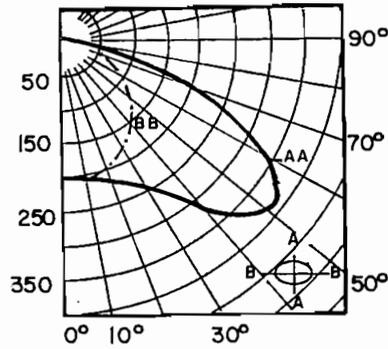
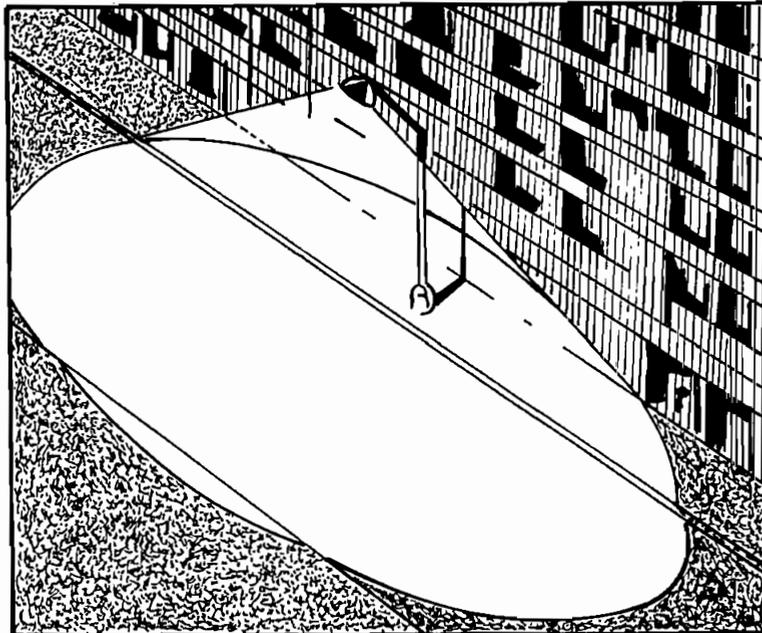


Fig. II-10 CURVA FOTOMETRICA DE UNA LUMINARIA CON DISTRIBUCION ASIMETRICA



ILUMINACION DE EXTERIORES PRODUCIDA POR UNA LUMINARIA CON DISTRIBUCION ASIMETRICA



de las intensidades luminosas solo puede expresarse mediante un sólido fotométrico, o por una representación plana de dicho sólido o parcialmente según diversos planos característicos de las luminarias.

II.5.3. CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS SEGUN LA RADIACION DEL FLUJO LUMINOSO RESPECTO A UN PLANO HORIZONTAL.

Teniendo en cuenta el porcentaje del flujo emitido por debajo de un plano horizontal que pase por el eje de la fuente de luz, las luminarias se clasifican según se indica en la figura II.11.

II.5.4. CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS DE RADIACION DIRECTA Y DISTRIBUCION SIMETRICA EN FUNCION DEL ANGULO BAJO EL CUAL SE IRRADIA EL 50% DEL FLUJO LUMINOSO TOTAL.

Esta clasificación se indica en la figura II.12

II.5.5. CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS EMPLEADAS EN ALUMBRADO PUBLICO.

Basándose en que las intensidades luminosas emitidas por una luminaria en las direcciones de observación usual de un conductor, pueden producir mo-

lestias visuales al mismo, la comisión Internacional de Iluminación (CIE) ha clasificado las luminarias de alumbrado público en tres categorías:

A. Luminarias "Cut-Off" o de haz recortado

En ellas la intensidad luminosa en la horizontal debe ser inferior al 5% de la máxima, y la intensidad a  $80^{\circ}$  será inferior a 30 cd. por 1.000 lm prácticamente suprimen las radiaciones luminosas en un ángulo Mayor a  $75^{\circ}$  Este tipo de luminarias es el más empleado en alumbrado público.

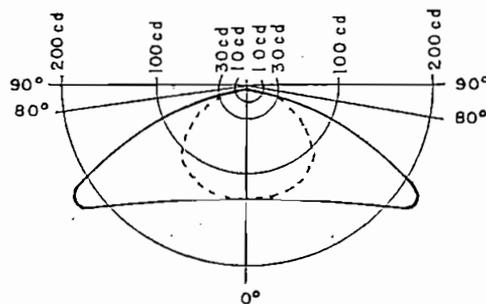


Fig. II.13 Curva fotométrica de luminarias simétricas.

B. Luminarias "Semi-Cut-Off" o de haz semirecortado.

En ellas la intensidad luminosa en la horizontal no debe ser superior al 3% de la máxima intensidad a  $80^{\circ}$  será inferior a 100 cd. por 1.000 lm. Prácticamente suprimen las radiacio

nes luminosas en un ángulo superior a  $80-85^{\circ}$ .

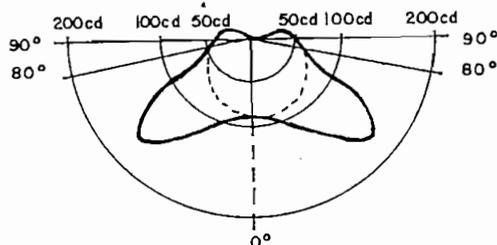


Fig. 11.14. Curva fotométrica de luminarias simétricas tipo semi-cut-off.

C. Luminaria "Non Cut-off" o de haz no recortado.

Son luminarias que prácticamente no suprimen los rayos luminosos emitidos por debajo de la horizontal. En la dirección que forma un ángulo de  $85^{\circ}$  con su eje vertical, la intensidad luminosa alcanza todavía un valor de  $1/3$  a  $1/2$  de la intensidad máxima.

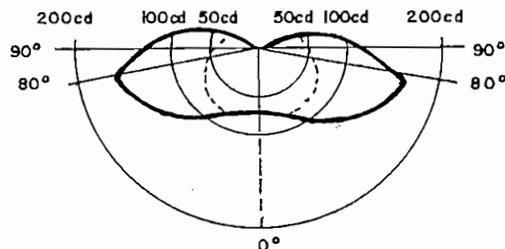
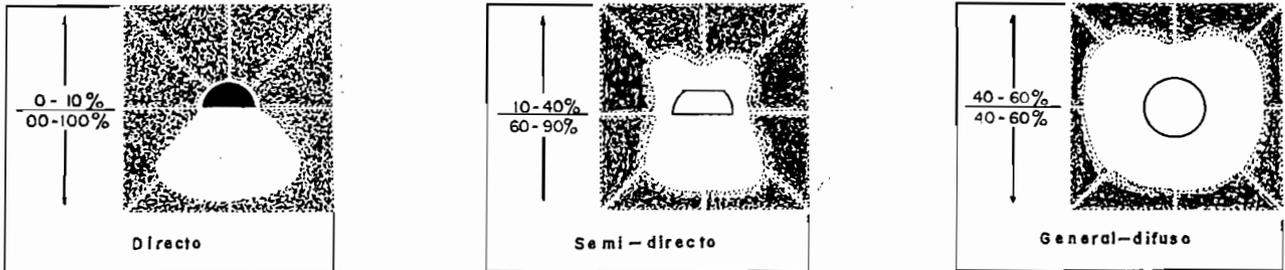


Fig. II 11 CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS SEGUN LA RADIACION DEL FLUJO LUMINOSO



720

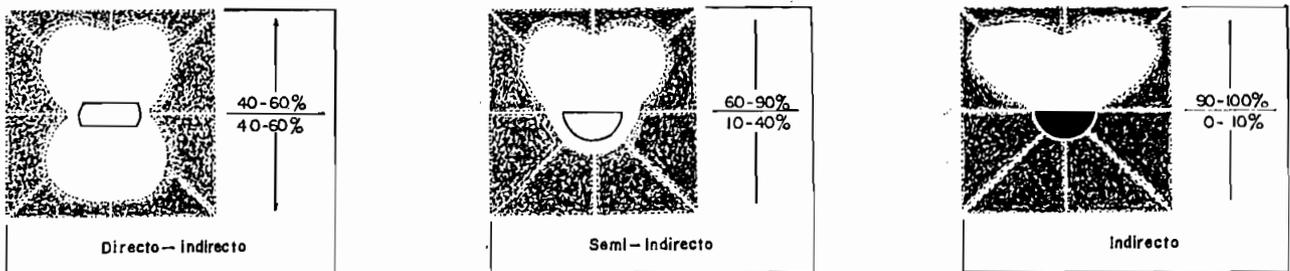
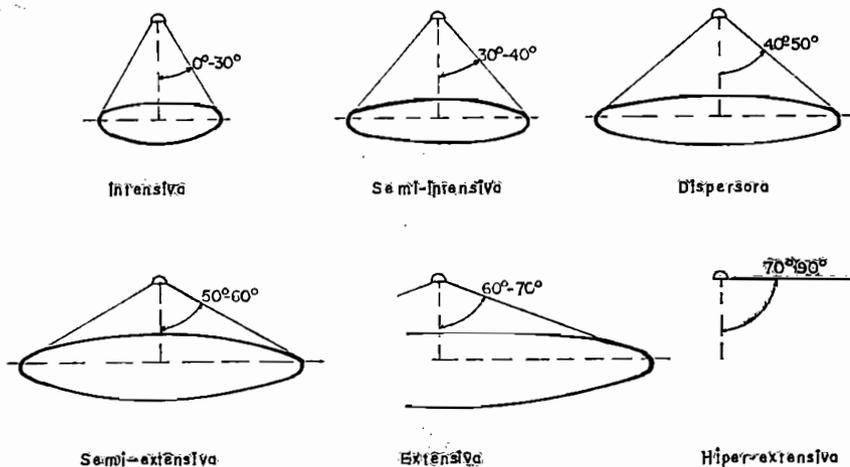


Fig. II 12 CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS DE RADIACION DIRECTA Y DISTRIBUCION SIMETRICA EN FUNCION DEL ANGULO BAJO EL CUAL SE IRRADIA EL 50% DEL FLUJO LUMINOSO TOTAL.



## II.5.6. CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS SEGUN EL TIPO DE LAMPARA.

Pese a que una misma luminaria puede servir para distintos tipos de lámpara, excepto para las - fluorescentes, se pueden agrupar en luminarias para:

- A. Lámparas incandescentes.
- B. Lámpara de luz mixta y mercurio
- C. Lámpara de vapor de sodio y halógeno metálico
- D. Lámpara fluorescente.

## II.6. ALTURA Y SEPARACION DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO

### II.6.1. ALTURA DEL PUNTO DE LUZ

La altura de los puntos de luz en una instalación de alumbrado público ejerce una gran influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos, la colocación de puntos de luz a gran al tura presenta las siguientes ventajas y desventajas:

- Mejor distribución de luminancias sobre la cazada.
- Menor deslumbramiento, lo cual permite insta--lar lámparas de mayor potencia.

- Mayor separación entre los puntos de luz reduciendo el número de unidades y el costo total de la instalación.
- Dificulta el mantenimiento e incrementa su costo.
- Disminuye el factor de utilización, ya que gran parte del flujo luminoso emitido incide fuera de la zona a iluminar.

Tabla II.6.1. Alturas (metros) del punto de luz en función de la potencia luminosa instalada, según Osram

Lámpara de pequeña potencia hasta 2.500 lm	6 - 7
Lámpara de mediana potencia 2.500- 10.000 lm	6,5,- 7,5
Lámpara de gran potencia 10.000 - 19.000 lm	7,5 - 9
Lámpara de mayor potencia, más de 19.000 lm	9

#### II.6.2. SEPARACION DE LOS PUNTOS DE ALUMBRADO

La separación entre los aparatos de alumbrado depende de las características y potencia de los focos, también de la altura de los puntos de luz,

del tipo de lámpara; cuando mayor sea la altura, mayor puede ser la separación. Las distancias en la práctica oscilan entre los 20 y 60 metros. De la distancia entre lámparas depende el factor de uniformidad.

### II.6.3. DISPOSICION DE LOS PUNTOS DE LUZ

Con relación a la situación de los aparatos de a lumbrado en las calles y carreteras se suelen realizar según los siguientes tipos:

AXIAL: es el que mejor distribuye la luz pero no es recomendable por que necesita que las luminarias estén suspendidas por cables y por otra parte aumenta la tendencia de los conductores de vehículos a circular por el centro de la calzada.

UNILATERAL: es una solución, es la más utilizada en Emelnorte para calzadas relativamente estrechas y no conviene aplicarla en calzadas de más de 10 metros, pues la parte de la calzada opuesta a la línea de las luminarias queda deficientemente iluminada.

UNILATERAL AL TRESBOLILLO: es muy conveniente para calles de 12 a 15 metros de ancho o cuando la anchura de la calzada es igual o menor al doble

FIG. 15. B. DISPOSICIONES DE LOS PUNTOS DE LUZ MAS AGONSEJABLES.

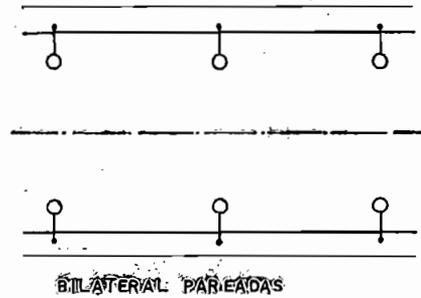
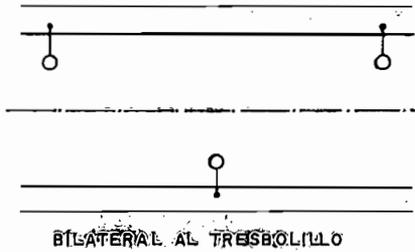
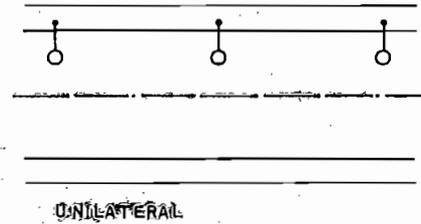
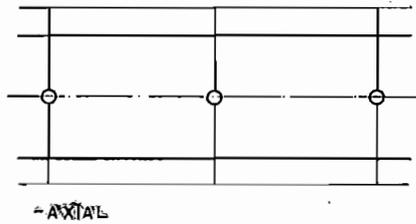
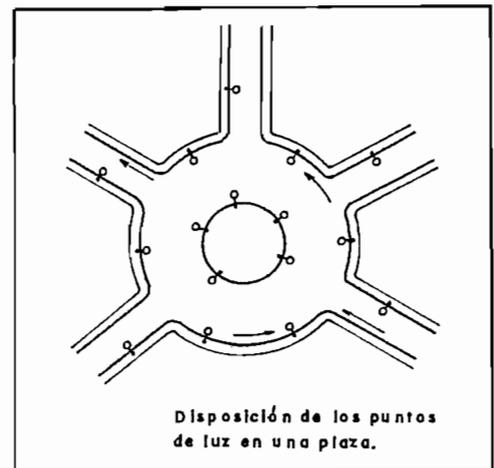
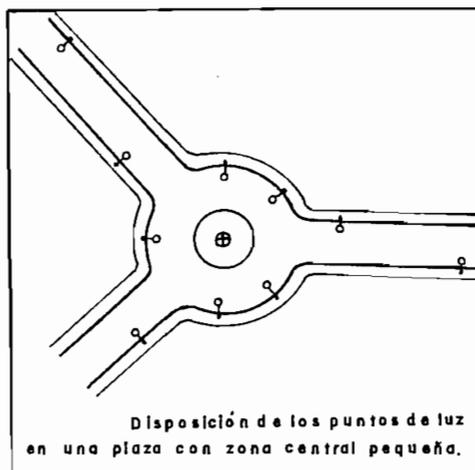
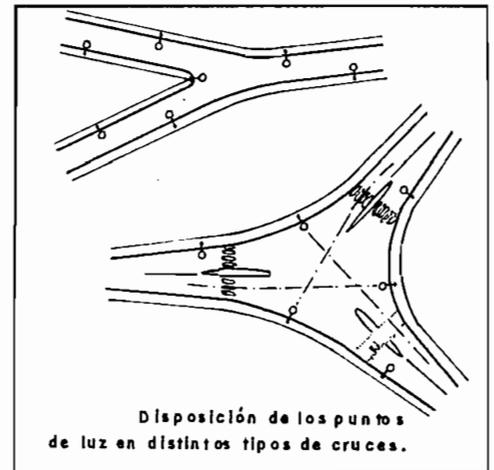
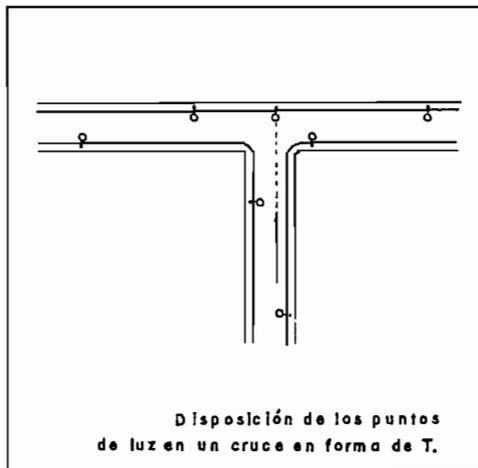
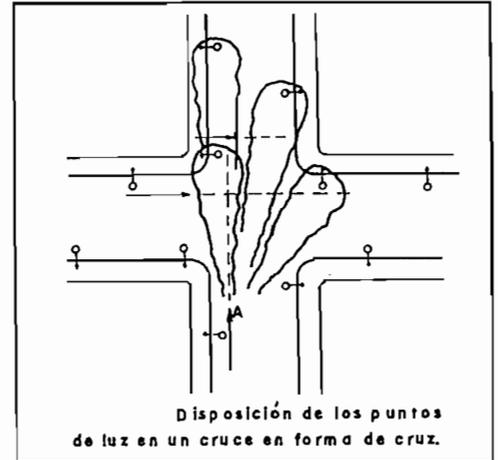
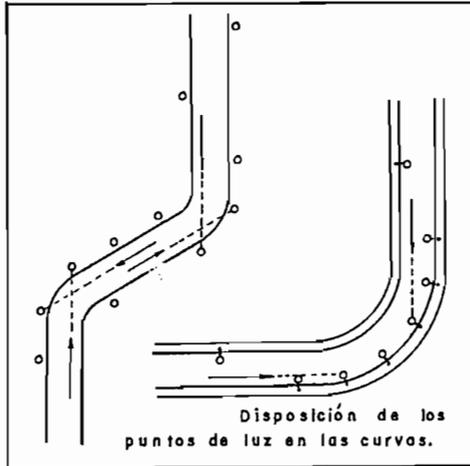


Fig. II-13 DISPOSICIONES DE LOS PUNTOS DE LUZ MAS ACONSEJABLES.



## II.7. CALCULO DEL FLUJO LUMINOSO

Para el cálculo de la iluminación exterior existen diferentes procedimientos cuyas generalidades se indican a continuación:

### II.7.1. METODO DEL FLUJO LUMINOSO NECESARIO

Mediante este método se calcula el flujo luminoso para un tramo de la vía, aplicando la fórmula:

$$\Phi_T = \frac{E_{med} \times A \times D}{F_u \times F_c} \text{ en la cual}$$

$\Phi_T$  = Flujo total necesario en lúmenes

$E_{med}$  = Iluminancia media en lux

$A$  = Anchura de la calzada en metros

$D$  = Distancia entre dos puntos de luz

$F_u$  = Factor de utilización obtenido de las Fig. II.17 y II.18.

$F_c$  = Factor de conservación obtenido de las tablas II.7.1 y II.7.2.

$F_c = F_{co} \times F_{cs}$  en donde

$F_{co}$  = Factor de conservación orientativo

$F_{cs}$  = Factor de conservación por suciedad.

Si el flujo luminoso obtenido es igual o inferior al dado por las lámparas elegidas en principio, la solución puede considerarse como válida; este

método es menos preciso pero sus cálculos son rápidos.

Tabla II.7.1. Factor de conservación por suciedad, según Osram.

Tipo de luminaria	Fcs Recomendado
Hermética	0,87 a 0,80
Ventilada	0,80 a 0,70
Abierta	0,75 a 0,65

Tabla II.7.2. Factor de conservación orientativo, según Osram.

Tipo de luminaria	Fco Recomendado
Incandescente	0,80
Mixta	0,75
Mercurio alta presión	0,80
Sodio alta presión	0,80
Sodio baja presión	0,90

El factor de utilización  $F_u$  se lo encuentra sumando los factores de utilización  $R_a$  y  $R_p$ .

$$F_u = R_a + R_p$$

$R_a$  = Factor de utilización de la relación anterrior.

rp = Factor de utilización de la relación posterior

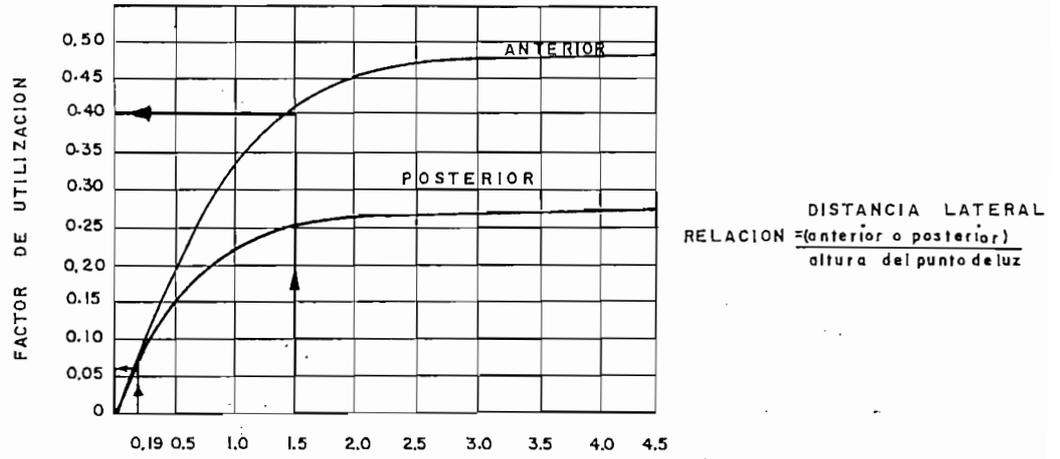
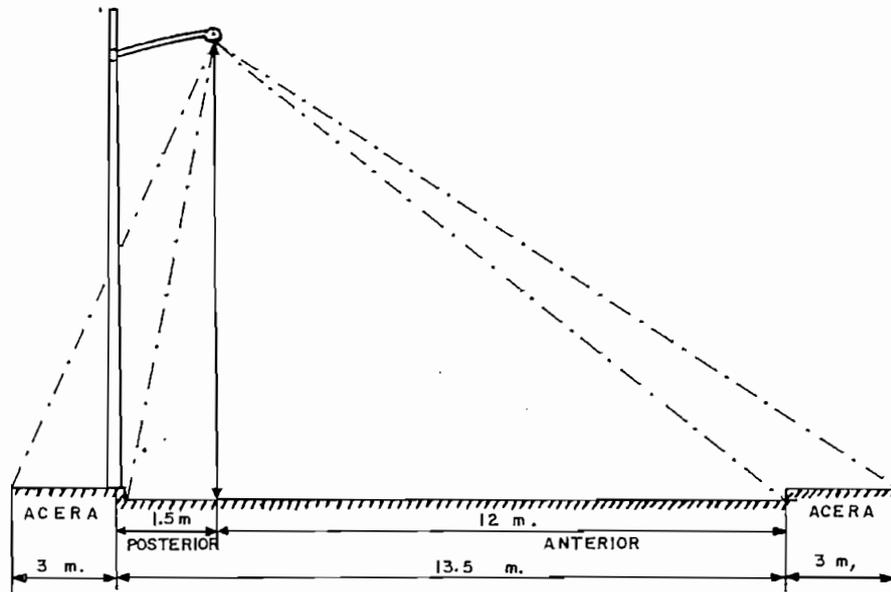


Fig. II.17. Curvas de utilización de una lumina



Como ejemplo del cálculo del factor de utilización tenemos la figura II.18 en donde calculamos:

1. La relación anterior

$$= \frac{13,5 - 1,50}{8} = 1,50$$

Con este valor de 1,50 vamos a la figura II.17 y encontramos que le corresponde un  $R_a = 0,41$

2. La relación posterior

$$= \frac{1,50}{8} = 0,19$$

A este valor le corresponde un  $R_p = 0,06$  (Fig.II.17)

$$F_u = 0,41 + 0,06 = 0,47$$

## II.7.2. METODO DEL PUNTO POR PUNTO

Mediante este método se calculan las iluminancias de varios puntos de la calzada, aplicando la fórmula:

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} \quad \text{en la cual}$$

$E$  = Iluminancia de un punto de la calzada en lux  
(valor inicial a la puesta en servicio).

$I$  = Luminancia en candelas para un valor en la dirección P en la figura II.19.

$h$  = Altura en metros, del punto de luz sobre la calzada

$\alpha$  = Angulo que forma el rayo incidente con la vertical que pasa por la luminaria.

Conocidas las iluminancias de varios puntos, se obtiene la iluminancia media, la misma que multiplicada por  $F_c$  debe ser igual o superior a la fijada en principio. Este método es preciso, pero sus cálculos son bastante largos.

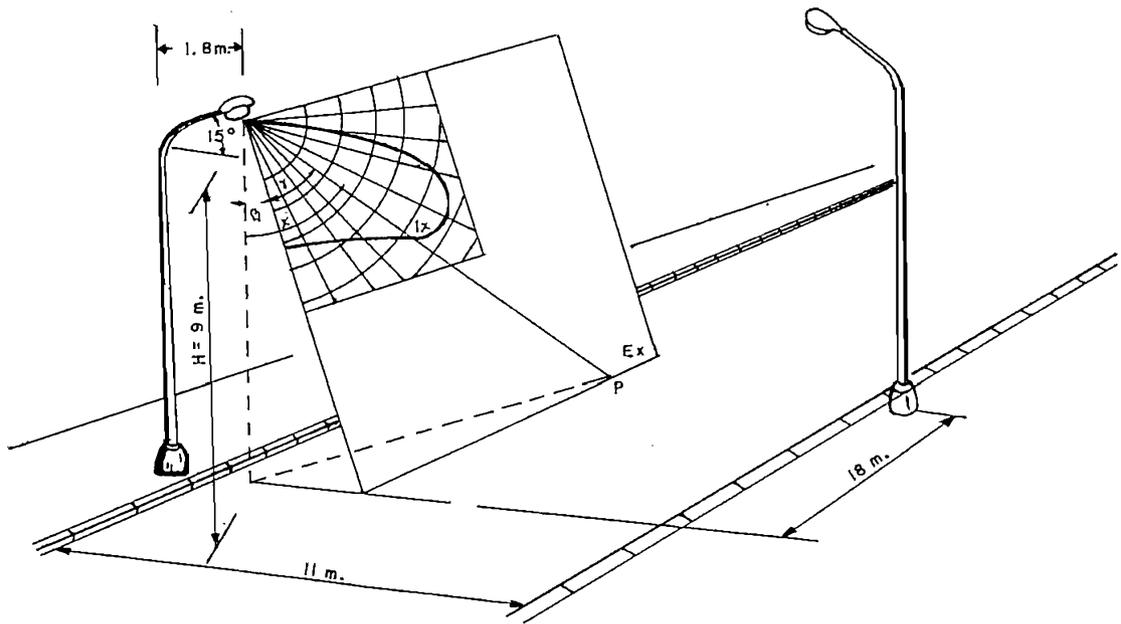


Fig. II-19 CARACTERÍSTICAS DEL ALUMBRADO OBJETO DEL CALCULO

### II.7.3 METODO SIMPLIFICADO.

Se han ideado procedimientos de cálculos más rápidos aunque menos precisos; uno de estos métodos es el siguiente:

Se subdivide la superficie de la calle o carretera, que se desea iluminar, en rectángulos iguales de áreas suficientemente pequeñas para que pueda considerarse que la iluminación varía poco en el interior de estas superficies (s) y se calcula el nivel de iluminación medio  $E_m$  en el interior de cada uno de ellos, utilizando el procedimiento de Punto por Punto.

Cuando los puntos luminosos están situados simétricamente respecto a la calzada, bastará con un número de rectángulos comprendido entre 10 o 20 y realizar el cálculo para una pequeña superficie, repitiéndose el cálculo en las demás.

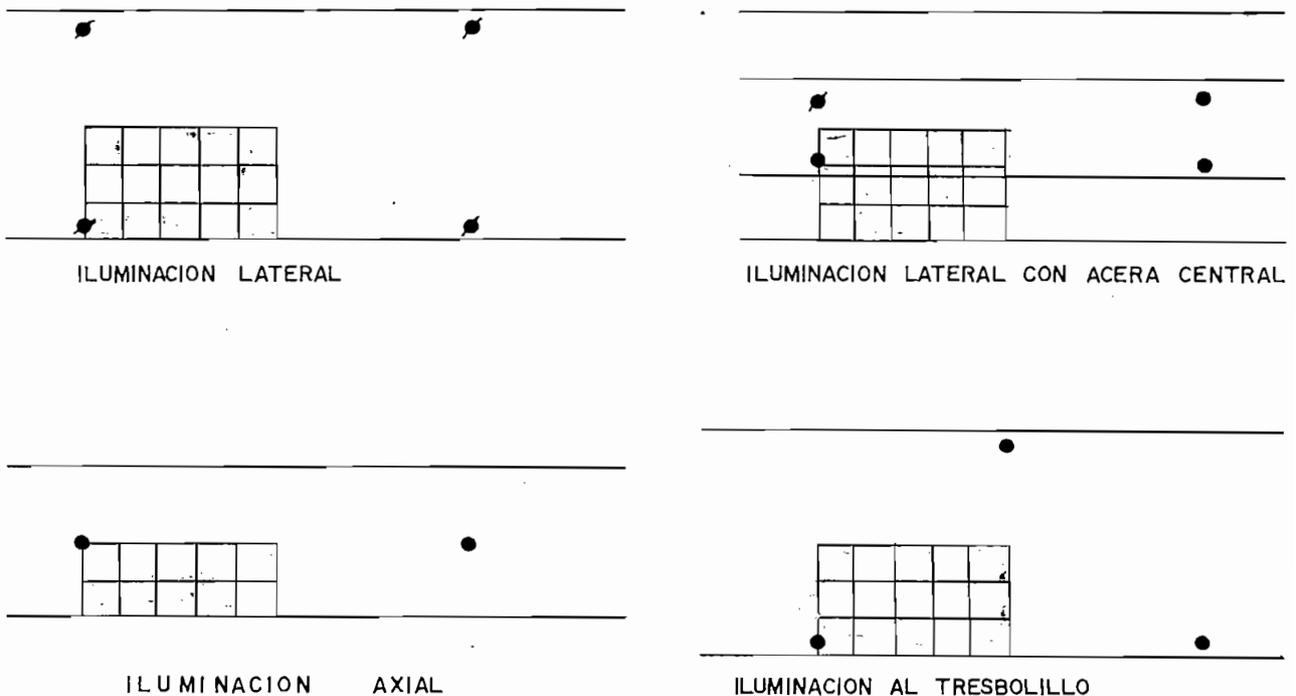


Fig. II.20 Normas para el Cálculo de la Iluminación de Calles y Carreteras.

El flujo recibido por cada uno de los rectángulos elementales vale :

$$\varphi = E_i \times s$$

$$\Phi_n = E_1.s + E_2.s + E_3.s + \dots + E_n.s$$

Por lo tanto el flujo útil será:

$$\Phi_n = s \cdot E_i$$

Este es el flujo útil recibido en la superficie que se ha de iluminar, ahora si llamamos  $\Phi_A$  al flujo luminoso suministrado por el aparato de alumbrado, la utilancia  $\eta_n$  será como sabemos:

$$\eta_n = \frac{\Phi_n}{\Phi_A} = s \times \frac{\leq E_i}{\Phi_A}$$

en la porción de superficie considerada el valor de la iluminancia media será:

$$E_m = \frac{\Phi_n}{s} = \frac{s \times \leq E_i}{s}$$

recordando que la superficie total (S) vale

$$S = ns$$

tendremos:

$$E_m = \frac{s \times \leq E_i}{ns} = \frac{\leq E_i}{n}$$

o sea que si suponemos porciones de superficie de 8 rectángulos iguales, encontramos la iluminación de cada uno de los rectángulos, sumamos las iluminaciones obtenidas y el resultado de la suma lo dividimos por 8; el valor encontrado será la iluminación media de la superficie considerada.

## CAPITULO III

### SISTEMAS DE ALUMERADO

#### III.1. TIPOS DE SISTEMAS

La división de varios tipos de sistemas de alumbrado público se la realiza tomando en cuenta las diferentes formas que existen para la alimentación o suministro de energía eléctrica a las luminarias. Estas formas de alimentación de las luminarias depende a su vez de la forma como estén conectadas las lámparas.

Básicamente existen dos sistemas de alumbrado público perfectamente definidos y diferenciados entre sí y son los sistemas Serie y Múltiple. La utilización combinada de estos dos sistemas dá origen a la formación de un tercero, el cual es conocido como sistema Serie-Múltiple, o también se lo denomina sistema mixto.

#### III.2. SISTEMA SERIE

III.2.1. Este sistema se caracteriza en que en un mismo circuito de alumbrado público todas las lámparas se encuentran conectadas en serie y consecuentemente, a través de todas las lámparas circula u

na corriente constante la cual es obtenida con la instalación de un transformador de corriente constante.

El suministro de energía eléctrica, para el sistema serie de alumbrado público, requiere de dos circuitos de alimentación; el uno será de alto voltaje, abastecerá al transformador de corriente constante y el otro que siendo de bajo voltaje 120/240 V. alimentará al circuito de control.

Como fuente de alto voltaje se puede utilizar una derivación monofásica de algún alimentador primario existente en las cercanías del área a la cual se la va a iluminar.

La fuente de bajo voltaje para el sistema de control es el secundario de algún transformador de distribución cercano al área a iluminar. En caso de que no exista un circuito secundario cercano al transformador de corriente constante se puede obtener la fuente de bajo voltaje instalando un transformador de distribución de pequeña potencia.

La caída potencial a través de cada lámpara, debe ser igual al voltaje de régimen de la lámpara, con la finalidad de obtener el flujo lumino

so nominal.

El voltaje aplicado al circuito, debe ser igual a la suma de las caídas de potencial entre cada una de las lámparas y la caída de potencial en los conductores del circuito, en consecuencia el voltaje de la fuente puede ser variable para permitir variar tanto en el número de lámparas, como en la longitud del circuito.

El voltaje aplicado al circuito por el transformador de corriente constante, depende del fabricante del transformador. En los transformadores - Westinhouse, puede variar desde unos pocos cientos de voltios hasta aproximadamente 4.500 vol. dependiendo del número de lámparas y de la longitud del circuito. Cuando se presenta un cir--cuito abierto, el voltaje puede alcanzar los - 6.000 voltios.

El transformador se ajusta automáticamente para mantener la corriente deseada, para condiciones de carga dentro de su capacidad nominal.

Los cambios en la impedancia del circuito ocasionados al quemarse algunas lámparas o al incrementarse el circuito, se compensan automáticamente por medio del transformador de corriente constante. Los circuitos de alumbrado público en serie, tie

nen los siguientes valores nominales de corriente: 3,3;6,6;7,5; 15 y 10 A. de los cuales los más comunmente usados son los 6,6 y 20 amp..

El valor nominal de 6,6 amperios es una consecuencia de la utilización de las lámparas de arco en donde el equipo normalizado y los filamentos de las lámparas se los ha diseñado para el uso de estos transformadores.

El valor nominal de 7,5 amperios, corresponde a un pequeño porcentaje de lámparas de arco instaladas en Estados Unidos de Norte América.

Los valores nominales de 15 y 10 amperios son más ventajosos que los de 6,6 amperios ya que en la mayoría de los casos el dimensionamiento de los cables se lo realiza en base a la resistencia mecánica de los mismos, por lo que mientras mayor sea el valor nominal de la corriente, menor será el desperdicio de capacidad de conducción. Otra de las ventajas de utilizar un circuito de mayor corriente es la reducción del voltaje en el circuito y el mayor número de lámparas.

Los valores nominales de 3,3 amperios, se comienza a utilizar debido a las lámparas de mercurio.

En las figuras III-1, III-2 y III-3, se representan varios arreglos posibles de circuitos serie de alumbrado público, en los mismos que se indica la relación que existe entre la longitud del

circuito y la posibilidad de probarlo en condiciones de circuito abierto.

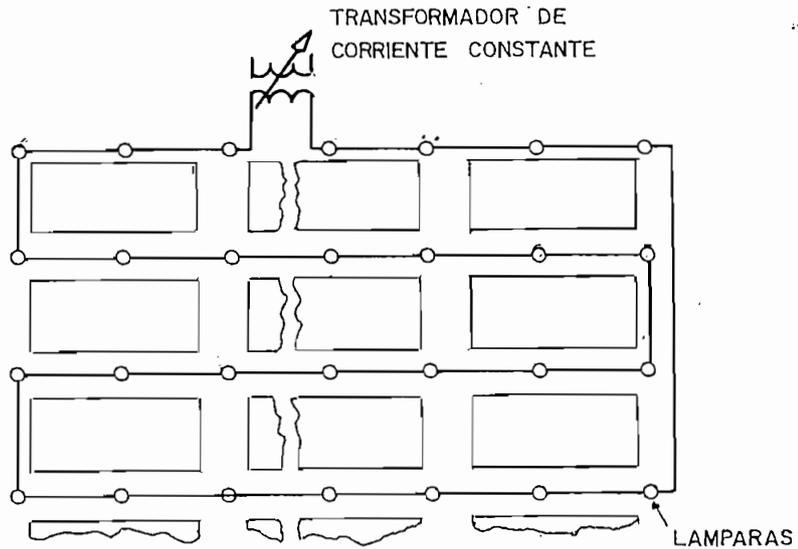
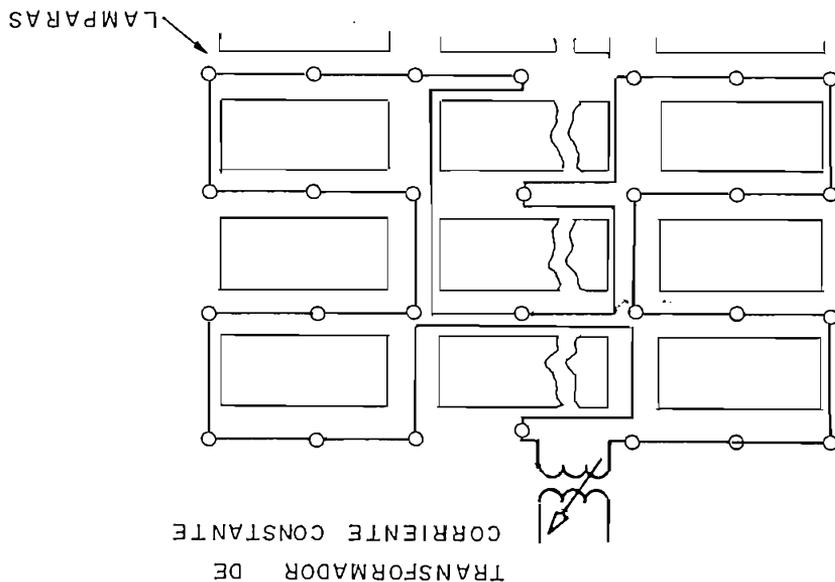


Fig. III-1

Distribución de un circuito en serie con una mínima longitud de conductor, pero que es muy difícil probarlo en condiciones de circuito abierto, cuando falla una lámpara se abre el circuito, y es difícil identificar la lámpara fallada, pues el conductor de retorno se encuentra en otro poste.

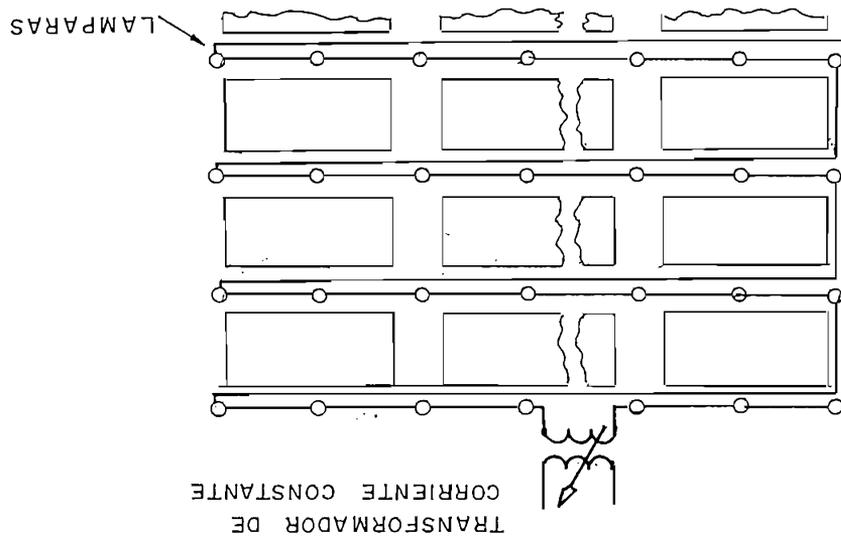
Distribución de un circuito en serie, en el cual se logra un promedio de las ventajas que ofrecen las distribuciones de las figuras III-1 y III-2.

FIG. III-3



Distribución de un circuito en serie, en el cual las pruebas de circuito abierto se facilitan, siempre que la longitud del conductor es la máxima.

FIG. III-2



El sistema serie de alumbrado público, se lo a plica especialmente en zonas en las cuales los niveles de iluminación son relativamente bajos y en donde las luminarias deberán estar bastan te alejadas entre sí.

### III.2.2. VENTAJAS

Permite economizar utilizando conductores de menor calibre, los mismos que son más económicos. Este sistema de lámparas son más eficientes mantienen el flujo lumínico inicial durante una gran parte del tiempo de vida de la lámpara. Es una regla que las lámparas sean más resisten tes que las lámparas incandescentes usadas en un sistema múltiple.

### III.2.3 DESVENTAJAS

La principal desventaja del sistema serie de alumbrado público, es la presencia de altos voltajes en casos de circuito abierto, lo cual a más de ser un peligro para el personal de mante nimiento incrementa el costo de inversión en equipos que pueda soportar este voltaje.

### III.2.4. EQUIPO ESPECIAL A UTILIZARSE

La figura III.4. nos muestra en detalle el equi po utilizado en un sistema serie de alumbrado público al lado izquierdo de la figura, se mues tra las dos fuentes de alimentación del sis--

tema. La derivación del primario proporciona la energía para las lámparas y la derivación del secundario 120/240 V. alimenta el circuito de control.

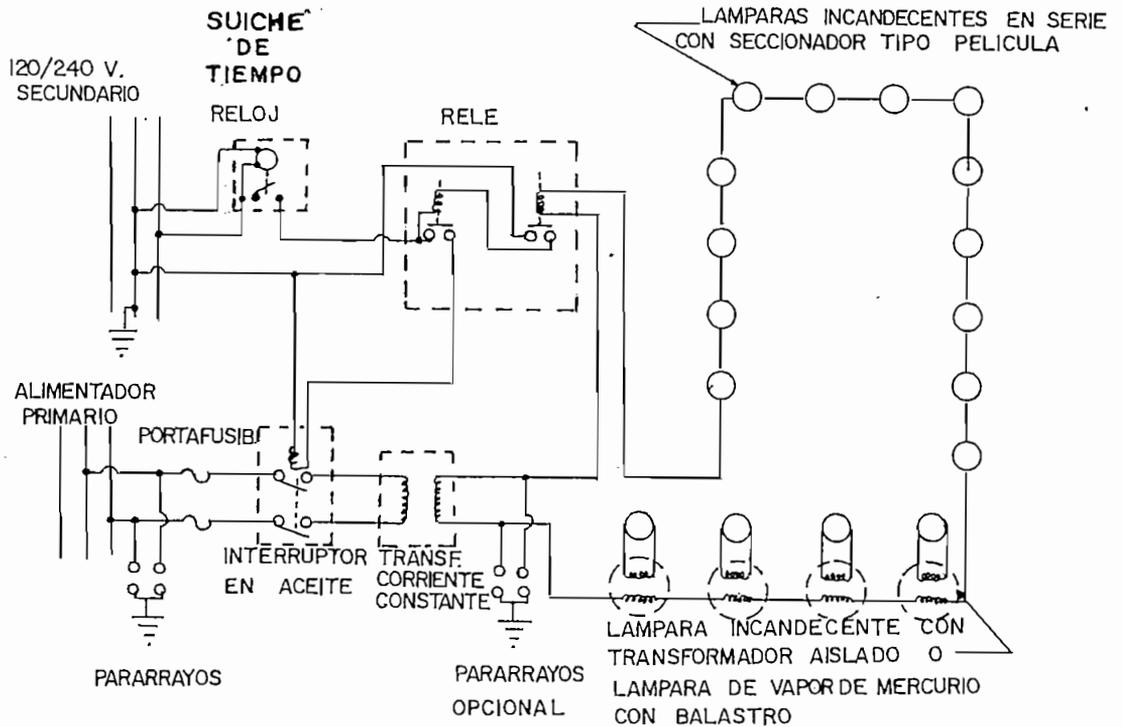


Fig. III-4

Diagrama esquemático de un circuito serie de alumbrado público.

A continuación se desarrollara la descripción del equipo utilizado en el sistema serie de alumbrado público.

a) Transformador de corriente constante.-

Para obtener el valor nominal del flujo luminoso de las lámparas en un sistema serie la corriente del circuito no debe ser menor que la nominal y no debe ser superior al valor nominal para no reducir la vida útil de la lámpara. Por lo tanto es deseable que fluya una corriente igual a la nominal de las lámparas sin importar su número en el circuito o la longitud de este.

El sistema serie requiere de un aparato que pueda transformar la energía de un potencial constante a una de corriente constante. El aparato más económico y deseable, porque proporciona la mejor regulación de corriente para todas las cargas, es el transformador de corriente constante de bobina móvil. Estos transformadores están diseñados para convertir un valor de potencial constante (de 2,4 Kv. a 13.2 Kv. nominales) a un valor de corriente constante de 3,3; 6,6; 7,5; 15 ó 20 A.

Existen unidades refrigeras por aire de cons--

trucción abierta para utilización en interiores; se han desarrollado unidades aisladas en aceite de tipo subterráneo y de tipo poste, estos últimos se los construye con aditamentos internos que proporcionen una completa protección contra rayos, contra fallas en el devanado primario y contra circuitos abiertos en el sistema de alumbrado.

El transformador de corriente constante tipo poste, es un transformador de dos devanados con una bobina móvil respecto a la otra, la bobina móvil balanceada por un contrapeso y su posición se determina por la fuerza electromagnética entre bobinas.

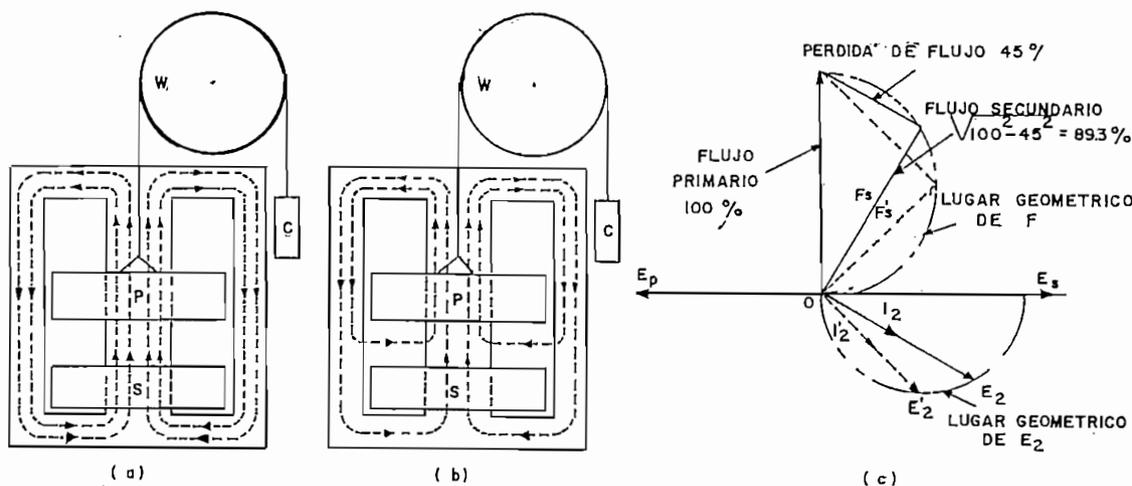


Fig. III-5

Circuito y trayectoria del flujo de un transformador de corriente a) con el secundario abierto, b) con el secundario cerrado a través del circuito de carga, c) diagrama vectorial del voltaje primario y secundario, y flujo con el secundario cerrado a través del circuito de carga.

En la figura III-5 (a) y (b), P es la bobina - primaria, S la secundaria, W la rueda, o un dispositivo de nivel utilizado para suspender a la bobina móvil y C es el contrapeso.

Si se aplica un voltaje a P mientras el circuito S está abierto. Circulará una corriente de excitación y se inducirá un flujo magnético en la bobina primaria que pasará por la rama interior hacia arriba. Aquí el flujo se dividirá y cada mitad retornará por las caras exteriores. La magnitud de flujo a través de P se determina por la fórmula del transformador:

$$E = (k) (f) (A) (N) (B)$$

en donde

E = Voltaje

K = Constante

A = Area del núcleo

N = Número de vueltas

B = Densidad del flujo

f = Frecuencia en c/s

El flujo en el hierro induce un voltaje en la bobina secundaria, y si el circuito está completo, circulará una corriente. La corriente en S origina una fuerza magneto matriz opuesta a la de P, una parte del flujo magnético a través -

de P será forzado a pasar por la apertura entre P y S, en vez de seguir el circuito del hierro. Este hecho tiene dos consecuencias, la primera el voltaje en S se reducirá por el flujo reducido que S concatena, y la segunda habrá una fuerza electromagnética en P que tenderá a elevarla. Esta fuerza es causada por la reacción del flujo de dispersión sobre la corriente en S.

El contrapeso se ajusta normalmente de tal forma que el peso de la bobina sea exactamente igual al del contrapeso más la fuerza electromagnética existente cuando circula la corriente deseada por la bobina.

Si parte de la carga se cortocircuita, súbitamente, habrá una elevación instantánea de la corriente secundaria y consecuentemente del flujo de dispersión provocando un incremento de la fuerza entre las bobinas, moviéndose la bobina primaria hacia arriba aumentando el espacio entre bobinas y disminuyéndo el voltaje secundario hasta un valor en el que nuevamente se enviará solamente la corriente deseada, a través del circuito.

La regulación de corriente de un transformador de corriente constante es muy precisa. Las partes móviles están soportadas por un cojinete de

bolas, y si el transformador es instalado adecuadamente a nivel, y de tal manera que las bobinas puedan moverse libremente, la corriente no variará más de un 1% de su valor nominal. Estos transformadores no pueden ser sobrecargados porque decrece la corriente secundaria. A plena carga, las bobinas están muy cerca de su mínima separación, si se incrementa la carga, más allá del valor de plena carga, la separación de las bobinas decrece aún más, hasta alcanzar un valor tope, más allá de este punto cualquier incremento en la carga dará como resultado un decrecimiento de la corriente del secundario.

Debido a las características de corriente constante, las pérdidas  $I^2R$  en este tipo de transformadores permanece constante para todos los valores de carga. Las pérdidas de dispersión se incrementan con un decrecimiento de la carga, consecuentemente las pérdidas totales se incrementan al decrecer la carga tienen su máximo valor en condiciones de vacío.

La temperatura de operación de las bobinas, no debe exceder a los  $55^{\circ}\text{C}$  para una temperatura ambiente de  $40^{\circ}\text{C}$  y para una operación al 90% de la carga nominal, durante ocho horas.

Los transformadores de corriente constante operan correctamente cuando la variación de voltaje de alimentación no es mayor que el  $\pm 5\%$ , y siempre que no esté cargado sobre su capacidad nominal, las potencias nominales de estos transformadores, son las siguientes: 10, 15, 20, 25, y 30 Kw. con voltajes primarios monofásicos de 2.400, 4.800, 7.200.

Existen diferentes tipos de transformadores de corriente constante, Esta diferencia es el resultado de la implementación de equipos de protección. Los tipos más comunes fabricados por Westinhouse son: primero transformador de corriente constante tipo poste (CSPH) el mismo que es una unidad sumergida en aceite, la misma que incluye un interruptor en aceite, un relé de protección tipo PC, pararrayos de ionizantes, tirafusibles de protección, segundo, transformadores de corriente constante tipo CSPH-C, es similar al anterior, pero dispone adicionalmente de capacitores en paralelo para corregir el factor de potencia a valores más altos para todas las condiciones de carga dentro de la capacidad nominal de la unidad; tercero, transformador de corriente constante tipo CSPH-K, se diferencia

de la unidad CSPH en que incluye un interruptor en aceite, controlado para la operación en cascada y posee además un relé de protección; cuarto, transformador de corriente constante subterráneo tipo CMH es una unidad a prueba de agua, diseñado para operar en cámaras y pozos.

#### b) Interruptores

Las lámparas en el circuito serie de alumbrado público, son encendidas o apagadas por medio de un interruptor en el circuito de alto voltaje que alimenta al transformador de corriente constante.

La operación del interruptor, puede iniciarse por medio de cualquiera de los tipos de control como son el manual, el de tiempo o el de células fotoeléctricas.

El interruptor utilizado puede ser un aire o en aceite, siempre que el interruptor seleccionado tenga la suficiente capacidad de interrupción y el voltaje y la corriente nominales.

La figura III-6, representa un diagrama esquemático de un interruptor en aceite tipo RCOC. El diagrama III-6 muestra una bobina de operación en paralelo con voltaje nominal 120 V. a 60 c/s. Esta bobina se energiza desde el circuito de a-

limentación de bajo voltaje, a través del circuito de control. El diagrama III-6-b es el de un interruptor que se utiliza en circuitos serie en cascada, y en lugar de una bobina de 120 V. - tiene una bobina de corriente constante de 6,6 amperios, la cual se energiza desde uno de los circuitos serie alumbrado de 6,6 amperios.

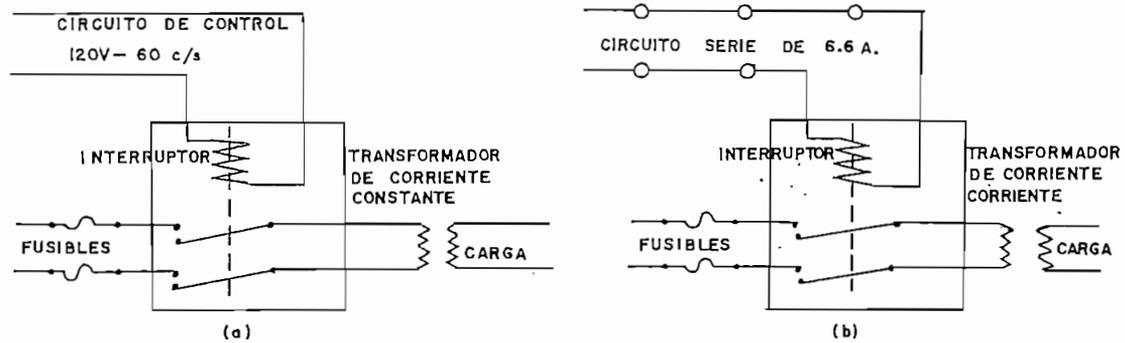


Fig. III-6.

Diagrama esquemático de dos interruptores en aceite, tipo RCOC, marca Westinhouse.

- a) Interruptor con circuito de control energizado por circuito a 120 V.
- b) Interruptor con circuito de control energizado por circuito serie de alumbrado público de 6,6 amp. para operación en cascada.

Los interruptores en aceite normalizados, tienen las siguientes capacidades de interrupción 50 amperios a 2.500 voltios, 35 amperios a 5.000 voltios y 15 amperios a 7.500 voltios línea a línea, para uso en los sistemas de 5/8,66 KV, y para alimentaciones de 8,66/15 KV fase tierra en sistemas Y. Existen otros valores de tensiones, pero las mencionadas anteriormente son las más comunes.

Todas las unidades tienen manijas para la operación manual.

c) Seccionadores tipo película (film cut out)

Se utilizan individualmente con las lámparas en un circuito serie de alumbrado público con la finalidad de asegurar el servicio, una vez que ha fallado una lámpara, el seccionador tipo película, se inserta entre las horquillas sujetadoras de las luminarias en serie, de esta manera el seccionador está en paralelo con la lámpara, con voltajes un poco mayores que el de la lámpara, el seccionador actúa como aislador, cuando falla una lámpara, porque se quemó o por daños mecánicos, el seccionador empieza a conducir a voltajes menores que el del circuito abierto.

como espaciadores resistentes al calor

d) Conductores

Normalmente se utilizan conductores para intem  
perie, inclusive en circuito serie aéreo. Se u  
tilizan conductores desnudos en lugares en los  
cuales los códigos locales lo permiten y en donu  
de existe suficiente espaciamiento entre los -  
circuitos de alumbrado y los circuitos alimen-  
tadores primarios para evitar contactos entre  
ellos.

Se utilizan conductores en función de la resis  
tencia mecánica y pueden ser de aleación de a-  
luminio N. 6 ó 4 AWG, o de cobre N. 8 ó 6 AWG.  
En sistemas subterráneos se los entierra direct  
tamente en el suelo o se los lleva por medio é  
de ductos individuales o ductos de los sistemas  
de distribución. En la práctica se instalan ca  
bles aislados con barniz Cambric. con papel o  
del tipo caucho, con cubierta de plomo. Han da  
do excelentes resultados los conductores con a  
islamiento sintético tipo caucho, con envoltu-  
ras de neopreno. Los conductores tienen un aig  
lamiento igual al nominal.

Los cables enterrados directamente en el suelo  
están expuestos a daños mecánicos y la locali-

zación de una falla y la eliminación de la misma es muy costosa. Por esta razón se utilizan cables con cubierta de plomo tipo Parkway.

#### e) Relés

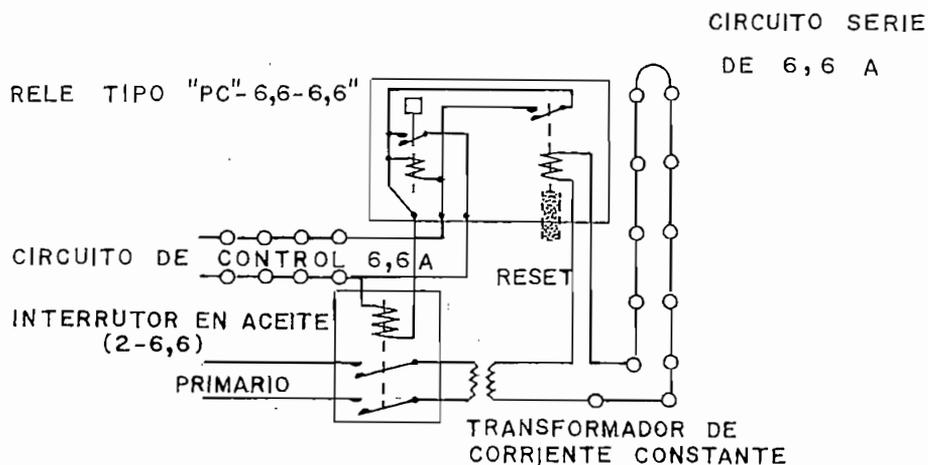
En los circuitos serie de alumbrado público, es necesario prever la protección contra los voltajes de circuito abierto.

Cuando se rompe un conductor o deja de operar un seccionador de película, al fallar una lámpara, el voltaje de cortocircuito se presenta a través del interruptor o a través de la lámpara y su valor es proporcional a la corriente y potencia nominales del sistema y varía entre 2.000 y 6.000 V.

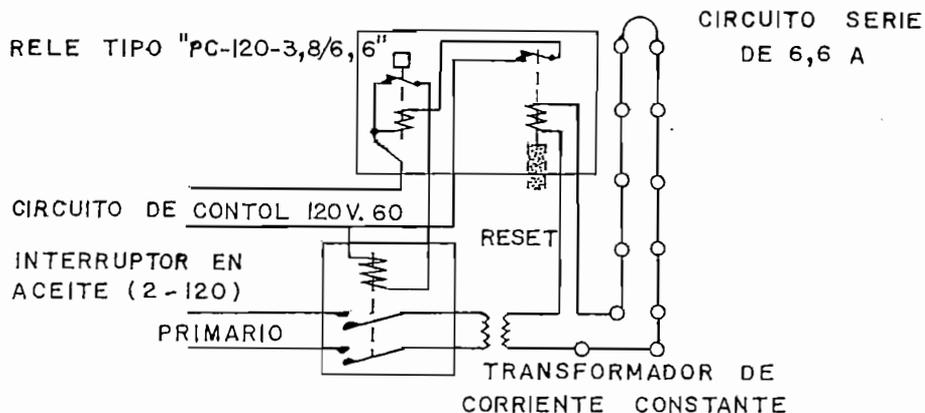
Una falla de circuito abierto, desenergiza la bobina del relé del circuito serie protegido - el cual opera los contactos que desenergizan la bobina del circuito de control. El circuito de control desenergiza la bobina del interruptor - en aceite del primario para desconectar la carga.

En la figura III-7 se muestran dos tipos de relés tipo PC, los mismos que tienen bobinas de operación aisladas para circuitos de alumbrado - cuyo voltaje en condiciones de circuito abierto no excedan los 8.000 voltios.

FIGURA III-7  
Conexiones de relés tipo PC



Conexiones para un relé de protección tipo PC 6,6 - 6,6 con un circuito de control serie de 6,6 amperios nominales y un circuito serie protegido de 6,6 amperios nominales.



Conexiones para un relé de protección tipo PC 120-3,8/6,6 con un circuito de control de 120 voltios, 60 ciclos nominales y un circuito serie protegido de 3.3./6,6 amperios nominales.

f) Protección contra descargas atmosféricas en la mayoría de los casos, los circuitos serie de alumbrado público no están expuestos a los problemas ocasionados por descargas atmosféricas, ya que se encuentran blindados por otros circuitos y por edificios.

Cuando un rayo cae directamente en un circuito serie de alumbrado público, generalmente se produce un contorneo en uno de los aisladores o en el soporte de porcelana de una de las lámparas. Por lo tanto la corriente usualmente viaja una corta distancia en el circuito. El contorneo en el soporte de la luminaria puede quemar a la lámpara. Si las descargas atmosféricas son frecuentes existirá una excesiva cantidad de lámparas falladas o disrupción de los seccionadores tipo película.

La protección más efectiva para un circuito serie es blindarlo con un conductor, a lo largo del circuito, esto protege a todas las lámparas de una descarga directa, pero resulta más caro que instalar unos cuantos pararrayos para evitar la salida de unas 4 ó 5 lámparas. En circuitos expuestos a rayos, Westinhouse recomienda la utilización de pararrayos estan

dart colocados en las líneas, aproximadamente a 1.500 pies del transformador, y si existe un excesiva número de lámparas y seccionadores tipo película fallados se puede conectar pararrayos adicionales, a lo largo de la línea.

Los transformadores con un solo circuito secundario requieren de dos pararrayos en el secundario. Se debe instalar un pararrayo en cada línea al lado del primario del transformador, estos pararrayos deberán localizarse al lado de la fuente del interruptor en aceite y del capacitor corrector del factor de potencia, si es que se lo usa.

Para seleccionar el voltaje apropiado de los pararrayos para el circuito primario, se deberá considerar el voltaje del circuito y aplicar procedimientos normales.

En sistemas con neutro puesto a tierra, es preferible aplicar pararrayos con el neutro puesto a tierra con un valor nominal del 80% para dar un mayor margen de protección.

Los valores nominales recomendados para pararrayos que se aplican en los circuitos secundarios de los transformadores de corriente -

constante se basan en el voltaje de circuito a bierto, estos valores se recomiendan a conti-- nuación.

Tabla III-1

Pararrayos recomendados para circuitos serie de alumbrado público de 6,6 y 20 amperios.

Potencia nominal del Transformador, Kw	Máximo valor nominal del pararrayo KV	
	6,6 Amp. secund.	20 Amp. Secund.
2	0,5	0,5
3	0,75	0,5
5	3	0,5
7,5	3	0,75
10	3	0,75
15	3	3
20	6	3
25	6	3
30	6	3
40	9	3
50	12	6
60	12	6
70	12	6

g) Puesta a tierra

Los altos voltajes utilizados en el circuito se rie de alumbrado público presentan un posible - peligro para el público y personal de manteni-- miento, en caso de una falla del aislamiento en cualquier parte del sistema; por esta razón, se recomienda que todos los forros de los equipos los tanques, postes metálicos y conductores sean efectivamente puesto a tierra.

El secundario debe tener un tratamiento como - un circuito de bajo voltaje.

Puesto que en un circuito serie de alumbrado - público, la corriente es limitada, los conduc-- tores a tierra generalmente no están sujetos al flujo de corriente de más de 20 amperios - por lo tanto la resistencia mecánica del con-- ductor viene a ser el factor determinante y se utilizan rangos de conductores de cobre del N. 8 al N. 4.

En casos en los cuales los circuitos en serie son subterráneos, se establece una tierra in-- tencional en el punto medio eléctrico del cir-- cuito. De esta forma, se reduce efectivamente

El esfuerzo eléctrico normal sobre el aislamiento a la mitad del voltaje de carga normal del transformador de corriente constante.

Si ocurre un situación de circuito abierto en un sistema serie puesto a tierra en esta forma, el cable en el lado que no está puesto a tierra del punto abierto está sujeto al máximo voltaje de circuito abierto a tierra. Si se utiliza un relé de protección de circuito abierto con el transformador la duración del sobrevoltaje es inferior a un segundo, si no se utiliza el relé de protección, el cable está sujeto al voltaje de circuito abierto hasta que la situación sea reconocida y corregida, esta puede durar una hora y aún varios días.

Algunas compañías colocan una tierra intencional en el circuito lo más cerca a uno de los terminales del transformador. Esto tiene la ventaja de poder quitar la tierra para los propósitos de mantenimiento o pruebas, pero, al mismo tiempo incrementa el esfuerzo normal sobre el aislamiento del conductor cercano al otro terminal del transformador.

Cuando ocurre un accidente a tierra en un circuito serie en el que existe una puesta a tierra

intencional, la parte del circuito entre las dos tierras es esencialmente extraída del circuito y las lámparas se apagan o empiezan a tener un brillo muy débil. Esta condición proporciona una excelente indicación de la localización del punto a tierra accidental.

Si bien un gran número de circuitos en serie son operados con puesta a tierra intencional, la mayoría de los circuitos serie no son puestos a tierra, tanto en circuitos aéreos como subterráneos. El circuito subterráneo continuará operando con una puesta a tierra accidental.

### III.3. SISTEMA MULTIPLE

III.3.1. Este sistema se caracteriza porque en un mismo circuito de alumbrado público todas las lámparas se encuentran conectadas en paralelo.

Este sistema es el de mayor utilización y la alimentación de las lámparas en el sistema múltiple se la realiza a través de circuitos de baja tensión. Los voltajes más comunes de este sistema son 120/240 voltios monofásico a 3 hilos o 120 V. monofásico 2 hilos. En algunas áreas comerciales se utilizan sistemas trifásicos con cuatro conductores y con voltajes de operación de 120/208 voltios.

El sistema múltiple puede tomar varias formas a causa de que existen circuitos secundarios de bajo voltaje en la mayor parte de las áreas en las cuales se instala el alumbrado público y las lámparas en el circuito múltiple se alimentan directamente de los secundarios existentes.

Otra de las formas que adquiere el sistema múltiple de alumbrado público, es la de utilizar un secundario separado que sirva exclusivamente al sistema de alumbrado. La fuente de alimentación para este circuito secundario se la realiza por dos métodos, los cuales se encuentran representados en la figura III-8. Los dos métodos de alimentación utilizan transformadores de distribución tipo poste normalizados y pueden utilizar el mismo tipo de control para las operaciones de conexiones o desconexiones.

La diferencia entre los dos métodos, se debe a la forma de conexión. En el un método el primario del transformador de distribución está conectado directamente al circuito primario disponible y la operación de desconexión se la realiza por intermedio de un relé múltiple que se encuentra colocado entre los terminales del transformador y el circuito múltiple. En el otro método, el

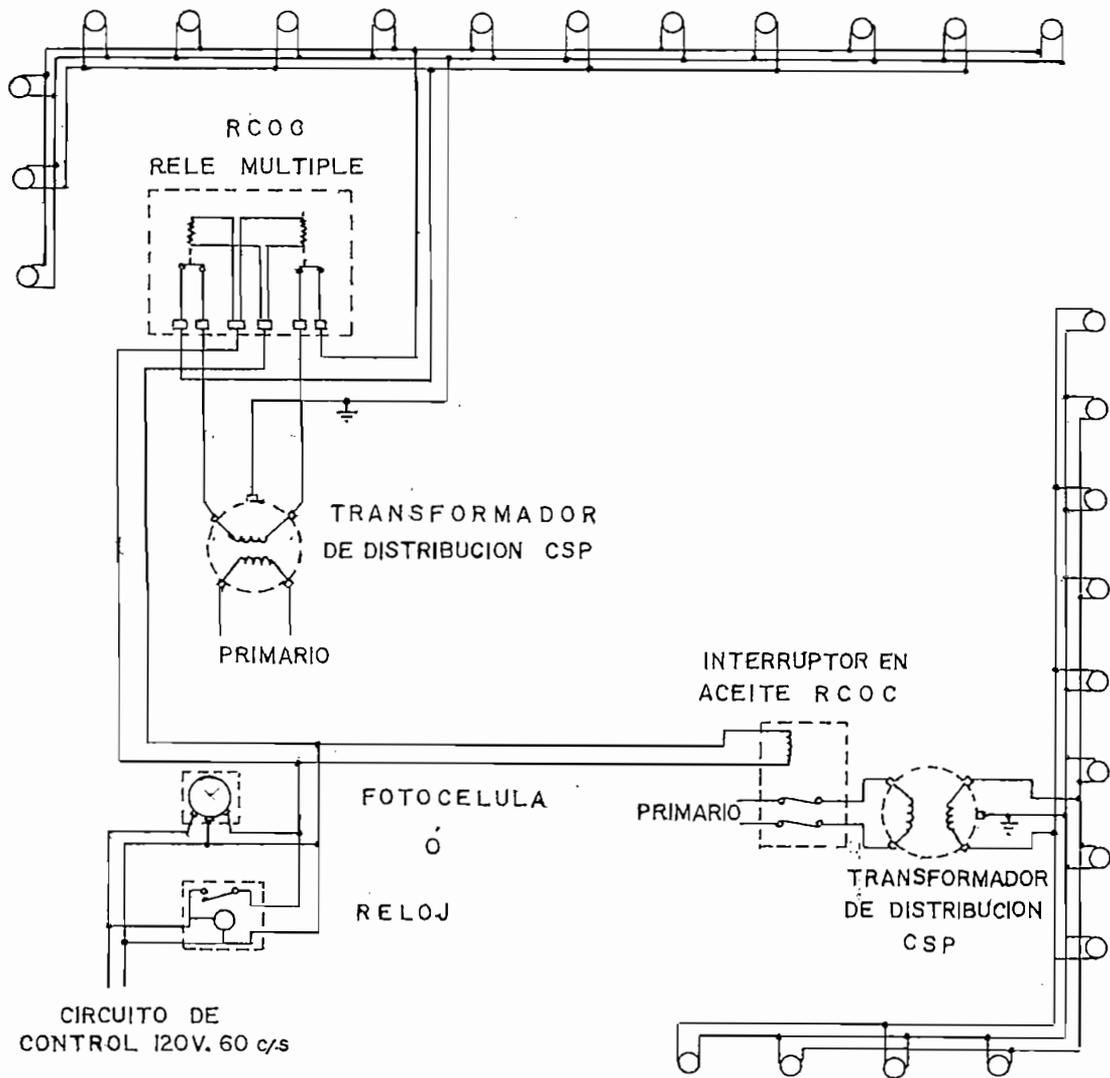


Fig. N. III-8

Dos métodos diferentes de servir un circuito de alumbrado público. En el primer método, el interruptor es es tá acoplado en el lado de alto voltaje del transformador de distribución, y el otro interruptor está instá lado en el lado de bajo voltaje.

### III.3.2. Ventajas

El sistema múltiple de alumbrado público ofrece muchas ventajas en las áreas en las cuales no ha existido un sistema de iluminación, algunas de estas ventajas se detallan a continuación:

Un sistema múltiple que utiliza el control individual de las lámparas, elimina la necesidad de construir un sistema separado adicional a los circuitos de distribución.

Debido a que el sistema múltiple de alumbrado público opera con fuentes de alimentación de bajo voltaje hace que el mantenimiento sea menos riesgoso para el personal, el mismo que puede ser no calificado para trabajar en circuitos de alto voltaje.

El equipo utilizado para la operación y mantenimiento del sistema es el mismo que se utiliza para la operación y mantenimiento de los circuitos secundarios de distribución.

### III.3.3. Desventajas

La principal desventaja que presenta el sistema múltiple de alumbrado público, cuando su alimentación es separada de los circuitos de distribución de baja tensión, es la necesidad de emplear conductores de grandes calibres para disminuir -

las caídas de potencial cuando los circuitos son muy largos y así asegurar el óptimo funcionamiento de las lámparas. Esta medida hace que se incrementemente el costo de instalación de los conductores.

#### III.3.4. Equipo especial a utilizarse

##### a) Transformadores

Una de las grandes ventajas del sistema múltiple es la utilización de transformadores de distribución normalizados para la instalación en poste, lo cual hace posible que se instalen varias lámparas en los circuitos secundarios existentes - sin tener que instalar una capacidad adicional - en los transformadores. Sin embargo, se debe tomar en cuenta este incremento de carga en los transformadores especialmente en los sistemas en los cuales es coincidente el pico del sistema, - con el encendido o con la operación del alumbrado público.

##### b) Interruptores

Cuando el control del sistema múltiple se lo realiza en el circuito primario del transformador de distribución, es necesaria la instalación de un interruptor en aceite, la interrupción automática con este aparato, se la realiza energizando el circuito de control con 120 vol.

Aplicados a la bobina del interruptor por medio de un control temporizado (reloj) o por un control fotoeléctrico.

Cuando se energiza el sistema múltiple por medio de un interruptor en el lado de baja tensión de la fuente, se utiliza un relé múltiple, al energizar los circuitos de control de las bobinas de operación de un relé múltiple se accionan sus contactos de carga.

Los contactos de carga del relé, están normalmente abiertos con la bobina de operación desenergizada. Los contactos del relé múltiple pueden también estar normalmente cerrados con las bobinas de operación desenergizadas, por lo que cuando ocurre una falla en el equipo de control desenergiza la bobina de operación del relé y cierra los contactos de carga.

### c) Balastos

La operación del sistema múltiple de alumbrado público con lámparas de mercurio, precisa de la utilización de balastos para el arranque de las lámparas, ya que provee el voltaje que se requiere en el arranque y para limitar el flujo de corriente una vez que se ha establecido el arco.

El balasto tipo "reactor" es una inductancia, su

función es limitar el flujo de corriente en la lámpara y su funcionamiento es bueno cuando se aplica el voltaje nominal a la lámpara.

Balasto tipo "alta reactancia", es un balasto - tipo reactor, el cual se le ha instalado con un auto-transformador para proveer a la lámpara de voltaje necesario, su aplicación es en líneas - cuya variación de potencial no supere el  $\pm 5\%$ .

Balasto tipo "salida regulada" es una variación del tipo reactancia, el cual se le incorpora un elemento de hierro saturable y hace operar las - lámparas aún con variación de voltaje del 12 al 15%, además, este tipo de reactor requiere de - la instalación de un capacitor el cual aumenta el factor de potencia de 50 ó 60% al 95%.

#### d) Conductores

Cuando se utilizan circuitos separados para la alimentación del sistema múltiple de alumbrado - público, se debe realizar un estudio económico, relacionando los costos de transformadores y calibre de los conductores para los secundarios - sean estos aéreos o subterráneos.

Cuando las lámparas de un sistema múltiple, se a limentan directamente de los circuitos secunda-- rios de distribución, la influencia de las mis-- mas en la determinación de los calibres de los -

tección al circuito primario.

La utilización de transformadores convencionales exige la instalación de equipos de protección, tales como pararrayos, fusibles en el primario y fusibles en el secundario del transformador.

Cada una de las luminarias del circuito múltiple de alumbrado público está protegida por medio de fusibles instalados en portafusibles de porcelana tipo botón de 10 amperios 500 V. El neutro del transformador se lo debe poner a tierra, para lo cual se utiliza conductores de cobre cuyos calibres dependen de la capacidad del transformador de distribución.

### III.4. SISTEMA MIXTO

#### III.4.1. Características

A este sistema se lo conoce también como sistema serie-múltiple, debido a que no es más que la utilización simultánea de los circuitos.

Se utiliza este sistema en zonas en las cuales existe un alumbrado público con sistema serie y se lo requiere incrementar, como el sistema serie no tiene la capacidad suficiente para aumentar la carga, se debe optar por la utilización mixta de los dos sistemas, y para ello se

ples.

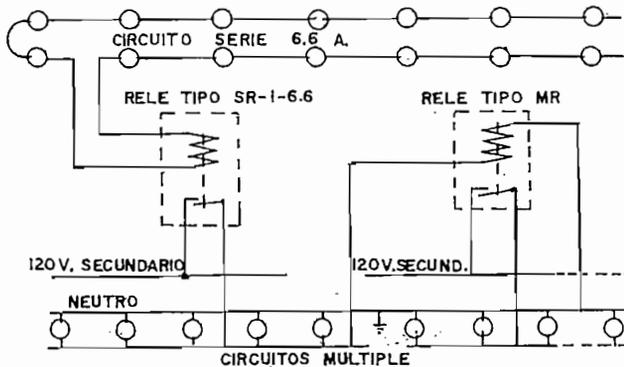


Fig. III-9

Sistema serie-múltiple de alumbrado público, utilizando un relé serie-múltiple tipo SR-1-6,6 para encender la lámpara del sistema múltiple, y un relé múltiple para adicionalmente encender grupos de lámparas múltiples.

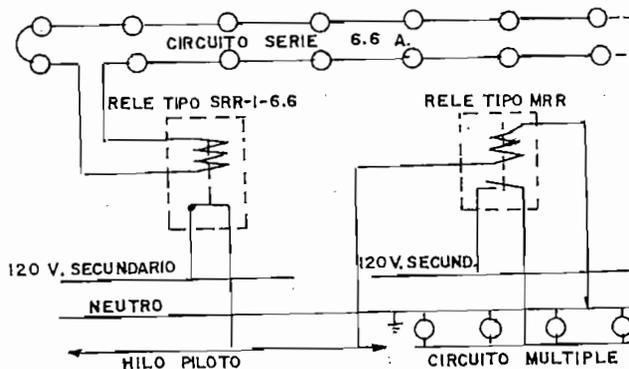


Fig. III-10

Sistema serie-múltiple de alumbrado público, utilizando un relé serie-múltiple para energizar el hilo piloto conectado a través del uso del relé múltiple tipo MRR.

### III.4.2. Ventajas

La utilización del sistema mixto de alumbrado público, cuando existe inicialmente un sistema serie, permite un ahorro de la inversión en la instalación de transformadores de corriente constante, que se deberá realizar para incrementar o dar un nuevo servicio de alumbrado público a zonas en las cuales existen secundarios de distribución.

### III.4.3. Desventajas

El sistema seriémúltiple tiene las mismas desventajas que el sistema serie en cascada, una falla en el sistema serie o en el control del sistema serie, impide la energización de las lámparas instaladas, utilizando el sistema múltiple.

### III.4.4. Equipo especial a utilizarse

Con excepción del relé serie-múltiple utilizado para unir el sistema serie con el sistema múltiple, todo el equipo del sistema mixto es el mismo que se utiliza en los otros dos sistemas. El relé serie-múltiple básicamente es un contactor que actúa comandado por una bobina selenoide. Puede ser de uno a dos polos, además puede ser sus contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados con la bobina desenergizada. El relé serie-múltiple se lo puede conseguir

con bobinas de 6,6 ó de 20 amperios nominales,  
también de 125 y 250 voltios, nominales.

## CAPITULO IV

### CONTROL

#### IV.1. Generalidades

La importancia que tiene una instalación de alumbrado público obliga a la creación de mecanismos que servirán para organizar los períodos de funcionamiento de todas y cada una de las luminarias existentes en una instalación de iluminación. De no existir estos mecanismos nos encontraríamos abocados a dos problemas; el primero de ellos sería el de poseer una instalación de alumbrado público en la cual, por falta de un equipo para controlar su encendido tornaría inoperante la instalación; el segundo problema, lo ocasionaría el poseer una instalación de alumbrado que no cuente con equipos para controlar la desenergización de las luminarias. Esto nos conducirá a tener un sistema de alumbrado público que operaría en forma continua durante el día y la noche, ocasionando desperdicio de energía.

El control del alumbrado público, exige una exacta coordinación entre el instante en el cual se deberá poner en funcionamiento a los diferentes grupos de luminarias y el momento en el cual de-

jan de funcionar las lámparas que se encuentran iluminando las diferentes calle o avenidas de una ciudad.

Esta coordinación obliga a que se establezca un horario mínimo indispensable de suministro de energía para el funcionamiento de las luminarias, evitando el desperdicio de la misma, con la utilización del alumbrado en horas innecesarias, - la operación de conexión y desconexión de un sistema de alumbrado público, debe depender exclusivamente del nivel de iluminación.

#### IV.2. CONTROL MANUAL

La utilización del sistema manual para el control del alumbrado público, ha sido desechada - de las empresas eléctricas del país y se limita exclusivamente a poblaciones rurales, con sistema de generación propios, tal es el caso de las poblaciones de Selvalegre y Apuela en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

La puesta en servicio y la desconexión de las - luminarias, la realiza una persona, conectando o desconectando un switch, el cual controlará a todas las luminarias pertenecientes a un solo - circuito secundario de distribución, lo cual implica la instalación de un hilo piloto en el -

circuito.

Este trabajo, a más de ser monótono, generalmente ocasiona desperdicio de energía, pues el tiempo necesario para ejecutar la rutina de conexión y desconexión, dependerá del número de circuitos a energizarse, y de la distancia que se deberá recorrer para prender o apagar todas las luminarias de una ciudad, este período de tiempo corresponde a la duración del desperdicio energético el cual también está sujeto al grado de responsabilidad del operador del sistema de alumbrado, el cual en el mejor de los casos no sobrepasa el 80% del esperado.

También puede ser perjudicial ~~si~~ no se conecta el sistema cuando se lo necesita.

#### IV.3. CONTROL CON CELULA FOTOELECTRICA

Las células fotoeléctricas, son unidades de utilización en la intemperie y están compuestas de equipos electrónicos sensibles a la luz y que cierran o abren sus contactos, energizando una o varias lámparas cuando la intensidad de la luz natural es menor o mayor que ciertos valores convenientes.

La propiedad de la célula fotoeléctrica, es va-

riar su resistencia interior en una relación - inversamente proporcional a la intensidad lumi nosa que sobre ella incida.

La intensidad de iluminación se mide en senti- do vertical por delante de la ventanilla de en trada de luz. El aparato de marca Siemens, es- tá equipado con dos válvulas de cátodo en frío de molibdeno, siendo una de las válvulas, la - de trabajo y la otra la de mando. Si por ejemplo aumenta la resistencia interior de la célula - fotoeléctrica, por disminuir la claridad, se a paga, entonces la válvula de mando hace que se encienda la válvula de trabajo, de forma que - circulará una corriente a través del circuito de la corriente anódica, en el que se encuentra el circuito bimetálico.

La relación de los valores de actuación es de u no a 1,5, de forma que, para un valor de cone- xión de 5 lux, el valor de desconexión es 7,5 - lux.

Se recomienda que se dirijan hacia el norte en el hemisferio norte y hacia el sur en el hemis- ferio sur, esto se debe a que son aparatos direc- cionales.

Las fotocélulas de marca Tork, pueden funcionar bajo las siguientes limitaciones de temperatura:

51°C y + 88°C en condiciones de extrema humedad.

Las fotocélulas tienen un retardado que, según la marca varía a treinta segundos, e impide la desconexión o conexión, en el caso de variaciones momentáneas de luz, debido al movimiento de nubes pasajeras, relámpagos o por faros de vehículos.

Existen generalmente tres tipos de aparatos sensibles a la luz usados para el control de alumbrado público. Un tipo utiliza válvula fotoeléctrica, un tubo amplificador, un sistema retardador de tiempo, un tubo de potencia y un relé o contactor. Un segundo tipo emplea una autogeneración o fotovoltaica, fotocélula o célula tipo capa-barrera, un relé, un pequeño motor y un switch de cierre de mercurio. El tercer tipo toma en sus primeras manufacturas una extensa área de celda fotoconductiva de sulfuro de cadmio y un rectificador especial de onda plena tipo relé.

La válvula fotoelectrónica requiere de 3,5 a 11 watts. durante el día y de 1,5 a 7 watts. durante la noche. La celda tipo capa-barrera no trae consigo corrientes entre las operacio-

nes de conexión y desconexión. Cada ciclo completo de operación requiere solamente 4 watts. por un minuto, generalmente uno por día. El tipo de control de sulfuro de cadmio requiere de un máximo de 0,9 watts. en el día y un máximo de 0,6 watts. en la noche.

El control de tipo válvula fotoeléctrica se obtiene en dos rangos con respecto a sus contactos. El rango de sus contactos es 575 watts. y 3.000 watts.

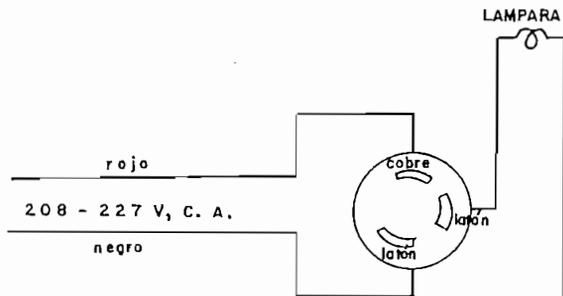
El rango de 575 wats es utilizado para el control de una sola lámpara o para el control de un circuito control con hilo piloto. El rango de 3.000 watts. es utilizado en el control de un grupo de lámparas. El switch de mercurio en una célula de control tipo capa-barrera es de 30 amperios nominales a 120 vol. El control de sulfuro de cadmio está realizada para un máximo de 1.000 watts.

Debido a que los fotocontroles son enchufables pueden ser rápidamente instalados o cambiados, disminuyéndo los costos de mano de obra en la instalación y mantenimiento.

Usados individualmente en cada punto de luz, dan un máximo de seguridad y ahorran el costo

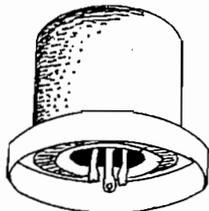
del cable piloto y también pueden ser usados -  
para activar circuitos pilotos existentes.

Fig. IV.1. Diagrama de conexión, con receptor  
de tres contactos.



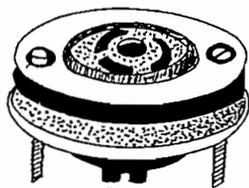
## DIVERSOS SISTEMAS DE MONTAJE

### ENCHUFE TRIPOLAR A TORSION



El enchufe tripolar puede ser instalado directamente en luminarias equipadas con el correspondiente receptáculo hembra, en columnas así equipadas, para montaje en poste con el receptáculo completo.

### JUEGO # K-20 PARA AGREGAR UN RECEPTACULO TRIPOLAR EN LUMINARIAS.



Requiere un orificio de 2.1/4 pulgadas en la parte superior de la luminaria o la columna. Consiste de un receptáculo, espaciado, una junta de seguridad, para que el control pueda ser fácilmente orientado en la dirección apropiada.

### RECEPTACULO # R-20



Puede ser instalado en columnas o luminarias, requiere taladrar dos agujeros (a veces se usan 4 perpendicularmente para que sean orientados en diferentes posiciones). Instrucciones provistas con el receptáculo indican método de montaje con un agujero, de tal manera que el receptáculo mismo pue

De ser colocado en la dirección requerida dentro de la luminaria o columna.

#### IV.4. CONTROL CON RELOJES

Este es uno de los métodos más caros para el control del alumbrado público y básicamente consiste, en una esfera de reloj operado por un motor sin-crónico y un juego de contactos.

Este tipo de reloj, ajusta automáticamente los contactos de operación convenientemente todos los días en las variaciones de la salida o del ocaso del sol.

La más grande desventaja de este tipo de control está en que las interrupciones en el suministro de la energía eléctrica ocasiona atraso en el reloj - y consecuentemente retraso en la operación de alumbrado.

Este problema puede ser evitado o reducido al mínimo con interrupciones cortas del suministro de e-nergía eléctrica, a través de un mecanismo de tiempo que permita que el reloj siga funcionando, has-ta que la energía eléctrica sea restablecida. La adición de este mecanismo de tiempo, lo convenien-te en el control más completo, complicado y por su puesto incrementa el costo del equipo de control.

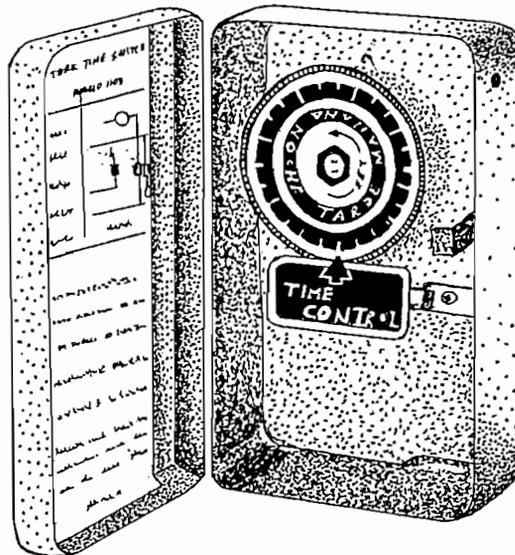
Presenta el inconveniente de que no opera cuando se requiere en días oscuros y puede operar en atarde-ceres prolongados.

El control de alumbrado público con relojes puede ser utilizado con grandes ventajas, tanto por el sistema serie, como por el múltiple.

El reloj es un switch de tiempo, impulsado por motor sincrónico y compuesto por un dial con 24 horas.

Los mínimos tiempos entre una operación de conexión y desconexión son 20 y 75 minutos, respectivamente. El motor de arranque propio y alto torque, puede operar a 120 ó 108 V., 60 Hz. ó 50 Hz., sus rangos de temperatura varían desde 51° C hasta + 60° C. y su potencia es de 3 vatios.

Fig. IV-3. Reloj standard para control de alumbrado público.



#### IV.5 CONTROL CON HILO PILOTO

Uno de los métodos más comunes para el control del alumbrado público puede ser realizado a través del uso del sistema del hilo piloto, como su nombre - lo indica, consiste en un conductor que está instalado desde un control maestro, hasta cada una - o cada grupo de lámparas que van a ser operadas - por el mencionado control, el cual puede ser un a aparato sensible a la luz (fotocélula), un reloj, o simplemente un switch manual.

Como hilo piloto se utilizan conductores que oscilan entre los calibres 8 y 4 AWG., instalándose - un relé en cada uno o cada grupo de lámparas que van a ser operados.

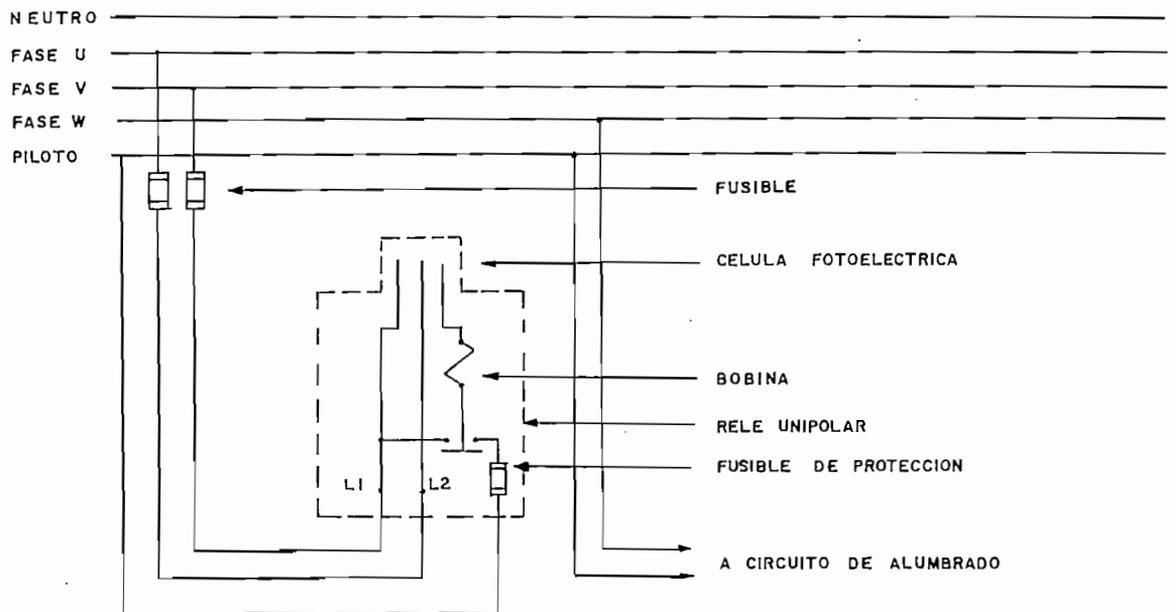
Los relés de control de alumbrado público, pueden ser operados de dos formas: la primera, cuando - el relé tiene los contactos normalmente cerrados se lo energiza durante el día, y la otra, cuando los contactos son normalmente abiertos, se energiza el relé durante la noche, cuando las luces deben estar encendidas.

El primero de los métodos tiene la ventaja de que cuando existe una falla en el control maestro, en el circuito del hilo piloto, o en algún relé, las luminarias se encenderán y permitirán una mayor - continuidad en el servicio del alumbrado público,

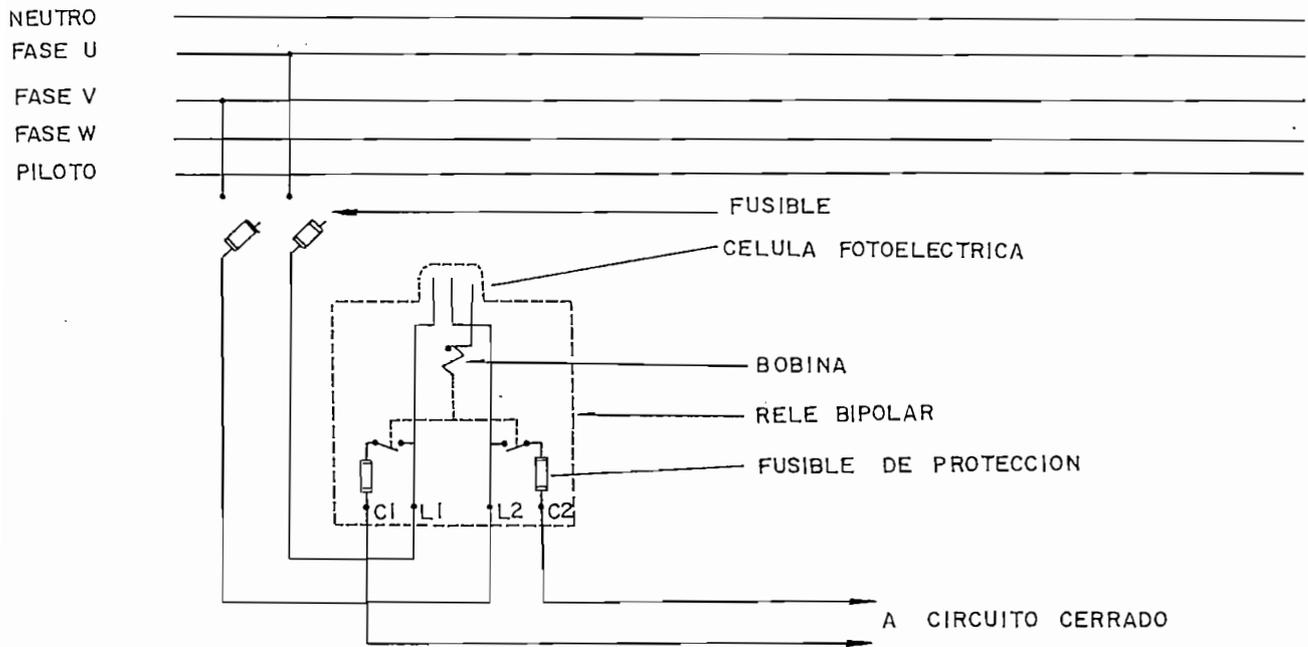
El segundo de los métodos, nos indicará que existe una falla cuando todas las lámparas se encuentran fuera de funcionamiento.

El control del alumbrado público con hilo piloto es aplicable para los circuitos serie y múltiple especialmente en el último.

Fig. IV.4. Esquema de control con hilo piloto conectado con fotocélula.



a) RED AEREA



b) RED SUBTERRANEA

#### IV.6. OTRO TIPO DE CONTROL

Se puede considerar como otro tipo de control, a la combinación que se puede realizar entre los tipos de control anteriormente citados con la utilización de relés conectados en cascada, dando origen a los siguientes arreglos:

- Control manual con relés en cascada
- Célula fotoeléctrica con relés en cascada
- Reloj con relés en cascada.

Estos tipos de control requieren de forma indispensable, la utilización de hilo piloto, fácilmente interconectable en todo los circuitos de alumbrado.

Con este sistema se puede conectar todo el alumbrado de un sector e inclusive de una ciudad, desde un solo control maestro, que puede estar formado por un switch, una fotocélula o un relé. El control maestro hace operar al primer relé, el mismo que además de energizar las luminarias del primer circuito hace accionar los contactos del relé instalado en el segundo circuito de alumbrado, este proceso continúa en igual forma tantas veces como circuitos se deseen incluir.

Una de las ventajas es la de que se ahorra el costo del control maestro (switch, fotocélula, reloj).

a partir del segundo circuito.

En casos en los cuales se deben racionar el servi-

cio de energia, se puede controlar una carga bas-

tan te grande, con la finalidad de no dejar sin ser-

vicio de energia electrica en los domicilios.

Este sistema tiene grandes desventajas, los danos

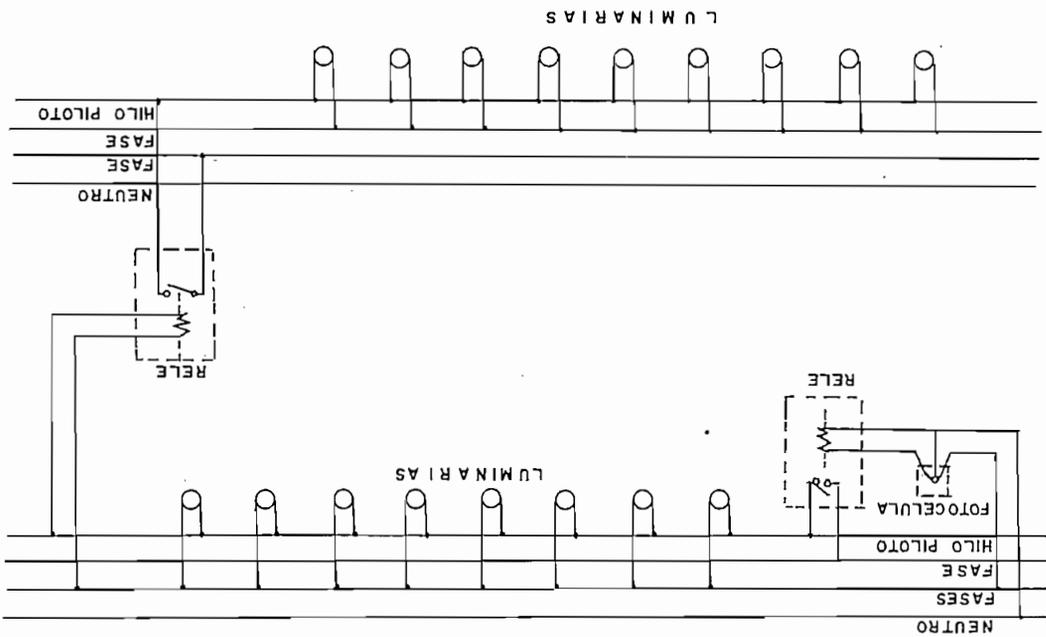
en un relé tran como consecuencia la desenergiza-

cion de los siguientes relés, produciéndose una -

falla de gran magnitud en el alumbrado, lo cual

puede superarse con switches en paralelo.

Fig. IV-5. Esquema de control con relés en cascada.



## CAPITULO V

### EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica de los diferentes sistemas de a lumbrado público y en un mismo sistema la utilización de los diferentes tipos de control debe incluir, no solamente los costos de mano de obra y los valores de los materiales para la instalación original, sino también los costos de operación, mantenimiento y amortización. Los intereses, impuesto y seguros, deben también ser in cluídos cuando se analiza el costo de amortización de las instalaciones.

Tomando en consideración de que los costos, tanto de ma no de obra como de los materiales necesarios para una instalación de alumbrado público, no son los mismos en las diferentes provincias y ciudades del país, se convierte en imposible el realizar una comparación de todos los casos que se presenten en diferentes lugares.

Considerando las limitaciones anotadas anteriormente, en el presente capítulo se detallará teóricamente el procedimiento que se adoptará para realizar una evaluación económica.

Existen varios procedimientos para realizar la evaluación económica de un proyecto de alumbrado público. Entre todos estos procedimientos, no existen diferencias

muy acentuadas y por lo tanto su análisis no es competencia del presente trabajo.

Para el estudio de los costos de una instalación de alumbrado público se utilizará el formulario reconocido oficialmente por la Sociedad de Ingenieros de Iluminación y que además, es el recomendado tanto por Westinhouse como por Osram. El formulario se encuentra representado en el cuadro V-1.

Cuadro V-1. Formulario de costos para un proyecto de alumbrado.

- 01 Tipo de lámpara
- 02 Descripción de la lámpara
- 03 Tipo de luminaria
- 04 Número de lámparas por luminaria
  
- 05 Lúmenes iniciales por luminaria
- 06 Vida de la lámpara
- 07 Potencia de la luminaria en vatios
- 08 Coeficiente de utilización
- 09 Factor de mantenimiento
- 10 Número de luminarias
- 11 Nivel luminoso medio en lux
- 12 Precio de la energía ( S/. por Kwh)
- 13 Horas de servicio anual, estimados

- 30 Costo estimado de limpieza por luminaria
- 31 Número de limpiezas por año
- 32 Costo anual de limpieza (10x30x31)
- 33 Costo total anual de mano de obra del mantenimiento (29+32)
- 34 Costo total anual del mantenimiento (27+23)
- 35 Costo anual de la energía (7x10x12x13:1000)
- 36 Costo total anual de operación (34+35)
  
- 37 Costo total anual (23+36)
- 38 Costo relativo anual
- 39 Costo anual por lux (37:11)
- 40 Costo anual relativo por lux

V.1. Costo de inversión, valor presente de los gastos de operación y mantenimiento del sistema serie de acuerdo al tipo de control.

Para el cálculo del costo de inversión de un sistema serie de alumbrado público, nos valemos del cuadro V-1. Desarrollando este cuadro hasta el item 20, podremos encontrar el "costo inicial - total", este costo total inicial es el equivalente al "costo de Inversión".

Para el cálcula del valor presente de los gastos de operación y mantenimiento del sistema serie -

Es indispensable conocer el "costo total anual de operación y mantenimiento del sistema". El cálculo del costo total anual de operación y mantenimiento se lo realiza desarrollando el cuadro V-1, hasta el ítem 36.

El valor presente o valor actual en el folleto de Ingeniería Económica editado por la Escuela Politécnica Nacional de Quito-Ecuador en 1969, la define básicamente como: "La suma de dinero que debe ser invertida, ganando un determinado interés compuesto, para obtener otra cantidad predeterminada en un tiempo futuro determinado"; la fórmula del valor presente es:

$$C = \frac{M}{(1 + i)^n}$$

En donde:

C = Capital

i = Interés

n = Tiempo

M = Monto (capital + interés)

Utilizando esta ecuación, se puede encontrar el valor presente para cualquier año, de los costos de operación y mantenimiento del sistema

serie, de acuerdo con el tipo de control que utilice.

El análisis económico de un proyecto de alumbrado público, utilizando el cuadro V-1, es de fácil ejecución, puesto que todos sus items son autoexplicativos. Con la finalidad de aclarar algunas dudas que podrían surgir en el análisis económico de un circuito serie de alumbrado público, se desarrollará brevemente, el significado de los diferentes items que componen el cuadro V-1, 01 tipo de lámpara. En este item se debe definir si el tipo de lámpara empleada deber ser incandescente, de vapor de mercurio de alta presión, de vapor de sodio de alta presión, de vapor de sodio de baja presión, fluorescente, etc.

02.- Descripción de la lámpara; Este reglón define solamente la potencia nominal de las lámparas que van a ser utilizadas en el proyecto, pese a lo indicado anteriormente, en este reglón se suele anotar el código con el cual el fabricante a denominado a la lámpara a utilizarse.

03.- Tipo de luminaria. Aquí se debe definir si la luminaria es para utilización horizontal, inclinada con respecto al e

nistrar el fabricante. Generalmente se realiza el experimento con funcionamiento de tres horas por cada encendido.

07.- Potencia de la luminaria, en vatios. Este reglón se refiere a la potencia total de la luminaria - en el cual se debe incluir la potencia de lámpara, el balasto. Para el caso de luminarias para lámparas fluorescentes se debe añadir la potencia absorbida por el arrancador o cebador, el mismo que dependiendo de la lámpara puede variar desde 4 a 140 vatios. En las lámparas de vapor - de sodio y de mercurio, también se deberá considerar la potencia de los aparatos de encendido, además incluirá un porcentaje por pérdidas de energía en las líneas.

08.- Coeficiente de utilización. Es la relación existente entre el flujo luminoso que incide sobre la superficie a iluminar y el flujo luminoso nominal emitido por la lámpara instalada. Se lo puede encontrar por medio de la experiencia y por medio de cálculo. Este valor suministra el fabricante.

09.- Factor de mantenimiento. Es el producto de dos factores: uno

debido a la reducción del flujo luminoso de la lámpara y el otro, debido a la acumulación de suciedad (polvo) sobre el punto de luz. Sus valores dependen del tipo de lámpara y del tipo de luminaria, en el anexo N. 5 se encuentran los valores recomendados por OSRAM.

10.- Número de luminarias. Se refiere a la can tidad total de luminarias que serán instaladas en todo el proyec-to. También se suele incluir en este item la -longitud del vano promedio.

11.- Promedio del nivel de iluminación. Es el nivel de iluminación que existe en promedio en la calle a iluminarse. Este valor se lo calcula por cualquiera de los métodos indicados anterior--mente.

12.- Precio de energía. El costo en sucres por Kwh, debe ser adoptado por cada una de las diferentes empresas. Se puede utilizar, y Emelnorte lo hace, el valor promedio del precio de venta al público del Kwh.

13.- Horas de encendido por año. Es el tiempo total en el -cual las lámparas estarán encendidas o funcio-nando. Este tiempo está expresado en horas y se

se lo considera durante un período de un año. El valor de 4.000 horas de funcionamiento en un período de un año, es una aproximación muy aceptable en el país, ya que concidera un período de once horas diarias de funcionamiento de las lámras.

14.- Costo neto por luminaria. En este item se debe incluir el costo de la luminaria sin lámpara, balasto o transformador serie, del brazo y del poste. En el caso de que en el circuito serie se utilice seccionadores de tipo película, se debe incluir en este numeral, el costo del respectivo seccionador. En otras palabras, son los materiales necesarios pra el montaje de la luminaria. Para lámparas de descarga, se incluye el costo de condensadores y arrancadores.

15.- Costo de accesorios, por luminaria. En este reglón se debe incluir el valor de los materiales y accesorios propios del circuito serie y que no fueron tomados en cuenta en el item 14. Generalmente, se realiza la suma del costo de todos los accesorios que se deben utilizar en el proyecto y se divide este valor por el número de

Luminarias a instalarse. En este ítem se debe incluir los siguientes costos:

Costo del transformador de corriente constante

- Costo del equipo de control, para lo cual se debe definir si el control se lo realiza con un switch manual, un switch de tiempo, una fotocélula o un relé para control de alumbrado público. A más de uno de estos equipos mencionados se incluye el valor del switch en alto voltaje, el cual puede ser en aire o aceite, para voltaje corriente y rango de interrupción necesarios.

- Equipo de protección. Incluye un relé de protección para la corriente de régimen, por lo menos dos pararrayos con sus respectivas puestas a tierra y dos portafusibles tipo abierto con sus respectivos tirafusibles.

- Costo del conductor ~~no~~ utilizarse.

- Costo de aisladores tipo pin con sus respectivos pernos pin.

- Costo de crucetas.

- Costo de herrajes, tales como pletinas para pie-amigo, abrazaderas para pie-amigo, pernos U, pernos pasantes, etc.

16.- Costo de instalación y cableado por cada luminaria.

Al igual que el ítem 15, se debe proceder a sumar el costo total de la mano de obra, se lo divide para el número de luminaria. Para el sistema se rie se toman en cuenta a las siguientes actividades:

- Costo del replanteo.
- Excavación de huecos, erección de postes.
- Armado de estructuras y tensores si el circui to es aéreo.
- Tendido de conductores.
- Instalación de las luminarias.
- Montaje del transformador de corriente constan te.
- Instalación del equipo de control manual, switch de tiempo, fotocélula, relé de control de alumbrado público.
- Montaje del switch de alta tensión.
- Montaje del relé de protección.
- Montaje de los portafusibles de alta tensión
- Instalación de los pararrayos y puesta a tierra.
- Costo del transporte de los materiales.

17.- Costo inicial neto de cada luminaria. Se re fiere al precio de almacén de cada luminaria, menos el porcentaje de descuento que ofrecen los distribui

dores o fábricas y más el valor de los impuestos este es el 5% de impuesto a las transacciones mercantiles.

18.- Costo inicial neto de las lámparas por luminaria.

Se refiere al costo neto de la lámpara o lámparas que estén instaladas en una luminaria y se lo calcula multiplicando el item número 4 con el número 17.

19.- Costo inicial total por luminaria. es la su  
matoria

de los materiales necesarios para el montaje de la luminaria, más el costo promedio por luminaria, de equipos y accesorios del circuito serie más el costo promedio por luminaria, de los cos  
tos de mano de obra y transporte del circuito serie, y más el costo neto de la lámpara o lámparas que estén instaladas en cada luminaria, - por lo tanto es la suma de los items 14,15,16 y 18.

20.- Costo inicial total. Es la sumatoria del cos  
to de materiales, mano

de obra y transporte del circuito serie de alum  
brado público y se lo calcula multiplicando el costo total por luminaria con el número de lumi

narias por instalarse (10x19), este valor en realidad es el costo inicial.

21.- Costo inicial por luminaria sin lámpara.

Es el costo total de la luminaria, incluido la parte proporcional por luminaria de quipos, materiales, mano de obra y transporte de un circuito serie de alumbrado público. Este costo incluye el valor de las lámparas y se lo obtiene sumando los items 14,15 y 16.

22.- Costo inicial total sin lámpara. Se refiere al costo total del proyecto de alumbrado, utilizando el sistema serie, sin considerar el valor de las lámparas y se lo calcula multiplicando el número de luminarias por el costo inicial por luminaria sin lámpara (10x21).

23.- Cargas anuales fijas. Este valor es un porcentaje del costo inicial total del proyecto sin considerar el valor de las lámparas, la determinación del porcentaje para cargas anuales fijas, depende del factor de depreciación establecido para cada empresa para este tipo de instalación, a este valor se debe añadir intereses, impuestos y seguros.

24.- Número anual de lámparas reemplazadas. Se refiere a la cantidad de lámparas que se asume - que fallarán en el lapso de un año y que serán reemplazados. Este valor es el fruto de la experiencia de cada empresa en particular, pero en ausencia de estos datos se lo puede calcular de acuerdo con la recomendación de Westinghouse, multiplicando el número de lámpara por luminaria con el número de luminarias, con las horas estimadas de funcionamiento por año y dividiendo este triple producto, por la vida útil de la lámpara (4x10x13:6).

25.- Costo anual de la reposición de las lámparas.

Se refiere al producto del número de lámparas que pueden fallar en un año, con el costo inicial neto de cada luminaria, considerando descuentos e impuesto. Se lo calcula multiplicando el item 17 con el 24 (17x24).

26.- Costo anual de reemplazo de accesorios.

Es el costo que se prevee y resultará del cambio anual de los materiales y equipos a excepción de las luminarias en un circuito serie de alumbrado público. Su valor dependerá de las -

empresas. En caso de no existir estos datos, se puede adoptar la recomendación de Westinhouse, la cual prevee un valor del 1% del costo total inicial sin lámparas, o sea , el 1% del item 22.

27.- Costo total anual de los materiales reemplazados.

Se refiere al costo del reemplazo anual de las lámparas quemadas y de los accesorios dañados - y se lo calcula sumando los items 25 y 26.

28.- Costo estimado de mano de obra por reemplazo de una lámpara.

Se refiere a la cantidad de dinero que cuesta - la mano de obra para reemplazar una lámpara quemada. Este valor será distinto para cada entidad y se la calcula multiplicando el tiempo en horas que se demora en cambiar una lámpara, por el sueldo por hora, incluyendo beneficios sociales y sobresueldo del personal que realiza el cambio de la lámpara. Este costo por hora, también involucra la depreciación de quipos, los seguros, utilidades, etc.

29.- Costo total de la mano de obra, por el reemplazo de las lámparas.

Se lo encuentra multiplicando el número total -

lámparas que se estima fallarán en un período de un año, con el costo estimado de mano de obra por el reemplazo de una lámpara (24x28).

30.- Costo estimado de limpieza por luminaria. Es el costo total real de la mano de obra utilizada para la limpieza de una luminaria, considerando la depreciación de herramientas y equipo especial para el mantenimiento de un sistema serie.

31.- Número de limpieza por año. El número de limpiezas dependerá de las condiciones ambientales en las cuales funcionará la luminaria y del tipo de luminaria( si es hermética, ventilada o abierta) su valor depende de la experiencia de cada empresa. Westinhouse asume para sus cálculos, 2 limpiezas anuales.

32.- Costo anual de limpieza. Es el costo total anual de las limpiezas realizadas a las luminarias y se lo encuentra, multiplicando el número de luminarias del circuito por el costo estimado de limpieza por luminaria y por el número de limpiezas por año (10x30x31).

33.- Costo total anual de mano de obra del mantenimiento. Es el costo total de la mano de obra para reemplazar lámparas quemadas y limpieza de las lámparas del circuito en un período de un año, se lo obtiene sumando el costo total por reemplazo de lámparas quemadas o rotas con el costo anual de la limpieza de las luminarias (29+32).

34.- Costo total anual del mantenimiento. Se refiere a la sumatoria del costo total de los materiales reemplazados más el costo de la mano de obra del mantenimiento durante un año ( 27+ 33).

35.- Costo anual de la energía. Es el costo total de la energía consumida en el circuito serie de alumbrado público en la operación del circuito, durante un año, se lo calcula multiplicando la suma de la potencia de la lámpara más la potencia del equipo auxiliar y más la energía perdida en la línea por el número de luminarias, por el precio de la energía en sucres por Kwh, por las horas de servicio, horas anuales y éstos productos dividido por mil (7x10x12x13:1.000).

36.- Costo total anual de operación. Es el costo real que tendrá la operación de la instalación de alumbrado, considerando un período de funcionamiento de un año, se lo calcula sumando el costo total anual de mantenimiento con el costo anual de energía consumida por el sistema (34 + 35).

37.- Costo total anual. Es la suma del valor anual de la depreciación de impuesto y seguros con el costo anual de mantenimiento y energía consumida (23 +36).

Este es el costo anual total de la instalación y funcionamiento del sistema.

38.- Costo relativo anual. Este item se refiere a la comparación de los costos de diferentes proyectos de alumbrado público. Generalmente, se toma como base el valor del proyecto más económico y el costo de los otros proyectos. Se lo calcula en forma de un porcentaje del valor base.

39.- Costo anual por lux. Es la cantidad de dinero que cuesta en un año el producir un nivel luminoso medio de un lux. Se lo calcula dividiendo el costo total anual por el nivel luminoso medio en lux.(37:11).

40.- Costo anual relativo por lux. Es la comparación en porcentaje del costo anual por lux de varios proyectos de alumbrado público. Generalmente se toma como base el costo del proyecto más económico.

V.2. Costo de inversión; valor presente de los gastos de operación y mantenimiento del sistema múltiple, de acuerdo al tipo de control.

Este costo se lo calcula, utilizando el cuadro V-1 (Recomendado por la Sociedad de Ingenieros de iluminación). El desarrollo de este cuadro, nos permite calcular el costo inicial total o costo de inversión y el costo total anual de operación y mantenimiento.

Con el costo anual de operación y mantenimiento, se calcula el valor presente de estos costos utilizando la ya conocida fórmula

$$C = \frac{M}{(1+i)^n}$$

Con esta ecuación, se puede calcular el valor presente de los costos de operación y mantenimiento del sistema múltiple de alumbrado público para cualquier año.

La utilización del cuadro V-1 es fácil, puesto - que todos sus items son autoexplicativos. Con la finalidad de aclarar algunas dudas que pudieran - surgir en el análisis económico de un circuito - múltiple de alumbrado público, se desarrollarán, frecuentemente el significado de los diferentes - items que componen el cuadro V-1.

01.- Tipo de lámpara. En este item se debe definir si el tipo de lámpara debe ser incandescente, de vapor de mercurio de alta presión, de vapor de sodio de alta presión, de vapor de sodio de baja presión, fluorescente, etc.,

02.- Descripción de la lámpara. Este reglón define solamente la potencia nominal de las lámparas que serán utilizadas en el proyecto. También se puede señalar - el código con el cual el fabricante a identifica - do a la lámpara.

03.- Tipo de luminaria. Define si la lámpara se la utiliza horizontalmente, inclinada con respecto al eje horizontal, o suspendida por algún tipo de soporte.

04.- Número de lámparas por luminaria. La inclusión de -

de este item se debe a que existen ciertos tipos de luminarias que han sido diseñadas y construídas para proteger y conectar al circuito de alimentación a más de una lámpara.

05.- Lúmenes iniciales por lámpara. Es una de las caracterís ticas técnicas que debe proporcionar el fabricante de las lámparas en el cual se indica el flujo luminoso inicial de la lámpara. Generalmente los fabricantes proporcionan el valor del flujo luminoso inicial a las 100 horas de uso y a las 2.000 horas.

06.- Vida de la lámpara. Es la duración medio de la lámpara expresada en horas y corresponde al promedio del tiempo de funcionamiento de la lámpara hasta su utilización. Este dato es experimental y lo debe suministrar el fabricante. Generalmente se realiza el experimenta con el funcionamiento de tres horas por cada encendido.

07.- Potencia de la luminaria en vatios. Se refiere a la potencia total de la luminaria en la cual se debe incluir la potencia de las lámparas, balasto, condensador, arrancadores o cebado.

08.- Coeficiente de utilización. Es la relación existente entre el flujo luminoso que inciden sobre la superficie a iluminar y el flujo luminoso nominal emitido por la lámpara instalada. Se lo puede encontrar por medio de la experiencia y por medio de cálculos. Este valor suministra el fabricante.

09.- Factor de mantenimiento. Es el producto de dos factores: uno debido a la reducción del flujo luminoso de la lámpara y el otro debido a la acumulación de suciedad (polvo) sobre el punto de luz. Sus valores dependen del tipo de lámpara y del tipo de luminaria. En el anexo 5, se encuentran los valores recomendados por OSRAM.

10.- Número de luminarias. Se refiere a la cantidad total de luminarias que serán instaladas en todo el proyecto. También se suele incluir en este ítem la longitud del vano promedio.

11.- Promedio del nivel de iluminación. Es el nivel de iluminación que existe en promedio en la calle a iluminar. Este valor se lo calcula por cualquiera de los métodos indicados anteriormente.

12.- Precio de energía. El costo en sucres por Kwh, debe ser adoptado por cada una de las diferentes empresas. Se puede utilizar, y Emelnorte lo hace, el valor promedio del precio de venta al público del Kwh.

13.- Horas de encendido por año. Es el tiempo total en el cual las lámparas están encendidas o funcionando. Este tiempo está expresado en horas y se lo considera durante un período de un año. El valor de 4.000 horas de funcionamiento en un período de un año es una aproximación muy aceptable en el país ya que considera un período de once horas diarias de funcionamiento de la lámpara.

14.- Costo neto por luminaria. En este ítem se debe incluir el costo de la luminaria sin lámpara. Este costo deberá incluir el valor del balasto, del condensador, del arranque, del brazo y del poste.

15.- Costo de accesorios por luminaria. Incluye el valor de los materiales y accesorios propios del circuito múltiple y que no fueron tomados en cuenta en el ítem 14. Se suma el costo de todos los materiales que se utilizarán en el proyecto y este valor

se lo divide por el número de luminarias a instalarse. Para un sistema múltiple de alumbrado público se incluirán los siguientes costos:

- Costo de transformador de distribución que alimenta a las luminarias, el costo será el total si el transformador se lo utiliza exclusivamente para el circuito de alumbrado, de no ser así, se incluirá el costo en forma proporcional a la potencia del ítem 07, por el número de luminarias del circuito.
- Costo del equipo de control, para lo cual se debe definir si el control se lo realiza con un switch manual, un switch de tiempo, una fotocélula o un relé para control de alumbrado público.
- Costo del equipo de protección. Se debe incluir los costos de la protección del transformador de distribución, por lo tanto se toma en cuenta el valor del portafusible de alta tensión con su respectivo tirafusible. Si el transformador no es autoprotegido, se incluye el costo del pararrayo, de las bases fusibles, cuchillas fusibles, caja de tol para las bases fusibles. También se incluirá el valor de la puesta a tierra, los

botones fusibles con sus fusibles.

- Costo de conductores, tanto de alta tensión - como los de baja tensión.
- Costo de aisladores de alta y baja tensión.
- Costo de los herrajes, tales como platinas, para pie amigo, perno U, pernos pasante, racks de 2 y 3 vías, abrazaderas para rack, etc.

16.- Costo de instalación y cableado por cada luminaria.

Al igual que el item 15 se debe sumar el costo total de mano de obra y se lo divide para el número de luminarias. Para el sistema múltiple se consideran las siguientes actividades:

- Costo del replanteo.
- Excavación de huecos y erección de postes. En caso de que sea un secundario para distribución, se considerará un parte proporcional al costo.
- Armado de estructuras y tensores, si el circuito es aéreo.
- Tendido de conductores de alta y baja tensión.
- Instalación de las luminarias.
- Montaje del transformador de distribución.
- Instalación del tipo de control
- Montaje del portafusible seccionador de alta - tensión.

- Instalación de pararrayos y puesta a tierra.
- Costo de transporte de los materiales.

17.- Costo inicial neto de cada luminaria. Es el precio de almacén de cada luminaria, menos el porcentaje de descuento que ofrecen los distribuidores o fabricantes y más el valor de los impuestos a las ventas (5%).

18.- Costo inicial neto de las lámparas por luminaria.

Se refiere al costo neto de la lámpara o lámparas que están instaladas en una luminaria y se lo calcula multiplicando el ítem 4 con el número 17.

19.- Costo inicial total por luminaria. Es la sumatoria de los materiales necesarios para el montaje de la luminaria más el costo promedio por luminaria, de equipos y accesorios del circuito múltiple, más el costo promedio por luminaria, de los costos de mano de obra y transporte del circuito múltiple y más el costo neto de la lámpara o lámparas que estén instaladas en cada luminaria, - por lo tanto, es la suma de los ítems 14,15,16 y 18.

20.- Costo inicial total. Es la sumatoria del costo de materiales, mano de obra y transporte del circuito múltiple de alumbrado público y se lo calcula multiplicando el costo inicial total por luminaria con el número de luminarias por instalarse (10x19). Este valor en realidad es el costo inicial de la inversión.

21.- Costo inicial por luminaria sin lámpara. Es el costo total de la luminaria incluido la parte proporcional por luminaria de equipos, materiales, mano de obra y transporte de un circuito múltiple de alumbrado público. Este costo excluye el valor de las lámparas y se lo obtiene sumando los items 14,15,16.

22.- Costo inicial total sin lámpara. Se refiere al costo total del proyecto de alumbrado, utilizando el sistema múltiple, sin considerar el valor de las lámparas y se lo calcula multiplicando el número de luminarias por el costo inicial por luminaria sin lámpara (10x21).

23.- Cargas anuales fijas. Este valor es un porcentaje del costo inicial total del proyecto sin considerar el valor de las lámparas.

La determinación del porcentaje para cargas anuales fijas, depende del factor de depreciación establecido por cada empresa para este tipo de instalación, a este valor se debe añadir intereses, impuestos y seguros.

24.- Número anual de lámparas reemplazadas. Se

refie

re a la cantidad de lámparas que se asume que fallarán en el lapso de un año y que serán reemplazadas. Este valor es el fruto de la experiencia de cada empresa en particular, pero en ausencia de estos datos se los puede calcular de acuerdo con la recomendación de la Westinhouse, multiplicando el número de lámparas por luminaria con el número de luminarias, con las horas estimadas de funcionamiento por año y dividiendo este triple producto por la vida útil de la lámpara, (4x10x13:6).

25.- Costo anual de la reposición de las lámparas. Se refiere al producto del número de lámparas que pueden fallar en un año, con el costo inicial neto de cada luminaria, considerando descuentos e impuestos. Se lo calcula multiplicando el item 17 con el 24.

26.- Costo anual de reemplazo de accesorios. Es

el costo que se prevee resultará del cambio anual de los materiales y equipos, a excepción de las luminarias, en un circuito múltiple de alumbrado, su valor dependerá de las experiencias de las empresas. En caso de no existir estos datos, se puede adoptar la recomendada por Westinhouse , la cual prevee un valor del 1% - del costo total inicial sin lámpara, o sea el 1% del item 22.

27.- Costo total anual de los materiales reemplazados.

Se refiere al costo del reemplazo anual de las lámparas quemadas y de los accesorios dañados, y se lo calcula sumando los items 25 y 26.

28.- Costo estimado de mano de obra por reemplazo de una lámpara.

Se refiere a la cantidad de dinero que cuesta la mano de obra para reemplazar una lámpara quemada. Este valor será distinto para cada entidad y se lo calcula multiplicando el tiempo en horas que se demora en cambiar una lámpara por el sueldo por hora, incluyendo beneficios sociales y sobresueldos del personal que realiza el cambio de la lámpara. Este costo por hora también incluirá la depreciación de equipos

los seguros, utilidades, etc.

29.- Costo total de la mano de obra por el reemplazo de las lámparas.

Se lo encuentra multiplicando el número total de lámparas que se estima fallarán en un período de un año con el costo estimado de mano de obra por el reemplazo de una lámpara 24x28.

30.- Costo estimado de limpieza por luminaria.

Es el costo total real de la mano de obra utilizada para la limpieza de una luminaria, considerando la depreciación de herramientas y equipos especiales para el mantenimiento de un sistema múltiple.

31.- Número de limpiezas por año. El número de

limpiezas -

dependerá de las condiciones ambientales en las cuales funcionará la luminaria y del tipo de luminaria (si es hermética, ventilada o abierta).

Su valor depende de la experiencia de cada empresa. Westinhouse asume para sus cálculos, dos limpiezas anuales.

32.- Costo anual de limpieza. Es el costo total

anual de las lim-

piezas realizadas a las luminarias y se lo encuentra multiplicando el número de luminarias del -

circuito por el costo estimado de limpieza por luminaria y por el número de limpiezas por año 10x30x31.

33.- Costo total anual de mano de obra del mantenimiento.

Es el costo total de la mano de obra para reemplazar lámparas quemadas y limpiar las lámparas del circuito en un período de un año, se lo obtiene sumando el costo total por reemplazo de lámparas quemadas o rotas con el costo anual de limpieza de las luminarias (29 + 32).

34.- Costo total anual del mantenimiento. Se re

fiere

a la sumatoria del costo total de los materiales reemplazados más el costo de la mano de obra del mantenimiento durante un año (27+33).

35.- Costo anual de la energía. Es el costo to-

tal de la energía

consumida en el circuito múltiple de alumbrado público en la operación del circuito durante un año, se calcula multiplicando la suma de la potencia de la lámpara más la potencia del equipo auxiliar y más la energía perdida en la línea, por el número de luminarias por el precio de la energía en sucres por Kwh, por las horas de ser

vicio horas anual y éstos productos divididos por mil ( $7 \times 10 \times 12 \times 13 : 1.000$ ).

36.- Costo total anual de operación. Es el costo real que tendrá la operación de la instalación de alumbrado considerando un período de funcionamiento de un año, se lo calcula sumando el costo total anual de mantenimiento con el costo anual de energía consumida por el sistema (34+35).

37.- Costo total anual. Es la suma del valor anual de la depreciación de impuestos y seguros con el costo anual de mantenimiento y energía consumida (23+36). Este es el costo anual total de la instalación y funcionamiento del sistema.

38.- Costo relativo anual. Este item se refiere a la comparación de los costos de diferentes proyectos de alumbrado público. Generalmente, se toma como base el valor del proyecto más económico y el costo de los otros proyectos se lo calcula en forma de un porcentaje del valor base.

39.- Costo anual por lux. Es la cantidad de dinero que cuesta en un año el producir un nivel luminoso medio de un -

Lux. Se lo calcula dividiendo el costo anual por el nivel luminoso medio en lux (3:11).

40.- Costo anual relativo por lux. Es la comparación en porcentaje del costo anual por lux de varios proyectos de alumbrado público. Generalmente, se toma como base el costo del proyecto más económico.

V.3. Costo de inversión, valor presente de los gastos de operación y mantenimiento del sistema mixto de alumbrado, de acuerdo al tipo de control.

Estos costos se los calcula utilizando el cuadro V-1. El desarrollo de este cuadro nos permite calcular el costo de inversión y el costo total anual de mantenimiento. El valor presente se lo calcula con la fórmula:

$$C = \frac{M}{(1 + i)^n}$$

Con esta ecuación, se puede calcular el valor presente de los costos de operación y mantenimiento del sistema mixto para cualquier año.

La aclaración del significado de los items del cuadro V-1, se encuentra en los puntos V.1 y V.2 ya que este sistema es la combinación de los

dos o la utilización simultánea de los sistemas  
serie y múltiple.

## CAPITULO VI

### EJEMPLO DE APLICACION

Como ejemplo de aplicación, realizaré el cálculo técnico ecocómico de la iluminación pública de la calle Bolívar en la ciudad de Ibarra. Este ejemplo lo realizo considerando que los diferentes proyectos de alumbrado público ejecutados en la calle Bolívar, no tuvieron el respaldo de un análisis técnico-económico, y debido a que la calle Bolívar es una de las principales calles de la ciudad, pues en ella están ubicados el I. Municipio de Ibarra, Gobernación y la mayoría de los establecimientos comerciales de la urbe.

#### VI.1. ANTECEDENTES

En el año 1967, el Ilustre Municipio de Ibarra contrata con la firma EICO, el diseño de las redes de distribución y alumbrado público de la ciudad de Ibarra.

El diseño presentado por la firma EICO, para el alumbrado público de la calle Bolívar, recurrendo a la utilización de luminarias de vapor de mercurio de 125 W.

En 1968, la compañía ETECO, realiza la construcción de las redes de distribución y alumbrado -

público de la ciudad de Ibarra, instalando en la calle Bolívar luminarias tipo BETA 7 de vapor de mercurio de 125 W. 220V.

En 1978, el Ilustre Municipio de Ibarra, firma un convenio con EMELNORTE, en el cual la Empresa Eléctrica, se compromete a cambiar el tipo de luminarias de las principales calles de la ciudad, y es así como en la calle Bolívar se instalan luminarias tipo DTN-3B de vapor de mercurio alta presión de 400 w.

En mayo de 1979, el ingeniero Marcelo Guerra, Gerente de Construcciones Eléctricas Schereder, toma lecturas de los niveles de iluminación de las diferentes calles de la ciudad de Ibarra, dando como resultado en la calle Bolívar, un nivel medio de 48,8 lux, con una uniformidad del 34%.

Este nivel medio de iluminación, sobrepasa a los límites recomendados por el Código Eléctrico Ecuatoriano, puesto que, siendo ésta, una vía de tráfico peatonal medio y de tráfico vehicular ligero (150-500 vehículos/ hora) su nivel de iluminación deber ser de 20 lux.

En 1978 se cambian las luminarias de 400 w., por luminaria tipo ALPHA 7 de vapor de sodio alta -

presión de 250 W.

## VI.2 CARACTERISTICAS DE LA CALLE

Como se puede observar en el plano VI-1 a la calle Bolívar se la puede dividir en dos tramos uno de 350 metros y otro de 875 metros, los mismos que están separados por el parque Pedro Moncayo, el mismo que tendrá una iluminación especial.

La vía está formada por una calzada de 8,20 metros de ancho y por dos aceras laterales sin vegetación de 2,05 metros de ancho, está limitada por edificios de poca altura, tráfico vehicular ligero (hasta 500 vehículos por hora) y tráfico peatonal medio

## VI.3. NIVEL MEDIO DE ILUMINACION

Utilizando la table II-3, "Nivel promedio para iluminación en lux", recomendadas por el Código Eléctrico Ecuatoriano, se puede observar que para un tráfico peatonal medio y tráfico vehicular ligero, el nivel de iluminación recomendado es 20 lux.

## VI.4. TIPO DE LAMPARA

Considerando que Emelnorte ha normalizado la u-

utilización de lámparas de vapor de sodio de alta presión, en avenidas y calles principales, se prevee la utilización de lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 w. 220 v. tipo 250 w. SON cuyo flujo inicial a las 100 horas es de 26.500 lúmenes.

#### VI.5. TIPO DE LUMINARIA

Por razones de orden estético, por su costo y porque se existencia en Bodega, se adopta la utilización de luminarias herméticas de haz no recortado (Non Cut. Ofl) ALPHA SEVEN fabricadas en Inglaterra

#### VI.6 ALTURA DEL PUNTO DE LUZ

La recomendación de Osram, para lámparas de potencia luminosa superior a los 19.000 lúmenes establece que la altura de montaje debe ser mayor que 9 metros. La recomendación del fabricante, es que se instale de 8 a 10 metros de altura sobre la calzada. En vista de que Emelnorte ha normalizado la utilización de postes de hormigón de 11 metros para circuitos primarios de 9 metros para alumbrado y circuitos secundarios de distribución, la altura de montaje adoptada

$$\frac{h}{A} = \frac{8}{8,2} = 0.97$$

#### VI.8 SEPARACION ENTRE LOS PUNTOS DE LUZ

Para la determinación de la distancia entre los puntos de luz, acudimos a las recomendaciones del fabricante, el cual en este caso es THORN LIGHTING y ha establecido que la relación entre el vano promedio o separación entre los puntos de luz (D) y la altura de montaje (h) debe ser igual a 4,5.

$$\frac{D}{h} = 4,5$$

$$D = 4,5 h = 4,5 \times 8 = 36 \text{ Mts.}$$

#### VI.9 CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIAS

a) Considerando el primer tramo que es de 350 metros, se puede calcular el número de luminarias (NL).

$$NL = \frac{L}{D} + 1 \text{ donde}$$

NL = # de luminarias

L = Longitud de la calle a iluminar

D = Distancia entre los puntos de luz

$$NL = \frac{350}{36} = 10,72$$

En vista de que no se puede instalar una fracción de luminaria, aproximamos al número de luminarias más cercano al calculado, en este caso serían once luminarias.

$$NL = 11 \text{ Luminarias}$$

h) El segundo tramo que es de 875 mts.

$$NL = \frac{L}{D} + 1$$

$$NL = \frac{875}{36} + 1$$

$$NL = 25,52$$

Aproximando tenemos  $NL = 26$ .

#### VI.10 RECTIFICACION Y/O CORRECCION DE LA SEPARACION ENTRE LOS PUNTOS DE LUZ

En el presente caso y en la mayoría de los proyectos de iluminación, el número de luminarias calculado no es exacto y el aproximado para convertirlo en entero, se hace imprescindible realizar nuevamente el cálculo de la separación entre los puntos de luz.

$$NL = \frac{L}{D} + 1$$

$$D = \frac{L}{NL-1}$$

- Primer tramo

$$D = \frac{350}{11-1}$$

$$D = 35 \text{ mts.}$$

- Segundo tramo

$$D = \frac{875}{26-1}$$

$$D = \frac{875}{25}$$

$$D_m = 35 \text{ mts.}$$

#### VI.11 VERIFICACIONES

Una vez determinados todos los parámetros, es necesario verificar que el proyecto cumpla con el valor adoptado del nivel medio de iluminación - (20 lux). Esta verificación se la puede realizar utilizando el método punto por punto, el método del flujo luminoso necesario, el método que emplea las curvas Isolux, etc.

En el presente proyecto realizaré las verificaciones adoptando el procedimiento gráfico mediante el uso de curvas Isolux y de utilización entregadas por el distribuidos (plano VI-3).

## VI.11.1 CALCULO DE NIVEL DE ILUMINACION

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W. poseen un flujo luminoso inicial de 26.500 lúmenes, y las curvas Isolux y de utilización de las luminarias Alpha 7 se encuentran representadas en el plano VI-3.

Utilizando la representación del plano VI-2, se encuentra la influencia de cada una de las luminarias en los nueve puntos, formando el siguiente cuadro:

LUMINARIA	RELACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	B	1,8	1,8	1,8	2,3	2,3	2,3	6,4	6,4	6,4
	L	35	43,75	52,5	35	43,75	52,5	35	43,75	52,5
	B/H	0,225	0,225	0,225	0,287	0,287	0,287	0,8	0,8	0,8
	L/H	4,37	5,47	6,56	4,37	5,47	6,56	4,37	5,47	6,56
B	B	1,8	1,8	1,8	2,3	2,3	2,3	6,4	6,4	6,4
	L	0	8,75	17,5	0	8,75	17,5	0	8,75	17,5
	B/H	0,225	0,225	0,225	0,287	0,287	0,287	0,8	0,8	0,8
	L/H	0	1,094	2,19	0	1,094	2,19	0	1,094	2,19
C	B	1,8	1,8	1,8	2,3	2,3	2,3	6,4	6,4	6,4
	L	35	26,25	17,5	35	26,25	17,5	35	26,25	17,5
	B/H	0,225	0,225	0,225	0,287	0,287	0,287	0,8	0,8	0,8
	L/H	4,38	3,28	2,19	4,38	3,28	2,19	4,38	3,28	2,19

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1,54	0,7	0,20	1,4	0,7	0,2	0,75	0,4	0,15
C	0	0	0,2	0	0	0,2	0	0	0,15
	1,54	0,7	0,4	1,4	0,7	0,4	0,75	0,4	0,3
	40,81	18,55	10,6	37,1	18,55	10,6	19,88	10,6	7,95

$$1 + 3 + 7 + 9 = 79,24$$

$$2(2+4+6+8) = 153,7$$

$$4 (5) = \underline{74,2}$$

$$\text{Suman: } 307,14$$

$$\text{EMed} = \frac{307,14}{16} = 19,19 \text{ Lux}$$

Factor de uniformidad =

$$\frac{7,95}{19,19} \times 100 = 41,4\%$$

## VI.11-2 MEDIDAS DE LOS NIVELES DE ILUMINACION

Las medidas de los niveles de iluminación existentes se las tomaron a partir de las 20 horas, con un luxómetro marca Schereder de alta precisión.

El sistema utilizado es el de los nueve puntos, con los cual se forman 16 áreas de influencia. La determinación del nivel medio y de la uniformidad con las luminarias tipo Alpha 7 de vapor de sodio de alta presión de 250 w.

Datos:

Punto	medición (lux)	punto	medición (lux)	punto	medición (lux)
1	36	4	34	7	16
2	16	5	19	8	10
3	11	6	11	9	8

Calculos:

$$\text{Suma de: } (1-3-7-9) \times 1 = 71$$

$$\text{Suma de: } (2-4-6-8) \times 2 = 142$$

$$5 \times 4 = \underline{76}$$

$$\text{Suma Total: } 289$$

$$\text{Nivel medio (Emed)} = \frac{289}{16}$$

$$E \text{ med} = 18,06 \text{ lux}$$

Se debe iniciar definiendo el transformador de corriente constante y para encontrar la capacidad requerida es necesario conocer el tipo y número de lámparas; en este caso 37 luminarias de vapor de sodio de alta presión de 250 vatios. Las características del balasto, el calibre del conductor el cual se lo puede calcular por el método del KVA-m, considerando los siguientes parámetros: tensión 7.200 V., potencia total de cada luminaria: 0,275 kw., límite máximo de caída de tensión: 5%; tomando como base las "Normas para sistemas de Distribución" parte A, de la Empresa Eléctrica Quito S.A., se realiza el cómputo de la caída de tensión del circuito secundario KVA-kw, para el 1% de la caída de tensión, límite térmico, según consta en el cuadro VI-1. El conductor seleccionado es el N. 10 de cobre. En las tablas VI-1 y VI-2 encontramos las pérdidas en KV y KVAR del conductor N. 10 y por cada lámpara.

# CALCULO DE CAIDA DE TENSION EN EL CIRCUITO SERIE

CUADRO VI-1

NOMBRE DEL PROYECTO: ILUMINACION DE LA CALLE BOLIVAR

CENTRO DE TRANSFORMACION # 1

TIPO DE INSTALACION: SUBTERRANEA

D.M.U. 0.275

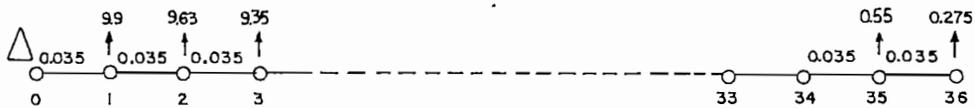
TENSION: 7620 V

Nº FASES = 1

CIRCUITO # 1

LIMITE DE CAIDA DE TENSION = 5 %

MATERIAL DEL CONDUCTOR: COBRE AISLADO # 10



TRAMO		#USUARIOS	KVA d	CALIBRE	KVA- Km	KVA - Km	AV % PARCIAL	A V % TOTAL
DESIGNACION	LONGITUD							
0 - 1	0.057	36	9.9	10	560	0.564	0.00101	
1 - 2	0.057	35	9.63	10	560	0.549	0.00098	
2 - 3	0.057	34	9.35	10	560	0.533	0.00095	
3 - 4	0.057	33	9.08	10	560	0.518	0.00093	
4 - 5	0.057	32	8.80	10	560	0.502	0.00090	0.00477
5 - 6	0.057	31	8.53	10	560	0.486	0.00087	
6 - 7	0.057	30	8.25	10	560	0.470	0.00084	
7 - 8	0.057	29	7.98	10	560	0.455	0.00081	
8 - 9	0.057	28	7.70	10	560	0.439	0.00078	
9 - 10	0.057	27	7.43	10	560	0.424	0.00075	0.00882
10 - 11	0.057	26	7.15	10	560	0.408	0.00073	
11 - 12	0.057	25	6.88	10	560	0.392	0.00070	
12 - 13	0.057	24	6.60	10	560	0.376	0.00067	
13 - 14	0.057	23	6.33	10	560	0.361	0.00064	
14 - 15	0.057	22	6.05	10	560	0.345	0.00062	0.01218
15 - 16	0.057	21	5.78	10	560	0.329	0.00059	
16 - 17	0.057	20	5.5	10	560	0.314	0.00056	
17 - 18	0.057	19	5.23	10	560	0.298	0.00053	
18 - 19	0.057	18	4.95	10	560	0.282	0.00050	
19 - 20	0.057	17	4.68	10	560	0.266	0.00048	0.01484
20 - 21	0.057	16	4.40	10	560	0.250	0.00045	
21 - 22	0.057	15	4.13	10	560	0.235	0.00042	
22 - 23	0.057	14	3.85	10	560	0.219	0.00039	
23 - 24	0.057	13	3.58	10	560	0.204	0.00036	
24 - 25	0.057	12	3.30	10	560	0.188	0.00034	0.01680
25 - 26	0.057	11	3.03	10	560	0.172	0.00031	
26 - 27	0.057	10	2.75	10	560	0.156	0.00028	
27 - 28	0.057	9	2.48	10	560	0.141	0.00025	
28 - 29	0.057	8	2.2	10	560	0.125	0.00022	
29 - 30	0.057	7	1.93	10	560	0.110	0.00020	0.01806
30 - 31	0.057	6	1.65	10	560	0.094	0.00017	
31 - 32	0.057	5	1.38	10	560	0.079	0.00014	
32 - 33	0.057	4	1.10	10	560	0.063	0.00011	
33 - 34	0.057	3	0.83	10	560	0.047	0.00008	
34 - 35	0.057	2	0.55	10	560	0.031	0.00006	0.01988

TABLA VI-1. Pérdidas en Kw por cada 1.000 metros de conductor de cobre aislado, enterrado directamente, según Westinhouse.

Calibre del conductor	Corriente nominal del circuito serie			
	6,6	7.5	15	20
4	0,0389	0,0519	0,2043	0,3567
6	0,0616	0,0811	0,3243	0,5739
8	0,1005	0,1297	0,5123	0,9112
10	0,1654	0,2140	0,8528	1,524

TABLA VI-2. Pérdidas en KVAR por cada 1.000 metros de conductor de cobre aislado, directamente enterrado, según Westinhouse.

separación entre conductores	Corriente nominal del circuito serie			
	6,6	7,5	15	20
24 mts.	0,0324	0,0422	0,1621	0,2918
0,9 mts.	0,0195	0,0259	0,0973	0,1946

TABLA VI-3. Capacidad de transformador de corriente constante para la operación de lámparas de descarga, mercurio, fluorescente, según Westinhouse.

		mercurio 175	mercurio 250	mercurio 400	mercurio 700
Operación normal	Kw	0,190	0,280	0,428	0,737
	KVAR	0,127	0,185	0,278	0,483
Secundario en circuito abierto	Kw	0,018	0,040	0,028	0,075
	KVAR	0,550	0,700	1,190	1,940

Pérdidas en kw, por lámpara del conductor N. 10, de la base del poste a la luminaria:  $\frac{22}{100} \times 0,1654 = 0,0036$  Kw

Pérdida en KVAR, por lámpara, del conductor N. 10, de la base del poste a la luminaria =  $\frac{22}{100} \times 0,0195 = 0,004$  KV AR

- Pérdidas en Kw. del conductor primario N. 10

$$\frac{2.520}{1.000} \times 0,1654 = 0,4168 \text{ Kw.}$$

- Pérdidas en KVAR del conductor primario N.m10

$$\frac{2.520}{1.000} \times 0,0195 = 0,0491 \text{ KVAR}$$

- Pérdidas del transformador de mercurio-serie en Kw y KVAR, para encontrar estos valores acudimos a la tabla VI-3.

- Pérdidas en Kw, valor en operación normal = 0,280 Kw.

- Pérdidas en KVAR, calor en operación normal = 0,185 KVA

- Pérdidas en Kw con el secundario en circuito abierto =  
0,040 Kw.

- Pérdidas en KVAR con el secundario en circuito abierto  
= 0,70 KVAR

Suponiendo que se encuentran dos lámparas fuera de servici  
cio, encontramos las pérdidas totales:

Total Kw. = Conductor secundario	37 x 0,0036	= 0,1332
Conductor primario		= 0,4168
Transformador mercurio-serie		
35 (0,280) + 2 (0,040)		= <u>9,88</u>
		10.4300 Kw

Total KVAR: Conductor secundario:	35 (0,0004)	0,0140
Conductor primario		0,0491
Transformador mercurio-serie		
35 (0,185) + 2 (0,700)		<u>7,875</u>
		7,9381 KVAR

Con estos valores de Kw y KVAR, se encuentra el valor en Kw del transformador de corriente constante necesario para satisfacer las necesidades de operación del circuito este valor se lo encuentra en el plano VI-4 y es de 20 Kw.

El valor del transformador de corriente constante debe satisfacer las condiciones de arranque de las lámparas, Este valor se calcula con los datos recomendados por Weses

tinhouse y que se encuentran en la tabla VI-4.

TABLA VI-4. Capacidad en Kw. del transformador de corriente constante para el arranque de lámpara de mercurio y fluorescente.

Temperatura ambiente en °C	Porcentaje del voltaje nominal primario	M E R C U R I O			
		175 w	250 w	400 w	700 w
- 4 °C	100	0,415	0,465	0,760	1,150
	95	0,435	0,490	0,800	1,200
32 °C	100	0,320	0,420	0,620	1,150
	95	0,335	0,440	0,650	1,200
68 °C	100	0,320	0,420	0,500	1,150
	95	0,335	0,440	0,610	1,200

$$35 \times 0,420 = 16,7 \text{ Kw.}$$

La tercera condición que debe cumplir el transformador de corriente constante es la de no permitir que opere el rele de protección en el momento en que arranquen las lámparas.

Estos valores los recomienda la Westinhouse y se encuentra en la tabla VI-5.

El cálculo del transformador requerido ha permitido determinar ciertos equipos en los cuales se incluye el relé de protección, el cual tendrá una alimentación de 120 V. 60 eps. con un rango de 3,8/6,6 amperios.

Con la finalidad de suprimir la compra de relé citado, se puede utilizar un transformador de corriente constante tipo CSPH.

Sino se utilizaría un transformador tipo CSPH se debería instalar un interruptor en aceite tipo RCOC (Westinghouse) de 7.620 V. 6,6 amp. de operación continua, de 15 amp. de capacidad de interrupción.

Tanto el interruptor incorporado como el que puede instalarse adicionalmente pueden ser operados por un circuito de control de 120 voltios.

El control se lo puede realizar de tres formas: la primera con una fotocélula de 120 V., la segunda con un switch manual y la tercera con switch de tiempo de 40 amp. 120 V. 3 vatios.

Los pararrayos serán tipo válvula de 6 KV, de acuerdo con la tabla III-1, pero estos están incluidos en el transformador CSPH.

Los seccionadores portafusibles serán de 7,8 KV 100 amp.

### VI.12.2. Sistema múltiple

Debido a que en un sistema que se alimenta con 220 V. es preciso determinar el proyecto más económico, valorando costos de transformadores versus calibres de conductores. El arreglo más económico es el de instalar dos circuitos independientes.

En el cuadro VI-2 se realiza el cómputo de caída de tensión del circuito secundario en KVA-m para el 1% de caída de tensión, límite térmico basado en las normas de la Empresa Eléctrica Quito S.A. El conductor utilizado será el de cobre cableado aislador tipo TTU N. 6 AWG.

Considerando que existen dos circuitos, el uno con 19 luminarias y el otro con 18 calcularé la potencia del transformador de distribución a utilizarse.

$$P = 0,275 \text{ Kw} \times N. \text{ luminarias}$$

$$P = 0,275 \times 19 = 5,225 \text{ Kw.}$$

Si el factor de potencia es 0,8, el transformador será de 6,53 KVA, esta potencia no está normalizada, por lo tanto, se utilizan dos transformadores monofásicos autoprotegidos 7.620/220-110 V. de 7.5 KVA.

CALCULO DE CAIDA DE TENSION EN EL CIRCUITO MULTIPLE

CUADRO VI-2

NOMBRE DEL PROYECTO: ILUMINACION DE LA CALLE BOLIVAR

CENTRO DE TRANSFORMACION: # 1

TIPO DE INTALACION: SUBTERRANEA

D. M. U.: 0.275

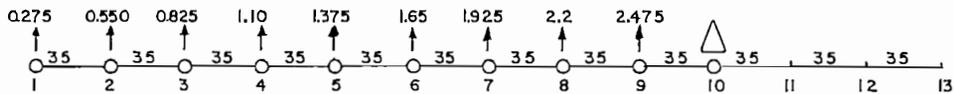
TENSION: 220V.

Nº FASES = 1

CIRCUITO: Nº 1

LIMITE DE CAIDA DE TENSION: 5%

MATERIAL DEL CONDUCTOR: COBRE AISLADO # 6



T R A M O		Nº USUARIOS	KVA - d	CALIBRE	KVA- Km	KVA- Km	AV % PARCIAL	AV % TOTAL
DESIGNACION	LONGITUD							
10 - 9	57	9	2.475	# 6	215	141.075	0.656	0.656
9 - 8	57	8	2.200	# 6	215	125.400	0.583	1.239
8 - 7	57	7	1.925	# 6	215	109.725	0.510	1.749
7 - 6	57	6	1.650	# 6	215	94.050	0.437	2.186
6 - 5	57	5	1.375	# 6	215	78.375	0.365	2.551
5 - 4	57	4	1.100	# 6	215	62.700	0.292	2.843
4 - 3	57	3	0.825	# 6	215	47.025	0.219	3.062
3 - 2	57	2	0.550	# 6	215	31.350	0.146	3.208
2 - 1	57	1	0.275	# 6	215	15.675	0.073	3.281

El relé múltiple que se instalará será de dos polos para una carga nominal de 30 amp. cuyo consumo es de 12 vatios.

El control se lo puede realizar de las tres formas conocidas.

Pese a que los transformadores son monofásicos autoprotegidos, se utilizará seccionadores de 7.8 KV 100 amp. por facilidad de mantenimiento

A cada una de las lámparas se las protegerá con un portafusible tipo botón de 500 v. 10 A. con fusibles de plomo de 5 amp.

### VI.12.3 Sistema mixto

En el presente proyecto, en primer lugar se ubica el circuito serie y luego se instala el sistema múltiple.

a) El sistema serie

Los siguientes parámetros , tensión 7.200 V., - potencia total de cada luminaria 0,275 Kw. N. de luminarias 18, límite de caída de tensión 5%, el conductor será de cobre aislado N. 10.

A continuación se calcula la potencia del transformador:

.. 158

.. 157

na lámpara se encuentra fuera de servicio, con lo cual se calculan las pérdidas totales.

Total Kw.

Conductores secundarios 18 (0,0036)	0,0648
Conductores primarios	0,2084
Transformador mercurio- serie (17 x 0,280)	<u>4,8000</u>
Total:	5,0732 Kw

Total KVAR

Conductores secundarios 18 (0,004)	0,0072
Conductores primarios	0,0246
Transformador mercurio- serie (17 x 0,185)+0,7	<u>3,7450</u>
Total:	3,7768 KVAR

El transformador requerido será de 10 Kw. (plano VI-4).

Potencia del transformador de corriente constante para satisfacer las condiciones de arranque de las lámparas. Tabla VI-4  $18 \times (0,420) = 7,56 \text{ Kw}$ . Potencia del transformador de corriente constante que permite una operación eficiente del relé de protección. Tabla VI-5.

= 10 Kw.

<u>Item</u>	<u>Cant.</u>	<u>Descripción</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
201-a	1	Instalación de fotocélula	270	270,00
201-b	1	Instalación de switch manual	100	100,00
201-c	1	Instalación de switch de tiempo	405	405,00
202	1.260	Metros de replanteo	4.5	5.670,00
203	37	Excavación de huecos para postes	149	5.513,00
204	37	Transporte de postes de hormigón 11 mts.	405	14.985,00
205	37	Erección de postes de hormigón de 11 mts.	473	17.501,00
206	1	Montaje de transformador tipo CSPH de 20 Kw.	3.350	3.350,00
207	1	Montaje de seccionador	270	270,00
208	2	Instalación de puesta a tierra	108	216,00
209	3.600	Tendido de conductor subterráneo	20	72.000,00

.. 159

#### PLANILLA DE ESPECIFICACION Y MATERIALES

<u>Item</u>	<u>Canti.</u>	<u>Especificaciones</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
101-a	1	Fotocélula con receptáculo	450	450,00
101-b	1	Switch bipolar de 30 amp. (manual)	120	120,00
101-c	1	Switch de tiempo de 40 amp. 120V	2.000	2.000,00
102	1	Transformador de corriente monofásico autoprotegido de 7.620V. 6,6 amp. tipo CSPH de 20 KW	37.000	37.000,00
103	1	Portafusible seccionador de 7,8 KV-100 amp.	3.100	3.100,00
104	1	Tirafusible tipo K de 3 amp.	144	144,00
105	20	Mts. de conductor de cobre desnudo N° 6 AWG	12	240,00
106	2	Varilla copperweld de 5/8"x 6' con conector	800	1.600,00
107	3.600	Mts. de conductor de cobre aislador para 10 KV sobterráneo N° 10 AWG	150	440.000,00
108	1	Manguito o punta terminal para 10-15 KV monopolar	2.000	2.000,00
109	76	Kit para empalme monopolar - 10 KV	1.100	83.600,00
110	1	Kit para derivación monopolar de 10 KV	3.000	3.000,00
111	37	Poste de hormigón vibrado - 11 mts. 350 KG	4.300	4.300,00
112	37	Luminaria tipo Alpha 7	5.000	185.000,00
113	37	Focos de vapor de sodio alta presión 250 w.	1.100	40.700,00
114	37	Brazo para luminaria de 1,80 mts. x 2" de Ø	1.300	48.100,00
115	37	Transformador mercurio serie	1.700	1.700,00
116	1	Cruceta de madera tratada de 9x12x120 cm.	200	200,00
117	1	Perno U de 5/8"x70 cm.	60	60,00
118	1	Pie-amigo de 1/4"x29.1/2" - con abrazadera	195	195,00

Subtotal a: - \$/ 1'067.389,00

402	1.260	Mts. de replanteo	4.5	5.670,00
403	37	Excavación de huecos	149	5.513,00
404	37	Transporte de postes de hormigón 11 mts.	405	14.985,00
405	37	Erección postes de hormigón 11 mts.	473	17.501,00
406	2	Montaje de transformador monofásico 7,5 KVA	2.110	4.220,00
407	2	Montaje de seccionador	270	540,00
408	2	Instalación de puesta a tierra	108	216,00
409	2	Montaje de relé múltiple	270	540,00
410	4.800	Tendido de conductor subterráneo	20	96.000,00
411	2	Armado de punta terminal de 10 KV	800	1.600,00
412	2	Armado de derivación de 10 KV	600	1.200,00
413	76	Armado de empalme monopolar de 1 KV	400	30.400,00
414	37	Montaje de luminarias de 250w.	405	14.985,00

.. 161

PLANILLA DE ESPECIFICACIONES Y MATERIALES

<u>Item</u>	<u>Canti.</u>	<u>Especificaciones</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
301-a	1	Fotocélula con receptáculo para montaje en poste 575 w.	450	450,00
301-b	1	Switch bipolar de 30 amp. (manual)	120	120,00
301-c	1	Switch de tiempo 40 amp. 120V	2.000	2.000,00
302	2	Transformador monofásico auto protegido 7.620/220-110 vol. 7.5 KVA	23.000	46.000,00
303	2	Portafusible seccionador 7,8 KV 100 amp.	3.100	6.200,00
304	2	Tirafusible tipo K de 1 Amp.	144	288,00
305	20	Mts. de conductor de cobre desnudo N° 6 AWG	12	240,00
306	2	Varilla copperweld de 5/8"x 6' con conector	800	1.600,00
307	2	Relé múltiple 2 polos 30 amp 120V.	3.600	7.200,00
308	1.200	Mts. de conductor de cobre aislado para 10 KV subterráneo N° 10	200	240.000,00
309	2	Manguito punta terminal de 15 KV monopolar	2.000	4.000,00
310	2	Kit para derivación monopolar de 10 KV	3.000	6.000,00
311	76	Kit para derivación monopolar de 1 KV	500	38.000,00
312	3.600	Mts. de conductor de cobre aislado tipo TTu N° 6 AWG	90	324.000,00
313	74	Portafusible tipo botón de 600V. 10 amp.	25	1.850,00
314	10	Mts. de alambre fusible de plomo de 5 amp.	20	200,00
315	37	Poste de hormigón 11 mts. 350 Kg.	4.300	159.100,00
316	37	Luminaria tipo Alpha 7	5.000	185.000,00
317	37	Focos de vapor de sodio alta presión 250 w.	1.100	40.700,00
318	37	Brazo para luminaria de 1.80 mts. 2" de Ø	1.300	48.100,00
319	37	Balasto para lámpara de vapor de sodio 250 w.	1.700	62.900,00
320	2	Cruceta de madera tratada de 9x12x120 mts.	200	400,00
321	2	Perno U de 5/8"x70 cm.	60	120,00
322	2	Pie-amigo de 1/4"x29.1/2" con abrazadera	195	390,00

Subtotal a: 1'172.738  
 Subtotal b: 1'172.408  
 Subtotal c: 1'174.288

## PLANILLA DE MANO DE OBRA

<u>Item</u>	<u>Cant.</u>	<u>Especificaciones</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
401-a	1	Instalación de fotocélula	270	270,00
401-b	1	Instalación de switch manual	100	100,00
401-c	1	Instalación de switch de tiempo	405	405,00
402	1.260	Mts. de replanteo	4.5	5.670,00
403	37	Excavación de huecos	149	5.513,00
404	37	Transporte de postes de hormigón 11 mts.	405	14.985,00
405	37	Erección postes de hormigón 11 mts.	473	17.501,00
406	2	Montaje de transformador monofásico 7,5 KVA	2.110	4.220,00
407	2	Montaje de seccionador	270	540,00
408	2	Instalación de puesta a tierra	108	216,00
409	2	Montaje de relé múltiple	270	540,00
410	4.800	Tendido de conductor subterráneo	20	96.000,00
411	2	Armado de punta terminal de 10 KV	800	1.600,00
412	2	Armado de derivación de 10 KV	600	1.200,00
413	76	Armado de empalme monopolar de 1 KV	400	30.400,00
414	37	Montaje de luminarias de 250w.	405	14.985,00

Subtotal a: 193.640,00  
b: 193.470,00  
c: 193.775,00

Total a: 1'366.378  
b: 1'365.878  
c: 1'368.063

## PLANILLA DE ESPECIFICACIONES Y MATERIALES

<u>Item</u>	<u>Cantid.</u>	<u>Especificaciones</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
501-a	1	Fotocélula con receptáculo para montaje en poste 575 w.	450	450,00
501-b	1	Switch bipolar de 30 amp. (manual)	120	120,00
501-c	1	Switch de tiempo 40 amp.	2.000	2.000,00
502	1	Transformador de corriente - constante monofásico autoprotectido 7.200V.6,6 amp. tipo CSPN de 10 Kw	28.000	28.000,00
503	1	Transformador monofásico autoprotectido 7.620/220-110 v. 7,5 KVA	23.000	23.000,00
504	2	Portafusible seccionador de 7.8 KV 100 amp.	3.100	6.200,00
505	2	Tirafusible tipo K de 1 amp.	144	288,00
506	20	Mts. de conductor de cobre desnudo N° 6 AWG	12	240,00
507	2	Varilla copperweld de 5//8" x 6' con conector	800	1.600,00
508	1	Relé serie-múltiple tipo Sr-1-6,6	4.000	4.000,00
509	2.600	Mts. de conductor de cobre - aislador para 10 KV, subterráneo N° 10	150	390.000,00
510	2	Manguito o punta terminal para 10 KV monopolar	2.000	4.000,00
511	40	Kit para empalme monopolar - 10 KV	1.100	44.000,00
512	2	Kit para derivación monopolar 10 KV	3.000	6.000,00
513	36	Kit para derivación monopolar de 1 KV	500	18.000,00
514	3.300	Mts. de conductor de cobre aislador tipo TTU N° 6 AWG	90	297.000,00
515	36	Portafusible tipo botón 600V 10 amp.	25	900,00
516	5	Mts. de alambre fusible de plomo 5 amp.	20	100,00
517	37	Postes de hormigón vibrado - de 11 mts. 350 Kg.	4.300	159.100,00
518	37	Luminaria tipo Alpha 7	5.000	185.000,00
519	37	Focos de vapor de sodio alta presión 250 w.	1.100	40.700,00

.. 2

<u>Item</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Especificaciones</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
520	37	Brazo para luminaria de 1.8 mts. x 2" de $\phi$	1.300	48.100,00
521	37	Balasto para lámpara de vapor de sodio 250 w.	1.700	62.900,00
522	2	Cruceta de madera tratada de 9x12x120 cm.	200	400,00
523	2	Perno U de 5/8"x70 cm.	60	120,00
524	2	Pie-amigo de 1/4"x29.1/2" - con abrazadera	195	390,00

Subtotal a: 1'320.488

Subtotal b: 1'320.158

Subtotal c: 1'322.038

## PLANILLA DE MANO DE OBRA

<u>Item</u>	<u>Cant.</u>	<u>Especificaciones</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
601-a	1	Instlación de fotocélula	270	270,00
601-b	1	Instlación de switch manual	100	100,00
601-c	1	Instlación de switch de tiempo	405	405,00
602	1260	Mts. de replanteo	4.5	5.670,00
603	37	Excavación de huecos para - postes	149	5.513,00
604	37	Transporte de postes de hormigón de 11 mts.	405	14.985,00
605	37	Prección postes de hormigón de 11 mts.	473	17.501,00
606	1	Montaje de transformador tipo CSPN de 10 Kw.	2.110	2.110,00
607	1	Montaje de transformador monofásico autoprotegido de 7.5 KVA	2.110	2.110,00
608	2	Montaje de seccionador	270	540,00
609	2	Instalación de puesta a tierra	108	216,00
610	1	Instlación de relé serie-múltiple	300	300,00
611	5.900	Mts. tendido conductor subterráneo	20	118.000,00

.. 3

<u>Item</u>	<u>Cant.</u>	<u>Especificaciones</u>	<u>V./Unit.</u>	<u>V./Total</u>
612	2	Armado de punta terminal de 10 KV	800	1.600,00
613	2	Armado de derivación de 10 KV	600	1.200,00
614	38	Armado de empalme de 10 KV	500	19.000,00
615	36	Armado de empalme de 1 KV	400	14.400,00
616	37	Montaje de luminaria de - 250 w.	405	14.985,00

Subtotal a: 218.400  
b: 218.230  
c: 218.535

Total a: 1'538.888  
b: 1'538.388  
c: 1'540.573

### VI.13. EVALUACION ECONOMICA

Con la finalidad de realizar la evaluación económica del proyecto, de acuerdo al sistema y al tipo de control, se realiza el cuadro VI-12, el cual está basado en las recomendaciones realizadas por la sociedad de Ingenieros de Iluminación.

Tomando en consideración que las empresas eléctricas son las únicas entidades que tienen a cargo la operación y el mantenimiento de los circuitos de alumbrado público del país, se debería encontrar el valor actual utilizando la tasa de interés del 8%, la cual es la establecida para las instalaciones de servicio. Pero tomando en cuenta que el país está sufriendo una inflación progresiva, cuyos valores oscilan entre el 15 y 18% se realizarán los cálculos utilizando el 18% de interés anual.

La siguiente consideración adoptada es la de realizar los cálculos hasta un período máximo de 10 años. Este valor se lo acepta como máximo, debido a que en la mayoría de las empresa eléctricas del país se ha normalizado que los diseños de los circuitos de distribución y alumbrado público se proyecten a 10 años.

Asumiendo que cada año se gastará el mismo valor unitario, tanto en la operación como en el mantenimiento, se puede traducir a valor actual o presente el costo total de operación y mantenimiento para cada año, lo cual se puede obtener sumando el valor presente de cada año, durante el período deseado, por lo tanto, el valor presente - total en el quinto año, será la suma de los valores actuales de los cinco primeros años. En el anexo N. 4 se encuentran las tablas con los factores de multiplicación para calcular el valor de una anualidad constante.

## CUADRO VI-12

## EVALUACION ECONOMICA

	SISTEMA SERIE			SISTEMA MULTIPLE			SISTEMA MIXTO		
	Fotocélula	Manual	Switch tiempo	Fotocélula	manual	Switch tiempo	Fotocélula	Manual	Switch tiempo
01	SON	SON	SON	SON	SON	SON	SON	SON	SON
02	250 w	250 w	250 w	250 w	250 w	250 w	250 w	250 w	250 w
03	Alpha 7	Alpha 7	Alpha 7	Alpha 7	Alpha 7	Alpha 7	Alpha 7	Alpha 7	Alpha 7
04	1	1	1	1	1	1	1	1	1
05	26.500	26.500	26.500	26.500	26.500	26.500	26.500	26.500	26.500
06	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
07+	289,06	289	289,24	289,06	289		289,06	289	
08									
09									
10	37	37	37	37	37	37	37	37	37
11	20	20	20	20	20	20	20	20	20
12	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
13	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
14	12.300	12.300	12.300	12.300	12.300	12.300	12.300	12.300	12.300
15	15.448,35	15.439,43	15.490,24	18.295,62	18.286,7	18.337,51	22.288,86	22.279,95	22.465,89
16	4.713,78	4.709,19	4.717,43	5.233,51	5.228,92	5.237,16	5.902,7	5.898,11	5.906,35
17	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
18	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
19	33.562,13	33.548,62	33.607,67	36.929,13	36.915,62	36.974,67	41.591,56	41.578,06	41.772,24
20	1'241799	1'241299	1'243484	1'366378	1'365878	1'368063	1'538888	1'538388	1'540573
21	32.462,13	32.448,62	32.507,67	35.829,13	35.815,62	35.874,67	40.491,56	40.478,06	40.672,24
22	1'201099	1'200599	1'202284	1'325678	1'325178	1'327363	1'498188	1'497688	1'504873
23*	180.165	180.090	180.343	198.852	198.77	199.105	224.728	224.653	225.731
24	16	16	16	16	16	16	16	16	16
25	17.600	17.600	17.600	17.600	17.600	17.600	17.600	17.600	17.600
26	12.011	12.006	12.023	13.257	13.252	13.274	14.982	14.977	15.049
27	29.611	29.606	29.623	30.857	30.852	30.874	32.582	32.577	32.649
28	67	67	67	67	67	67	67	67	67
29	1.072	1.072	1.072	1.072	1.072	1.072	1072	1.072	1.072

30	134	134	134	134	134	134	134	134	134
31	2	2	2	2	2	2	2	2	2
32	9.916	9.916	9.916	9.916	9.916	9.916	9.916	9.916	9.916
33	10.988	10.988	10.988	10.988	10.988	10.988	10.988	10.988	10.988
34	40.599	40.594	40.611	41.485	41.840	41.862	43.570	43.565	43.637
35	106.952	106.930	107.019	106.592	106.930	107.019	106.952	106.930	107.019
36	147.551	147.524	147.630	148.797	148.770	147.881	150.881	150.522	150.656
37	327.716	327.689	327.973	347.649	347.547	347.986	375.250	375.148	376.387
38	100,01	100	100,09	106,09	106,06	106,19	114,51	114,48	114,86
39	16.385,8	16.385	16.398,65	17.382,45	17.377,35	17399,30	18.762,5	18.757,4	18.819,35
40	100,01	100	100,09	106,09	106,06	106,19	114,51	114,48	114,86

+ Se asume un 5% de pérdidas en líneas y la fotocélula consume un vatio y el Switch de tiempo 3 vatios

\* Se asume el 15% recomendado por Westinhouse.

NOTA: Para el caso de sistema múltiple que utiliza el transformador y una de las fases de los circuitos de distribución, se pueden obtener costos equivalentes a:

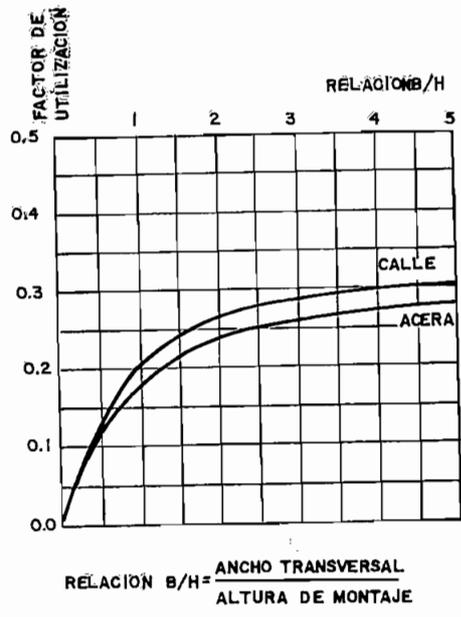
- 80,59 % Para control con fotocélula
- 80,56 % Para el control manual
- 80.60 % Para control con switch de tiempo

CUADRO VI-13-1 Valor presente acumulado para cada año de los gastos de operación y mantenimiento, según el tipo del sistema y control.

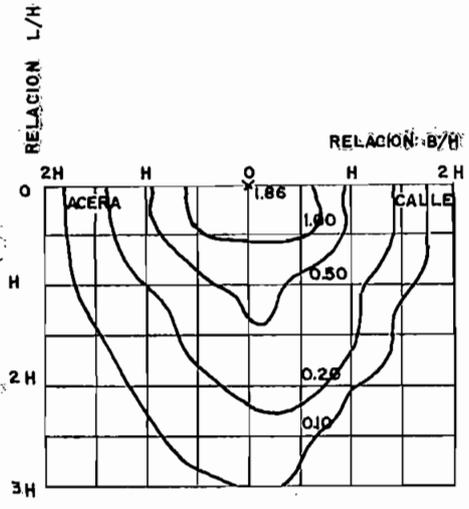
	SISTEMA SERIE		SISTEMA MULTIPLE		SISTEMA MIXTO	
	Fotocélula Manual	Switch tiempo	Fotocélula Manual	Switch tiempo	Fotocélula Manual	Switch tiempo
1	125.095	125.027	126.106	126.084	127.567	127.545
2	231.006	230.992	232.914	232.914	235.657	235.615
3	320.820	320.801	323.529	323.471	327.145	327.221
4	396.927	396.903	400.279	400.206	404.919	404.847
5	461.422	461.394	465.318	465.234	470.712	470.628
6	516.744	516.043	520.433	520.333	526.466	526.371
7	562.391	562.356	567.140	567.037	573.715	573.612
8	601.654	601.617	606.735	606.625	613.769	613.658
9	634.912	634.873	640.274	640.157	647.696	647.580
10	663.109	663.069	668.709	668.587	676.461	676.340



**CURVA DE UTILIZACION**



**CURVA ISOLUX**



RELACION B/H =  $\frac{\text{ANCHO TRANSVERSAL (CALLE-ACERA)}}{\text{ALTURA DE MONTAJE}}$

RELACION L/H =  $\frac{\text{DISTANCIA LONGITUDINAL (CALLE-ACERA)}}{\text{ALTURA DE MONTAJE}}$

LA POSICION DE LA LUMINARIA ESTA EN PUNTO X DEL DIAGRAMA

HEALTURA DE MONTAJE

ANGULO DE MONTAJE: 3° SOBRE EL EJE

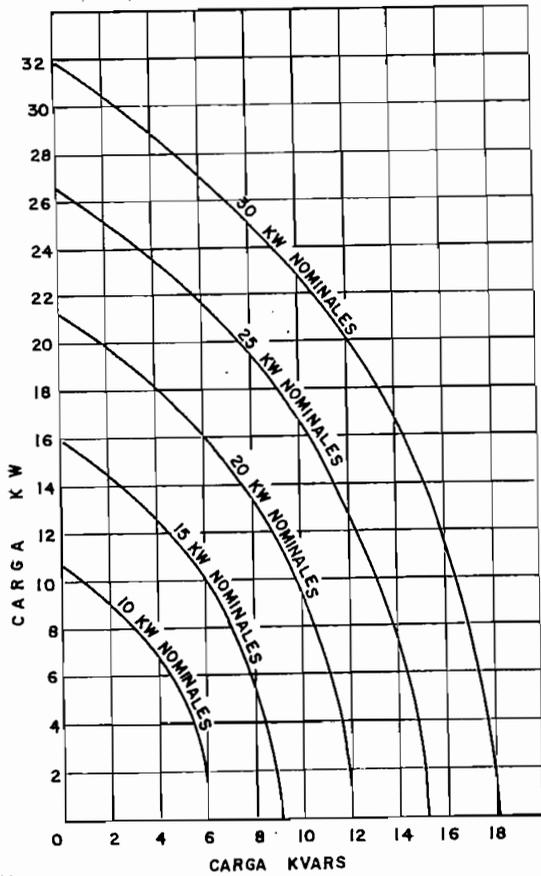
ALTURA DE MONTAJE: m      FACTOR DE CONVERSION  
 6                                      1.78  
 8                                      1.00 (FIGURA)  
 10                                     0.64

LOS NIVELES DE ILUMINACION ESTAN EN LUX POR 1000 LUMENES DE FLUJO DE LA LAMPARA  
 B/H = 3.5

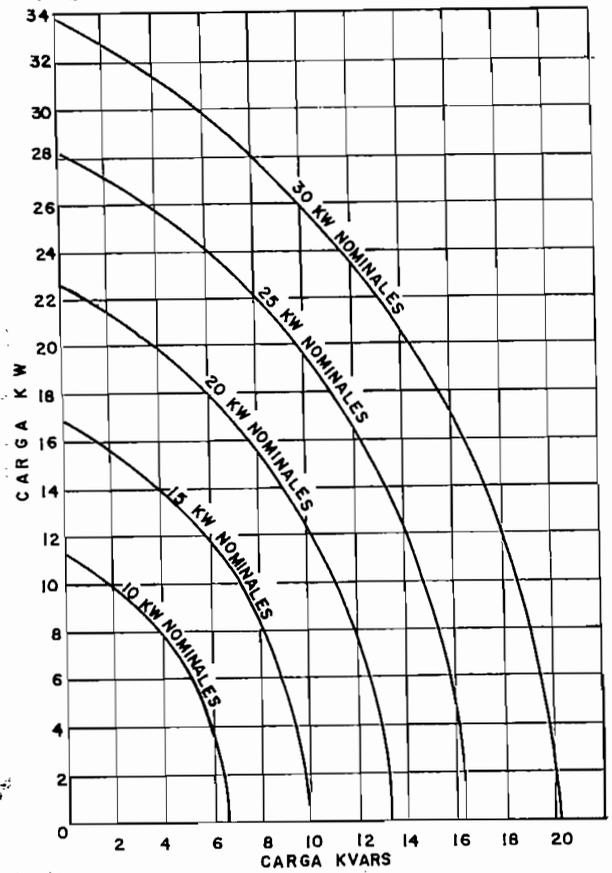
LUMINARIA TIPO ALPHA 7

LAMPARA SODIO 250 W 220/240 V  
 FLUJO INICIAL 26500 LUMENES

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		
ILUMINACION CALLE BOLIVAR-IBARRA		
CURVAS ISOLUX Y FACTOR DE UTILIZACION LUMINARIA ALPHA 7		PLANO VI-3
TESIS DE GRADO		
PATRICIO GRANDA D.	ESCALA.	FECHA: MARZO / 82



a) RELACION KW-KVAR PARA TRANSF. DE CORRIENTE CONSTANTE TIPOS CPH-CSPH Y (WESTINGHOUSE) CON 95% DE VOLTAJE PRIMARIO



b) RELACION KW-KVAR PARA TRANSF. DE CORRIENTE CONSTANTE TIPOS CPH-CSPH Y GMH (WESTINGHOUSE) CON 100% DE VOLTAJE PRIMARIO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		
ILUMINACION CALLE BOLIVAR-IBARRA		
POTENCIA DE LOS TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CONSTANTE		PLANO VI-4
TESIS DE GRADO		
PATRICIO GRANDA D.	ESCALA.	FECHA: JUNIO / 82

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La gran variedad de parámetros, condiciones físicas, y estética de las calles por iluminar, dificultan la elaboración de recomendaciones que definan en forma total un proyecto de alumbrado público.

En general, la elaboración de un diseño de alumbrado público se la puede dividir en tres partes. La primera que sería la determinación de un circuito de alumbrado que cumpla con las exigencias técnicas vigentes en el lugar. La segunda, es la de elegir el tipo de sistema con el cual se servirá al circuito de alumbrado y la tercera, es la elección del tipo de control a utilizarse.

Desde el punto de vista económico, el circuito serie de alumbrado público es el más ventajoso, en segundo lugar se encuentra el sistema múltiple y el menos económico de todos es el circuito mixto.

En un mismo sistema de alumbrado, el tipo de control a utilizarse produce pequeñas variaciones en los costos, siendo el control manual el más económico, el segundo control con fotocélulas y en tercer lugar el switch de tiempo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ejemplo de aplicación, desde el punto de vista económico, se debería utilizar el sistema serie, con control manual.

El sistema serie de alumbrado público, se recomienda utilizarse cuando no existe la posibilidad de poder utilizar posterioría del alumbrado, para soportar circuitos secundarios de distribución, tal es el caso de la iluminación de avenidas con disposición axial (en el parter central) iluminación de autopistas. También se recomienda que sea utilizado en circuitos en los cuales las luminarias deben estar bastante alejadas entre sí.

Para el sistema serie se recomienda la utilización del control con célula fotoeléctrica, el mismo que es solamente el 0,01 % más costoso que el control con switch manual, porcentaje de incremento que puede ser compensado con los posibles retrasos en la desenergización del alumbrado público, o por el adelanto en la conexión del servicio por parte del operador del switch manual.

El sistema mixto de alumbrado público, debe ser desechado de las nuevas instalaciones de iluminación pública debido a su alto costo y porque puede crear dificultades en el personal de mantenimiento pues se va ha trabajar con unas lámparas alimentadas con alta tenisión y otras con baja tensión.

## ANEXO N. 1

### DEFINICIONES

- 1.- FLUJO LUMINOSO.- Se lo representa con la letra griega  $\phi$  (fi), y es la cantidad de luz que mana de una fuente luminosa por unidad de tiempo. La unidad del flujo luminoso es el lumen (lm), que como unidad de potencia corresponde a 1/680 w. emitidos a la longitud de onda de 5.550 Å. a la cual la sensibilidad del ojo es máxima.
- 2.- RENDIMIENTO LUMINOSO.- Se lo representa con la letra griega  $\eta$  (eta), y se denomina también - coeficiente de eficacia luminosa e indica el - flujo que emite una fuente de luz por cada unidad de potencia consumida, su unidad es lumen por vatio.

en donde:

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

$\eta$  = Rendimiento luminoso (lm/w)

$\phi$  = Flujo luminoso (lm)

P = Potencia eléctrica (w)

- 3.- INTENSIDAD LUMINOSA.- Se la representa con la letra I y es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo salido en una dirección dada. La unidad de la intensidad luminosa es la candela (cd)

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

En donde:

- I = Intensidad luminosa
- $\phi$  = Flujo luminoso en lm y en el ángulo sólido
- $\omega$  = Valor del ángulo sólido estereoradial

4.- NIVEL DE ILUMINACION.- Se lo representa con la letra E, se denomina nivel de iluminación o iluminancia, al flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Su unidad es lux, el cual puede definirse como la iluminancia de una superficie de  $\text{mt}^2$  cuando sobre ella incide uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen.

En donde:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

- E = Luminancia (lux)
- $\phi$  = Flujo luminoso (lm)
- S = Superficie ( $\text{mt}^2$ )

5.- CANTIDAD DE LUZ.- Se la representa con la letra Q y es la cantidad de energía radiante que puede percibirse por medio de la vista y por unidad de tiempo. La unidad de la cantidad de luz es el lumen-hora

ANEXO N° 3VALORES DE LAS FUNCIONES GONIOMETRICAS EMPLEADAS  
EN LUMINOTECNIA

$\alpha$	SEN $\alpha$	COS $\alpha$	COS <sup>3</sup> $\alpha$
1°	0,017	0,999	0,999
2°	0,035	0,999	0,998
3°	0,052	0,998	0,995
4°	0,070	0,997	0,992
5°	0,087	0,996	0,988
6°	0,105	0,994	0,984
7°	0,122	0,993	0,978
8°	0,139	0,990	0,971
9°	0,156	0,988	0,963
10°	0,174	0,985	0,995
11°	0,191	0,982	0,946
12°	0,208	0,978	0,936
13°	0,225	0,974	0,925
14°	0,242	0,970	0,914
15°	0,259	0,966	0,901
16°	0,276	0,961	0,888
17°	0,292	0,956	0,875
18°	0,309	0,951	0,860
19°	0,326	0,946	0,845
20°	0,342	0,940	0,830
21°	0,358	0,934	0,814
22°	0,375	0,927	0,797
23°	0,391	0,921	0,780
24°	0,407	0,914	0,762
25°	0,423	0,906	0,745

$\alpha$	SEN $\alpha$	COS $\alpha$	COS <sup>3</sup> $\alpha$
58°	0,848	0,530	0,149
59°	0,857	0,515	0,137
60°	0,866	0,500	0,125
61°	0,875	0,485	0,114
62°	0,883	0,469	0,104
63°	0,891	0,454	0,094
64°	0,899	0,438	0,084
65°	0,906	0,423	0,076
66°	0,914	0,407	0,067
67°	0,921	0,391	0,060
68°	0,927	0,375	0,053
69°	0,934	0,358	0,046
70°	0,940	0,342	0,040
71°	0,946	0,326	0,035
72°	0,951	0,309	0,030
73°	0,956	0,292	0,025
74°	0,961	0,276	0,021
75°	0,966	0,259	0,017
76°	0,970	0,242	0,014
77°	0,974	0,225	0,011
78°	0,978	0,208	0,009
79°	0,982	0,191	0,007
80°	0,985	0,174	0,005
81°	0,988	0,156	0,004
82°	0,990	0,139	0,003
83°	0,993	0,122	0,002
84°	0,994	0,105	0,001
85°	0,996	0,087	0,001
86°	0,997	0,070	0,001
87°	0,998	0,052	0,000
88°	0,999	0,035	0,000
89°	0,999	0,017	0,000

## BIBLIOGRAFIA

1.- Manual OSRAM

Autor: A. Ferrándiz

Editor: OSRAM S.A.

Fray Luis de León, 15  
Madrid-5 (España)  
Noviembre de 1975

2.- Manual de alumbrado WESTINGHOUSE

Autor: Westinhouse Electric-International Co.

Editor: EDITORIAL DOSSAT S.A.

Plaza de Santa Ana, 9  
Madrid (España)  
Marzo de 1971.

3.- Catálogo de Alumbrado Exterior

Autor: E CLATEC L'ECLAIRAGE TECHNIQUE S.A.

50, Rue la Boétie  
75008 Paris France  
Enero de 1974.

4.- COMPACT LIGHTING CATALOGUE

Autor: PHILIPS

1981

5.- LUMINOTECNIA, Enciclopedia CEAC de Electrici  
dad.

Autor: José Ramírez Vásquez

Editor: CEAC- S.A.

Vía Layetona, 17 Barcelona-3 España  
Junio de 1974.

- 12.- THORN LIGHTING: COMPREHENSIBLE CATALOGUE  
International Edition 1979
- 13.- INGENIERIA ECONOMICA  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito-Ecuador  
1969
- 14.- MANUAL DE AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA  
Autores: Interconexion Eléctrica ISA  
Asociación Nacional de Industriales ANDI  
Bogotá - Colombia  
1980
- 15.- STANDARD MATHEMATICAL TABLES Edition N. 14  
Editor: Samuel M. Selby, Ph D  
1965
- 16.- TABLAS DE INTERES COMPUESTO Y DE DESCUENTO PA  
RA EVALUACION DE PROYECTOS  
Autor: J. Price Gittinger  
Editado para el Banco Mundial  
Editorial TECNOS S.A.  
O'Donnell, 27 Madrid, 9 España  
1977.
- 17.- CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ejemplo de aplicación, desde el punto de vista económico, se debería utilizar el sistema serie, con control manual.

El sistema serie de alumbrado público, se recomienda utilizarse cuando no existe la posibilidad de poder utilizar posterioría del alumbrado, para soportar circuitos secundarios de distribución, tal es el caso de la iluminación de avenidas con disposición axial (en el parter central) iluminación de autopistas. También se recomienda que sea utilizado en circuitos en los cuales las luminarias deben estar bastante alejadas entre sí.

Para el sistema serie se recomienda la utilización del control con célula fotoeléctrica, el mismo que es solamente el 0,01 % más costoso que el control con switch manual, porcentaje de incremento que puede ser compensado con los posibles retrasos en la desenergización del alumbrado público, o por el adelanto en la conexión del servicio por parte del operador del switch manual.

El sistema mixto de alumbrado público, debe ser desechado de las nuevas instalaciones de iluminación pública debido a su alto costo y porque puede crear dificultades en el personal de mantenimiento pues se va ha trabajar con unas lámparas alimentadas con alta tenisión y otras con baja tensión.

Todas estas recomendaciones se las realizan para el caso de que el circuito sea exclusivamente de alumbrado público.

Se recomienda la utilización del circuito múltiple de alumbrado público en lugares en los cuales se debe instalar circuitos secundarios de distribución, puesto que es estas instalaciones son más económicas y equivalen a un - 80,56% del costo de la utilización del sistema serie, es te ahorro es mayor si se utilizan luminarias con fotocélulas incorporadas.

## ANEXO N. 1

### DEFINICIONES

- 1.- FLUJO LUMINOSO.- Se lo representa con la letra griega  $\phi$  (fi), y es la cantidad de luz que mana de una fuente luminosa por unidad de tiempo. La unidad del flujo luminoso es el lumen (lm), que como unidad de potencia corresponde a 1/680 w. emitidos a la longitud de onda de 5.550 Å. a la cual la sensibilidad del ojo es máxima.
- 2.- RENDIMIENTO LUMINOSO.- Se lo representa con la letra griega  $\eta$  (eta), y se denomina también - coeficiente de eficacia luminosa e indica el - flujo que emite una fuente de luz por cada unidad de potencia consumida, su unidad es lumen por vatio.

en donde:

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

$\eta$  = Rendimiento luminoso (lm/w)

$\phi$  = Flujo luminoso (lm)

P = Potencia eléctrica (w)

- 3.- INTENSIDAD LUMINOSA.- Se la representa con la letra I y es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo salido en una dirección dada. La unidad de la intensidad luminosa es la candela (cd)

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

En donde:

- I = Intensidad luminosa
- $\phi$  = Flujo luminoso en lm y en el ángulo sólido
- $\omega$  = Valor del ángulo sólido estereoradial

4.- NIVEL DE ILUMINACION.- Se lo representa con la letra E, se denomina nivel de iluminación o iluminancia, al flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Su unidad es lux, el cual puede definirse como la iluminancia de una superficie de  $\text{mt}^2$  cuando sobre ella incide uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen.

En donde:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

- E = Luminancia (lux)
- $\phi$  = Flujo luminoso (lm)
- S = Superficie ( $\text{mt}^2$ )

5.- CANTIDAD DE LUZ.- Se la representa con la letra Q y es la cantidad de energía radiante que puede percibirse por medio de la vista y por unidad de tiempo. La unidad de la cantidad de luz es el lumen-hora

ANEXO N° 2

RESUMEN DE LAS MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS FUNDAMENTALES.

Magnitud	Símb.	Unidad	Definición de la Unidad	Relaciones
Flujo luminoso	$\Phi$	Lúmen (lm)	Flujo emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente con una intensidad luminosa de una candela	$\Phi = I \cdot \omega$
Rendimiento luminoso	$\eta$	Lúmen por vatio	Flujo luminoso emitido por unidad de potencia	$\eta = \frac{\Phi}{W}$
Cantidad de luz	Q	Lumen por segundo (lms) Lumen por hora (lmh)	Flujo luminoso emitido por unidad de tiempo	$Q = \Phi \cdot t$
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)	1/60 de la intensidad luminosa por cm <sup>2</sup> del "cuerpo negro" a la temperatura de fusión del platino (2.046 °K)	$I = \frac{\Phi}{\omega}$
Iluminancia	E	Lux (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 M <sup>2</sup>	$E = \frac{\Phi}{S}$
Luminancia	L	Candela por M <sup>2</sup> (cd/m <sup>2</sup> ) Candela por cm <sup>2</sup> (cd/cm <sup>2</sup> )	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie	$L = \frac{I}{S}$

ANEXO N° 3

VALORES DE LAS FUNCIONES GONIOMETRICAS EMPLEADAS  
EN LUMINOTECNIA

$\alpha$	SEN $\alpha$	COS $\alpha$	COS <sup>3</sup> $\alpha$
1°	0,017	0,999	0,999
2°	0,035	0,999	0,998
3°	0,052	0,998	0,995
4°	0,070	0,997	0,992
5°	0,087	0,996	0,988
6°	0,105	0,994	0,984
7°	0,122	0,993	0,978
8°	0,139	0,990	0,971
9°	0,156	0,988	0,963
10°	0,174	0,985	0,995
11°	0,191	0,982	0,946
12°	0,208	0,978	0,936
13°	0,225	0,974	0,925
14°	0,242	0,970	0,914
15°	0,259	0,966	0,901
16°	0,276	0,961	0,888
17°	0,292	0,956	0,875
18°	0,309	0,951	0,860
19°	0,326	0,946	0,845
20°	0,342	0,940	0,830
21°	0,358	0,934	0,814
22°	0,375	0,927	0,797
23°	0,391	0,921	0,780
24°	0,407	0,914	0,762
25°	0,423	0,906	0,745

$\alpha$	SEN $\alpha$	COS $\alpha$	COS <sup>3</sup> $\alpha$
26°	0,438	0,899	0,726
27°	0,454	0,891	0,707
28°	0,469	0,883	0,688
29°	0,485	0,875	0,669
30°	0,500	0,866	0,650
31°	0,515	0,857	0,630
32°	0,530	0,848	0,610
33°	0,545	0,839	0,590
34°	0,559	0,829	0,570
35°	0,574	0,819	0,549
36°	0,588	0,809	0,530
37°	0,602	0,799	0,509
38°	0,616	0,788	0,489
39°	0,629	0,777	0,469
40°	0,643	0,766	0,450
41°	0,656	0,755	0,430
42°	0,669	0,743	0,410
43°	0,682	0,731	0,391
44°	0,695	0,719	0,372
45°	0,707	0,707	0,354
46°	0,719	0,685	0,335
47°	0,731	0,682	0,317
48°	0,743	0,669	0,300
49°	0,755	0,656	0,282
50°	0,766	0,643	0,266
51°	0,777	0,629	0,249
52°	0,788	0,616	0,233
53°	0,799	0,602	0,218
54°	0,809	0,588	0,203
55°	0,819	0,574	0,189
56°	0,829	0,559	0,175
57°	0,839	0,545	0,162

$\alpha$	SEN $\alpha$	COS $\alpha$	COS <sup>3</sup> $\alpha$
58°	0,848	0,530	0,149
59°	0,857	0,515	0,137
60°	0,866	0,500	0,125
61°	0,875	0,485	0,114
62°	0,883	0,469	0,104
63°	0,891	0,454	0,094
64°	0,899	0,438	0,084
65°	0,906	0,423	0,076
66°	0,914	0,407	0,067
67°	0,921	0,391	0,060
68°	0,927	0,375	0,053
69°	0,934	0,358	0,046
70°	0,940	0,342	0,040
71°	0,946	0,326	0,035
72°	0,951	0,309	0,030
73°	0,956	0,292	0,025
74°	0,961	0,276	0,021
75°	0,966	0,259	0,017
76°	0,970	0,242	0,014
77°	0,974	0,225	0,011
78°	0,978	0,208	0,009
79°	0,982	0,191	0,007
80°	0,985	0,174	0,005
81°	0,988	0,156	0,004
82°	0,990	0,139	0,003
83°	0,993	0,122	0,002
84°	0,994	0,105	0,001
85°	0,996	0,087	0,001
86°	0,997	0,070	0,001
87°	0,998	0,052	0,000
88°	0,999	0,035	0,000
89°	0,999	0,017	0,000

ANEXO N° 4

Valor actual de una anualidad constante, valor actual por unidad recibido o pagado anualmente durante X años.

Año	Tasa 8%	Tasa 10%	Tasa 12%	Tasa 15%	Tasa 18%
01	0,9259	0,9091	0,8928	0,8696	0,8475
02	1,7833	1,7355	1,6901	1,6257	1,5656
03	2,5771	2,4869	2,4018	2,2832	2,1743
04	3,3131	3,1699	3,0373	2,8549	2,6901
05	3,9927	3,7908	3,6048	3,3522	3,1272
06	4,6229	4,3553	4,1114	3,7845	3,4976
07	5,2064	4,8684	4,5638	4,1604	3,8115
08	5,7467	5,3349	4,9676	4,4873	4,0776
09	6,2469	5,7590	5,3283	4,7716	4,3030
10	6,7101	6,1446	5,6502	5,0188	4,4941
11	7,1389	6,4951	5,9377	5,2337	4,6560
12	7,5361	6,8137	6,1944	5,4206	4,7932
13	7,9038	7,1033	6,4235	5,5832	4,9095
14	8,2442	7,3667	6,6282	5,7245	5,0081
15	8,5595	7,6061	6,8109	5,8474	5,0916
16	8,8514	7,8237	6,9740	5,9542	5,1624
17	9,1216	8,0216	7,1196	6,0472	5,2223
18	9,3718	8,2014	7,2497	6,1280	5,2732
19	9,6036	8,3649	7,3658	6,1982	5,3162
20	9,8181	8,5136	7,4694	6,2593	5,3528

## BIBLIOGRAFIA

1.- Manual OSRAM

Autor: A. Ferrándiz

Editor: OSRAM S.A.

Fray Luis de León, 15  
Madrid-5 (España)  
Noviembre de 1975

2.- Manual de alumbrado WESTINGHOUSE

Autor: Westinhouse Electric-International Co.

Editor: EDITORIAL DOSSAT S.A.

Plaza de Santa Ana, 9  
Madrid (España)  
Marzo de 1971.

3.- Catálogo de Alumbrado Exterior

Autor: E CLATEC L'ECLAIRAGE TECHNIQUE S.A.

50, Rue la Boétie  
75008 Paris France  
Enero de 1974.

4.- COMPACT LIGHTING CATALOGUE

Autor: PHILIPS

1981

5.- LUMINOTECNIA, Enciclopedia CEAC de Electricidad.

Autor: José Ramírez Vásquez

Editor: CEAC- S.A.

Vía Layetona, 17 Barcelona-3 España  
Junio de 1974.

6.- Técnica del Alumbrado. Principios Fundamenta-  
les

Autor: M. Deribere

Editor: DARANINFO

Meléndez Valdés 14, Madrid (15) España  
1967.

7.- LUMINOTECNICA: Sus principios y aplicaciones

Autor: R.G. Weigel

Editor: Editorial GUSTAVO GILI S.A.

Enrique Granada, 45 Barcelona España  
1957

8.- LUMINOTECNICA: Principios y aplicaciones

Autor: Equipo Técnico Elector BJC

9.- I.E.S. LIGHTING HAND BOOK

The Standard Lighting Guide

Published by the Illuminating Engineering  
Society  
New York 1962

10.- ELECTRIC UTILITY ENGINEERING REFERENCE BOOK

Volume 3

Distribution Systems

Westinhouse Electric Corporation  
Pensilvania

11.- LAMPARAS OSRAM

Autor: Editor OSRAM GESELLSCHAFT MIT

BESCHRANKTER HAFTUNG  
Berlin-München

- 12.- THORN LIGHTING: COMPREHENSIBLE CATALOGUE  
International Edition 1979
- 13.- INGENIERIA ECONOMICA  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito-Ecuador  
1969
- 14.- MANUAL DE AHORRO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA  
Autores: Interconexion Eléctrica ISA  
Asociación Nacional de Industriales ANDI  
Bogotá - Colombia  
1980
- 15.- STANDARD MATHEMATICAL TABLES Edition N. 14  
Editor: Samuel M. Selby, Ph D  
1965
- 16.- TABLAS DE INTERES COMPUESTO Y DE DESCUENTO PA  
RA EVALUACION DE PROYECTOS  
Autor: J. Price Gittinger  
Editado para el Banco Mundial  
Editorial TECNOS S.A.  
O'Donnell, 27 Madrid, 9 España  
1977.
- 17.- CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO