

ILUMINACION DE CIUDADES  
"CIUDAD DE QUITO"

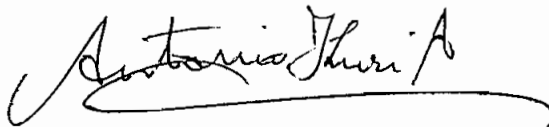
"TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN LA ESPECIALIZACION DE ELECTROTECNIA DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL"

Luis L. Manzano P.

Quito, Julio 1966

CERTIFICO QUE LA PRESENTE TESIS, HA SIDO TRABAJA-  
DA POR EL SEÑOR LUIS L. MANZANO P. BAJO MI DIREC-  
CION

Quito, Julio de 1966

A handwritten signature in cursive script, reading "Antonio Kuri A.", with a long horizontal flourish extending to the right.

ING. ANTONIO KURI A!  
DIRECTOR DE TESIS

D E D I C A T O R I A:

A mis Padres: Señor Luis Manzano B.  
y Señora Zoila Pesantez S. a quienes des -  
pués de Dios, les debo todo cuanto  
soy y lo que espero ser.

EL AUTOR

## AGRADECIMIENTO:

A los señores Directivos de la Empresa Eléctrica Quito, S. A. , que impulsaron esta obra con su ayuda económica.

A los señores Ingenieros Jefe del Departamento de Planeamiento y construcción de Redes y del Departamento de Alumbrado Público de la Empresa Eléctrica Quito, S. A. , que me prestaron su valiosa ayuda técnica.

A mis hermanos que me brindaron su apoyo moral y material en los momentos difíciles.

Para aquellos que, generosamente colaboraron a la culminación del trabajo, consigno aquí mi sincero agradecimiento.

EL AUTOR

## INDICE DE MATERIAS

Pág.

### Capítulo I. - Introducción:

Motivo del Tema . . . . .	1
Objetivos de la iluminación de calles . . . . .	2
Reducción criminal . . . . .	2
Desarrollo cívico . . . . .	3
Seguridad del tráfico . . . . .	5
Características de las luminarias . . . . .	7
-Lámparas de filamento . . . . .	7
Características generales . . . . .	7
Características de funcionamiento . . . . .	9
Flujo luminoso . . . . .	9
Vida de la lámpara . . . . .	9
Funcionamiento a tensión superior o inferior . . . . .	9
Conservación del flujo luminoso . . . . .	10
-Lámparas fluorescentes . . . . .	11
Vida de la lámpara . . . . .	12
Mantenimiento de la emisión luminosa . . . . .	13
Efecto de la temperatura . . . . .	14
Efecto de la humedad . . . . .	14
Efecto de la tensión . . . . .	15
Efecto de la frecuencia . . . . .	15
-Lámparas de mercurio . . . . .	16
Características de radiación . . . . .	16
Equipos auxiliares . . . . .	16
Vida de la lámpara y mantenimiento del flujo luminoso . . . . .	17
-Lámparas de sodio . . . . .	18
Funcionamiento . . . . .	19
-Lámparas de mercurio y aditivos metálicos . . . . .	20
Resumen . . . . .	21

### Capítulo II. - Situación Actual, Análisis y Conclusiones:

Tipificación de zonas . . . . .	23
Zonas comerciales . . . . .	23
Vías públicas de tráfico . . . . .	24
Calles residenciales . . . . .	24
Cruces peligrosos . . . . .	25
Autopistas - carreteras especiales . . . . .	25
Determinación de los niveles de iluminación . . . . .	26
Información requerida . . . . .	27
Luxes requeridos . . . . .	29
Tipos de pavimento. Su influencia en el alumbrado . . . . .	36
Tipo de pavimento. Reflexión . . . . .	38
Factores a considerar en el alumbrado de calzadas . . . . .	39
Efecto de silueta . . . . .	39
Deslumbramiento . . . . .	39
Influencia de las sombras . . . . .	40
Análisis de la iluminación actual . . . . .	41
Estado y causas . . . . .	41
Potencia actual instalada en alumbrado en la ciudad de Quito . . . . .	45

	Pág.
Rata de crecimiento . . . . .	45
Porcentaje de la demanda . . . . .	46
Causas de esta situación . . . . .	47
Causas económicas . . . . .	47
Causas políticas . . . . .	49
Causas técnicas . . . . .	53
Soluciones . . . . .	53
Reformas a introducirse . . . . .	55

Capítulo III. - Proyecto de Iluminación:

Proyectos de iluminación . . . . .	57
La ciencia de la iluminación . . . . .	57
Tipos de cálculo . . . . .	58
Métodos empleados . . . . .	58
Uso de los datos fotométricos . . . . .	58
Diagrama de iluminación . . . . .	61
Curva de utilización . . . . .	62
Método de los lúmenes promedio . . . . .	64
Coeficiente de utilización . . . . .	65
Factor de mantenimiento . . . . .	66
Método del punto por punto . . . . .	67
Tipos de distribución . . . . .	68
Tipo I. Distribuciones laterales . . . . .	68
Tipo II. Distribuciones laterales . . . . .	69
Tipos III., IV. y V. . . . .	69
Clasificación ASA/IES de luminarias de alumbrado de calzadas . . . . .	70
I. Distribución vertical de la luz . . . . .	70
II. Control vertical . . . . .	71
III. Distribución lateral de la luz . . . . .	71
Tipo I, II, III, IV y V . . . . .	72
Cálculo de la iluminación para cada tipo de calles, de acuerdo a su clasificación, según normas de alumbrado . . . . .	75
Avenida 10 de Agosto . . . . .	75
Avenida 6 de Diciembre . . . . .	80
Avenida Cristóbal Colón . . . . .	82
Avenida 12 de Octubre y Avenida Patria . . . . .	83
Avenida Río Amazonas . . . . .	84
Condiciones que requieren especial consideración . . . . .	85
Intersecciones, cruces . . . . .	85
Colinas y curvas . . . . .	86
Influencia de los árboles . . . . .	86
Iluminación de Parques y Plazas . . . . .	87
Método de los vatios por pie cuadrado . . . . .	89
Método de los pies cuadrados por luminaria . . . . .	89
Alumbrado de Fachadas de edificios . . . . .	90
Procedimiento a seguirse . . . . .	91

Capítulo IV. Selección y Control:

Control y selección del alumbrado a utilizarse . . . . .	96
Requerimientos básicos . . . . .	96
Dos circuitos de alimentación: serie y múltiple . . . . .	96
Circuito serie . . . . .	96

	Pág.
Circuitos múltiples . . . . .	97
Comparación de los circuitos serie y múltiple . . . . .	98
Ventajas del circuito serie . . . . .	99
Ventajas del circuito múltiple . . . . .	100
Regulación de voltaje . . . . .	100
Balastos . . . . .	101
Tipos de Control . . . . .	102
Hilo piloto . . . . .	102
Suiches horarios . . . . .	103
Suiches fotoeléctricos . . . . .	103
Descripción general del proyecto . . . . .	105
Selección de equipos y costos . . . . .	111
Listas de materiales . . . . .	114
Presupuesto . . . . .	118
Requerimientos de energía para el alumbrado . . . . .	124
Crecimiento de la demanda. Ciudad de Quito . . . . .	125
Crecimiento de la demanda. Zona norte residencial . . . . .	127
Tarifa aplicable para el alumbrado público . . . . .	128
Servicio de alumbrado público. Definición . . . . .	128
Discusión de las tarifas vigentes y propuestas . . . . .	128
Análisis . . . . .	129
Tarifa de alumbrado público propuesta . . . . .	130
Estructura de la tarifa propuesta. . . . .	131
Aplicación . . . . .	131
Análisis . . . . .	131

Capítulo V. Programa de Construcción:

Necesidades inmediatas y futuras . . . . .	133
Análisis de Costos . . . . .	136
Programa de trabajo y costos de cada etapa . . . . .	138
Costo anual de operación y mantenimiento del sistema . . . . .	140
Financiación . . . . .	142

Capítulo VI. Recomendaciones y Mantenimiento

Criterios fundamentales para un buen mantenimiento . . . . .	144
Definición . . . . .	144
Mantenimiento de sistemas de alumbrado . . . . .	144
Necesidad de un programa de mantenimiento. . . . .	148
Intereses y responsabilidades por el mantenimiento . . . . .	149
Intereses de la Empresa Eléctrica y del público . . . . .	149
Responsabilidades de las Entidades Públicas y de la Empresa . . . . .	149
Requerimientos para el mantenimiento del alumbrado público . . . . .	150
Mantenimiento preventivo y de rutina . . . . .	151
Limpieza sistemática . . . . .	151
Métodos de limpieza . . . . .	152
Reposiciones ordenadas . . . . .	153
Cambio de lámparas . . . . .	154
Cambio inmediato . . . . .	154
Cambio de grupo . . . . .	154
Costo del cambio de lámparas . . . . .	157
Regulación del voltaje y corriente . . . . .	159

	Pág.
Contrato para el mantenimiento . . . . .	160
Vandalismo . . . . .	161
Poda de árboles . . . . .	162
Recomendaciones . . . . .	163
Mantenimiento de la luminaria . . . . .	163
Mantenimiento de los circuitos de control . . . . .	164
Mantenimiento de postes y abrazaderas . . . . .	165
Evaluación de un sistema de alumbrado público . . . . .	166
Fuentes luminosas . . . . .	167
Variaciones de luminaria . . . . .	168
Sistema eléctrico . . . . .	168
Prácticas de instalación . . . . .	168
Mantenimiento . . . . .	169
Mediciones . . . . .	169
Medidas de iluminación . . . . .	169
Medición del brillo del pavimento . . . . .	170

Bibliografía:



## INDICE DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>	<u>Denominación</u>
1-1	Curva típica de mortalidad de las lámparas de filamento.
1-2	Curvas características de las lámparas de filamento.
1-3	Curva típica de depreciación luminosa de las lámparas de filamento.
1-4	Curvas características de las lámparas de filamento.
1-5	Curva de mortalidad de las lámparas fluorescentes.
1-6	Vida de las lámparas fluorescentes en función de sus ciclos de encendido.
1-7	Emisión luminosa relativa en función de la temperatura ambiente en lámparas fluorescentes.
1-8	Curva de mantenimiento de la emisión luminosa en lámparas de mercurio.
2-1	Potencia instalada en alumbrado público en la ciudad de Quito. Años 1961-1965. Porcentajes del total por tipo de alumbrado.
3-1	Datos comunes de intensidad luminosa.
3-2	Líneas de referencia para clasificación de luminarias.
3-3	Diagrama de igual iluminación y curvas de utilización.
3-4	Curva de utilización (ASA, Tipo III)
3-5	Curva de utilización (ASA, Tipo I)
3-6	Tipos de distribución para luminarias de alumbrado público según IES.
3-7	Ubicación de luminarias en cruces y calles que afluyen a vías principales.
3-8	Ubicación de luminarias en cruces y cuestas.
3-9	Iluminación de callejones y guía de poda de árboles.
3-10	Iluminación de parques y plazas. Métodos de vatios por pie cuadrado.
3-11	Iluminación de parques y plazas. Método de pies cuadrados por luminaria.
4-1	Alumbrado Público. Crecimiento de la demanda: Ciudad de Quito y Zona Norte Residencial.
5-1	Inversión y costos de operación relativos a tres sistemas de alumbrado: incandescente, mercurio y fluorescente.
6-1	Curva de mortalidad para lámparas de mercurio de iluminación general.
6-2	Potencia luminosa en relación con las horas de operación para lámparas de mercurio de 400 vatios.
6-3	Curva de depreciación luminosa de lámparas múltiples de vapor de mercurio.
6-4	Curva de depreciación luminosa de lámparas múltiples fluorescentes.
6-5	Curva de depreciación luminosa de lámparas múltiples incandescentes.
6-6	Curva de depreciación luminosa de lámparas múltiples por efecto de variación del voltaje.
6-7	Curva de depreciación luminosa de lámparas serie por efecto de variación de la corriente.
6-8	Medida de los luxes en la calzada.

## INDICE DE PLANOS

<u>Plano N°</u>	<u>Denominación</u>
2-1	Zona Norte Residencial. Barrios: Mariscal Sucre y Simón Bolívar. Clasificación de calles de acuerdo al tráfico de vehículos.
3-1	Proyecto de Alumbrado Público. Avenida 10 de Agosto
3-2	Proyecto de Alumbrado Público. Avenida 6 de Diciembre
3-3	Proyecto de Alumbrado Público. Avenida Cristóbal Colón
3-4	Proyecto de Alumbrado Público. Avenida 12 de Octubre.
3-5	Proyecto de Alumbrado Público. Avenida Patria.
3-6	Proyecto de Alumbrado Público. Avenida Río Amazonas.
3-7	Proyecto de Alumbrado Público. Calle I. Veintimilla.
3-8	Proyecto de Alumbrado Público. Calle Reina Victoria
3-9	Proyecto de Alumbrado Público. Calle 18 de Septiembre.
4-1	Zona Norte Residencial. Barrios: Mariscal Sucre y Simón Bolívar. Proyecto General de Alumbrado Público.
4-2	Diseño de los brazos tubulares.
5-1	Red de Alumbrado Público. Zona Norte Residencial. Barrios: Mariscal Sucre y Simón Bolívar. Programa de Construcción, etapas.

## INDICE DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>	<u>Denominación:</u>
2-1	Clasificación de calles y determinación de los niveles de iluminación. Zona Norte Residencial. Barrios: M. Sucre y S. Bolívar.
2-2	Datos de la instalación y análisis de la situación actual del alumbrado público. Zona Norte Residencial. Barrios: Mariscal Sucre y Simón Bolívar. (Adjunto Anexo 1).
2-3	Número de lámparas y potencia instalada en alumbrado público en la ciudad de Quito, Años 1961-65.
4-1	Datos de la nueva instalación. Alumbrado Público. Zona Norte Residencial. Barrios: Mariscal Sucre y Simón Bolívar.
4-2	Condiciones esperadas para el año 1975. Alumbrado Público Zona Norte Residencial. Barrios: Mariscal Sucre y Simón Bolívar.
5-1	Análisis de Costos. Comparación Económica. Combinación de lámparas y resistencias. Sistemas de alumbrado incandescente, mercurio y fluorescente.
5-2	Zona Norte Residencial. Barrios M. Sucre y S. Bolívar Programa de trabajo y costos de cada etapa. Costos unitarios y totales (en sucres).
5-3	Red de Alumbrado Público. Zona Norte Residencial. Barrios Mariscal Sucre y Simón Bolívar. Costo anual de operación del sistema. Forma típica de análisis de costos.

## INDICE DE TABLAS

<u>Tabla N°</u>	<u>Denominación</u>
1-1	Valor relativo de las diferentes fuentes luminosas.
2-1	Clasificación del tráfico vehicular para calles. (Propósitos de alumbrado).
2-2	Clasificación del tráfico de peatones.
2-3	Promedio horizontal recomendado en luxes.
2-4	Intensidades recomendadas para calles de ciudades.
2-5	Clasificación de vías públicas e iluminación recomendada.
2-6	Ejemplo de instalaciones, según normas DIN-5044.
2-7	Promedio recomendado en lux sobre el plano horizontal. Valores recomendados por las normas ASA Standards.
3-1	Altura mínima de montaje recomendada para luminarias.
3-2	Distancia entre postes para calles comerciales principales y de mucho tráfico, lámparas de 20.000 lúmenes.
3-3	Distancia entre postes para calles comerciales principales y de mucho tráfico. Lámparas de 10.000 lúmenes.
3-4	Distancia entre postes para calles residenciales e industriales.
3-5	Nivel de iluminación requerido para parques.
3-6	Niveles de iluminación para fachadas de edificios.
3-7	Niveles de iluminación recomendados para jardines.
6-1	Información de las lámparas de mercurio -Serie "Bonus"
6-2	Depreciación de luminarias debido a la suciedad.
6-3	Factores de suciedad propuestos para luminarias.

# C A P I T U L O I.

## INTRODUCCION

### MOTIVO DEL TEMA:

Las necesidades del tránsito, que aumentan considerablemente, y la seguridad de los peatones, así como la de los automovilistas, obliga a tomar medidas oportunas para establecer un alumbrado racional en las calzadas.

Al aumento de tránsito ha venido a sumarse el aumento de velocidad de los automóviles, y con ello la necesidad de que el conductor vea claramente a más distancia, puesto que, la que necesita para parar el coche aumenta en proporción mucho mayor que la velocidad. Desde el momento en que el conductor se da cuenta de un obstáculo hasta que empieza a frenar transcurre una fracción de segundo, durante cuyo tiempo el auto ya ha recorrido un espacio no despreciable. Una vez aplicados los frenos, la energía que estos tienen que absorber es proporcional al cuadrado de la velocidad. Se comprende, pues, que al aumentar la velocidad de los vehículos ha de aumentar necesariamente en mayor proporción la iluminación de las calzadas.

Podría creerse que el problema del tránsito puede resolverse fácilmente aumentando la potencia de los faros; pero no es así, porque, aparte de que exigiría en los faros una potencia enorme, daría lugar a un deslumbramiento recíproco entre los vehículos que transitan en direcciones opuestas, lo que no puede tolerarse. Para evitar este inconveniente, muchos países han establecido leyes restrictivas sobre la

potencia de los faros y sobre el ángulo a que debe enfocarse los reflectores para limitar el deslumbramiento.

De modo que la verdadera solución para obtener una gran velocidad de tránsito con un buen margen de seguridad consiste en iluminar bien las calzadas. Además, un buen alumbrado de calzadas no sólo favorece el tránsito de vehículos, disminuyendo los accidentes, sino que contribuye también a la disminución de crímenes y robos, haciendo más eficaz la labor de la policía, todo lo cual redundará en beneficio del ciudadano.

#### OBJETIVOS DE LA ILUMINACION DE CALLES:

Los motivos básicos de las personas responsables de la iluminación de calles en 400 años de historia relativa, puestos en orden de desarrollo cronológico, se pueden clasificar como siguen:

- a. Reducción Criminal,
- b. Desarrollo Cívico, y,
- c. Seguridad del tráfico.

Hagamos un breve recuento histórico de cada uno de estos motivos y veamos cuáles son los principales puntos de vista:

##### a. Reducción Criminal:

En los anales de los tiempos modernos, la iluminación de calles puede imputarse directamente a un esfuerzo para combatir robos y crímenes. Antes de que las ciudades fueran iluminadas por ordenanzas, estas acostumbraban ser patrulladas por individuos equipados con linternas o antorchas. Los ciudadanos que se "aventuraban" a salir durante la noche, lo hacían bajo considerable

riesgo, aún cuando lo hacían acompañados por un "muchacho-guía" o "porta-antorchas" contratado como medida de seguridad y protección.

Un ejemplo relativamente reciente de una ciudad que se preocupó de su iluminación fue París en 1558. En esa época la ciudad se encontraba infestada de ladrones. Como resultado de esto, se pasó una ordenanza, por medio de la cual obligaba a todos los ciudadanos mantener luces prendidas en sus ventanas que daban a la calle. Debido a que las casas se hallaban muy juntas, esta medida dió la apariencia de alumbrado público. Los registros indican que el latrocinio se redujo en un grado apreciable.

En nuestros días el crimen continúa protegido al amparo de las tinieblas, una adecuada iluminación de calles, mantiene el mismo efecto detentivo para aquellos al margen de la ley. Innumerables ejemplos podrían ser citados de una violenta ola de crímenes y de algún caso particular de violencia durante la noche. La evidencia del valor de una buena iluminación de calles fue investigada por la "Cristian Science Monitor" quién estableció en Junio 27 de 1959: "Tanto en New York como Boston este año, cuidadosos exámenes comparando el número de crímenes cometidos bajo calles iluminadas y bajo la obscuridad o calles iluminadas inadecuadamente, han dado pruebas contundentes de que las lámparas pueden ser usadas para combatir los crímenes".

b. Desarrollo Cívico:

La atraktividad de las calles iluminadas fue demostrada inintencionalmente quizás, en 1880 cuando 4 gigantescos arcos de luz fueron encendidos en la cima de la Casa Municipal en Wabash, In-

diana. Wabash proclama ser el primer pueblo iluminado eléctricamente en los Estados Unidos.

La idea de la iluminación exterior en tal escala, fue considerada fantástica y extravagante por los estándares del siglo XIX. Sin embargo, hubo tal novedad que dos trenes realizaron excursiones para traer espectadores atraídos por la novedad.

Durante este tiempo, los hombres de negocios descubrieron que la atractiva iluminación de calles traería clientes a las áreas de sus tiendas. Esta primera apreciación real del valor de una brillante iluminación de calles fue prontamente aprovechada por las asociaciones de comerciantes los cuales promovieron un tipo especial de iluminación llamado "White Way" para la iluminación de áreas comerciales a través de todos los Estados Unidos. A principios de 1907, un documento presentado a la "National Electric Light Association Convention" titulado: "Cooperative Lighting of Streets by Merchants" describía la manera como los negociantes en la ciudad de Saint Paul, formaron asociaciones de mejoras, los cuales hicieron un contrato para la instalación de luminarias ornamentales en las calles; el autor hace notar que: "los hombres de negocios, por regla general, aprecian los beneficios provenientes de algo fuera de lo común, si este tiene fuertes méritos de propaganda".

Hoy en día, los hombres de negocios de los centros comerciales se enfrentan al problema de recuperar clientes que han preferido los nuevos centros de compras bien iluminados. La sola iluminación puede no resolver estos problemas, por esta razón muchos puntos en los programas de modernización incluyen iluminación de áreas comerciales y calles, como un paso esencial, fácil



de aplicar y con una reacción inmediata y favorable del público.

c. Seguridad del Tráfico:

La seriedad del peligro de accidentes en las calles de las ciudades, comienza a hacerse evidente en el año de 1900, coincidentemente con la congestión del tráfico, el primer "Horse-Drawn" comienza a ser complicado por la introducción de una última renovación por el "Horseless Carriage". Expertos en iluminación, comienzan a reconocer que la iluminación de calles debería tener un importante lugar en la prevención de accidentes; y la densidad del tráfico durante la noche debería ser tomada en cuenta en la determinación de las necesidades para la iluminación.

Desde el año de 1930 una serie de pruebas se han acumulado con el fin de probar el valor de la iluminación de calles como medida de seguridad de tránsito. Algunos de los más valerosos datos han sido recogidos de la ciudad de Detroit. Allí la "Public Lighting Commission" ha mantenido un cuidadoso registro durante algunos años, aportando sus hallazgos, de tiempo en tiempo a agencias tales como la IES (Illuminating Engineering Society) para beneficio de todos aquellos que puedan hallarse interesados.

Durante los años 1936-37, la comisión instaló 31 millas de iluminación mejorada en las calles, usando luminarias de nuevo tipo y diseño en calles de intenso tráfico donde los accidentes nocturnos de tránsito eran los mayores. Se hicieron registros antes y después de la iluminación, cuyos resultados fueron: antes de la reiluminación, 7 accidentes fatales por la noche, contra 1 accidente fatal de día; después de la reiluminación 1,4 accidentes fatales por la noche, contra 1 accidente fatal de día.

En caso tras caso, en ciudad tras ciudad, los informes demuestran que el mejoramiento de las condiciones de iluminación de calles, da como resultado una disminución de accidentes nocturnos. Un hecho significativo es el que recientemente un 60% de los accidentes de tránsito fatales ocurría durante la noche, a pesar de que sólo 1/4 del volumen de tránsito fluye durante la noche.

La Empresa Eléctrica Quito, S. A. conciente de estos problemas que están tomando cuerpo en nuestra ciudad, ha puesto en marcha bajo su programa de mejoras y ampliaciones correspondientes a la Segunda Etapa Cumbayá, un proceso de revisión del alumbrado público de la ciudad, para lo cual se me ha encargado realizar este estudio previo que presento como tema de mi Tesis Profesional, con la seguridad de que será muy útil en el futuro cuando se trate de afrontar este problema en los distintos sectores. El trabajo de hoy consiste en reconocer el problema y buscar la solución, comenzando por aquellos sectores que por su importancia merecen ser atendidos a la brevedad posible.

Hay que destacar además que será necesaria la preocupación de parte del I. Municipio, de los Comités Barriales, de la Policía y de todas las instituciones y ciudadanos que de una u otra forma velan por el progreso de la ciudad.

El presente estudio corresponde a la zona norte residencial, barrios Mariscal Sucre y Simón Bolívar, comprendido entre las Avenidas 10 de Agosto, Cristóbal Colón, 12 de Octubre y Avenida Patria; no será posible encontrar la solución ideal ya que sería muy costoso diseñar y cambiar el sistema de distribución actual de las redes eléctricas

con fines de alumbrado público, se proyectará el alumbrado a base de lo existente, buscando siempre donde sea posible, modificar la actual localización de postes.

### CARACTERISTICAS DE LAS LUMINARIAS:

Hoy en día se suelen emplear cuatro tipos básicos de lámparas en el alumbrado público. Son las de filamento (incluyendo las de cuarzo-yodo), mercurio, fluorescentes y las de sodio. Ultimamente se ha anunciado una lámpara semejante a la de mercurio que tiene además otros metales, que se podría llamar "lámpara de mercurio y aditivos metálicos". Procederemos a tratar de las características de funcionamiento, diferencias, ventajas y desventajas de las diversas lámparas de alumbrado público.

#### a. Lámparas de Filamento:

##### Características Generales:

La primera lámpara eléctrica fabricada para uso comercial fue la de filamento. Se basa en el principio de que una corriente eléctrica que pasa por el filamento lo calienta hasta su incandescencia. El tungsteno es el material de filamento que se usa casi universalmente. El buen diseño del filamento reside en el buen equilibrio entre la emisión luminosa y la duración. La eficiencia de la lámpara en términos de la emisión luminosa por vatio está relacionada directamente con la temperatura del filamento. Las más eficientes son de duración menor y las muy duraderas son las más ineficientes.

El costo de la lámpara no es más que una pequeña parte del costo de la luz, pues el costo de la electricidad que el filamento

transforma en luz es mucho mayor. La lámpara económica es el producto de otros factores tales como el costo de reemplazarla, el costo de la electricidad, horas de operación anual, etc. La mayoría de las lámparas de 40 o más vatios están llenas de un gas inerte, generalmente una mezcla de nitrógeno y argón. Este gas reduce la evaporación del tungsteno y permite una temperatura de operación mayor del filamento. Conviene reducir la evaporación del tungsteno para aumentar su duración y eficiencia. La evaporación del tungsteno ennegrece la bombilla, lo que reduce su emisión luminosa.

El gas se introduce a una presión algo menor que la atmosférica. Cuando la lámpara trabaja normalmente, la presión se eleva aproximadamente a la presión atmosférica.

Un perfeccionamiento reciente de las lámparas de filamento está ganando popularidad. Se trata del llamado ciclo de yodo y se incorpora en lámparas de tamaño y estructuras diferentes a las corrientes. En estas lámparas, el filamento de tungsteno se extiende de un extremo a otro dentro de un tubo de cuarzo. Se usa el cuarzo por la notable cualidad de resistir las altas temperaturas. La vida media de estas lámparas es del doble de las de filamento del tipo de servicio general corriente. Aunque la luz inicial de estas lámparas es aproximadamente la misma, la lámpara de cuarzo-yodo de mantener su emisión luminosa inicial se debe a que el yodo que rodea al filamento se combina con el óxido de tungsteno y el tungsteno vuelve a depositarse sobre el filamento.

Aunque las lámparas de cuarzo-yodo no se vendan aún comercialmente como luminarias de alumbrado público, no se puede hablar de estas lámparas de filamento sin mencionar este nuevo tipo

prometedor de fuente luminosa.

Características de Funcionamiento:

Flujo Luminoso. - Vida de la Lámpara:

Tanto el flujo luminoso como la vida de la lámpara están determinados por la temperatura de su filamento. Cuando más alta es la temperatura para una lámpara dada, mayor es la eficacia (lúmenes por vatio consumido) y más corta la vida de la misma. De ahí que el rendimiento y la vida son interdependientes. En la práctica la vida de una lámpara es un equilibrio económico entre los dos factores.

La vida promedio de estas lámparas está entre dos y tres mil horas para alumbrado público, donde el alto costo de reemplazamiento de lámparas gastadas, justifica relativamente las bajas eficacias. La curva de la Figura 1-1 muestra datos publicados sobre la vida promedio de un grupo de lámparas bajo condiciones específicas de experimentación y no quieren significar una garantía del funcionamiento de una lámpara concreta.

Funcionamiento a Tensión Inferior o Superior:

Como regla general, las lámparas deben ser encendidas a su tensión nominal. Un exceso de tensión se traduce en una potencia consumida superior a una mayor eficacia y un más alto rendimiento luminoso; pero, también en un acortamiento de la vida de la lámpara, pero se reduce la potencia, la eficacia y la luz que emite. Estas características se pueden ver en la Curva de la Figura 1-2.

Como el costo de una lámpara es casi siempre pequeño en comparación con el costo de energía eléctrica necesaria para ha

CURVA TIPICA DE MORTALIDAD

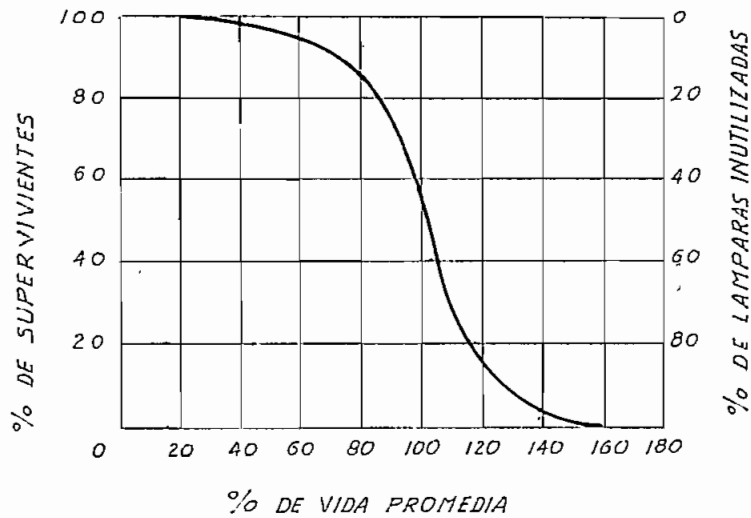


FIG: 1-1

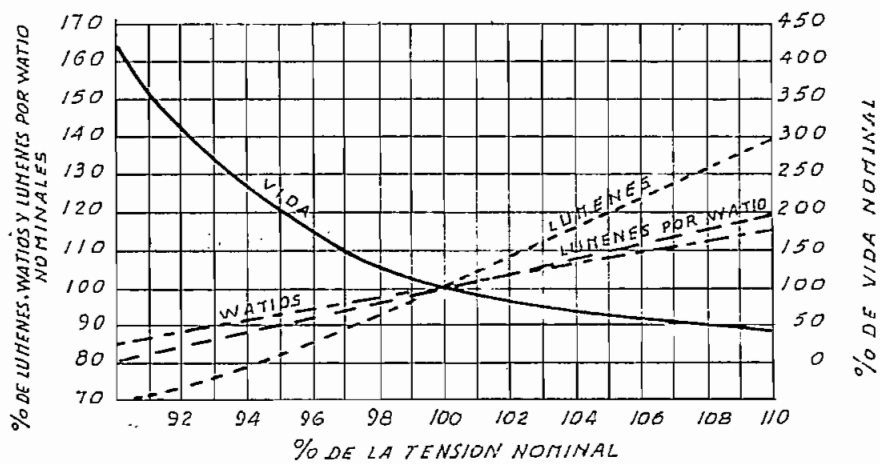


FIG: 1-2

NOTA:  
 CURVAS TOMADAS DEL  
 "MANUAL DE ALUMBRADO  
 WESTINGHOUSE"  
 EDITADO POR ELECTRONICA  
 IBERICA S.A. 1962  
 CAPITULO 3, PAG. 14 Y 12

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL

CURVAS CARACTERISTICAS  
 DE LAS LAMPARAS DE FILAMENTO

FECHA: MARZO-66

*Ch. Guanzano*

cerla funcionar, el aumento de la vida de la lámpara que acompaña a la reducción o disminución de la tensión, no compensa económicamente la pérdida del rendimiento de luz. El mantenimiento de la tensión adecuada es, pues, un factor importante para la obtención de un buen funcionamiento de las lámparas e instalaciones de alumbrado.

#### Conservación del Flujo Luminoso:

Mientras una lámpara incandescente funciona a tensión constante, el filamento se evapora gradualmente o se sublima, causando una reducción lenta pero continua de la potencia y de la emisión luminosa. Otra reducción más de la emisión luminosa resulta de la absorción de luz por el tungsteno vaporizado, que se recoge como si fuera un depósito negro sobre la superficie interna del bulbo.

La mayor parte de las lámparas se proyectan para funcionar en circuitos múltiples. Sin embargo, hay algunas como las utilizadas en ciertos casos para el alumbrado de calles que se proyectan para funcionar en circuitos en serie. Las lámparas en serie de alumbrado público se designan en lúmenes y amperios en vez de vatios y voltios como las lámparas en circuitos múltiples. Todas las lámparas de un circuito serie, deberán ser de la misma intensidad de corriente. El consumo, la emisión luminosa y la vida de las lámparas en serie se ven afectadas directamente por las variaciones en la corriente de servicio y la exacta regulación de la corriente a los valores para los que fue diseñada, es un factor importantísimo para el funcionamiento satisfactorio de la misma. Para la continuidad del servicio de la instalación, se debe hacer alguna previsión en los circuitos serie para que el fallo de una lám

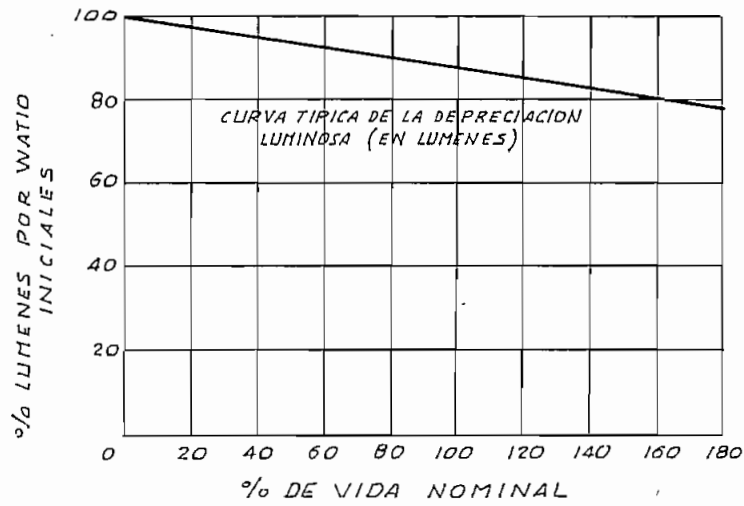


FIG: 1-3

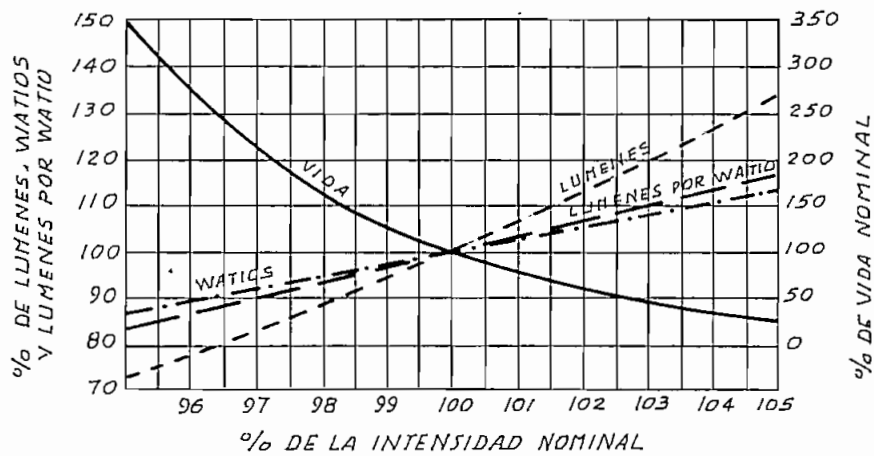


FIG: 1-4

NOTA:  
 CURVAS TOMADAS DEL  
 "MANUAL DE ALUMBRADO  
 WESTINGHOUSE"  
 EDITADO POR ELECTRONICA  
 IBERICA S.A. 1962  
 CAPITULO 3. PAG 13 Y 19

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

TESIS PROFESIONAL

CURVAS CARACTERISTICAS  
 DE LAS LAMPARAS DE FILAMENTO

FECHA: MARZO-66

*Ch. Llanero*



para no rompa el circuito ni apague todas las restantes lámparas.

En los circuitos de alumbrado de calles, funcionando sobre transformadores de corriente constante la corriente se mantiene a un valor fijo, sin tener en cuenta la carga sobre la línea, de tal manera que si una lámpara falla, no implica una carga extra sobre las otras.

Características y más detalles de las lámparas incandescentes, se pueden ver en las Figuras 1-3 y 1-4 que se adjunta.

b. Lámparas Fluorescentes:

Fundamentalmente, las lámparas fluorescentes constan de los siguientes elementos:

1. Un tubo o bulbo de vidrio revestido internamente de material fluorescente llamado fósforo.
2. Electrodoos soportados por una estructura de base de vidrio y sellados en los extremos del tubo.
3. Un gas de relleno para ayudar al encendido y a la evaporación, que suele ser argón, a veces con criptón o neón.
4. Una pequeña cantidad de mercurio que se vaporiza durante la operación.
5. Una base cementada en cada extremo del tubo para conectar la lámpara al circuito de alumbrado.

Las lámparas fluorescentes se encienden cuando la tensión entre los cátodos es suficiente para formar un arco en el gas de relleno. Al pasar la corriente del arco por el vapor, desprende energía visible y ultravioleta. La energía visible es bastante limitada. Sin embargo, la energía ultravioleta se concentra en el punto de 253.7 milimicrones y excita el revestimiento de fósforo

de la pared interna del bulbo.

Básicamente, el principio en que se basan las lámparas de mercurio, fluorescentes y sodio y demás de arco en gases es el mismo. Las propiedades conductoras de corriente del vapor y la radiación resultante hacen que estas lámparas sean muy versátiles. La principal característica que distingue las lámparas fluorescentes de las demás es que funciona a muy baja presión, del orden de  $1/100.000$  de atmósfera. A esta presión, la corriente hace que el vapor de mercurio radíe su máxima energía en la región ultravioleta de 253.7 milimicrones. La presión del vapor a la que la lámpara funciona determina la distribución espectral y por consiguiente la diferencia entre las lámparas fluorescentes y las de mercurio. Estas últimas funcionan a una presión relativamente alta.

Las lámparas fluorescentes tienen que funcionar en combinación con un elemento auxiliar generalmente llamado "reactancia", la cual limita la corriente y proporciona la tensión necesaria para el arranque. La reactancia consume alguna energía que se ha de agregar al consumo de la lámpara para tenerla en cuenta al dimensionar las otras partes del circuito. Cada una de las lámparas requiere una reactancia específicamente proyectada para sus características eléctricas, el tipo de circuito en el que van a ser utilizadas y la tensión y frecuencia de la red alimentadora.

Vida de la Lámpara:

El promedio de vida de una lámpara fluorescente en horas de trabajo está basada en una gran cantidad de medidas de labora

rio hechas sobre grupos representativos de lámparas en condiciones específicas de ensayo. Generalmente se obtendrá la vida media de una lámpara normal en servicio con equipos auxiliares correctos y tensión y frecuencia adecuados. Cuando se experimenta sobre un gran grupo de lámparas, se llegará a la conclusión de que las fallas ocurren de forma muy aproximada a la curva de mortalidad de la Figura 1-5, adjunto, siendo la vida media el punto en el que aproximadamente el 50% de las lámparas se han inutilizado.

El fin normal de la vida de una lámpara fluorescente se alcanza cuando en uno de los electrodos queda una cantidad tan pequeña de material de emisión de electrones que impide la iniciación del arco. Algo del material de emisión se consume continuamente mientras funciona la lámpara y también se consume otra cantidad por el impacto del arco cada vez que la lámpara arranca. Por tanto, la vida de una lámpara resulta afectada por el número de arranques; esta característica se puede ver en la Figura 1-6.

Casi todas las lámparas fluorescentes tienen un promedio de vida de 7.500 horas a base de un ciclo de funcionamiento de tres horas por arranque.

#### Mantenimiento de la Emisión Luminosa:

Una lámpara fluorescente decrece en emisión luminosa más rápidamente durante las primeras 100 horas de servicio que en el resto de su vida. Por esta razón, los lúmenes iniciales dados en las tablas, para una lámpara fluorescente es el valor obtenido de las 100 primeras horas de funcionamiento. La depreciación en

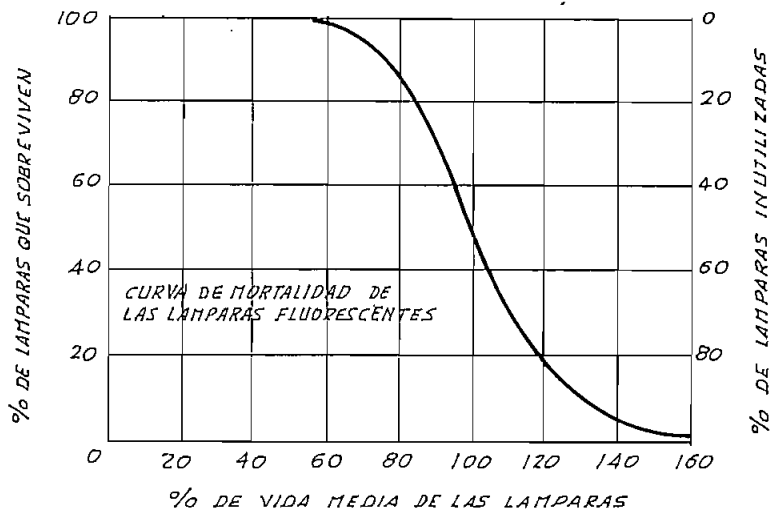


FIG. 1.5

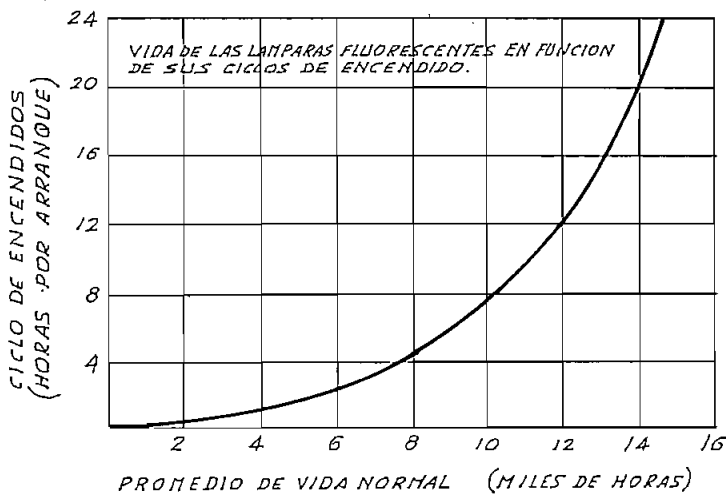


FIG. 1.6

NOTA:  
 CURVAS TOMADAS DEL  
 "MANUAL DE ALUMBRADO  
 WESTINGHOUSE"  
 EDITADO POR ELECTRONICA  
 IBERICA S. A. 1962  
 CAPÍTULO 3, PAG. 47 Y 48

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL

CURVAS CARACTERISTICAS  
 DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES

FECHA: MARZO-66

*J. Maurano*

la emisión luminosa, es debida principalmente a un deterioro gradual del polvo de fósforo y a un ennegrecimiento del interior del tubo.

#### Efecto de la Temperatura:

La temperatura es un factor importante en el funcionamiento de las lámparas fluorescentes. La temperatura de la pared del bulbo para un máximo de eficacia, deberían estar siempre a una temperatura comprendida entre los 38 y los 49°C. La luz emitida decrece un 1% por cada 1/2 grado de descenso de la temperatura del bulbo, cuando esta está a menos de 38° y también lo hace en la misma proporción por cada aumento de grado y medio cuando está a temperaturas comprendidas entre los 49 y 93°C.

Para el uso al aire libre las lámparas de alta emisión trabajando a carga máxima y las de muy alta emisión son las más recomendables, debido a su elevada emisión luminosa. Para mantener alta la emisión luminosa en climas fríos, las lámparas deben ser instaladas en armaduras cerradas para obtener la aclimatación de los máximos de la emisión luminosa a una temperatura exterior inferior. Los efectos de la temperatura ambiente se ven en la curva de la Figura 1-7.

#### Efecto de la humedad:

La carga electrostática sobre la parte externa del bulbo de una lámpara fluorescente, afecta a la tensión requerida para que salte el arco. El aire húmedo alrededor de la lámpara puede formar una película de humedad sobre el bulbo al que afecta esta carga, y hacer necesarias tensiones de arranque mucho más al-

tas.

#### Efecto de la Tensión:

La tensión de alimentación de un equipo debe estar dentro del promedio normal de funcionamiento de la reactancia. La baja tensión al igual que la alta, reduce la eficacia y acorta la vida de la lámpara. Esta es una de las diferencias con las lámparas de filamento en las que la baja tensión reduce la eficacia, pero prolonga la vida. La baja tensión puede también crear dificultades para el arranque. El arranque lento o retrasado se traduce en una pérdida de la mezcla emisiva y por tanto en un acortamiento de la vida de la lámpara. Con tensión superior al promedio especificado, la corriente de funcionamiento también es superior a la normal y no solo en calentar en exceso la reactancia, sino causar un ennegrecimiento prematuro de los extremos de la lámpara o producir la muerte también prematura de la misma.

#### Efecto de la Frecuencia:

Las características limitadoras de corriente de una reactancia depende directamente de la frecuencia de la red de suministro de energía, y por esto las reactancias deben ser usadas exclusivamente en redes de frecuencia igual a aquella para la que fueron proyectadas. Con una frecuencia inferior a la proyectada (por ejemplo, una reactancia de 60 ciclos conectada a una red de 50) se reduce la reactancia inductiva y fluye una corriente más alta a través de la lámpara, lo cual provoca un acortamiento de su vida y un calentamiento excesivo de la reactancia. Con una frecuencia más alta de la proyectada, se reduce la corriente de la lámpara, resultando un acortamiento de la vida de la misma y un

Datos de la Instalación y Análisis de la situación Actual  
del Alumbrado PúblicoZona Norte Residencial: Barrios Mariscal Sucre y Simón Bolívar

Dentro del análisis de la situación actual, hemos estudiado el tipo de control y mantenimiento dado a la instalación así como sus condiciones eléctricas de trabajo.

Tipo de Control:

El tipo de control fue obtenido de los planos existentes en la Empresa, básicamente en la zona tenemos tres tipos de control:

1. Red independiente en la parte de red subterránea.
2. Hilo Piloto.
3. Sistema de control del quinto alambre:

Estos tres tipos existentes corresponden al sistema "Múltiple", esto es, relés conectados en cascada y comandados de un control central por interruptores horarios. Posteriormente en el Capítulo IV. , haremos un estudio y discusión de estos sistemas anotando sus ventajas y desventajas.

Mantenimiento:

Podemos afirmar que el sistema no ha recibido un mantenimiento adecuado, se ha limitado a reemplazar las lámparas que han salido de servicio por alguna falla en los dispositivos de control o por haberse quemado. No se ha realizado ningún reemplazo sistemático atendiendo a su vida normal y tampoco se ha realizado una limpieza sistemática. En el Capítulo VI damos algunas instrucciones y recomenda-

ciones para un adecuado mantenimiento.

Condiciones Eléctricas y de Trabajo:

De lo expuesto en las casillas del cuadro 2-2, se puede deducir que las condiciones eléctricas en las que trabaja el sistema son pésimas en cuanto a niveles de iluminación y a las excesivas caídas de tensión. Allí donde las redes han sido modificadas, podemos anotar regulares condiciones eléctricas y de trabajo. En resumen no es satisfactorio en ninguno de los casos. En el desarrollo de los capítulos siguientes anotaremos los requisitos necesarios para obtener buen rendimiento del sistema de alumbrado público y obtener si nó las mejores condiciones, pero que sean satisfactoriamente aceptables.

Uniformidad:

Debido a la situación actual y a los contrastes en las lecturas no ha sido posible determinar un valor de uniformidad que esté dentro de los límites recomendados. Anotamos que el luxómetro usado no ha sido de la suficiente sensibilidad, razón por la cual los valores leídos son aproximados.



NUMERO I

Tipo de Alumbrado	Potencia de las lámparas (vatios)	Año 1964		Año 1965	
		Nº de lámparas	Potencia (vatios)	Nº de lámparas	Potencia (vatios)
Incandescente	1.00	1	11.000	11	11.000
	50	502	247.500	502	251.000
	30	849	251.400	849	254.700
	20	265	43.600	265	53.000
	10	6.055	560.200	6.055	605.500
Vapor de Mercurio	1.000	1	1.000	1	1.000
	400	28	4.000	28	11.200
	250	306	75.500	306	76.500
	125	1.353°	146.250	1.353°	169.125
	80	20	1.440	20	1.600
Fluorescente	3 x 80	--	2.400	--	---
	3 x 65	4	780	4	780
	4 x 40	201	32.640	201	32.160
	3 x 40	11	1.320	11	1.320
	1 x 40	12	480	12	480
	4 x 20	243	19.440	243	19.440
Mixto: (Mercurio-Incandescente)	160	302	34.080	302	48.320
	Potencia Instal		1.433.030		1.537.125

POTENCIA ACTUAL INSTALADA EN ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE QUITO:

En el Cuadro N° 2-3, indicamos la potencia actual instalada en alumbrado público en la ciudad de Quito, se ha podido recopilar datos de los registros que mantiene la Empresa Eléctrica Quito, S. A. , a partir del año de 1961, en dicho cuadro se anota en cada año la potencia por tipo de alumbrado: incandescente, vapor de mercurio y fluorescente. A partir del año 1962 se instalaron algunas lámparas de tipo mixto (vapor de mercurio-incandescentes). Se podrá notar claramente el dominio del alumbrado de tipo incandescente y según los datos se nota una tendencia a aumentar el alumbrado de vapor de mercurio y en menor escala el alumbrado de tipo mixto; mientras que el alumbrado fluorescente casi ha permanecido estacionario en los últimos cuatro años.

Haciendo un resumen del Cuadro 2-3, podemos anotar la potencia instalada, indicando el porcentaje del total que corresponde a cada tipo de alumbrado, y además anotamos la rata de crecimiento que a pesar de ser un poco elevada entre los años 1961 a 1962, se estabiliza en los años restantes. Estos están grafizados en la Figura 2-1, adjunta.

Rata de Crecimiento:

Se ha calculado la rata de crecimiento anual por alumbrado público en la ciudad, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rata de Crecimiento } \% = \frac{(\text{Potencia actual} - \text{Potencia año anterior})}{\text{Potencia año anterior}} 100$$

De esta manera se ha llegado a los siguientes resultados:

De 1961 a 1962	23.27%
De 1962 a 1963	11.54%

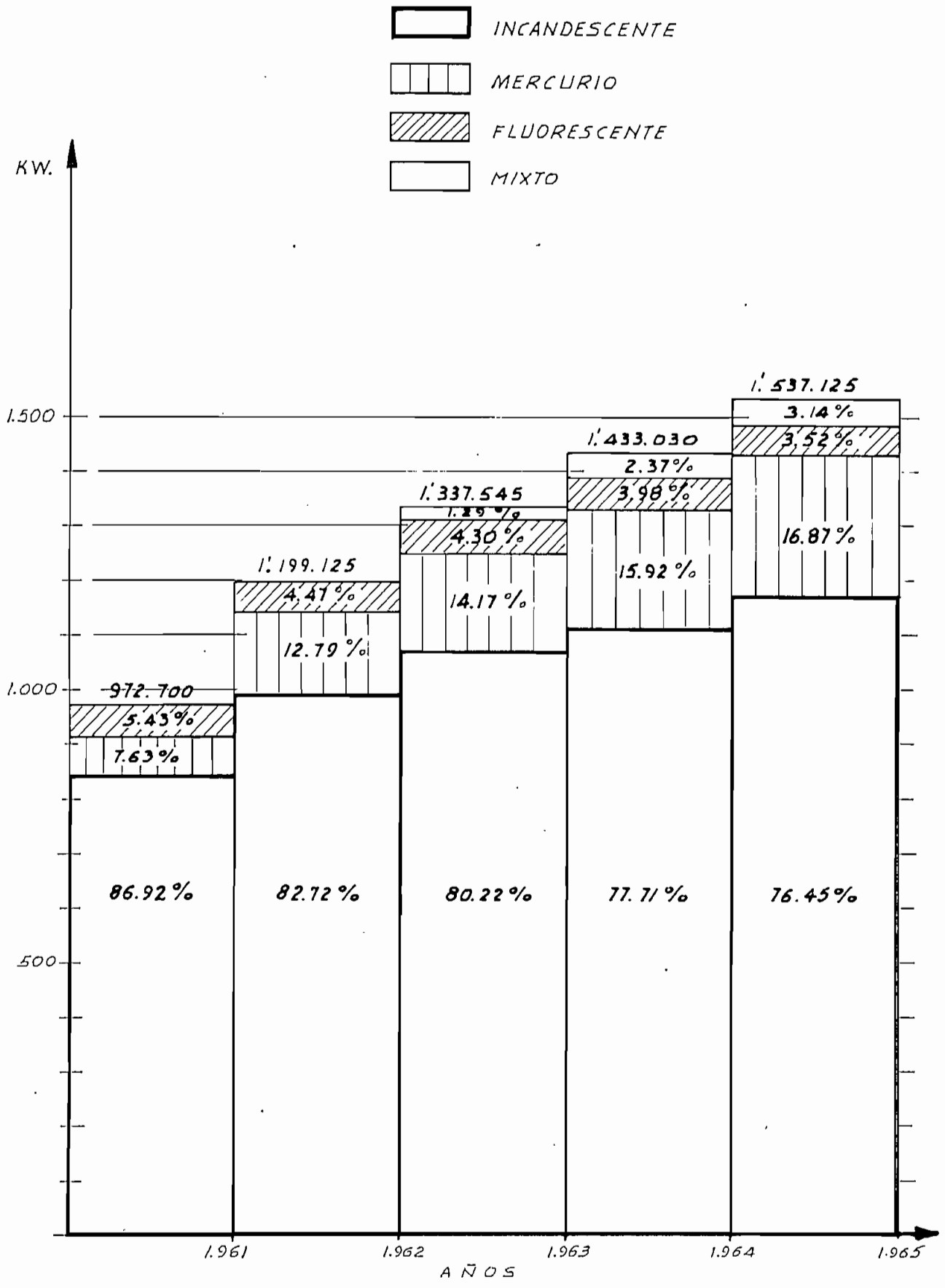


FIG. 2-1

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL  
 POTENCIA INSTALADA EN ALUMBRADO PUBLICO AÑOS 1.961-1.965  
 (PORCENTAJES DEL TOTAL)  
 FECHA: ABRIL 1.966 *P. Guanzano*

De 1963 a 1964 7.13%

De 1964 a 1965 7.26%

Se puede deducir que en estos últimos cuatro años hemos obtenido un incremento de 58.00% con respecto al año 1961. De manera a proximada podemos anotar que ha habido un valor promedio de crecimiento de 12.30% anual de carga instalada por alumbrado público.

POTENCIA INSTALADA EN ALUMBRADO PUBLICO  
Ciudad de Quito  
Años 1961-1965

Año	Incandescente	Mercurio	Fluorescente	Mixto	Potencia Total
1961	845.500 W Porc. 86.92%	74.300 W Porc. 7.63%	52.900 W Porc. 5.43%	---	972.700 W
1962	992.000 W 82.72%	153.425 W 12.79%	53.700 W 4.47%	---	1.199.125 W
1963	1.073.100 W 80,22%	189.625 W 14.17%	57.540 W 4.30%	17.280 1.29%	1.337.545 W
1964	1.113.700 W 77.71%	228.190 W 15.92%	57.060 W 3.98%	34.080 2.37%	1.433.030 W
1965	1.175.200 W	259.425 W	54.180 W	48.320	1.537.125 W

Porcentaje de la Demanda Total de Quito:

Para tener una idea de qué porcentaje representa la potencia instalada en alumbrado público de la ciudad, con respecto a la demanda máxima en el año de 1965 que corresponde a 37.000 Kw en el día Jueves 18 de Noviembre, hacemos la siguiente relación:

$$\text{Porcentaje} = \frac{1.537.125 \text{ W}}{37.000.000 \text{ W}} \cdot 100 = 4.15\%$$

Refiriéndonos concretamente a la zona escogida para ejemplo de cálculo, se ha computado un total de 113.200 vatios, que comparado con la potencia total instalada en alumbrado público en la ciudad representa un porcentaje de:

$$\text{Porcentaje} = \frac{113.200 \text{ W}}{1.537.125 \text{ W}} = 0,0736 \times 100 = 7.63\%$$

Esto en lo referente al año 1965.

#### Causas de Esta Situación:

Varias han sido las causas que han motivado la deficiente situación actual del alumbrado público de la ciudad, son causas de carácter económico el principal, de carácter técnico y la política administratriva del I. Municipio y de la Empresa Eléctrica Quito, S. A. Analizaremos brevemente estas causas:

#### Causas Económicas:

Hay que reconocer, aunque el público no vea claramente el problema, el alumbrado es un servicio público eminentemente, como son los servicios de agua potable, teléfonos, energía eléctrica, transportes, etc, que el público necesita de ellos y que se compromete a pagarlos. Los habitantes de la ciudad de manera general creen que es una obligación del Municipio o de la Empresa Eléctrica, que se les provea de alumbrado público pero sin reconocer por este servicio ningún pago por parte de ellos, consecuentemente, ha originado que los moradores no se preocupen de iluminar sus calzadas por no hacer un gasto insignificante frente a los problemas o daños que puede causar una calle mal iluminada o sin iluminación, esperando una reacción favorable de parte del Municipio o de la Empresa, lo cual no puede ser ya que resultaría muy oneroso para estas dos instituciones hacer gastos de esta naturaleza que vendrían a agravar la situación económica por la que atraviesa actualmente.

Es deber, y en este sentido se debe hacer una campaña pa

ra que el público comprenda los beneficios que pueden traer un adecuado alumbrado, no hay duda de que habrá una reacción favorable en este sentido, toda vez que no resulta demasiado oneroso por propietario de predios, cancelar el valor correspondiente por alumbrado de su calle.

Hay que anotar además, la difícil situación económica por la que atraviesa el Municipio, el cual no está en posibilidades de costear este servicio, aunque es obligación de él, fomentar un programa adecuado. Por otra parte, hay que destacar que si bien la Empresa Eléctrica, tiene buena voluntad de atender a estos problemas, no es de su incumbencia mantener e instalar el alumbrado público, es una empresa de carácter comercial, lo cual se traduce en recibir ingresos por sus inversiones. La Empresa está atravesando actualmente un período económico crítico, en años anteriores se tuvieron fuertes pérdidas, hoy está en el empeño de levantar esta difícil situación económica y por otro lado ha puesto en marcha la Segunda Etapa Cumbayá para entregar 20.000 Kw más a la ciudad y en el futuro se espera del proyecto de la Central Hidroeléctrica de Nayón; se comprenderá entonces que la situación no es tan alagadora por el momento y esto naturalmente ha venido a influir en los programas de mejoras y ampliaciones del alumbrado público.

De acuerdo a las necesidades presentes, se estima que hay una deficiencia de 2.000 puntos de luz en toda la ciudad, tomando en cuenta que cada punto llega a costar \$/ 800.00 incluyendo luminaria, lámpara, dispositivos de control y otros accesorios, se tiene un costo total de:  $2.000 \times 800 = \$/ 1.600.000.00$ ; que ya representa una inversión considerable. Este costo de \$/ 800.00 comprende luminarias con lámparas de vapor de mercurio que son las que están gozando de popu

laridad en los Estados Unidos y Europa y en nuestro medio, a pesar de no ser recomendadas para ciudades; pero este fuerte auge se ha debido al gran rendimiento lumínico relativo lúmenes/vatio, aunque su color característico de luz producido no es el aconsejado.

#### Causas Políticas:

Debemos reconocer este problema general en todo el país, los últimos acontecimientos políticos de hace cuatro años, confirman que estamos sujetos a los cambios y caprichos de la política, causando estos cambios sucesivos de los personeros encargados de regir los destinios y el progreso del país o de una ciudad en particular. El Municipio ha venido sufriendo cada vez transformaciones de este tipo, han sido sustituidos nuevos concejales que han perjudicado a los programas en proyecto, sin dar tiempo a realizar una efectiva labor. Quizás ningún Municipio puso el interés que se debe dar al alumbrado público; actualmente está frente al problema de alumbrado el Subdirector del Departamento de Obras Públicas Municipales, que en realidad no es quien deba atender directamente, sino un Departamento propio que promueva, apruebe y dé el mantenimiento consecuente que merece un programa de alumbrado. No basta aprobar un proyecto específico, porque reina todas las características aceptables técnicas, el alumbrado requiere mantenimiento y atención debida. En resumen no tenemos nada establecido ni reglamentado.

A la Empresa Eléctrica Quito, como empresa particular de carácter comercial, le interesa mantener un adecuado alumbrado, esto viene en beneficio de ella mismo, pues se establecerían mejores relaciones entre los usuarios y la Empresa, se fomentaría la actividad pri-

vada y pública, todo lo cual es de beneficio directo para la Empresa. Se dijo alguna vez, que el alumbrado público es el escaparate de venta de energía. Desgraciadamente, conceptos errados, los moradores no comprenden la situación, por esta razón, la Empresa ha tenido que atender nuevas solicitudes con cierta limitación debido a los factores económicos que anotamos anteriormente. Pese a todos estos factores negativos, a partir del año 1962 ha habido verdadera preocupación de solucionar en parte el problema, y por lo que exponemos en el cuadro 2-3 se puede ver claramente que hasta la fecha ha habido un considerable incremento en el alumbrado público; tratando de mejorar la calidad del servicio, entregar mejores niveles de iluminación y todo esto compatible con las consideraciones de carácter económico. Se pretende así cambiar progresivamente el alumbrado incandescente predominante por el de lámparas de vapor de mercurio; el deseo de la Empresa y del Municipio es que a corto plazo la ciudad tenga alumbrado de mercurio en un 80.00% del total.

De particular interés encuentro transcribir algunos párrafos de un artículo que publicó el diario "El Tiempo" de Quito en su edición del día Jueves 26 de Agosto de 1965; dicho artículo titulado: "Iluminación de la Ciudad", en la sección de "Esto y Aquello" firmado por Anselmo Cantillana, entre otras cosas dice:

"De preocuparnos con seriedad por el venir artístico y estético de Quito, tendríamos que detenernos en su iluminación, sobre lo que no existe plan alguno, ya que tenemos la característica de crecer parasitariamente en todo. - Continúa: Dada la postración económica del Municipio y el poco tiempo que les queda a los nuevos concejales, el actual Concejo no alcanzará a hacer ninguna obra, pero nos podría en cambio dejar Ordenanzas que resuman nuestro amor y nuestro dolor por Quito. Bien pudieran crear "otra" Junta de Defensa Artística y Estética de Quito, que mire un poco por la Luz de América. Una Junta que desembarazada de obligaciones administrativas y de compromisos electorales, esté compuesta por arquitectos, urbanistas, ingenieros, críticos de arte, historiadores, planificadores, médicos de higiene, poetas y periodis-



tas. Esta Junta podría dictar disposiciones permanentes para el esplendor de la ciudad y con miras al desarrollo del turismo. Si el Concejo da este paso, se nos haría un gran bien, a fin de que este "lindo Quito de mi vida" sea más lindo y valga la pena vivirlo"- termina el artículo.

Artículos como este y otros he tenido la preocupación de leerlos y archivarlos de los cuales se puede concluir que por la Prensa hay reacción y preocupación, imputando directamente los accidentes de tránsito, robos y actos de vandalismo a la falta de un adecuado alumbrado en las calles "obscuras" de Quito. El papel de la Prensa es importante y en este aspecto hay que esperar que se haga una crítica constructiva que venga a solucionar en parte el problema y no a agravarlo más de lo actual.

Los directivos de la Empresa Eléctrica, tienen en sus manos una gran responsabilidad, y estos problemas hay que mirarlos con serenidad y siempre con el afán de servir mejor al público; quizás convenga de parte de ellos cambiar conceptos y apreciaciones, es decir, modificar actuales procedimientos, entregando al Departamento de Alumbrado Público todas las facilidades económicas y la asistencia técnica necesaria con el fin de que proyectos ya realizados y programas elaborados con las necesidades de la técnica moderna, tengan la aceptación inmediata y no se trate de dejar su aprobación y ejecución para última hora cuando ya se hagan los últimos recortes o cambios a los cuales estamos acostumbrados.

Sin entender el Departamento de Tránsito que es de su incumbencia tener un mejor alumbrado en las calles, nada ha hecho hasta la fecha, dando sus ideas, presentando inquietudes; igual podemos decir de la Policía; instituciones que se verán directamente beneficiadas con un adecuado alumbrado. Esto da una idea de nuestra desorganiza-

ción total y la falta de preocupación a quienes se ha entregado la misión de velar por la comunidad.

#### Causas Técnicas:

Sin entrar a mayores descripciones, diremos brevemente cuales son las causas en este orden que han originado la situación que hoy comentamos:

- El alumbrado público hasta hace unos 3 años estuvo en manos de personas prácticas que no tuvieron ninguna idea de la técnica moderna. Se limitaron a instalar focos incandescentes sin ninguna base técnica, con la única finalidad de que esté "prendido" durante la noche y provea luz a la ciudad.
- El alumbrado público, salvo contadas excepciones en donde se han instalado postes con esta finalidad, está supeditado a las necesidades de la red de distribución de 6.3 Kv y a las de 210/121 voltios, esto se traduce en mayor espaciamiento entre postes y una localización inapropiada con fines de alumbrado; prima el aspecto económico ante todo, sacrificando la parte técnica.
- Falta casi total de datos estadísticos, no se ha tomado en cuenta los factores que comandan el alumbrado, tales como el tráfico de vehículos en horas de la noche y de peatones, reflexión del pavimento, ancho de las calzadas, etc; consecuentemente no se ha establecido niveles de iluminación de acuerdo a estas necesidades, ni se tuvo la preocupación de medir niveles actuales de iluminación. En algunas calles donde fue necesario instalar una lámpara de mayor potencia se puso una de menor potencia, y allí donde fue suficiente una lámpara de 80 o 100 vatios se puso lámparas de 125, 200 y hasta 500 vatios.

- No se ha dado ningún mantenimiento a los sistemas de alumbrado, debido a la situación económica y a los gastos que esto demanda, limitándose a cambiar lámparas allí donde se han quemado por haber llegado el fin de su vida previsto o porque salieron de servicio por alguna falla en el sistema de control. No se ha realizado limpiezas ni reposiciones ordenadas. En el Capítulo VI, se dan algunas ideas y se recalca la necesidad de un adecuado programa de mantenimiento.
- Falta de equipo adecuado para mantenimiento y de un juego completo de repuestos. Se nota además el tipo de control muy anticuado, los conductores que alimentan a las lámparas no son del calibre apropiado y con algunos años de haberseles instalado.
- La altura de montaje no es adecuada y la posición de las lámparas no satisfacen las necesidades técnicas.
- Una última causa que podemos anotar es la falta de personal técnico que se haga cargo del alumbrado de la ciudad, esto es en cuanto al número de Ingenieros, uno solo no puede hacer el papel de proyectista, instalador, hacer trabajos de oficina, atender al personal subalterno, etc, todo esto nos da una idea de que hay falta de organización y atención por parte de la Empresa Eléctrica.

#### Soluciones:

A todos estos factores negativos, se les puede poner solución y de hecho que lo hay y puede ser a bajo costo, en el capítulo final, cuando hablemos de recomendaciones ampliaremos la explicación, rápidamente exponemos algunas soluciones:

1. Elaborar un plan básico de alumbrado público de la ciudad. Al

respecto se está haciendo un plan bajo el programa de mejoras y ampliaciones correspondientes a la Segunda Etapa Cumbayá. Por ahora se están llenando planos de la situación actual, reuniendo datos estadísticos y tomando datos necesarios con el fin de que el programa tenga las características técnicas deseadas. Esto está ya en marcha.

2. Propender un entendimiento y organización entre el Municipio, Departamento de Tránsito y la Policía que conjuntamente con el personal técnico de la Empresa Eléctrica trabajaría recibiendo datos, planteando problemas y necesidades que pueden ser solucionadas con prontitud. De estas instituciones se podría sacar un Comité que se entienda solamente de los problemas de alumbrado.
3. Dotación de equipos modernos para instalación y mantenimiento del alumbrado.
4. Tener en reserva equipos que puedan reemplazar inmediatamente a los que salen de servicio, gran dotación de repuestos de lámparas y fusibles que son los más afectados.
5. Suficiente personal técnico, administrativo y de mantenimiento.
6. Equipo de medición; tales como luxómetros de suficiente sensibilidad, voltímetros y amperímetros.
7. Equipo de prueba, para realizar mediciones antes de proceder a la instalación definitiva.
8. Equipo didáctico, para educar a los trabajadores, hacerles ver la calidad de su trabajo e instruirles convenientemente para que cuando tengan que hacer reparaciones sepan como proceder, localizar fallas con prontitud y guardar las precauciones necesarias.

Si todas estas medidas fueran tomadas y alguna otra más, hay

la seguridad de que el problema se solucionará, habrán menos gastos innecesarios y como ya dije anteriormente, habrá una reacción inmediata y favorable del público que a fin de cuentas está pagando por este servicio.

#### Reformas a Introducirse:

Concretamente en la zona escogida para cálculo, y habiéndose conocido la situación actual, hemos tenido que planear las reformas necesarias para dotar de un adecuado alumbrado público en cuanto a niveles de iluminación y en la parte estética de las luminarias y postes, las principales reformas a introducirse serán:

- a. Cambio de postes de hierro tubulares existentes a postes de hormigón en las Avenidas 12 de Octubre, Cristóbal Colón, Patria, 6 de Diciembre y Avenida 10 de Agosto; en estas dos últimas cabe destacar que en la misma postería se montarán las redes eléctricas de distribución. Dentro de los límites señalados se cambiarán así mismo los postes de hierro tubulares a postes de hormigón. Será necesario aumentar algunos postes ya que en ciertas calles el espaciamiento actual es demasiado largo.
- b. Se cambiará en las avenidas principales las luminarias AK-10 con lámparas incandescentes, por luminarias para alojar lámparas de vapor de mercurio. Los bombillos incandescentes que están instalados actualmente en todo el sector se cambiarán a lámparas con vapor de mercurio.
- c. Debido a que la caída de tensión es excesiva en la red subterránea de alumbrado público, se instalará nueva red de alimentación. En la red aérea, con el mismo fin se instalará el hilo de control de mayor calibre.

- d. El tipo de control será múltiple, instalando para el efecto células fotoeléctricas que accionarán los relés que irán conectados en cascada.
- e. De acuerdo a la posición actual de los postes de hormigón, según los cálculos que efectuemos, será necesario modificar la altura de montaje y los brazos que sirven de soporte a las luminarias. En el caso de la postera de hierro tubular esta será proyectada para postes de hormigón, consecuentemente se deberá variar el distanciamiento entre los mismos.
- f. En las esquinas formadas por la Avenida Patria y Avenida 10 de Agosto, se mantendrán las luminarias ya instaladas; en donde las necesidades lo exijan se montarán en un solo poste luminarias suspendidas en 4 brazos.
- g. La fuente de alimentación para las luminarias serán los transformadores de distribución instalados, caso de que la carga por alumbrado público sea excesiva en algún transformador, este se cambiará por uno de mayor potencia..
- h. Se adoptarán los niveles de iluminación según la clasificación de cada calle y de acuerdo a las normas establecidas.
- i. Después de un análisis comparativo de costos se decidirá el tipo de luminarias a instalarse, esto es, referente a la casa proveedora, buscando la mejor solución de acuerdo a las características técnicas y factores económicos.
- j. Ya que actualmente en el mercado local no disponemos de lámparas de sodio, en los cruces peligrosos se instalarán lámparas de mercurio; pero recomendándose para el futuro adoptar este tipo de lámparas.

## C A P I T U L O III.

### PROYECTO DE ILUMINACION

#### PROYECTOS DE ILUMINACION:

Con frecuencia se confunden, tomándolas como sinónimas, las palabras "alumbrado" e "iluminación"; pero debe reservarse al estudio del alumbrado la parte artística de la técnica de distribuir correctamente la luz, y al estudio de la iluminación su parte científica, entendiéndose como tal el cálculo de los sistemas de distribución de la luz para conseguir el efecto y rendimiento luminosos que se persiguen.

Marcaremos aquí una pauta para resolver de una manera general cuantos problemas de luminotecnica puedan presentarse en la práctica del alumbrado de ciudades.

#### La Ciencia de la Iluminación:

Todos hemos comprobado lo enorme de los progresos conseguidos en el dominio del alumbrado público en el transcurso de los últimos años. Un simple paseo por las grandes ciudades de Europa y los Estados Unidos de Norte América, durante las horas de la noche, permite comprobar que la luz se aprovecha con una profusión y se distribuye con una ciencia poco menos que desconocida hasta hace pocos años. Este movimiento tan rápido y de tan enorme extensión sería atrevido atribuirlo al azar. Ha sido, como es natural, el resultado de un esfuerzo perfectamente calculado y de unos estudios racionalmente practicados.

Hoy, existe un movimiento extraordinario en las organizaciones que en diversos países actúan en el sentido de propagar el alum

brado racional; y este impulso insospechado, con miras al mayor aprovechamiento de la luz artificial, ha contribuido de una manera decisiva al estudio y perfeccionamiento de la nueva ciencia de la iluminación, en torno a la cual laboran nuevas instituciones científicas, escuelas especiales y laboratorios, enseñando al público, resolviendo problemas, abordando otros nuevos, valiéndose para ello de gabinetes, institutos, salas de demostraciones, publicaciones técnicas y de divulgación, cursos de iluminación, exposiciones, campañas de propaganda, congresos internacionales, etc.

Como consecuencia de lo expuesto, la ciencia de la iluminación tiende, a que el alumbrado produzca efectos artísticos y armónicos y que a la vez sean factibles y económicos a la economía privada y pública; aprovechando sus ventajas para el ornato, seguridad en el tránsito de vehículos y peatones; es decir una finalidad cultural y social.

#### Tipos de Cálculo:

Tanto los proyectos de alumbrado interior como exterior se basan en el uso de fórmulas y de los datos fotométricos de las lámparas que son proporcionados por los fabricantes. Haremos un examen de los métodos de cálculo para el alumbrado de calzadas, con el fin de que cuando se trate de afrontar un problema de iluminación de la ciudad, se use uno u otro método, de acuerdo a la precisión y exactitud requeridos.

#### Métodos Empleados:

##### A. Uso de los Datos Fotométricos:

Antes de examinar los datos en sí, convendría repasar algunos de los términos básicos que se usan en luminotecnia, empezando por el componente básico, la luminaria.



Qué es la luminaria?

La luminaria es un dispositivo de iluminación completo, que consiste de una lámpara o lámparas junto con componentes diseñados para sostener y proteger las lámparas y para conectarlas a la red eléctrica.

La Illuminating Engineering Society (IES) especifica varios métodos de pruebas fotométricas y también formatos para la representación de los datos fotométricos. Una forma típica de los mismos está ilustrado en la Figura 3-1. Obsérvese que la escala vertical va de  $0^\circ$  a  $130^\circ$ . La escala horizontal va de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , puesto que la luz que emana por encima de este ángulo es tan poca que es despreciable. Las líneas trazadas en el diagrama se han obtenido uniendo puntos de igual intensidad luminosa.

Refiriéndonos a la Figura 3-2, se puede ver que determinados puntos de la calzada pueden proyectarse en un punto de la superficie de la esfera imaginaria. Por ejemplo, una línea paralela a la calzada que pasa bajo de luminaria se llama "Línea de Referencia", otras líneas paralelas a la línea de referencia son conocidas con el nombre de "Líneas Longitudinales de la Calzada" (LLC). Otras líneas que son perpendiculares a las anteriores se llaman "Líneas Transversales de la Calzada" (LTC).

Se simplifican las cosas refiriendo estas líneas y sus posiciones en términos de la altura de montaje (AM) de la luminaria. Por ejemplo: la línea de referencia es la LLC de cero AM. La LTC que pasa directamente debajo de la luminaria es la LTC de AM cero. Si la altura de montaje de la luminaria es, por ejemplo, de 9 metros, la LLC de AM 1 sería una línea paralela a la de referencia y situada a 9 metros (AM 1) de distancia.



Tanto la LLC como las LTC (longitudinales y transversales) están representadas en el diagrama de la Figura 3-1, con líneas de trazos. Estas líneas se usan como líneas límites en la clasificación de luminarias de alumbrado de calzadas como lo especifican la Asociación de Normas Americanas y la Sociedad de Ingenieros de Luminotecnia (ASA/IES).

En la parte inferior de la Figura 3-1, vemos una ampliación del cuadro de líneas de trazos que aparece en el diagrama de líneas de igual intensidad luminosa. En este sistema de coordenadas de tipo rectangular, un cono aparece como una línea horizontal y un plano vertical como una línea vertical. Los valores de intensidad luminosa máxima y nadir aparecen en la parte superior izquierda del diagrama. El cono que contiene la máxima intensidad luminosa, es conocido como cono de máxima intensidad, que en este caso es de  $72.5^\circ$ , como se ve en la parte inferior izquierda. De igual modo, la máxima intensidad ocurre a  $75^\circ$  y  $285^\circ$  azimut (plano vertical). La anchura lateral de la distribución de la luz se determina en el diagrama midiendo la línea de cono máximo desde la línea de referencia hasta un punto de intersección con la línea de intensidad luminosa mitad de la máxima. Por ejemplo, en la sección ampliada del diagrama, la anchura lateral es de  $37^\circ$ .

La luminaria que dió origen al diagrama en cuestión aparece descrita en la parte superior de la Figura 3-3. Vemos un dibujo de su aspecto, descripción, así como los datos de su funcionamiento y su clasificación. Obsérvese que la lámpara es de mercurio claro de 400 vatios y clasificada como de 20.500 lúmenes (en la posición horizontal). Conviene anotar que si se usara una lámpara de distinta potencia, el diagrama sería el mismo, y los datos guardarían la misma relación, obteniéndose los nuevos valores multiplicando los anteriores por un factor

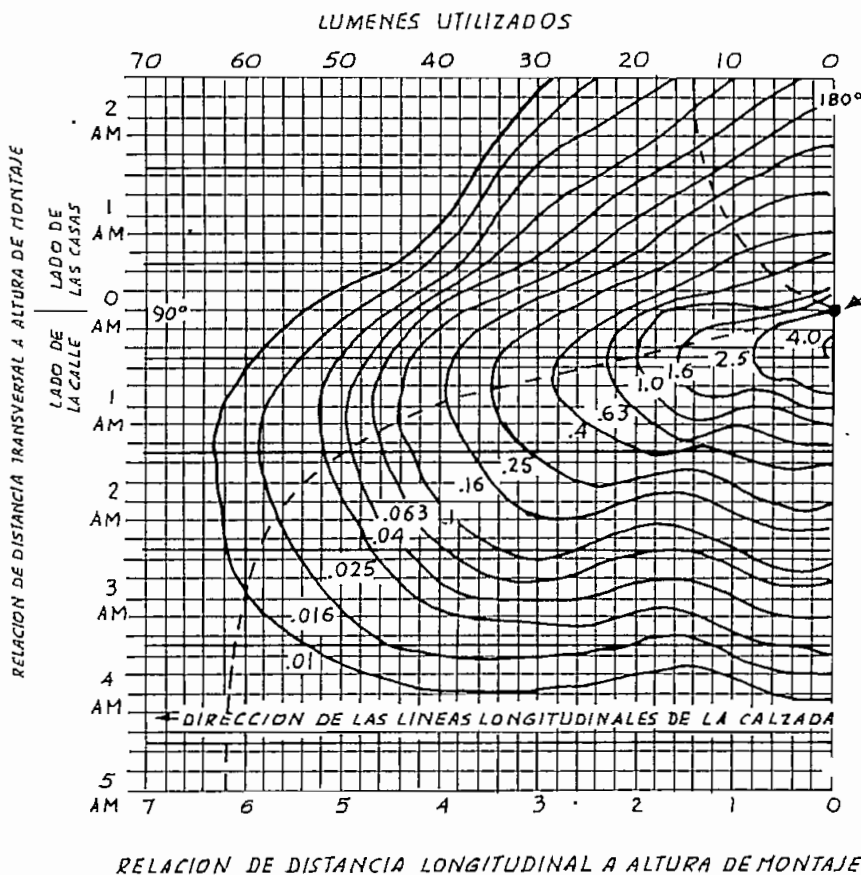
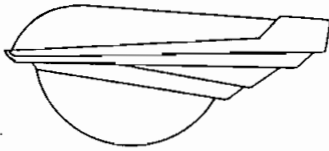
DATOS FOTOMETRICOS 221H462  
 LUMINARIA M-400, ASA / IES TIPO III  
 RELECTOR DE ALUMINIO ANODIZADO  
 REFRACTOR GE #510  
 POSICION PORTALAMPARA A

LAMPARA DE 400 VATIOS  
 DE MERCURIO CLARA  
 H400A33-1 (H33-1CD)  
 BASE: ROSCA MOGOL  
 BULBO: BT37 LC DE 7"  
 INTENSIDAD (EN PRUEBA)  
 20.500 LUMENES  
 POSICION 100°

VALORES FLUJO LUZ

POR CIENTO  
 DE LA  
 LAMPARA

	LUMENES	LAMPARA
HACIA ABAJO		
LADO DE LA CALLE 12910	63.0	
HACIA ARRIBA		
LADO DE LA CALLE 180	0.9	
HACIA ABAJO		
LADO DE LAS CASAS 3030	14.8	
HACIA ARRIBA		
LADO DE LAS CASAS 80	0.3	
TOTAL	16200	79.0



CURVAS DE UTILIZACION  
 (LINEAS DE TRAZOS)

DIAGRAMA DE ILUMINACION  
 (LINEAS CONTINUAS)

ILUMINACION DIRECTAMENTE  
 BAJO LA LUMINARIA = 2.8 bp.

LAS CIFRAS DE ILUMINACION SON PARA  
 UNA ALTURA DE MONTAJE DE 30 PIES.  
 EN CASO DE UNA ALTURA DIFERENTE  
 MULTIPLIQUESE POR LA RELACION:

$$\frac{(30)^2}{(AM)^2}$$

FIG: 3-3

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL  
 DIAGRAMA DE IGUAL ILUMINACION  
 Y CURVAS DE UTILIZACION

FECHA: ABRIL 1-1964

*[Signature]*

que corresponde a la relación entre la potencia luminosa de la nueva lámpara y de la anterior (siempre que la nueva lámpara sea de las mismas dimensiones físicas y ópticas). Por ejemplo, si apareciera en el mercado una lámpara de mayor eficiencia, digamos de 40.000 lúmenes, que tuviese las mismas dimensiones físicas que la mencionada, habría que multiplicar todos los valores por el factor  $40.000/20.500 = 1.95$  para obtener los nuevos valores.

En la misma Figura 3-3 se muestran los valores de flujo luminoso en los cuadrantes: hacia arriba, hacia abajo, del lado de la calle y del lado de las casas, así como el total de los lúmenes producidos. Se da también el porcentaje del total que dichos valores representan, lo que equivale a dar la eficiencia de la luminaria.

#### Diagrama de iluminación:

Puesto que conocemos la distribución de la intensidad luminosa de la Figura 3-1; podemos calcular la iluminación en luxes de la superficie de la calzada valiéndonos de la ecuación fundamental:

$$\text{Luxes} = \frac{(\text{Intensidad luminosa}) (\text{Cos } \theta)}{D^2}$$

En la que:

Intensidad luminosa = Intensidad de la luminaria en la dirección del pavimento donde se desea saber la iluminación.

$\theta$  = Angulo entre la línea perpendicular a la superficie de la calzada y la luz incidente.

D = Distancia en línea recta de la luminaria al punto del pavimento.

Si son varias las luminarias que contribuyen a iluminar el punto, se determina la iluminación total añadiendo todas las contribu-

ciones algébricamente:

El diagrama de iluminación de la Figura 3-3 es el resultado de calcular la iluminación de muchos puntos y unir con líneas los puntos de igual iluminación. Para hacer estos datos más universales, tanto la escala vertical como la horizontal están en términos de la altura de montaje (AM) en vez de distancias absolutas. El diagrama de iluminación está calculado para una altura de montaje de 9 metros, habrá que aplicar un factor de corrección para el caso de una altura de montaje diferente.

Este factor se calcula así:

$$\text{Factor de corrección} = \frac{(a m)^2}{(A M)^2}$$

En la que:

$a m$  = altura de montaje usada para calcular los diagramas de iluminación.

$A M$  = altura de montaje deseada.

Por ejemplo, si queremos aplicar los datos de la Figura 3-3, para una altura de montaje de 11 metros, el factor de corrección será:

$$\text{Factor de corrección} = \frac{(a m)^2}{(A M)^2} = \frac{9^2}{11^2} = \frac{81}{121} = 0.669$$

#### Curva de Utilización:

La curva de utilización se superpone al diagrama de iluminación y se representa por dos líneas de trazos. El lugar de la luminaria es el punto circular negro. La escala vertical es la misma que se usa en el diagrama de iluminación y representa distancias en dirección de las casas y de la calle en relación con la altura de montaje. La escala horizontal representa el porcentaje de lúmenes de la lámpara, que corresponde a la potencia nominal de la misma y no guarda relación di-

recta real con los lúmenes producidos.

Supongamos, que se quiere determinar los lúmenes utilizados en esta luminaria en las siguientes condiciones:

- Altura de montaje de 9 metros.
- Brazo de 4.20 metros.
- Poste apartado 0.60 metros del bordillo de la acera.
- anchura de la calle 14.40 metros.

Es necesario añadir la utilización de lado de la calle a la utilización del lado de las casas para obtener el porcentaje total de luz utilizada. En este caso, la proporción de utilización del lado de la calle será de:  $10.80/9 = 1.20$ ; y la proporción de utilización del lado de las casas será de:  $3.60/9 = 0.4$ . Estas proporciones corresponden al 45% y al 6% respectivamente, o sea un total de 51% de los lúmenes de la lámpara. Nótese que no se adopta ningún factor de corrección de altura de montaje. Esto se toma en consideración automáticamente al calcular las proporciones del lado de las casas y del lado de la calle. Por ejemplo, en este caso, si la altura de montaje hubiese sido de 10.80 metros, las proporciones de utilización hubiesen sido de 1.0 y de 0.33 respectivamente. No se requiere por tanto corrección de la altura de montaje.

La ecuación de la iluminación media en la calzada es:

$$\text{Lux} = \frac{\text{LU} \times \text{FM} \times \text{FT} \times \text{FL}}{\text{A} \times \text{S}}$$

En la que:

Lux = iluminación en luxes

LU = lúmenes utilizados

FM = factor de mantenimiento

FT = factor de temperatura (usado únicamente cuando la temperatura ambiente, tiene apreciable efecto en la lámpara, co

mo en el caso de las lámparas fluorescentes).

FL = factor de la lámpara.

A = anchura de la calle.

S = separación media entre luminarias.

El factor de mantenimiento FM es la relación entre los lúmenes actuales y los iniciales de la lámpara cuando era nueva. Se asume un 15% de acumulación de suciedad en las superficies reflectoras y en el vidrio. Se calcula determinando la relación de los lúmenes iniciales y multiplicando por el factor de suciedad 0.85. Como es natural, esto depende de la frecuencia con que se limpien las luminarias.

El factor de la lámpara que aparece en la ecuación se usa sólo cuando las lámparas a usar son diferentes de la mostrada en los datos fotométricos. El factor FL se determina calculando la relación de lúmenes de la lámpara que se usa a los lúmenes de la lámpara de los datos fotométricos.

En el punto siguiente de este capítulo, cuando se trate del cálculo de la iluminación para cada tipo de calles, haremos unos ejemplos que ilustren la manera de usar los datos fotométricos y la fórmula que hemos expuesto.

#### B. Método de los Lúmenes promedio:

El sistema de cálculo más frecuentemente usado para determinar el número de luminarias y tamaño de lámparas necesarias a proveer un cierto nivel de iluminación, es el método de los lúmenes, la fórmula básica es:

$$\text{Luxes promedio} = \frac{\text{Lúmenes incidentes en la superficie}}{\text{Area o superficie en metros cuadrados}}$$

$$\text{Luxes promedio} = \text{Lúmenes por metro cuadrado.}$$



Sin embargo, todos los lúmenes emitidos por la lámpara no llegan a la calzada. En orden a determinar que porción de luz que puede iluminar la calle, los lúmenes de la lámpara deberán ser multiplicados por un factor llamado "coeficiente de utilización". La nueva fórmula puede ser expresada como sigue:

$$\text{Luxes promedio} = \frac{\text{Lúmenes de la lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización}}{\text{Area en metros cuadrados por luminaria}}$$

O en términos más familiares

$$\text{Luxes promedio} = \frac{\text{Lúmenes de la lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización}}{\text{Espaciamiento entre luminarias} \times \text{Ancho de la calle}}$$

El término "ancho de la calle" es frecuentemente referido para ciudades y pueblos, y se indica en los planos de la ciudad como distancia entre las líneas de propiedad privada. Los cálculos de la iluminación de calles son basados sobre el ancho de la calle de acera a acera, por lo tanto no es necesario conocer las dimensiones de la acera o distancia desde la cinta gotera a la línea de fábrica.

#### Coeficiente de Utilización:

Utilización es un porcentaje del total de lúmenes de la lámpara que está actualmente entregando a la superficie de la calzada. Se expresa como un porcentaje del total de los lúmenes de la lámpara y se obtiene de la curva de utilización, usualmente proveída por los fabricantes como una parte de los datos fotométricos de la luminaria. El coeficiente de utilización difiere con cada tipo de luminaria, y depende sobre todo de la altura de montaje, ancho de la calzada y la longitud del brazo.

Una curva de utilización típica, tal como la de la Figura 3-4; la escala horizontal está expresada como una relación de la distancia transversal a la altura de montaje. La distancia transversal es

medida desde la lámpara a la cinta gotera atravesando la calle (lado de la calle) y desde la lámpara a la cinta gotera de la parte de atrás de la luminaria (lado de la casa). La escala vertical está expresada como un porcentaje de los lúmenes totales. La una curva representa el porcentaje de lúmenes cayendo sobre el lado de la calle y la otra los lúmenes que caen en el lado de la casa, atrás de la luminaria.

Cuando las luminarias son montadas en la cinta gotera, toda la iluminación viene desde el lado de la calle y el coeficiente de utilización se encuentra directamente de la curva del lado de la calle. Sin embargo, cuando las luminarias son montadas fuera del nivel del pavimento, como es el caso usual, los coeficientes de utilización del lado de las casas y de la calle se encuentran separadamente y los dos añadidos servirán para ser usados en los cálculos subsiguientes.

Debe notarse que las distancias transversales para el lado de las casas y la calle no son iguales, excepto el caso especial cuando las luminarias son montadas en el centro de la vía; por lo tanto, las relaciones de la distancia transversal a la altura de montaje puede ser determinado en orden a hacer uso de los coeficientes de utilización; tal condición se puede notar en la curva de la Figura 3-5.

#### Factor de Mantenimiento:

Es también importante en la determinación del nivel de iluminación, incluir en la fórmula un factor debido a acumulación de suciedad y a depreciación de la lámpara que es conocido como "factor de mantenimiento", debido a que las normas de la ASA por ejemplo, especifica un nivel mínimo de iluminación requerido. Sugeridos los factores de mantenimiento, en forma de porcentajes, entregado por los

CURVA DE UTILIZACION (ASA TIPO III)

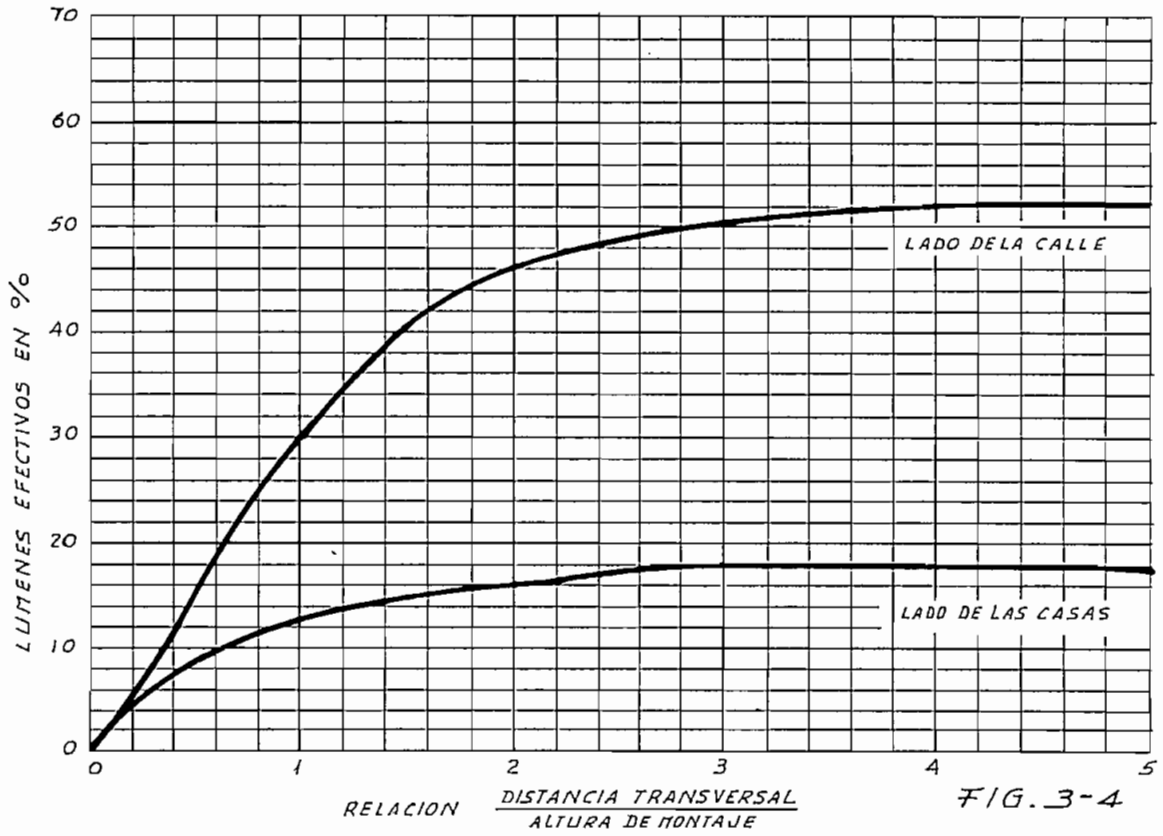


FIG. 3-4

CURVA DE UTILIZACION (ASA TIPO I)

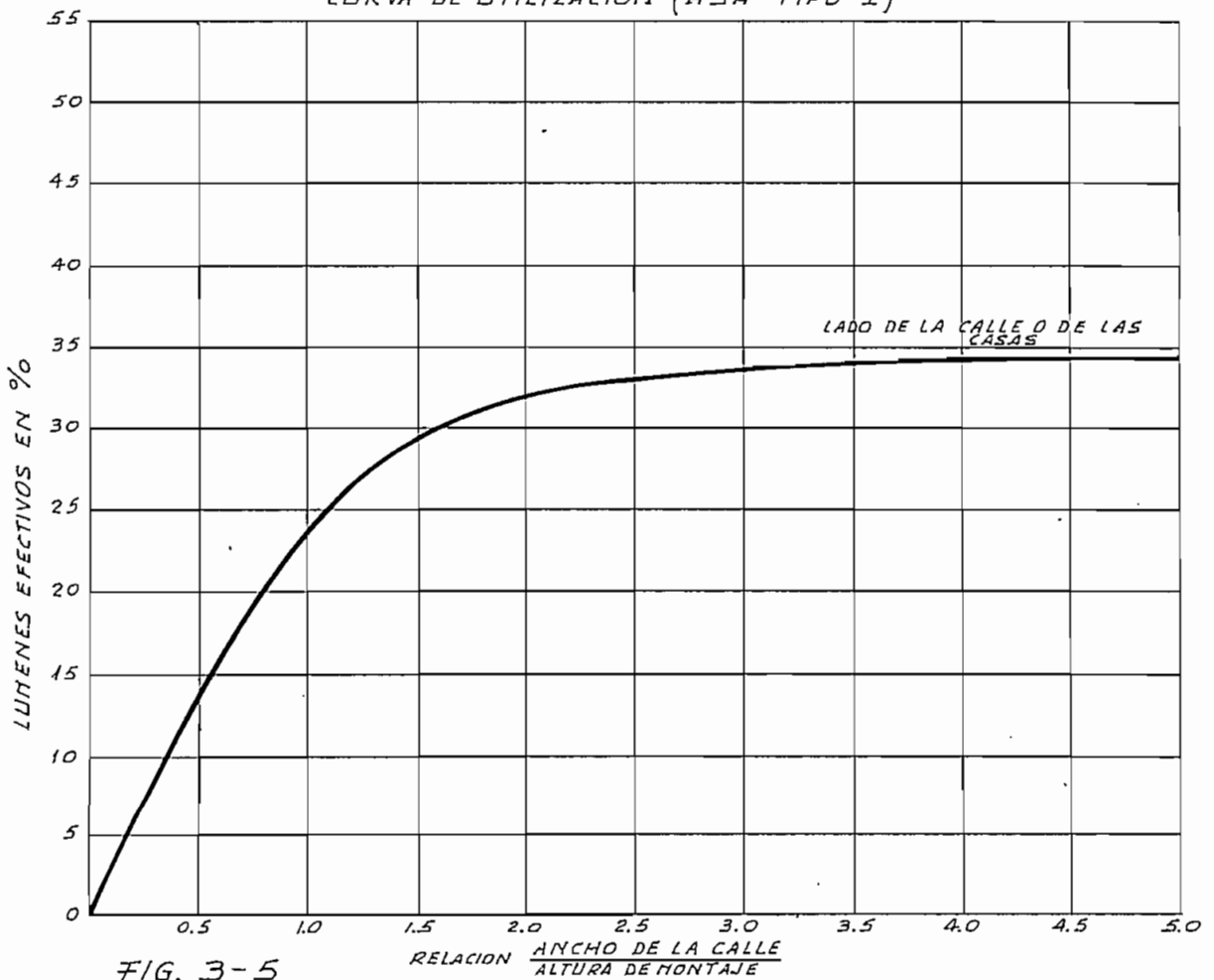


FIG. 3-5

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL

CURVAS DE UTILIZACION. \_\_\_\_\_

FECHA: ABRIL 1. 1966

*R. Manzano*

fabricantes, estos valores pueden cambiar de un lugar a otro, debido a que las compañías de operación pueden modificar esta información, dependiendo sobre todo de las limpiezas y reposiciones establecidas, tanto como las condiciones locales que pueden resultar de una anormal acumulación de suciedad.

En las fórmulas indicadas, el coeficiente de utilización puede ser multiplicado por un factor de mantenimiento, expresado como decimal, en orden a proveer un coeficiente para depreciación de un sistema de iluminación de calles. Luego la fórmula final será:

$$\text{Luxes promedio} = \frac{\text{Lúmenes de la lámpara} \times \text{Coef. de utilización} \times \text{Fact. Manteni.}}{\text{Espaciamiento entre luminarias} \times \text{ancho de calzada}}$$

#### Método del Punto por Punto:

Este método del punto por punto es una aplicación de la ley del cuadrado al inverso y de la ley del coseno de Lambert, que establece:

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2}$$

En donde:

E = iluminación de luxes, incidente sobre un punto de la calzada.

I = intensidad luminosa de la fuente en la dirección del punto de incidencia, expresado en lúmenes.

D = distancia de la fuente luminosa al punto de incidencia en metros.

$\theta$  = ángulo entre el plano normal al rayo de luz incidente y el plano de la superficie iluminada.

(Si  $\theta = 0$ ;  $\cos \theta = 1$  para cualquier otro valor de  $\theta$ ,  $\cos \theta$

es menor que 1, y la iluminación es menor que en una superficie normal al rayo incidente).

Por ser este método no muy empleado para el cálculo de la iluminación de calzadas, no haremos ninguna discusión adicional, así mismo, a manera de ilustración resolveremos más adelante un problema que indique el uso de este método, que viene a ser una simple aplicación de los datos fotométricos de las lámparas que ya hemos descrito. La iluminación resultante en un punto deseado será la suma algébrica de todas las componentes que inciden en dicho punto.

De particular interés, y antes de entrar en el cálculo mismo de la iluminación para las calles, considero conveniente conocer los tipos de distribución y las alturas de montaje recomendadas para las luminarias de acuerdo a su tipo y las dimensiones de la calzada.

#### TIPOS DE DISTRIBUCION:

##### Tipo I. Distribuciones laterales:

El tipo I es una distribución lateral en dos sentidos, que tiene una anchura lateral de  $15^\circ$  en el cono de máxima iluminación a cada lado de la línea de referencia, con una variación aceptable de  $10^\circ$  a menos de  $20^\circ$ . Las dos principales concentraciones de luz están en direcciones opuestas a lo largo de la calle. El plano vertical de máxima iluminación es paralelo a la línea de la acera. La distribución de la luz es similar en ambos lados de este plano vertical de referencia y es aplicable en general, cuando la luminaria se coloca próxima al eje de la calle cuando la altura de montaje es aproximadamente igual a la anchura de la calle.

El tipo I. de cuatro sentidos, es una distribución que tiene cuatro concentraciones principales de luz en ángulos de aproximadamente  $90^\circ$ , con una variación de anchura de  $10^\circ$  a menos de  $20^\circ$  según descrito. Esta distribución es aplicable generalmente a luminarias situadas sobre o cerca del centro de una intersección de calles en ángulo recto.

#### Tipo II. Distribuciones Laterales:

Las distribuciones de luz de Tipo II. tienen una anchura lateral de  $25^\circ$ , con una variación aceptable de  $20^\circ$  a menos de  $30^\circ$ . Esta distribución es aplicable, en general, a luminarias situadas en o cerca de las aceras de calles relativamente estrechas, donde la anchura de la calle no excede 1,6 veces la altura de montaje.

Las distribuciones de luz Tipo II. de cuatro sentidos tienen cuatro concentraciones principales de luz, cada una con una anchura de  $20^\circ$  a menos de  $30^\circ$ , según descrito. Esta distribución es aplicable, en general, a luminarias situadas cerca de la esquina de una intersección de calles en ángulo recto.

#### Tipos III., IV. y V:

Las distribuciones de luz del Tipo III. tienen una anchura lateral de  $40^\circ$ , con una variación aceptable de  $30^\circ$  a menos de  $50^\circ$ . Esta distribución está proyectada para montaje de luminarias en o cerca de un costado de una calle de mediana anchura, donde la anchura de la calle no excede de 2.7 veces la altura de montaje.

Las distribuciones de luz de Tipo IV tienen una anchura lateral de  $60^\circ$  con una variación aceptable de  $50^\circ$  o más. Esta distribución es proyectada para montaje al costado de la calle y se emplea generalmente en calles anchas, donde la anchura de la calle no excede de 3.7

veces la altura de montaje.

La distribución de luz de tipo V. , tiene una simetría circular de iluminación, que es esencialmente la misma en todos los ángulos laterales. Esta distribución se proyecta para montaje de luminarias en o cerca del centro de las calles, en las islas centrales de avenidas y en cruces.

Para una descripción detallada de los patrones de distribución y clasificación de luminarias, será mejor referirse al "IES Lighting Handbook". Con el fin de proporcionar una mejor idea de los tipos de distribución, la Figura 3-6, se ha incluido, describiendo ampliamente los cinco tipos de luminarias para iluminación de vías y calzadas, según hemos descrito.

#### CLASIFICACION ASA/IES DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO DE CALZADAS\*

La Asociación de Normas y la Sociedad de Ingenieros han publicado nuevos criterios para la clasificación de luminarias de alumbrado de calzadas. Damos a continuación un resumen de los mismos, haciendo referencia a la Figura 3-2.

##### I. Distribución Vertical de la Luz: "larga", "media" o "corta"

Las clasificaciones de la distribución vertical de la luz se determinan por las zonas definidas por las siguientes líneas transversales de la calzada (LTC). Estas zonas se definen como zonas transversales de máxima intensidad luminosa.

---

\* Condensado de la "American Standard Practice for Roadway Lighting" publicada por la Illuminating Engineering Society, 345 East, 47th St., New York, N. Y. 10017, U. S. A.

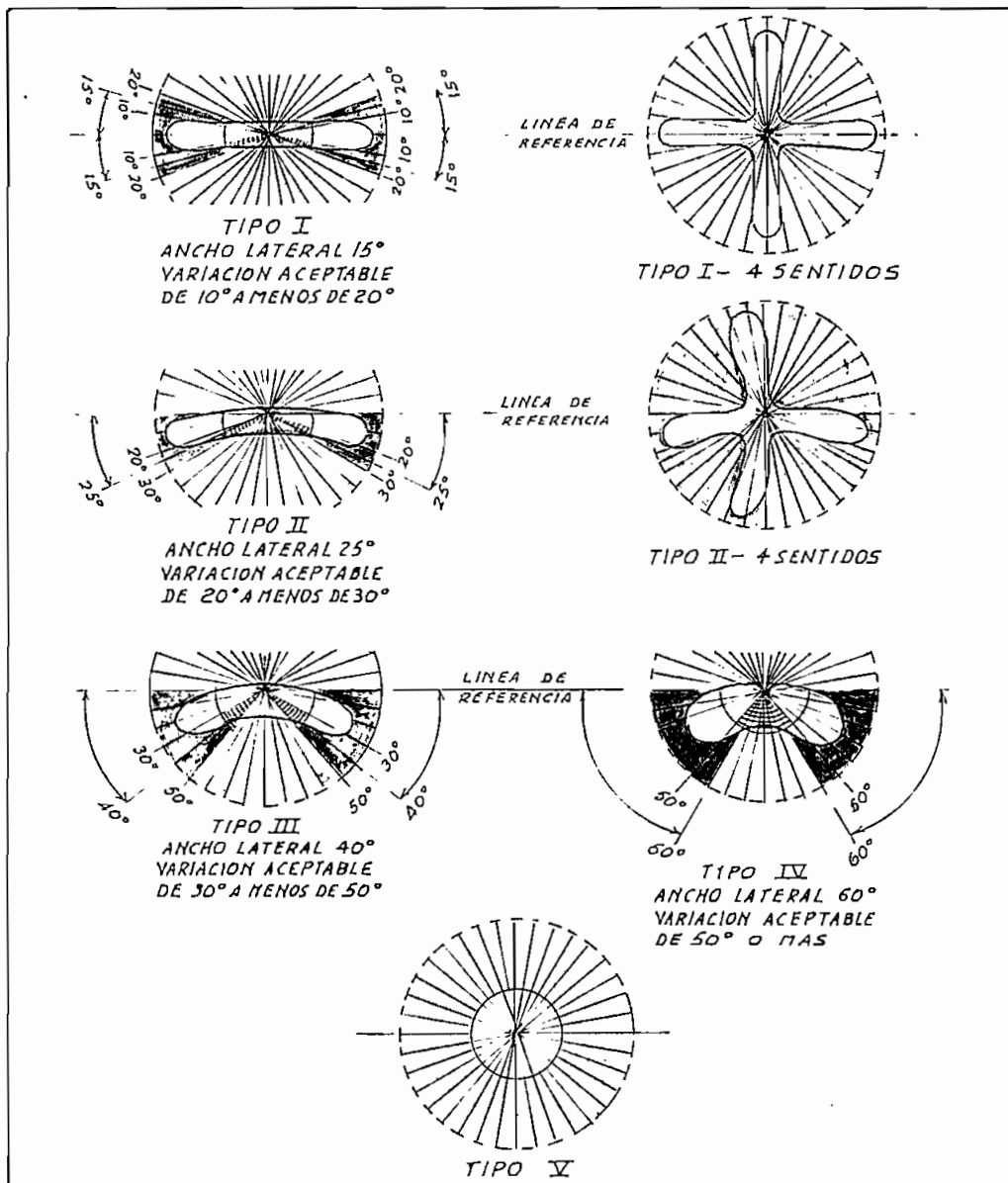
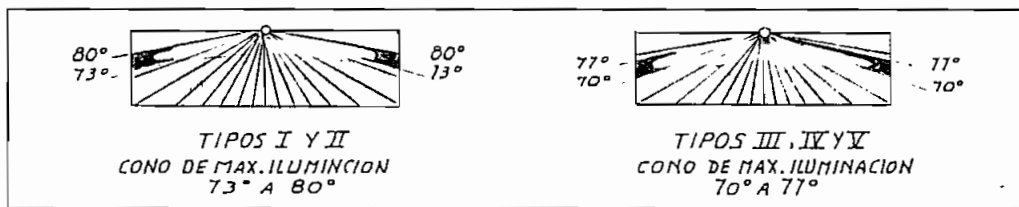


FIG. 3-6

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL  
 TIPOS DE DISTRIBUCION PARA LUMI-  
 NARIAS DE ALUMBRADO PUBLICO  
 SEGUN "IES"

FECHA: ABRIL 1.966

*P. Gonzalez*



Distribución "corta" LTC de 1 AM a LTC de 2.25 AM.

Distribución "media" LTC de 2.25 AM a LTC de 3.75 AM.

Distribución "larga" LTC de 3.75 AM a LTC de 6 AM.

La situación del punto de máxima intensidad luminosa en una de estas zonas transversales determina la clasificación de la distribución vertical de la luz.

## II. Control Vertical: "limitado", "semilimitado" o "sin limitación"

Se usan los siguientes LTC límites para clasificar el control vertical por encima de la intensidad máxima:

LTC de 3.75 AM para la distribución "corta".

LTC de 6 AM para la distribución "media".

LTC de 8 AM para la distribución "larga".

Hállense dos líneas de intensidad en el diagrama de intensidad luminosa; una que sea numéricamente equivalente al 10% y la otra que sea equivalente al 30% de los lúmenes de la lámpara descubierta.

"Limitado": si la línea del 10% no atraviesa la LTC límite, el control vertical es clasificado como "limitado".

"Semilimitado": si la línea del 30% no atraviesa por encima de la LTC límite, el control vertical se clasifica como "semilimitado".

"Sin limitación": si la línea del 30% no atraviesa por encima de la LTC límite, el control vertical es clasificado como "sin limitación".

## III. Distribución Lateral de la Luz: clasificación de tipos de la IES.

Hállese la línea de intensidad luminosa mitad de la máxima y obsérvese su posición relativa con respecto a las líneas longitu

dinales de la calzada (LLC). La situación de dicha línea determina el "Tipo", excepto en el caso del Tipo V.

Tipo I: La línea de intensidad mitad de la máxima entra en ambos lados de la línea de referencia (LLC de cero AM) y permanece dentro del área limitada por la LLC de 1 AM en la zona transversal de máxima intensidad tanto en el lado de la calle como en el lado de las casas.

Tipo II: La línea de intensidad mitad de la máxima no corta la LLC de 1.75 AM en el lado de la calle en la zona transversal de máxima intensidad luminosa.

Tipo III: La línea de intensidad media de la máxima entra en la zona limitada por las LLC 1.75 de AM y 2.75 AM en el lado de la calle en la zona transversal de máxima intensidad luminosa.

Tipo IV: La línea de intensidad mitad de la máxima corta la LLC de 2.75 AM en la zona transversal de máxima intensidad.

Tipo V: Cuando las líneas de distribución de la intensidad luminosa son de forma circular y son prácticamente igual en todos los ángulos laterales.

IV: Véase el ejemplo de la Fig. 3-2.

Los estándares ASA establecen ciertas alturas de montaje según el tipo de distribución de luz de la luminaria y tamaño de lámpara. Estos estándares están expuesto en la Tabla 3-1.

## T A B L A 3-1.

ALTURA MINIMA DE MONTAJE RECOMENDADO  
PARA LUMINARIAS. -

Lúmenes por lámpara	Tipo de Distribución			
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV.
2.500	7.5 m	6.0 m*	6.0 m*	6.0 m*
4.000	7.50	7.50	7.50	7.50
6.000	7.50	7.50	7.50	7.50
10.000 a 11.250	9.00	7.5 a 9**	7.5 a 9**	7.50
15.000	--	9.00	7.5 a 9**	7.5 a 9**
20.000 a 25.000	--	9.00	9.00	9.00

\* Es preferible más alto.

\*\* Alturas de montaje más bajas son permisibles solamente donde los contrastes de brillo entre la luminaria y sus alrededores son bajos.

## TABLAS DE PROYECTOS:

Las tablas de proyectos 3-2, 3-3, y 3-4, están basadas en Normas ASA y las iluminaciones son de valores en servicio. Los valores iniciales serán aproximadamente 20% más altos. Para emplear las Tablas de Proyectos elíjase la Tabla de acuerdo a la clasificación de la calle. Por ejemplo, la tabla de proyecto 3-2, es para calles comerciales principales y vías públicas de tráfico. Seguidamente de la tabla adecuada selecciónese la anchura de la calle más aproximada a la anchura de la calle que va a ser iluminada. Entonces, en la columna de los luxes deseados léase la distancia entre postes necesaria. Estas distancias están basadas en una disposición alterna (tresbolillo) de postes y se miden

en el eje de la calle. Al tratar de intensidades de más de 10 luxes en calles de más de 25 metros de ancho, puede ser deseable colocar las luminarias una frente de la otra y doblar la distancia entre las unidades.

Tabla de Proyecto 3-2:

Niveles luminosos medios, mantenidos en servicio (lux después de las 100 primeras horas) de acuerdo con lo expuesto, basado en la vida media de la lámpara y en un factor de mantenimiento para la luminaria de 10%.

Para Calles Comerciales Principales y de Mucho Tráfico  
Lámparas de 20.000 lúmenes

Anchura de la calle (mts.)	Distribución luminaria	Distancia entre postes (metros)			
		10 Lux	16 Lux	21 Lux	27 Lux
15	IV	40.00	26.50	20.00	16.00
18	IV	35.00	23.50	18.00	14.00
21	IV	31.00	21.00	16.00	12.50
25	IV	28.00	19.00	14.00	11.00
28	IV	26.00	17.00	13.00	10.00
30	IV	23.50	15.50	11.50	9.50

Tabla de Proyecto 3-3:

Lámparas de 10.000 lúmenes

12	III	24.50	16.50	12.00	9.50
15	III	22.50	15.00	11.00	9.00
18	IV	17.50	11.50	9.00	7.00
21	IV	16.00	10.50	8.00	6.50
24	IV	14.00	9.50	7.50	6.00

Tabla de Proyecto 3-4:

Para Calles Residenciales de Industriales

Ancho de la calle (metros)	Distribución luminaria	Lúmenes	Distancia entre postes (metros)		
			2 lux	4 lux	5 lux
4.50	II	2.500	43*	21.50	17.50
6.00	II	2.500	40*	20.00	16.00
9.00	II	2.500	33.5	17.00	13.50
12.00	III	4.000	37	18.00	14.50

\* Distancia máxima entre postes = 6 x altura de montaje - 36 metros

CALCULO DE LA ILUMINACION PARA CADA TIPO DE CALLES, DE ACUERDO A SU CLASIFICACION, SEGUN NORMAS DE ALUMBRADO.

Poseyendo ya todos los elementos de juicio necesarios para elaborar un adecuado proyecto procederemos a realizar el cálculo para cada calle, ateniéndonos a las recomendaciones y normas dictadas; naturalmente, no podremos lograr una solución ideal, pero nuestros esfuerzos van encaminados a esto, buscando siempre armonía en el diseño y los factores actuales a los cuales tenemos que estar sujetos, ya que la actual posición de la postería nos impedirá en cierta forma llegar a la meta propuesta.

Avenida 10 de Agosto:

Elaboraremos el proyecto, haciendo un ejemplo de cada calle, tomando en cuenta su importancia y factores físicos; luego como muchas calles son similares aplicaremos los resultados obtenidos en el estudio particular, iniciamos con la Avenida 10 de Agosto, nos imponemos algunos datos para ver a qué resultados llegamos, siguiendo las recomendaciones de las tablas de proyectos. Usamos los datos fotométricos comunes de la Figura 3-3.

Datos:

- Ancho de la calzada 14 metros.
- Iluminación a mantenerse 8.60 luxes.
- Separación de los postes del bordillo 0.30 metros.
- Longitud del brazo 2.40 metros.
- Altura de montaje 9.10 metros.
- Datos fotométricos Figura 3-3.

Buscar:

- Separación alterna (tresbolillo) necesaria para proveer la ilumi-

nación especificada.

- Separación opuesta necesaria para proveer la iluminación especificada.
- Uniformidad de iluminación.

Lámpara a usarse:

Aparato Tipo M-400. ASA/IES Tipo III. C715G002. G.E. Lámpara de 400 vatios, de mercurio, color corregido. H400A33-1. (H33-1CD).

Altura de instalación: 30-31 pies (9.10 - 9.50 metros)

Curva fotométrica: 221H462.

Factor de mantenimiento: 0.75

Solución:

Conocemos los luxes efectivos en la calzada a mantenerse y la anchura de la calle (A). Una vez determinado los valores de LU, FM, FT y FL, es fácil resolver la ecuación para hallar la separación media S.

El valor sugerido de FM de una lámpara de vapor de mercurio de 400 vatios en posición horizontal al final de su vida nominal es de 0.64. Como la luminaria no emplea lámparas fluorescentes, el factor de temperatura FT es 1.0. Obsérvese que el valor de la potencia nominal de la lámpara que aparece en los datos fotométricos es de 20.500 lúmenes. Sin embargo, es para la lámpara en posición vertical; aunque la lámpara trabaje en posición horizontal de esta luminaria. Por consiguiente para mayor exactitud el valor de FL es de:

$$FL = 19.500/20.500 = 0.95$$

Ahora hemos determinado todo excepto los lúmenes utilizados (LU). Esto se obtiene multiplicando el porcentaje de lúmenes reales

por la potencia de la lámpara dada en los datos fotométricos.

Ahora refiriéndonos al Plano 3-1; procedemos a calcular las relaciones necesarias:

Utilización en la calle.

Relación:

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de la calle)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{14.00 - (2.40 - 0.30)}{9.10}$$

$$= \frac{14.00 - 2.10}{9.10} = \frac{11.90}{9.10} = 1.31$$

Relación:

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de las casas)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{2.10}{9.10} = 0.23$$

De la curva de utilización de la Figura 3-3, sacamos que la relación 1.32; lado de la calle, corresponde a 47%; la relación 0.23; lado de las casas corresponde a 4.5%

$$\text{Total} = 47 + 4.5 = 51.5\%$$

Por lo tanto, los lúmenes utilizados de cada luminaria son:

$$\text{LU} = 20.500 \times 0.515 = 10.500 \text{ lúmenes}$$

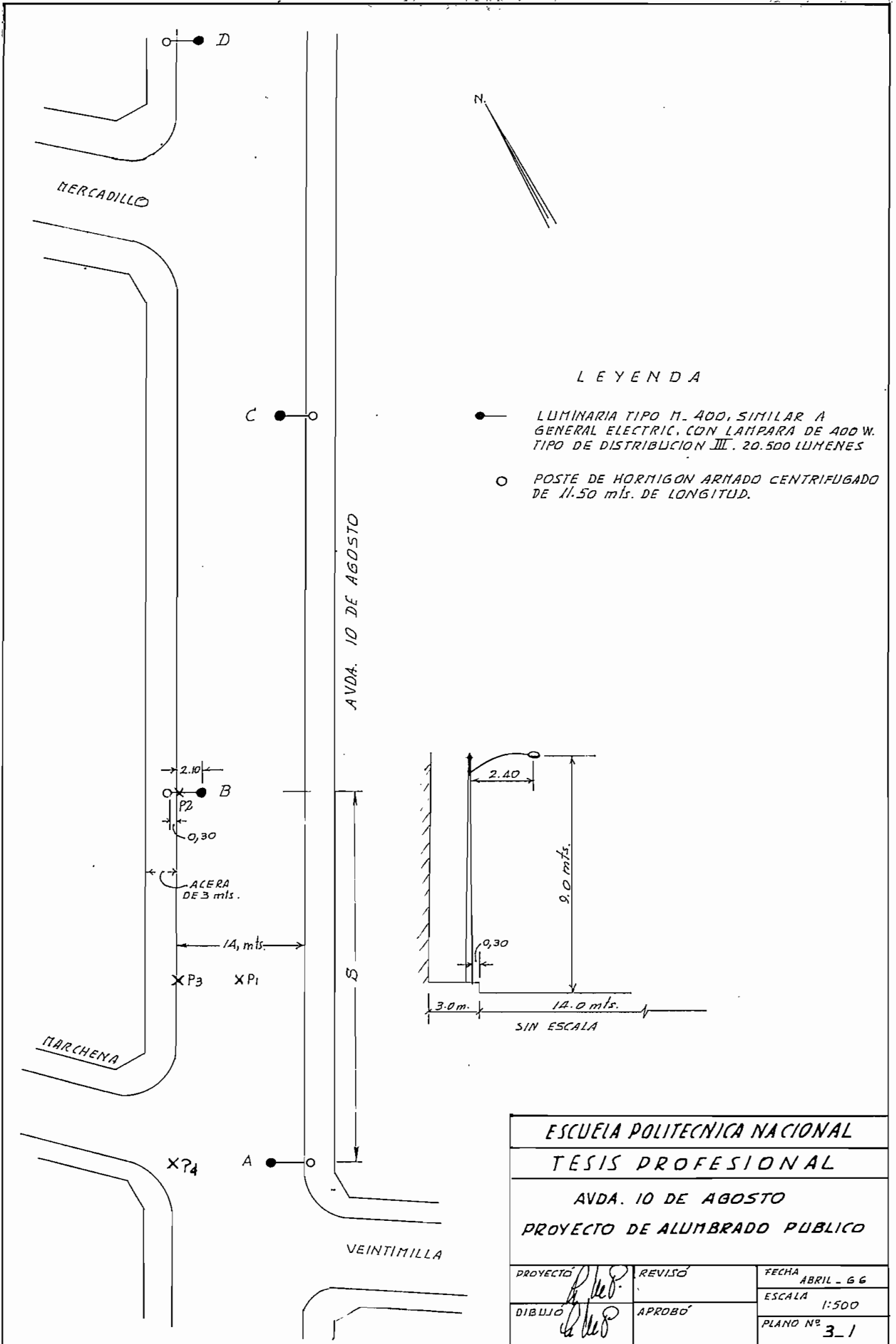
Llevando los lúmenes utilizados en la calle a la ecuación básica y resolviendo la misma obtenemos la separación media S

$$S = \frac{\text{LU} \times \text{FM} \times \text{FL}}{\text{A} \times \text{Lux}} = \frac{10.500 \times 0.64 \times 0.95}{14 \times 8.60} = \frac{6.400}{120} = 53 \text{ mts.}$$

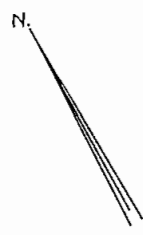
Si se prefiere la colocación opuesta por razones estéticas, la separación entre luminarias de cada uno de los lados será sencillamente:

$$53 \times 2 = 106 \text{ metros}$$

La separación que hemos obtenido para la disposición tresbolillo nos parece aceptable, sin embargo, por motivo de que en dichos



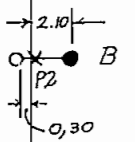
MERCADILLO



LEYENDA

- LUMINARIA TIPO M. 400, SIMILAR A GENERAL ELECTRIC, CON LAMPARA DE 400 W. TIPO DE DISTRIBUCION III. 20.500 LUMENES
- POSTE DE HORMIGON ARMADO CENTRIFUGADO DE 11.50 mts. DE LONGITUD.

AVDA. 10 DE AGOSTO



ACERA DE 3 mts.

14, mts.

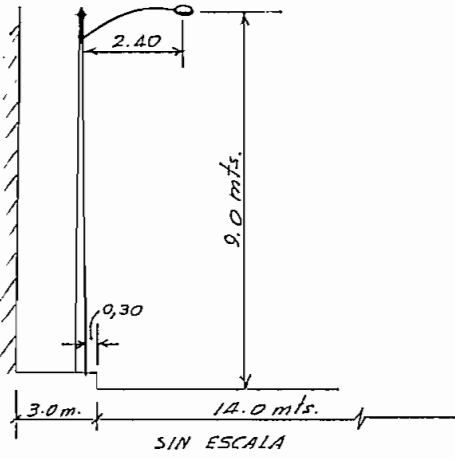
X P3 X P1

HARCHENA

X P4

A

VEINTIMILLA



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
AVDA. 10 DE AGOSTO		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO	REVISO	FECHA
		ABRIL - 66
DIBUJO	APROBO	ESCALA
		1:500
		PLANO N°
		3-1



postes se apoyarán las redes eléctricas de distribución, adoptamos una distancia no mayor de 40 metros, con lo cual aseguramos un mayor nivel de iluminación, aunque esto implique un gasto adicional.

Comprobamos cuáles son los luxes medios (mantenidos) en la calzada, con esta nueva condición:

$$\text{Luxes promedio} = \frac{10.500 \times 0.64 \times 0.95}{14 \times 40} = \frac{6.400}{560} = 11.40 \text{ lux}$$

En estas condiciones estamos con un 32.5% más alto que el valor original de 8,60 luxes.

Uniformidad: La uniformidad de iluminación se suele expresar por la relación:

$$\text{Iluminación} \frac{\text{Media}}{\text{Mínima}}$$

La media era de 8.60 luxes a la separación de 53 metros, alternada (11.40 luxes con espaciamiento de 40 metros). El punto de iluminación mínima se determina del diagrama de iluminación de la Figura 3-3. Está trazado en términos de las distancias transversales y longitudinales a la altura de montaje.

Se puede hallar la iluminación mínima estudiando el diagrama de iluminación y teniendo en cuenta las contribuciones de todas las luminarias. En general, el valor mínimo se encuentra en una línea equidistante entre dos luminarias consecutivas. Sin embargo, no siempre sucede esto, ya que depende de la geometría de la instalación y de la distribución del haz de la luminaria.

Con el fin de estar seguros de la situación del punto de iluminación mínima, conviene determinar todas las contribuciones apre-

ciables de las luminarias a los puntos  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  y  $P_4$ .

Para mayor sencillez, demos por supuesto que se ha comprobado del Plano N° 3-1 y que se ha encontrado la iluminación mínima en el  $P_4$  calculando primero las relaciones transversales y longitudinales de la siguiente manera: Refiriéndonos a la Figura 3-3, hallamos que la iluminación contribuida en luxes que corresponden a estas relaciones son:

Relación:*	Luminarias que contribuyen al Punto $P_4$			
	A	B	C	D
$\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}}$	1.31	-0.23	1.31	-0.23
$\frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de montaje}}$	0	4.40	8.80	13.20

\* Las relaciones transversales negativas significan "lado de las casas"

Luminaria Contribuyente	Iluminación en Luxes
A	12.70
B	0.17
C	--
D	--
TOTAL	12.87 luxes

Antes de poder usar este valor de 12.87 luxes para determinar la relación de uniformidad, habrá que multiplicarlo por los factores FL y FM como se hizo al calcular la separación requerida para proveer la iluminación media de 8.60 luxes:

$$12.87 \times 0.64 \times 0.95 = 7.84 \text{ de iluminación mínima.}$$

Por consiguiente la relación de uniformidad de media a mínima será:

$$\frac{11.40}{7.84} = 1.46 \text{ para separación alternada.}$$

Se puede comprobar que llegamos a idénticos resultados si tomamos cualquier otro punto diferente a  $P_4$ , basta con hacer las respectivas relaciones y referirnos a la curva de la Figura 3-3. Estos resultados están grafizados en el Plano N° 3-1.

#### Avenida 6 de Diciembre:

Seguimos el mismo método usado en la Avenida 10 de Agosto.

#### Datos:

- Ancho de la calzada 16.00 metros.
- Iluminación media a mantenerse 8.60 luxes.
- Separación de los postes del bordillo 0.30 metros.
- Longitud del brazo 2.40 metros.
- Altura de montaje 9.10 metros.
- Datos fotométricos, Figura 3-3.

#### Buscar:

- Separación alternada necesaria para proveer la iluminación especificada.
- Uniformidad.

#### Luminaria a utilizarse:

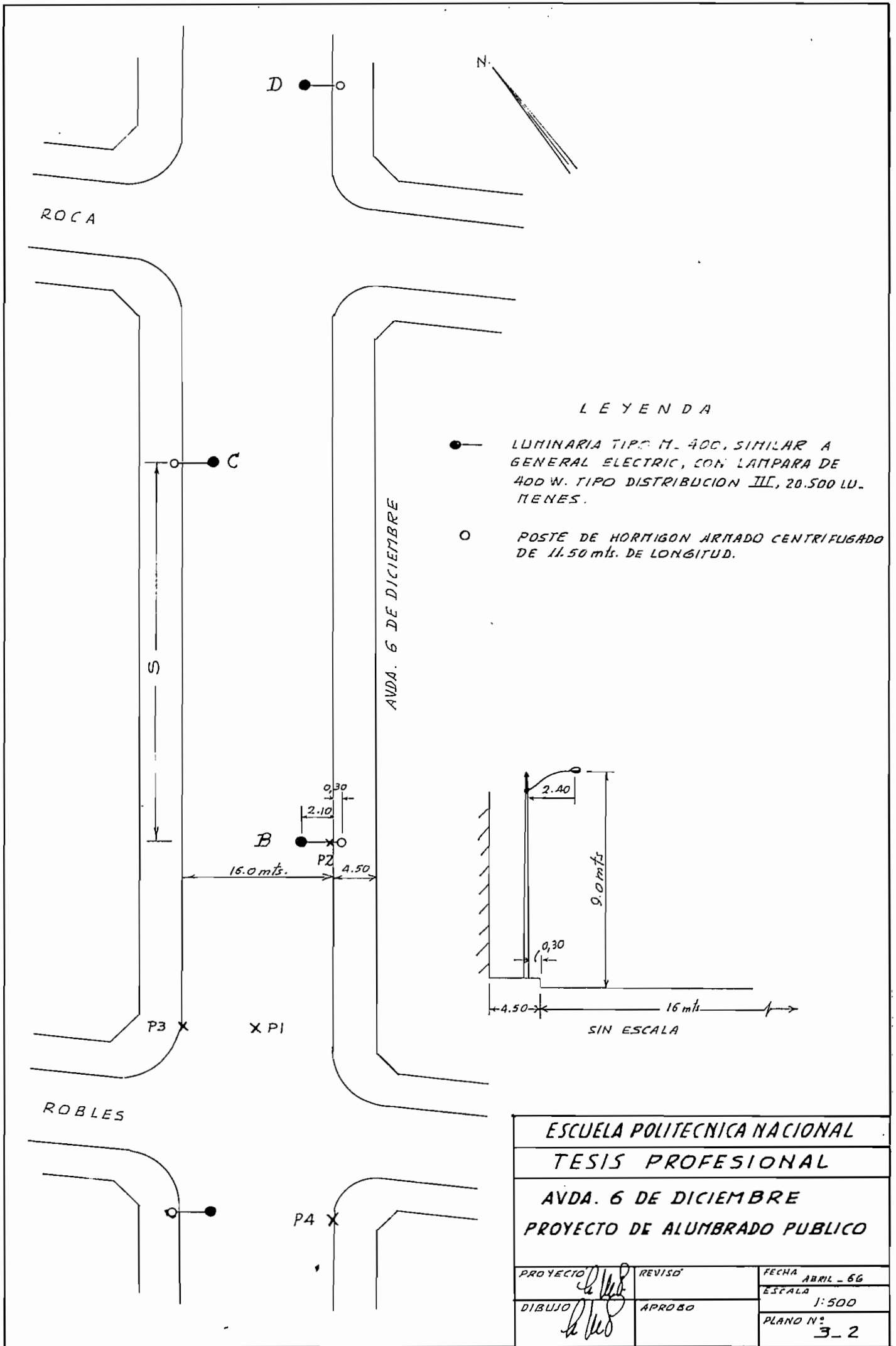
De las mismas características a la usada en la Avenida 10 de Agosto.

Ahora refiriéndonos al Plano N° 3-2, procedemos a calcular

las relaciones necesarias:

Utilización en la calle:

Relación:



ROCA

D



LEYENDA

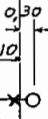
- LUMINARIA TIPO M-400, SIMILAR A GENERAL ELECTRIC, CON LAMPARA DE 400 W. TIPO DISTRIBUCION III, 20.500 LU. MENES.
- POSTE DE HORTIGON ARMADO CENTRIFUGADO DE 11.50 mts. DE LONGITUD.

AVDA. 6 DE DICIEMBRE

S

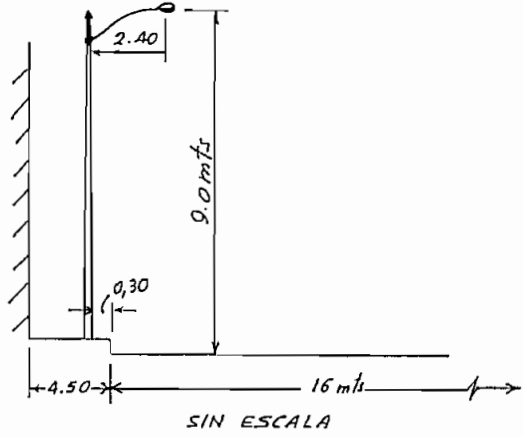
C

B



16.0 mts.

4.50



P3 X

X P1

ROBLES

P4 X

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
AVDA. 6 DE DICIEMBRE		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO	REVISO	FECHA ABRIL - 66
DIBUJO	APROBO	ESCALA 1:500
		PLANO N° 3-2

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de la calle)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{16.00 - (2.40 - 0.30)}{9.10}$$

$$= \frac{16.00 - 2.10}{9.10} = \frac{13.90}{9.10} = 1.52$$

Relación:

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de las casas)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{2.10}{9.10} = 0.23$$

De la curva de la Figura 3-3, obtenemos:

1.52, lado de la calle, corresponde a : 50%

0.23, lado de las casas, corresponde: 4.5%

Total 54.5%

$$LU = 20.500 \times 0.545 = 11.018 \text{ lúmenes}$$

Llevando los datos a la fórmula básica tenemos:

$$S = \frac{11.018 \times 0.64 \times 0.95}{16.00 \times 8.60} = \frac{6.800}{138} = 49.4 \text{ metros}$$

Adoptamos 40 metros por las razones expuestas en Avenida 10 de Agosto.

Uniformidad: Obtenemos las relaciones necesarias y nos referimos a la Figura 3-3.

Relación:

Luminarias que contribuyen al punto  $P_1$

	A	B	C	D
$\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}}$	0.65	0.65	0.65	0.65
$\frac{\text{Distancia longitudinal}}{\text{Altura de montaje}}$	2.20	2.20	6.6	11.00

Luminaria contribuyente

Iluminación en luxes

A 6.90

B 6.90

C --

Luminaria Contribuyente	Iluminación en luxes
D	--
Total	13.80 luxes
$13.80 \times 0.64 \times 0.95 = 8.4$	

Relación:

$$\frac{10.60}{8.40} = 1.26$$

Resultados Plano N° 3-2

Avenida Cristóbal Colón:

Datos:

- Ancho de la calzada: 7.50 - 1.50 - 7.50 metros.
- Nivel de iluminación: 8.60 luxes.
- Altura de montaje: 9.00 metros
- Longitud del brazo 2.40 metros.
- Postes en el andén central (0.75 mts. del bordillo)
- Datos fotométricos Fig. 3-3.
- Luminaria tipo M-400 de General Electric con lámpara de 250 vatios.

Buscar:

La separación necesaria entre postes para obtener el nivel deseado.

Solución: Calculamos las relaciones necesarias:

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de la calle)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{7.50 - (2.40 - 0.75)}{9} = 0.65$$

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de las casas)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{1.65}{9} = 0.184$$

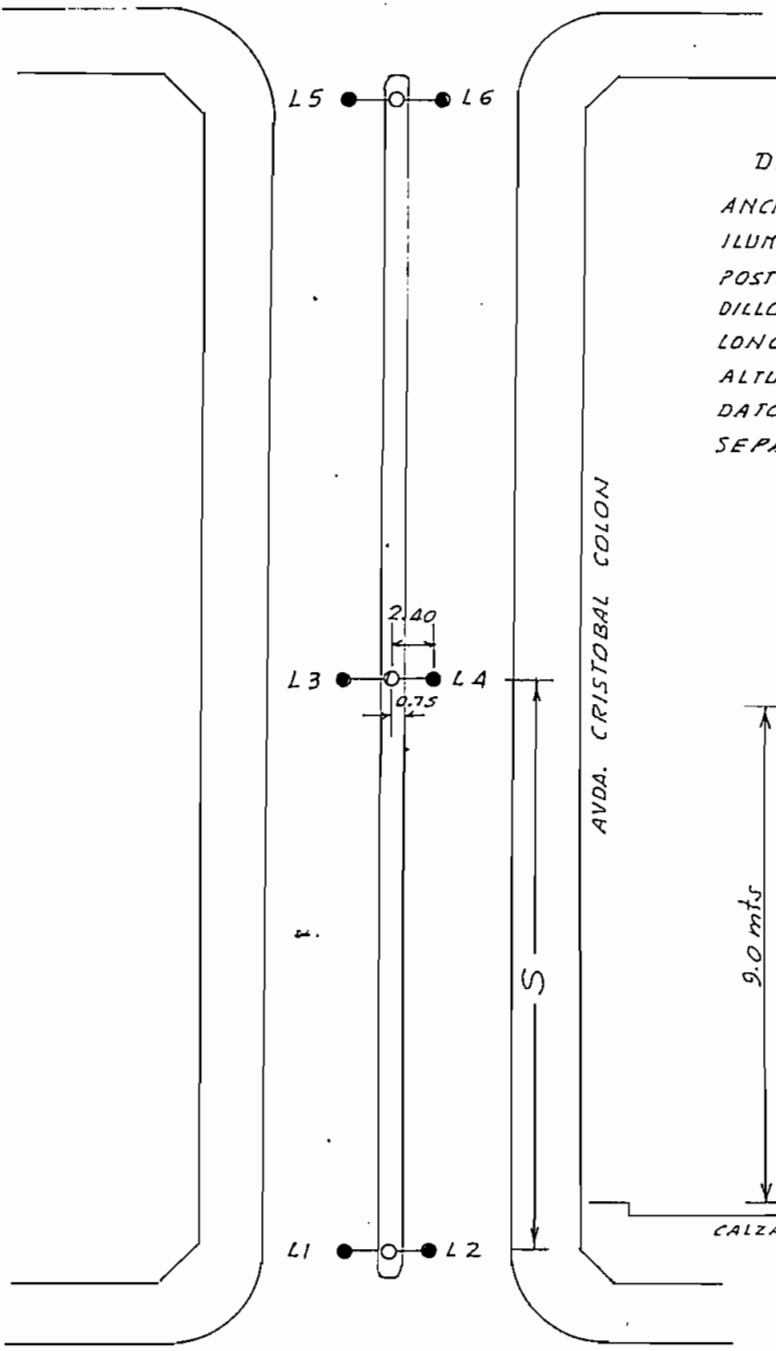
De la curva de utilización obtenemos que:

Relación: 0.65 (lado de la calle) equivale a: 28%

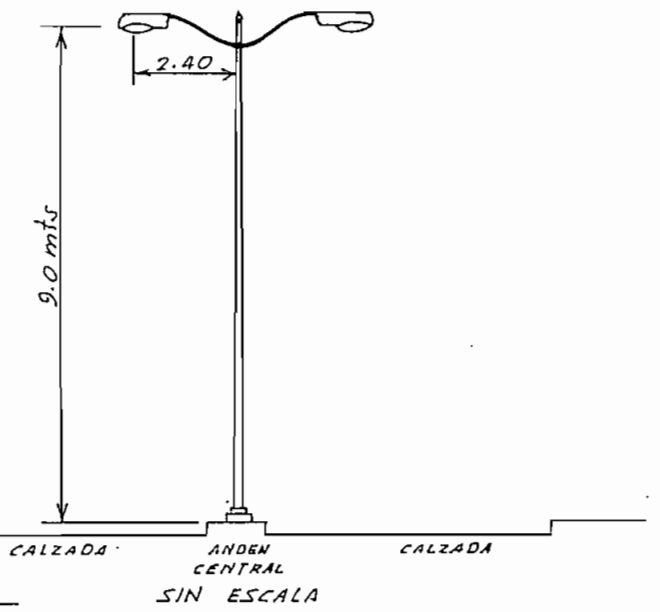
Relación: 0.18 (lado de las casas) equivale a: 6% Total: 34%



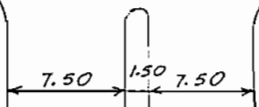
AVDA. AMAZONAS



DATOS DE LA INSTALACION  
 ANCHO DE LA CALZADA: 7.50-1.50-7.50 mts.  
 ILUMINACION MEDIA A MANTENERSE 8.60 LUXES  
 POSTES EN ANDEN CENTRAL (SEPARACION BOR-  
 DILLO 0.75)  
 LONGITUD DEL BRAZO 2.40 mts.  
 ALTURA DE MONTASE 9.0 mts.  
 DATOS FOTOMETRICOS FIG. 3-3  
 SEPARACION 40 mts.



J.L. MERA



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
AVDA. CRISTOBAL COLON		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO	REVISO	FECHA
<i>[Signature]</i>		MAYO-66
DIBUJO	APROBO	ESCALA
<i>[Signature]</i>		1:500
		PLANO N°
		3-3

$$LU = 20.500 \times 0.34 = 6.970 \text{ lúmenes}$$

Como la luminaria usa lámpara de 10.000 lúmenes, los valores obtenidos tenemos que multiplicar por la relación:

$$FL = 10.000/20.500 = 0.48$$

$$LU = 6.970 \times 0.48 = 3.345 \text{ lúmenes}$$

$$S = \frac{3.345 \times 0.64}{8.60 \times 7.50} = 33.17 \text{ metros.}$$

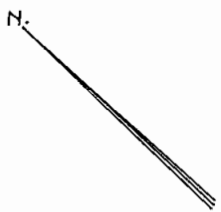
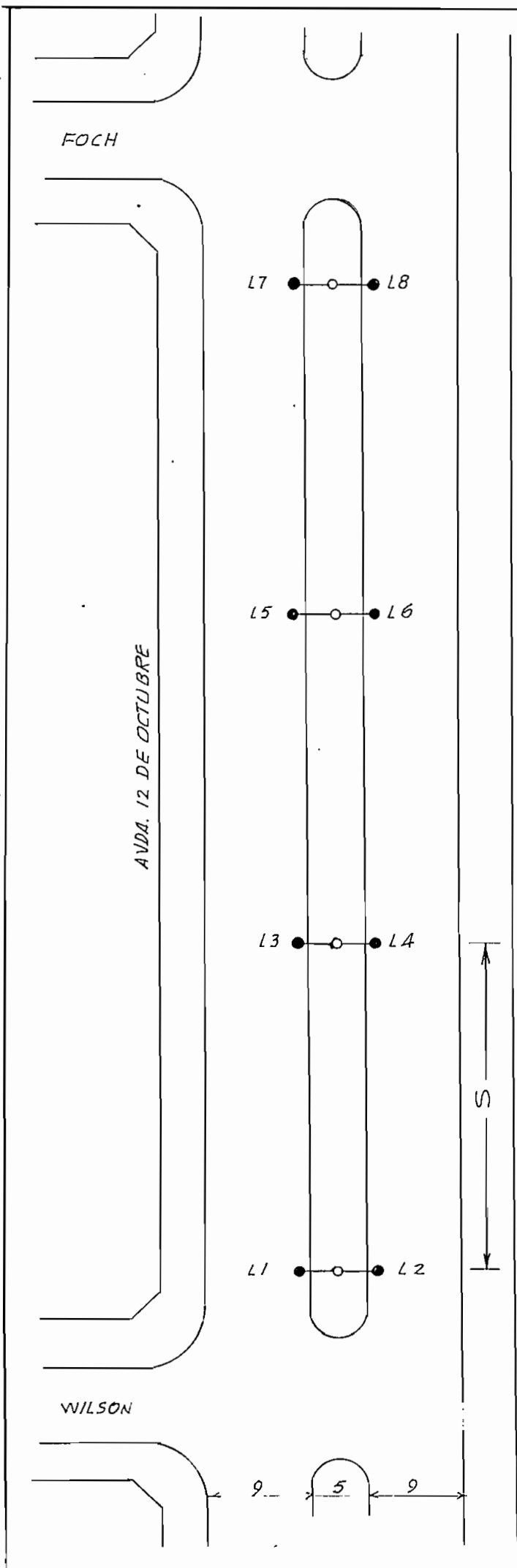
Esta distancia es para separación alterna, caso de preferir la separación unilateral la distancia será el doble; por razones de uniformidad en la ubicación de postería y para asegurar un mejor nivel de alumbrado en el presente proyecto y para el futuro, adoptamos la distancia de 40 metros. Más tarde, cuando las necesidades lo exijan subir el nivel de iluminación, se cambiarán las lámparas de 250 vatios por lámparas de 400 vatios.

#### Avenida 12 de Octubre y Avenida Patria:

De igual manera que en los casos anteriores se ha procedido con la Avenida 12 de Octubre y la Avenida Patria, por ser de iguales características que la Avenida Cristóbal Colón podemos aplicar los mismos resultados; solamente que, en la Avenida 12 de Octubre la distancia entre postes será de 30 metros ya que actualmente se encuentran instalados postes ornamentales de hormigón armado centrifugado de 10.50 metros de longitud, tipo NO de ETECO, hasta la intersección con la calle Madrid. Los postes en estas avenidas se instalarán en el andén central.

Inicialmente se usarán luminarias tipo M-400 de General Electric con lámparas de vapor de mercurio corregido de 250 vatios,





DATOS DE LA INSTALACION

ANCHO DE LA CALZADA 9.59 mts.  
 NIVEL DESEADO 8.60 LUXES.  
 ALTURA DE MONTAJE 9 mts.  
 LONGITUD DEL BRAZO 2.40 mts.  
 POSTES EN ANDEN CENTRAL 2.50 mts  
 DEL BORDILLO  
 DATOS FOTOMETRICOS FIG. 3-3

RESULTADOS OBTENIDOS

USANDO LUMINARIAS TIPO  $\pi$ -400 DE GENERAL ELECTRIC, CON LAMPARA DE 250 W., Y SIENDO LA SEPARACION DE POSTES DE 30 mts., OBTENEMOS UN NIVEL MEDIO DE ILUMINACION DE 10.80 LUXES.  
 USANDO LAMPARAS DE 400 W. LLEGAMOS A UN NIVEL DE 21.50 LUXES.  
 (BASADOS EN UN FACTOR DE MANTENIMIENTO DE 0.64)

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
AVDA. 12 DE OCTUBRE		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO	REVISOR	FECHA MAYO-66
DIBUJO	APROBADO	ESCALA 1:500
		PLANO N° 3-4

9 DE OCTUBRE



AVDA. PATRIA

L5 ● ○ ● L6

L3 ● ○ ● L4

L1 ● ○ ● L2

5

AVDA. RIO AMAZONAS

ANCHO DE LA CALZADA 8-6-8 mts.  
 NIVEL DESEADO 8.60 LUXES  
 ALTURA DE MONTAJE 9 mts.  
 LONGITUD DEL BRAZO 2.40 mts.  
 POSTES EN ANDEN CENTRAL 3 mts. DEL BORDILLO  
 DATOS FOTOMETRICOS USADOS FIG: 3-3

RESULTADOS OBTENIDOS

CON LUMINARIA H. 400 Y LAMPARA DE 250 W. LA SEPARACION MAXIMA RESULTA SER 47 mts. (ADOPTAMOS 40 mts. CON LO CUAL EL NIVEL A MANTENERSE SERA DE 10.00 LUXES)  
 CON LAMPARA DE 400 W. TENDREMOS UN NIVEL MEDIO DE 15 LUXES.  
 ( $F\pi = 0.60$ )

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
AVDA. PATRIA		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO	REVISÓ	FECHA
<i>D. L. O.</i>		HAYO-64
DIBUJO	APROBÓ	ESCALA
<i>D. L. O.</i>		1:500
		PLANO N°
		3-5

en el futuro se procederá a cambiar la lámpara a 400 vatios.

Avenida Río Amazonas:

En estas calles donde nos está impuesta la separación entre postes, tenemos que comprobar si llegamos a obtener el nivel deseado; exponemos a continuación el método seguido, el mismo que hemos usado en las otras calles y cuyos resultados se han resumido en los planos adjuntos.

Datos:

- Ancho de la calzada: 12.00 metros.
- Altura de montaje 7.50 a 7.60 metros.
- Distancia entre postes: 35 metros (unilateral)
- Luminaria M-400 con lámpara de 250 vatios.
- Nivel deseado: 6.45 luxes.
- Brazo de 1.80 metros.
- Datos fotométricos, Figura 3-3.

Relaciones:

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de la calle)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{12.00 - (1.80 - 0.30)}{7.50} = 1.40$$

$$\frac{\text{Distancia transversal (lado de las casas)}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{1.50}{7.50} = 0.20$$

Estas relaciones corresponden a 48 y 4% respectivamente, total 52%.

$$LU = 20.500 \times 0.52 = 10.666 \text{ lúmenes}$$

Usamos el factor de la lámpara:

$$FL = 10.000/20.500 = 0.48$$

$$\text{Lux} = \frac{LU \times FL \times FM}{A \times S} = \frac{10.666 \times 0.48 \times 0.64}{12 \times 35} = 7.80 \text{ Lux}$$

Como los datos fotométricos usados son para una altura de

montaje de 9 metros, tenemos que aplicar un nuevo factor de corrección:

$$\text{Factor de corrección} = \frac{(am)^2}{(AM)^2} = \frac{9^2}{7.50^2} = \frac{81}{56.25} = 1.44$$

Entonces el nivel de iluminación a mantenerse será de:

$$7.80 \times 1.44 = 11.23 \text{ luxes}$$

A continuación adjuntamos los planos de algunas calles tipos, en ellos se anotan las condiciones de la instalación y los resultados esperados.

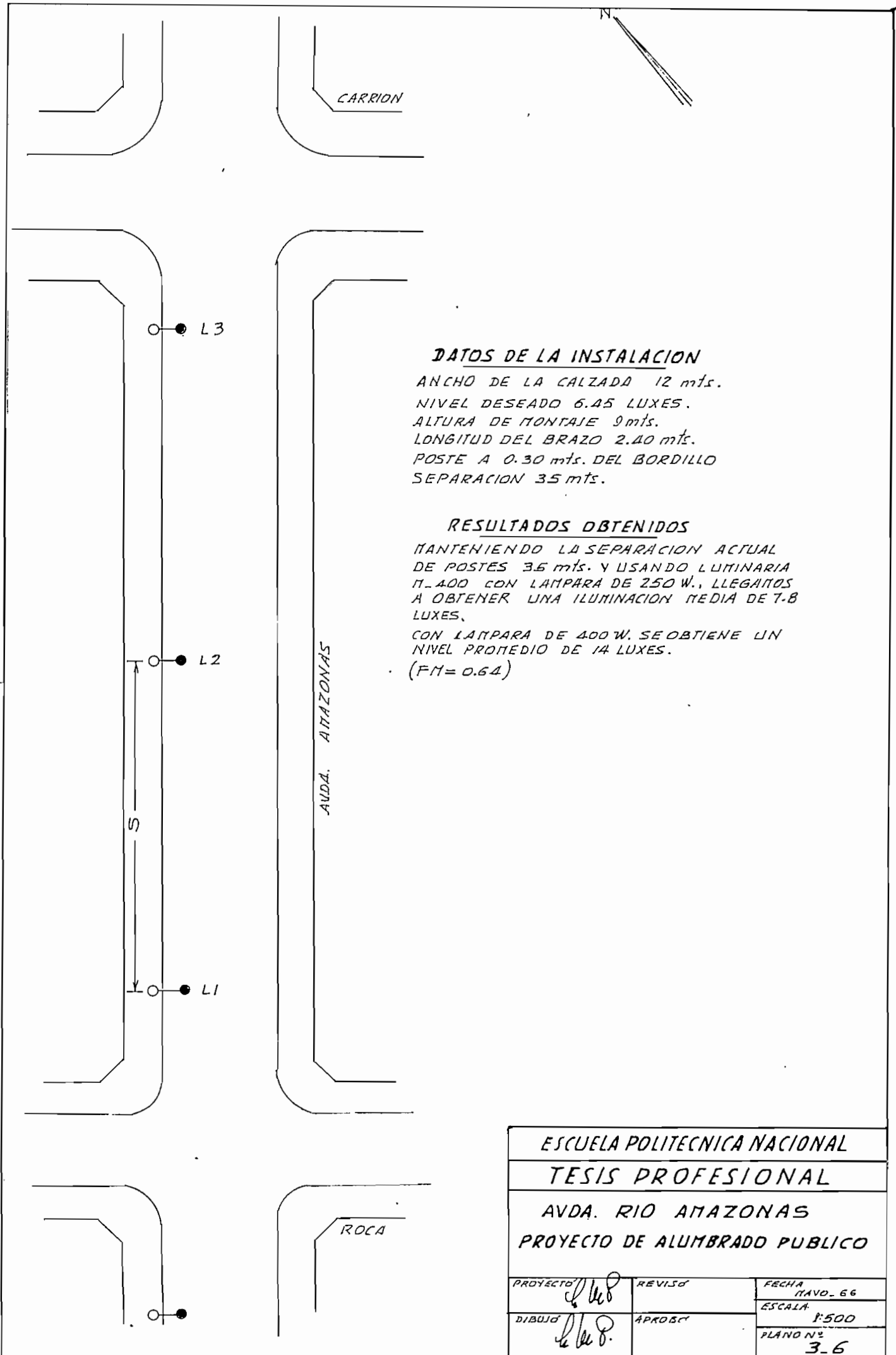
En el Capítulo IV, punto 3, cuando preparemos los cuadros respectivos; se incluirá el plano completo del sector con el proyecto de alumbrado, el tipo de control y los respectivos diagramas eléctricos unifilares.

#### CONDICIONES QUE REQUIEREN ESPECIAL CONSIDERACION:

Frecuentemente se presentan situaciones especiales debido a condiciones físicas, tales como obstrucciones, gradas, postes existentes, o vías fuera de uso y áreas adyacentes, árboles, etc, que requieren especial consideración en la elaboración del plan de iluminación. Solamente por inspecciones o pruebas en el campo estas situaciones pueden ser resueltas de manera favorable. Estas situaciones podemos resumirlas así:

##### Intersecciones, Cruces:

La práctica preferida es colocar las luminarias en la receta un poco más lejos de la intersección del punto de vista del conductor. En intersecciones en "T", es usual localizar la luminaria en el punto o-



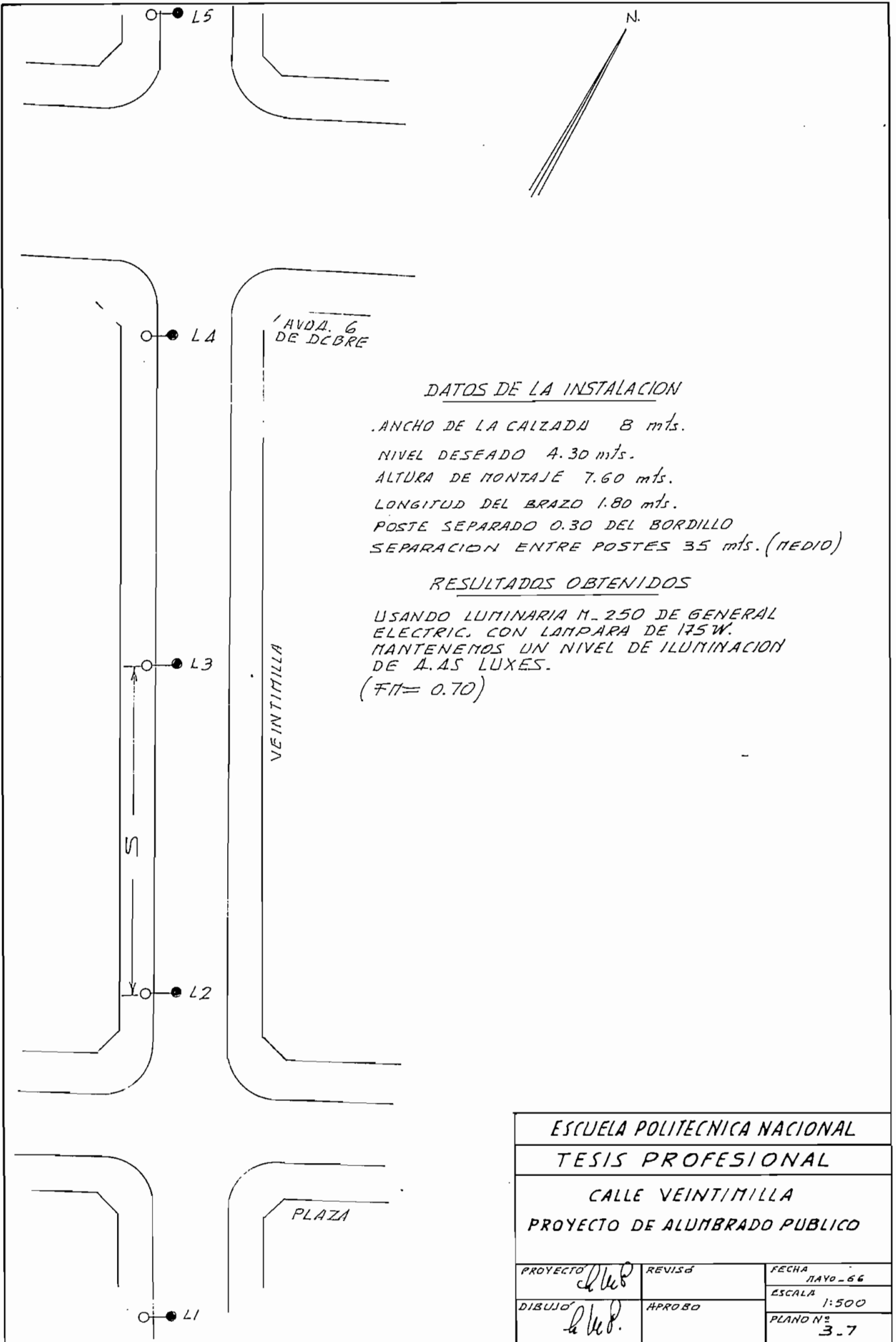
**DATOS DE LA INSTALACION**

ANCHO DE LA CALZADA 12 mts.  
 NIVEL DESEADO 6.45 LUXES.  
 ALTURA DE MONTAJE 9 mts.  
 LONGITUD DEL BRAZO 2.40 mts.  
 POSTE A 0.30 mts. DEL BORDILLO  
 SEPARACION 35 mts.

**RESULTADOS OBTENIDOS**

MANTENIENDO LA SEPARACION ACTUAL DE POSTES 35 mts. Y USANDO LUMINARIA T-400 CON LAMPARA DE 250 W., LLEGAMOS A OBTENER UNA ILUMINACION MEDIA DE 7.8 LUXES.  
 CON LAMPARA DE 400 W. SE OBTIENE UN NIVEL PROMEDIO DE 14 LUXES.  
 (FM = 0.64)

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
AVDA. RIO AMAZONAS		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO <i>[Signature]</i>	REVISOR	FECHA MAYO-66
DIBUJO <i>[Signature]</i>	APROBADO	ESCALA 1:500
		PLANO N° 3-6



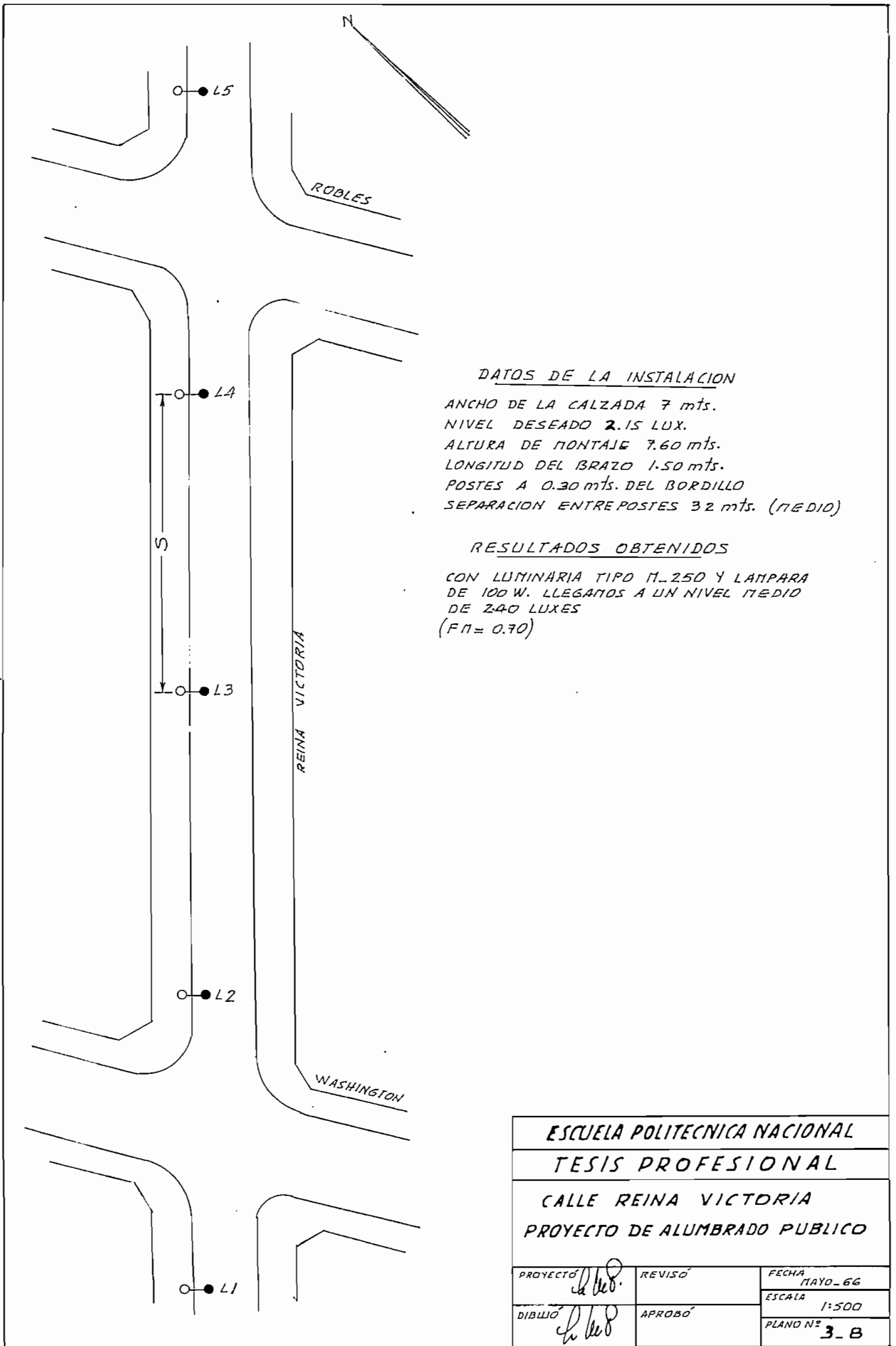
DATOS DE LA INSTALACION

ANCHO DE LA CALZADA 8 mts.  
 NIVEL DESEADO 4.30 mts.  
 ALTURA DE MONTAJE 7.60 mts.  
 LONGITUD DEL BRAZO 1.80 mts.  
 POSTE SEPARADO 0.30 DEL BORDILLO  
 SEPARACION ENTRE POSTES 35 mts. (MEDIO)

RESULTADOS OBTENIDOS

USANDO LUMINARIA M. 250 DE GENERAL  
 ELECTRIC. CON LAMPARA DE 175W.  
 MANTENEMOS UN NIVEL DE ILUMINACION  
 DE 4.45 LUXES.  
 (FI= 0.70)

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
CALLE VEINTIMILLA		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO <i>h. u. p.</i>	REVISÓ	FECHA MAYO - 66
DIBUJO <i>h. u. p.</i>	APROBO	ESCALA 1:500
		PLANO N° 3.7



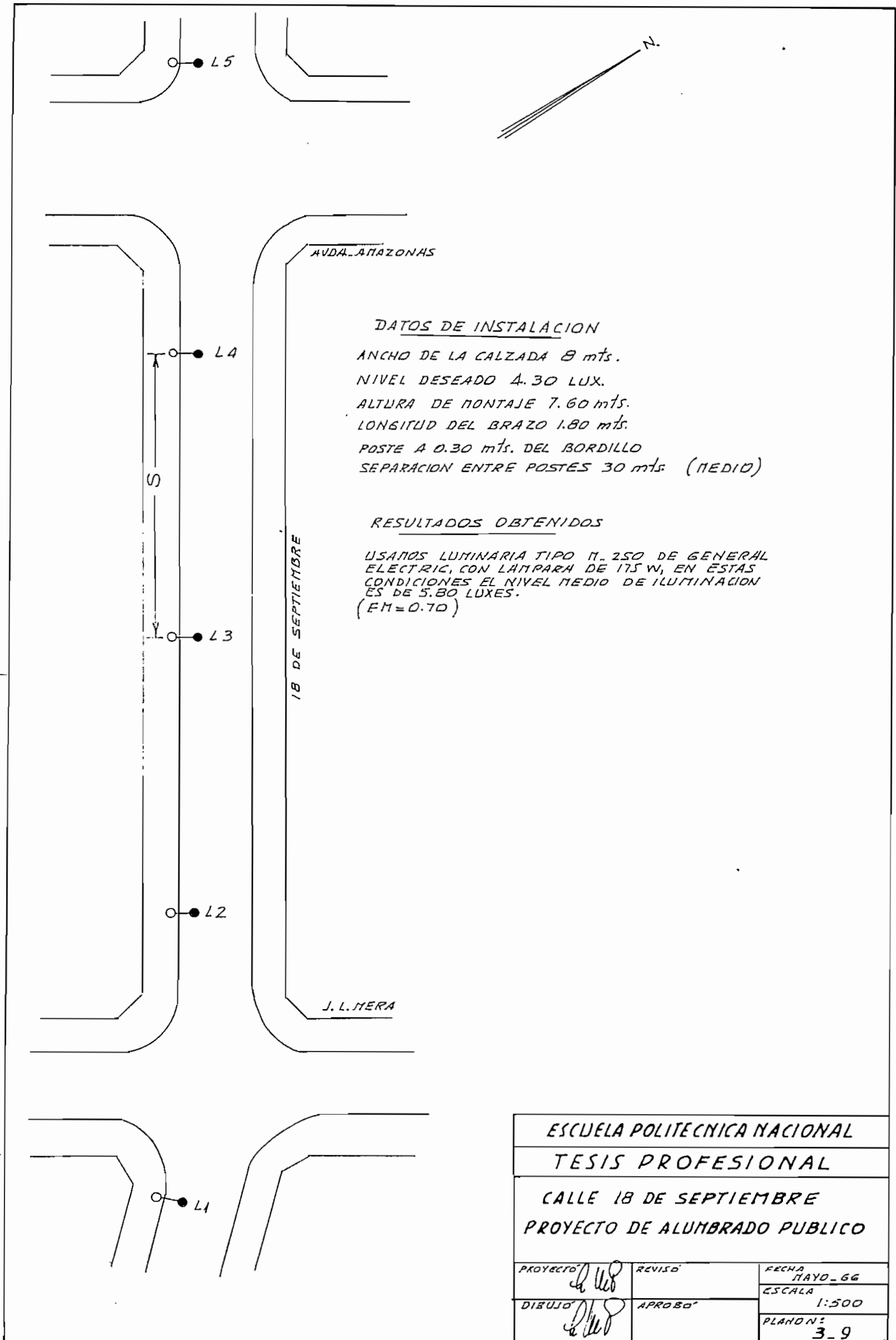
DATOS DE LA INSTALACION

ANCHO DE LA CALZADA 7 mts.  
 NIVEL DESEADO 2.15 LUX.  
 ALTURA DE MONTAJE 7.60 mts.  
 LONGITUD DEL BRAZO 1.50 mts.  
 POSTES A 0.30 mts. DEL BORDILLO  
 SEPARACION ENTREPOSTES 32 mts. (MEDIO)

RESULTADOS OBTENIDOS

CON LUMINARIA TIPO M-250 Y LAMPARA  
 DE 100 W. LLEGAMOS A UN NIVEL MEDIO  
 DE 240 LUXES  
 ( $F\eta = 0.70$ )

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
CALLE REINA VICTORIA		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO <i>[Signature]</i>	REVISO	FECHA MAYO-66
DIBUJO <i>[Signature]</i>	APROBO	ESCALA 1:500
		PLANO N° 3-8



DATOS DE INSTALACION

ANCHO DE LA CALZADA 8 mts.  
 NIVEL DESEADO 4.30 LUX.  
 ALTURA DE MONTAJE 7.60 mts.  
 LONGITUD DEL BRAZO 1.80 mts.  
 POSTE A 0.30 mts. DEL BORDILLO  
 SEPARACION ENTRE POSTES 30 mts. (MEDIO)

RESULTADOS OBTENIDOS

USAMOS LUMINARIA TIPO N. 250 DE GENERAL ELECTRIC, CON LAMPARA DE 175 W, EN ESTAS CONDICIONES EL NIVEL MEDIO DE ILUMINACION ES DE 5.80 LUXES.  
 (EM=0.70)

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
TESIS PROFESIONAL		
CALLE 18 DE SEPTIEMBRE		
PROYECTO DE ALUMBRADO PUBLICO		
PROYECTO <i>[Signature]</i>	REVISO	FECHA MAYO-66
DIBUJO <i>[Signature]</i>	APROBO	ESCALA 1:500
		PLANO N° 3-9



puesto de intersección. Cuando dos calles de tráfico de vehículos se interseptan, es preferido iluminar cada calle como si la intersección no existiera, el resultado es que hay un doble de iluminación en la unión, como es recomendado por la ASA.

Es muy frecuente a veces encontrar una calle principal y otra secundaria unidas por una calle angosta o callejón, en tal caso habrá que disponer diferentes tipos de luminarias y su colocación.

#### Colinas y Curvas:

Las curvas son particularmente peligrosas. Cuando el radio de curvatura es pequeño quizás resulte mejor acortar la distancia entre postes, si el radio de curvatura es lo suficientemente largo se podrá mantener igual separación que en los tramos rectos, cuidando siempre de guiar al conductor, esto es colocar las luminarias en la parte exterior de la curva.

No se olvide de que en colinas y en algunas calles con pendientes, habrá que disponer la luminaria, de tal manera que los rayos luminosos vengán a caer perpendicularmente a la calzada.

En calles que alfuyen a una vía principal de congestión o aglomeraciones, la disposición que damos en el ejemplo puede servir de guía en los proyectos de alumbrado, sin dejar de preocuparnos por los niveles recomendados y además mantener uniformidad en la iluminación de la calzada.

#### Influencia de los Arboles:

Los sistemas de alumbrado de calles y vías deben ser adoptados a la disposición de los árboles que hay en ellas. Algunas calles

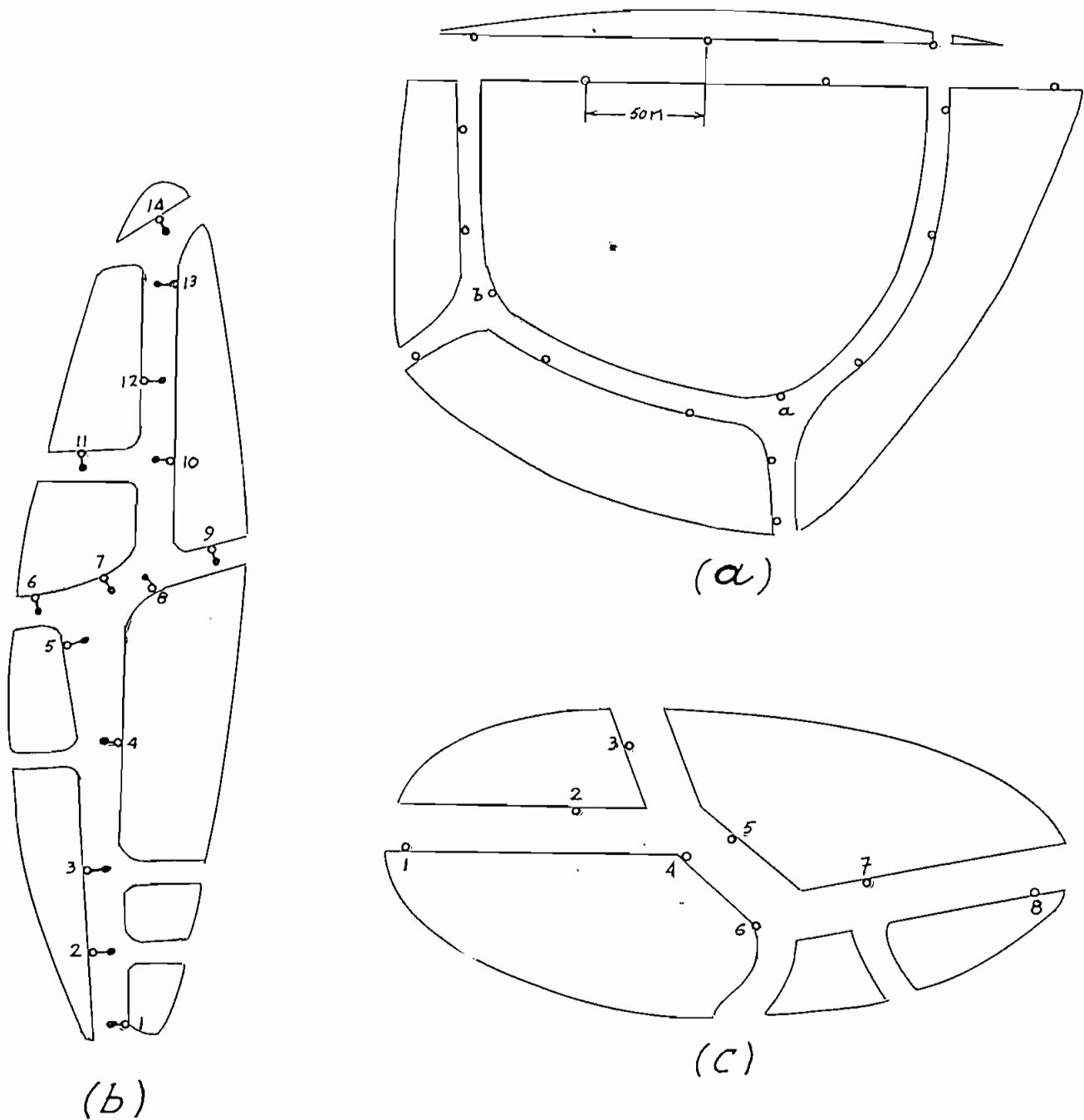
poseen árboles cuyas ramas inferiores son suficientemente altas para que se puedan disponer focos luminosos, teniendo solamente en cuenta la sombra proyectada por los troncos. En otras calles los árboles tienen tan bajas sus ramas que es necesario situar las luminarias fuera de la línea de ellos, para que su ramaje no produzca sombras perjudiciales.

En algunos casos cuando por distintos factores no sea posible alejar suficientemente la luminaria de los árboles, estos se podarán con cierta frecuencia de tal manera que se puedan evitar en lo posible las sombras. En la figura adjunta, exponemos un caso concreto y una guía para la poda de árboles de acuerdo al ángulo vertical de distribución de la luz o cono de máxima iluminación, a la altura de montaje y a la distancia entre el árbol y la luminaria.

Detalles de estas situaciones especiales pueden visualizarse, en las Figuras 3-7, 3-8 y 3-9 adjuntas.

#### Iluminación de Parques y Plazas:

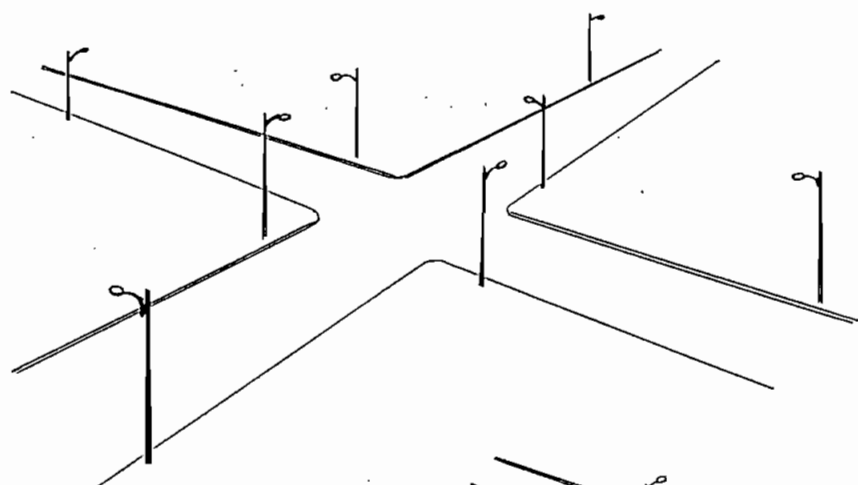
El nivel de iluminación mínimo que se recomienda para un parque dependerá naturalmente de la función que haya de llenar. Por ejemplo, si se quiere luz nada más que para poder ver, se requerirá menos iluminación que allí donde los comercios justifiquen un nivel más alto para atraer a la gente. Damos a continuación una tabla que sugiere niveles de iluminación en zonas de diferentes funciones.



EN LAS CALLES QUE AFLUYEN A UNA VIA PRINCIPAL DE CONGESTION O ABLONERACIONES. LA DISPOSICION INDICADA EN LAS FIGURAS: A, B Y C PUEDE SERVIR DE GUIA EN LOS PROYECTOS DE ALUMBRADO DE CALLES

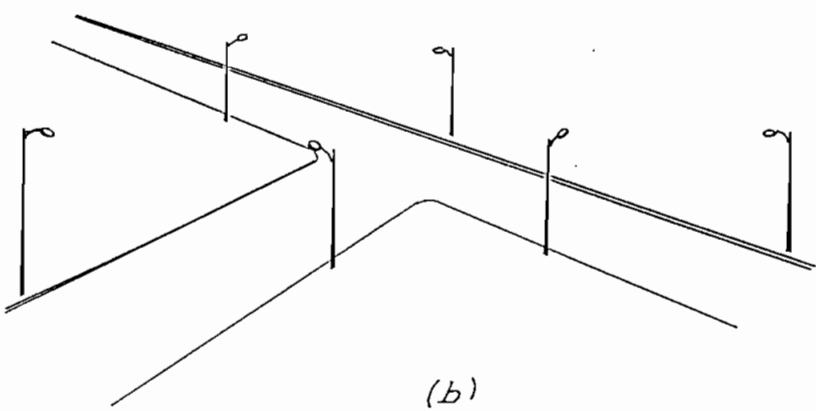
FIG: 3-7

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
TESIS PROFESIONAL	
UBICACION DE LUMINARIAS EN CRUCES Y CALLES QUE AFLUYEN A VIAS PRINCIPALES	
FECHA: MAYO-66	<i>E. Maresano</i>



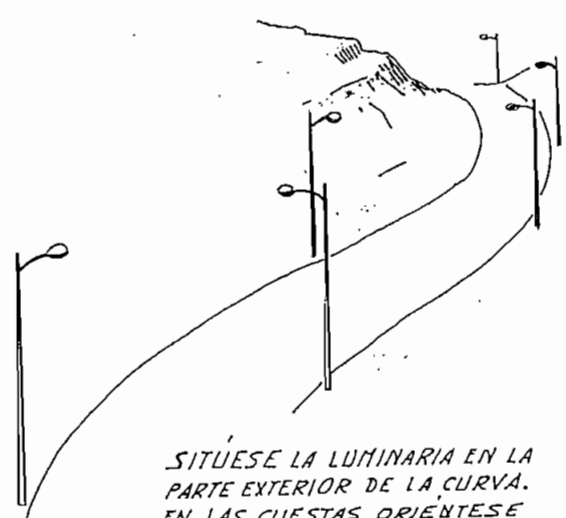
SITÚESE LA LUMINARIA PASADO EL CRUCE

(a)

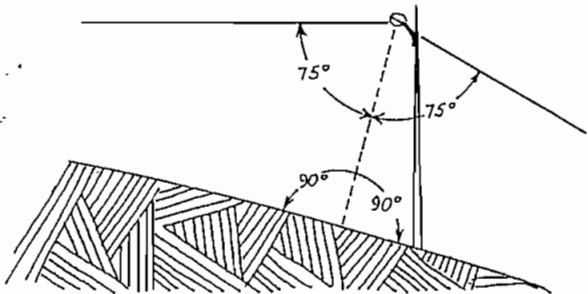


EN EL CRUCE EN "T" SITÚESE LA LUMINARIA ENFRENTA DE LA CALLE QUE AFLUYE

(b)



SITÚESE LA LUMINARIA EN LA PARTE EXTERIOR DE LA CURVA. EN LAS CUESTAS ORIENTESE LA LUMINARIA PARA QUE QUEDE PARALELA A LA CUESTA.

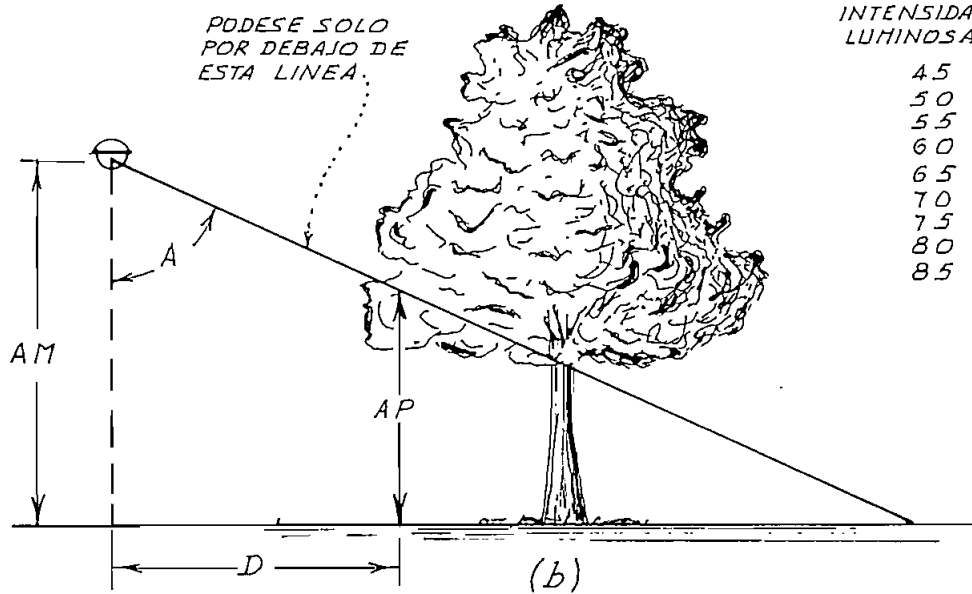
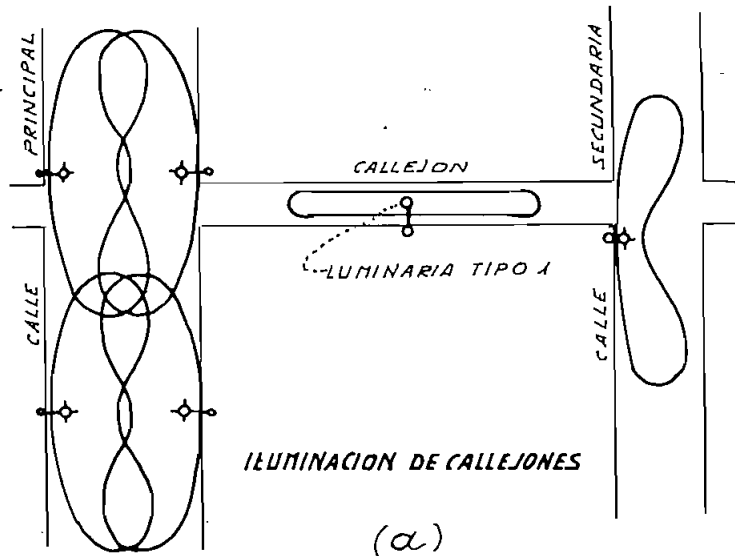


EFECTO DE INCLINACION EN LA CUESTA.

(c)

FIG. 3-8

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
TESIS PROFESIONAL	
UBICACION DE LUMINARIAS EN CRUCES Y CUESTAS	
FECHA: MAYO 1.966	<i>R. Bauzano</i>



CONO DE MAXIMA INTENSIDAD LUMINOSA	K
4.5	1.000
5.0	0.839
5.5	0.701
6.0	0.577
6.5	0.466
7.0	0.364
7.5	0.268
8.0	0.177
8.5	0.088

$AP = AM - KD$  en que:  $AP$  = Altura de poda  
 $AM$  = Altura de montaje de la luminaria  
 $K$  = constante de la tabla ( $= \frac{1}{\tan A}$ )  
 $D$  = distancia horizontal de la luminaria a la rama  
 $A$  = cono de máxima intensidad luminosa

**GUIA DE PODA DE ARBOLES**

FIG. 3-9

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL  
 ILUMINACION DE CALLEJONES  
 Y GUIA DE PODA DE ARBOLES

FECHA: MAYO 1, 1966

*H. Maurano*

T A B L A 3 - 5

<u>Tipo de parque</u>	<u>Iluminación media horizontal (mínima)</u>
En servicio ocasional, tal como fin de semana o funciones religiosas . . . . .	5 Lux
Parque comercial de autoestacionamiento	10 Lux
Centro de compras en lugar sin competencia . . . . .	20 Lux
Centro de compras en lugar de competencia . . . . .	40 Lux

Suponiendo que el área a iluminar es pequeña, se pondrán las luminarias en el perímetro. Se debe evitar en lo posible colocar los postes en las zonas activas, para que no estorben el tráfico de vehículos y peatones. Si el área fuese de tal extensión que no se puede seguir las reglas de separación con respecto a la altura sin colocar postes en la zona activa, se colocarán los postes encima de pedestales de hormigón para que los vehículos no dañen el alumbrado ni a sí mismos.

Uno de los métodos de calcular niveles de iluminación, cantidad y puntos del equipo luminoso sería, naturalmente, seguir el procedimiento para calzadas, no sólo subdividir el área en largos y estrechos corredores. La aplicación de datos fotométricos, separaciones, alturas de montaje y del procedimiento general sería exactamente la misma, teniendo en cuenta como es natural que el "lado de las casas" y el "lado de la calzada" de una luminaria podrían muy bien abarcar varias "calzadas".

De los métodos comunmente usados son el de "vatios por pie cuadrado" y el de "pies cuadrados por luminaria".

### Método de Vatios por Pie Cuadrado:

Se trata, en el mejor de los casos de una aproximación, pero es aplicable en la mayoría de los casos. En este método abreviado, se supone que todas las luminarias, no importa la altura de montaje y el área iluminada, son de la misma eficiencia, factores de utilización y factores de corrección de temperatura ambiente. Naturalmente que no lo son.

La Figura 3-10 muestra un ejemplo de la utilización de este método.

Supongamos que se trata de iluminar un parque de estacionamiento de centro de compras de 200 x 400 pies (60 x 120 metros) a 5 bujías-pies (50 luxes) con lámparas de mercurio de 100 vatios. La Figura 3-10, muestra que se necesitan 0.25 vatios de mercurio por pie cuadrado, por lo que:

$$\text{Vatios} = 0.25 \times 200 \times 400 = 20.000 \text{ vatios}$$

Por consiguiente, se requerirán 20 lámparas de 1.000 vatios. Se comprenderá que si una luminaria usara más de una lámpara, se necesitarán menos luminarias.

### Método de los Pies Cuadrados por Luminaria:

La Figura 3-11, muestra un gráfico de bujías-pies con relación a pies cuadrados por luminaria. Está basada en los datos fotométricos de la General Electric Powerglow, tipo A-4000.

En el ejemplo mencionado anteriormente se necesitan 5 bujías-pies para 80.000 pies cuadrados. Del gráfico se deduce que se requiere una lámpara Powerglow por cada 14.000 pies cuadrados, lo

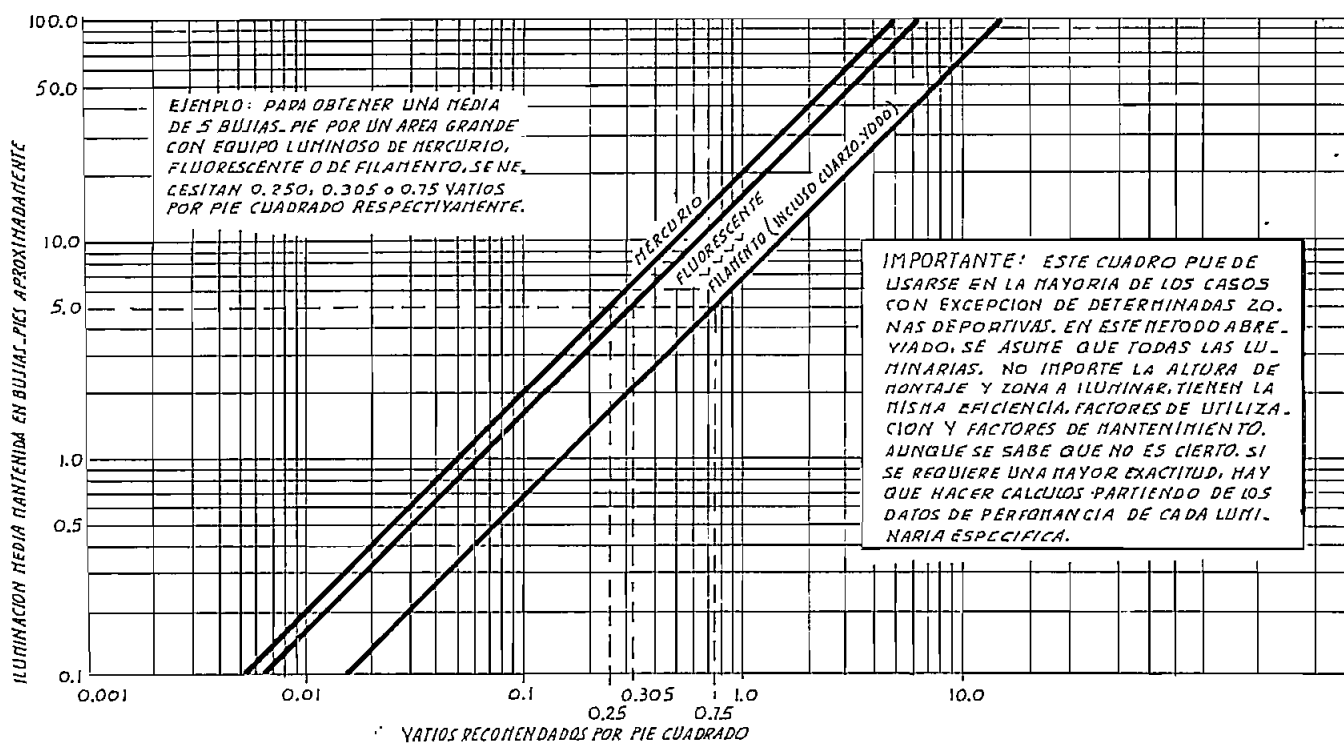


FIG. 3-10

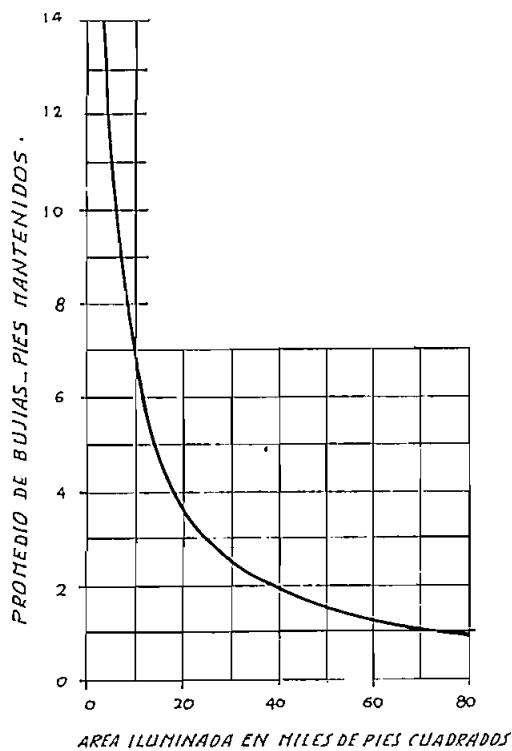


FIG. 3-11

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
TESIS PROFESIONAL

ILUMINACION DE PARQUES Y PLAZAS  
METODO DE PIES CUADRADOS POR LUMINARIA Y WATIOS POR PIE CUADRADO

FECHA: MAYO 1.966

*[Signature]*



que supone un total de:  $80.000/14.000 = 5.7$  lámparas luminosas Power-glow.

Este segundo método se basa en el rendimiento de una luminaria dada y sobre el factor de mantenimiento de 0.72 en este caso específico. El ejemplo anterior nos da una idea de la diferencia que se puede esperar entre los resultados obtenidos por el método de vatios por pie cuadrado y el de pies cuadrados por luminaria. Otras luminarias, de las empleadas en este ejemplo, con factores de mantenimiento, altura de montaje, distintos, etc, nos darían probablemente resultados diferentes.

#### ALUMBRADO DE FACHADAS DE EDIFICIOS:

El objeto de este estudio es dar breves ideas para el alumbrado de fachadas, ya que este capítulo puede constituir por sí solo un motivo de tema para una tesis profesional; seré breve en exponer los motivos, métodos y algunas recomendaciones que serán de utilidad para aquel que enfrente el problema.

El alumbrado de la parte externa de los edificios puede, obedecer a dos fines: o bien para realizar una propaganda, o simplemente para adornar la ciudad haciendo destacar la belleza de un edificio público. En cuanto al primer motivo, no hay duda de que un edificio que por la noche destaca espléndidamente iluminado sobre el fondo oscuro que lo rodea consigue llamar poderosamente la atención del público, cuya natural curiosidad no quedará satisfecha hasta indagar de qué establecimiento se trata, con lo que la casa propietaria del mismo adquiere gran popularidad. Respecto al segundo motivo, es muy plausible que la belleza de un edificio o monumento público, de la cual se enorgulle-

cen justamente los ciudadanos, en vez de limitarse a ser contemplado durante el día, puede ser admirado en la noche, contribuyendo de esta manera, a dar buen aspecto a la ciudad.

Para esta clase de iluminación se usan corrientemente los proyectores situados a una distancia conveniente y enviando sus potentes haces luminosos, suministrados por focos de luz de gran concentración, en direcciones bien determinadas.

La intensidad de iluminación que es preciso adoptar para que se obtenga el resultado deseado depende en gran manera del color del edificio y de la iluminación de los objetos que lo rodean.

Procedimiento a seguirse:

- a. Determinar el efecto deseado.
- b. Determinar la localización de los proyectores.
- c. Determinar el nivel deseado de iluminación (ver tabla N° 3-6).
- d. Selección de equipos.
- e. Determinar el número y potencia de las lámparas.

La IES recomienda los siguiente niveles de iluminación para fachadas:

T A B L A 3 - 6

Tipo de la Superficie Exterior	Reflexión de la Superficie	Nivel Recomendado		
		A	B	C
Tierra blanca "cotta"	70 - 85%	160	107	54
Tierra crema "cotta"				
Mármol blanco				
Yeso blanco				
Piedra caliza (gris claro)	45 - 70%	214	160	107
Piedra caliza pulida				
Ladrillo lizo pulido				
Concreto				

Tipo de la Superficie Exterior	Reflexión de la Superficie	Nivel Recomendado		
		A	B	C
Ladrillo lizo gris Piedra caliza (gris mediano) Ladrillo común oscuro	20 - 45%	320	270	160
Ladrillo gris oscuro				
Ladrillo rojo, común Piedra café Madera	10 - 20*%	540	380	215

- A. Edificios y vías blancas, iluminación intensa de calles, calles con muchas señales luminosas, partes bajas de edificios que caen bajo la clase B.
- B. Vías blancas de mediana intensidad, vías comerciales secundarias con pocas señales luminosas.
- C. Poquísimas señales luminosas, tales como: calles residenciales, parques, carreteras iluminadas, etc.

\* Edificios u objetos hechos de material que tienen una reflectancia menor del 20%, usualmente no pueden ser iluminados económicamente a menos que tengan gran calidad de guardar una alta reflectancia.

El emplazamiento de los proyectores acostumbra ser en los edificios próximos o bien en el mismo edificio cuando la construcción de este se presta a ello. Para estas instalaciones se usan casi exclusivamente lámparas de 500 a 1.000 vatios (con objeto de que el costo de la instalación sea el mínimo); estas lámparas tienen un rendimiento de 16 a 20 lúmenes por vatio, de modo que el consumo de potencia en este caso sería del orden de 25 a 30 vatios por metro cuadrado de superficie.

Para proyectar la iluminación de la fachada de un edificio,

se suele dividir a este en círculos la superficie a iluminar, de manera que, teniendo el dibujo a escala, no sólo podremos deducir el número de proyectores que se necesitan, sino que además podremos conocer la potencia del foco luminoso que deberá llevar cada proyector.

Además de tener en cuenta el colorido y naturaleza de la fachada de los edificios a iluminar, habrá que tener siempre presente las siguientes disposiciones:

1. No se hará nunca una iluminación de arriba-abajo, pues, de hacerse así, los salientes, cornisas, molduras, capiteles y en general todo motivo arquitectónico produce sombras alargadas, dirigidas hacia el suelo, provocando una impresión desagradable al espectador que las contempla en dirección contraria, es decir de abajo-arriba.
2. El efecto que debe lograrse depende principalmente del contraste sobre el fondo.
3. La colocación racional del proyector frente a la superficie a iluminar deberá ser a una distancia y altura sensiblemente iguales a la mitad de la altura de la fachada que interesa iluminar. En muchas instalaciones será difícil llegar a obtener tal condición y en este caso el proyector se colocará inclinado con relación a la superficie que interese iluminar.

Los templos poseen generalmente magníficas condiciones para aplicarles la iluminación artística por medio de proyectores. Su arquitectura se presta de modo especial para ello, y como, en general, en sus alrededores hay siempre poca luz, pueden obtenerse resultados magníficos con intensidades de iluminación relativamente pequeñas.

Muchas veces, cuando por las circunstancias no es posible

iluminar el exterior del templo, puede obtenerse un efecto maravillosamente artístico iluminando desde el interior y con fuertes intensidades los ventanales de vidrios de colores que tienen los templos en cuestión.

#### ILUMINACION DE JARDINES, FUENTES Y JUEGOS DE AGUA:

La iluminación de fuentes, jardines y juegos de aguas no tiene otra finalidad que producir efectos atractivos, que precisamente se obtienen con el empleo de la luz como elemento decorativo. Es tal la importancia que ha adquirido esta aplicación de la luz, que se ha convenido en llamarla "arquitectura de la luz".

En los parques y jardines, la luz proporciona efectos artísticos de resultados sin precedentes. Se ha comprobado que un rincón cualquiera de un parque que de día no presenta ningún atractivo, una vez iluminado por la noche, llega a ser un rincón de gran belleza y líneas armoniosas. Si se tienen en cuenta la variedad de colores que pueden llegar a obtenerse y las suaves graduaciones de luz, o mejor dicho de sus intensidades luminosas, es posible llegar a producir efectos de color y contraste que proporcionan al espectador una profunda emoción.

En estas instalaciones hay que procurar que los focos o proyectores estén ocultos del campo visual del espectador, es aconsejable el uso de luces de colores que proporcionan un gran efecto artístico.

Para lograr la iluminación de las fuentes, cascadas y chorros de agua es necesario llegar a emulsionar bien el agua hasta la obtención de pequeñísimas gotas, de forma que los rayos luminosos

se refracten en ellas en infinitas direcciones y produzcan la impresión de que se está delante de una masa líquida completamente luminosa.

Los proyectores se sitúan en cavidades abiertas en las paredes laterales a un nivel inferior del de la superficie de la masa líquida. También puede colocarse debajo del fondo, en cuyo caso esta habrá de estar formada de placas de vidrio transparente.

Los niveles de iluminación que pueden ser aplicados para obtener resultados satisfactorios, son dados en la Tabla N° 3-7, que se ha obtenido del "IES Lighting Handbook". Tabla 11-12, Pág. 11-26.

#### T A B L A 3 - 7

##### NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS PARA JARDINES

Centro de Interés	Nivel de Iluminación (lux)
Estatuas (blancas o coloreadas)	5 a 10
Jardín con flores, etc	2 a 4
Arboles	2 a 4
Cercos, paredes, suburbios	1 a 2
Sendas, veredas	*
Pasos, gradas	x
Estanques y piscinas (agua clara)	°
Chorros de agua (fuentes)	**

\* Lámparas de 15 vatios incandescentes cada 6 a 7.50 metros.

x Lámparas de 15 vatios incandescentes.

° 0.2 vatios por metro cuadrado de superficie de agua (lámpara incandescente).

\*\* 15 vatios por cada 30 cm. de altura. (lámpara incandescente).

## C A P I T U L O   I V .

### SELECCION Y CONTROL

#### CONTROL Y SELECCION DEL ALUMBRADO A UTILIZARSE:

##### Requerimientos Básicos:

Las lámparas usadas para alumbrado público, ya sean incandescentes, de vapor de mercurio o fluorescentes, están diseñadas para operar ya sea a corriente constante o voltaje sustancialmente constante. El circuito de alimentación, por lo tanto, deberá ser diseñado para suministrar el valor correcto de voltaje con un adecuado margen para contrarrestar pérdidas, regulación, etc, todo esto compatible con las consideraciones económicas del caso.

Además, para realizar su función básica de energizar y de-energizar el sistema, los equipos de control deben poseer otras características con el objeto de asegurar tanto la seguridad del público como la confiabilidad de operación. Otra característica que debe ser tomada en cuenta en el equipo de control es la llamada característica de "fail-safe"; esta característica en el control asegura que, en caso de algún problema en el control mismo, el circuito se energice, a menos que uno de los otros equipos protectivos comande al otro. La teoría dicta que las luces deben estar encendidas y no apagadas cuando ocurre una falla en el circuito de control.

##### Dos circuitos de alimentación: serie y múltiple:

###### Circuito Serie:

El sistema serie que emplea una fuente de corriente cons-

tante fue adoptado al comenzar la iluminación pública. Hubo dos razones básicas para adoptar el circuito serie: primero, las lámparas de arco fueron usadas de modo casi exclusivo en los comienzos de la iluminación pública; desde luego, las lámparas de arco son eminentemente artefactos de corriente constante, el circuito serie fue el método de operación más conveniente. Otra importante razón para la adopción de este tipo de circuito fue su facilidad de control, este circuito podía ser controlado desde un solo punto y por lo tanto apagar lámparas de una gran área. Más tarde, las lámparas de filamento incandescente se desarrollaron para el uso en circuitos serie y gradualmente fueron reemplazando a las lámparas de arco.

En resumen, el sistema serie está diseñado de modo que un hilo que sale del transformador de corriente constante, recorre a lo largo de todas las calles o a través de toda el área a servirse, y finalmente regresa al otro terminal del transformador. Este hilo se halla abierto en varios puntos y las lámparas se insertan en el circuito, la corriente en el circuito es constante fluyendo de una en una, mientras la tensión a los terminales del transformador (o a través del lazo serie) es variable. Este voltaje varía en el número y tamaño de las lámparas insertas en el circuito. Varios valores de corriente se han empleado en el circuito serie; pero los más comunes son: 6.6 y 20 amperios. Las lámparas deben ser especificadas para la corriente de régimen del circuito, independiente de los lúmenes de la misma.

#### Circuitos Múltiples:

Este tipo de circuito emplea lámparas de voltaje constante, las de tipo filamento se usan directamente en conductores múltiples;



mientras que, las lámparas de vapor de mercurio y fluorescentes son usadas con balastos adecuados. En el sistema múltiple, las lámparas o balastos se conectan directamente a través de una fuente de voltaje constante y la corriente en las lámparas será diferente para cada una. Es práctica común que las lámparas se conecten a través de hilos secundarios de alumbrado existentes, aunque, en ciertos casos especiales, donde son necesarios voltajes más altos se deben correr circuitos múltiples especiales para alumbrado solamente.

Los voltajes más comunes son 121 y 210 voltios que es la tensión secundaria del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Quito. Los circuitos múltiples no fueron usados en gran escala, debido a la dificultad de control, hasta el desarrollo de suiches horarios de bajo costo y más tarde, el desarrollo del control fotoeléctrico aún más barato.

#### Comparación de los Circuitos Serie y Múltiple:

No hay regla general para decidir cual de los dos sistemas es el más adecuado para tal o cual instalación. Ya que no es el propósito de este estudio, el hacer comparaciones, es mejor referirse al libro titulado: "Underground system Reference Book" Cap. VI. Edición 1957, en donde se encontrará una lista completa de los factores que gobiernan esta selección.

Como ya se hizo notar anteriormente, la gran mayoría de lámparas que al comienzo sirvieron, fueron tipo serie debido al uso casi exclusivo de lámparas de arco. Una razón más importante todavía, fue el hecho de que en muchos casos, el sistema de alumbrado público, fue instalado antes de los sistemas de distribución, es decir, antes de

que estos estuvieran disponibles en el área donde era necesario el alumbrado. En el rápido desarrollo de las lámparas de filamento incandescente, los circuitos múltiples comenzaron a ser más y más usados mientras más económico resultaba extender su uso, antes que prolongar los circuitos serie. Sin embargo, hasta hace unos 12 años, aproximadamente el 85% de las lámparas en servicio, fueron todavía del tipo serie.

Debe notarse, sin embargo, que durante los últimos 10 años, ha habido una tendencia definida hacia el uso del alumbrado múltiple en preferencia al serie para nuevas instalaciones. De hecho, algunas compañías extranjeras han encontrado que es muy económico el reemplazar el circuito serie por el múltiple. Muchos factores de peso han dictado esta tendencia, algunas de ellas hacemos constar a continuación:

#### Ventajas del Circuito Serie:

- a. Mejor control de luz.
- b. El rendimiento luminoso de las lámparas incandescentes en serie es más uniforme, a lo largo de su vida, que el de las lámparas múltiples.
- c. El defasamiento, en las tres fases o alambres, se supone que no afecta a la iluminación en serie de una localidad, puesto que es un sistema aparte.
- d. El equipo de control del circuito serie es menos complicado que el correspondiente equipo múltiple, y un circuito serie es más adaptable a los métodos de control.

### Ventajas del Circuito Múltiple:

- a. No existe el problema de alto voltaje, como en el circuito serie.
- b. No se requieren equipos especiales en este tipo de distribución, tales como transformadores de corriente constante.
- c. La gran flexibilidad del sistema permite que los circuitos de iluminación de calles se puedan interconectar con las redes de distribución.
- d. Una falla puede ser localizada rápidamente.
- e. En la mayoría de los casos no hay necesidad de equipos correctores del factor de potencia.
- f. La gran simplicidad del sistema aéreo debido al menor número de alambres en las crucetas.
- g. No hay problemas de interferencias telefónicas.
- h. Requieren mínimo mantenimiento.

Luego de estas consideraciones y comparaciones, hemos adoptado el sistema múltiple por las razones expuestas, ya que correr un circuito en serie para alumbrado resultaría caro y ahora que han caído en desuso, es lógico adoptar el sistema múltiple que goza de gran popularidad en nuestros días.

### Regulación de Voltaje:

Un sistema múltiple, como ya hemos dicho, es un sistema de voltaje constante y esto quiere decir el voltaje nominal del sistema de alimentación tal como el sistema 210/121 voltios usado por la Empresa y estandarizado en algunos países. Este sistema permite una variación de voltaje de 90 a 105% del nominal en el punto de utilización; por lo tanto, la regulación debe ser tomada en cuenta en el diseño de

los circuitos de alumbrado. Debido a que el sistema múltiple es un sistema de voltaje constante, cada vez que una lámpara se conecta a la fuente de voltaje constante, la corriente absorbida por la lámpara se suma a la total sustraída por el circuito. La regulación de voltaje y la capacidad de conducción del circuito, limitan la longitud del mismo y el número de lámparas a insertarse.

#### Balastos:

Las lámparas de vapor de mercurio requieren para su operación balastos en los circuitos múltiples para proveer el alto voltaje de arranque necesario y para entregar la reactancia adecuada para limitar la corriente en las lámparas. Los balastos tienen pérdidas y tales pérdidas pueden considerarse conjuntamente con el vatiaje de las lámparas al determinar la carga en los circuitos y equipos de control.

Los balastos pueden clasificarse en por lo menos dos formas:

1. Alto o bajo factor de potencia. Un balasto de bajo factor de potencia es simplemente una reactancia inductiva variable, la cual en conjunto con la lámpara (vapor de mercurio o fluorescente) provee la corriente sustancialmente constante a la lámpara. Tal equipo operará a más o menos 50% de factor de potencia y por esto se llama balasto de bajo factor de potencia. La adición de condensadores al balasto produce un aumento del factor de potencia alrededor del 98%, obteniéndose un balasto de alto factor de potencia.
2. Los balastos pueden también clasificarse por el tipo de circuito empleado en el diseño. El tipo más simple es una bobina de choque o reactancia en serie con la lámpara. En este circuito, el

voltaje de arranque es el voltaje de línea, mientras que el de trabajo es disminuído por el voltaje en el balasto a plena carga. Otro tipo es el balasto de alta reactancia, este es en esencia un transformador con alta reactancia de fuga entre las bobinas primaria y secundaria. En circuito abierto, el voltaje secundario se eleva para proporcionar potencial de arranque, mientras que a plena carga, se suministra el voltaje de trabajo; en estos, y en el tipo balasto previo, se necesita normalmente taps para permitir la variación de voltaje de entrada.

3. Un tercer tipo se llama usualmente balasto de vatiaje constante, aunque su nombre es equivocado; este es realmente un aparato de corriente constante y su nombre más apropiado sería el de balasto de tipo regulador. Este tipo es similar al de alta reactancia excepto en que en el circuito secundario se inserta un capacitor serie para proporcionar la característica de regulación. La variación del voltaje de entrada puede tolerarse hasta un 13% sobre o bajo el voltaje de distribución secundario.

#### TIPOS DE CONTROL:

##### Hilo Piloto:

Un método de control, que ha sido muy usado en nuestro medio, es el sistema de hilo piloto, este sistema ha venido a solucionar el problema de controlar gran número de lámparas en un área dada, hoy se ha desarrollado un moderno sistema de control individual. Este es aplicable tanto a circuitos serie y múltiples. Brevemente, el sistema consiste en un conductor que corre sobre postes o en ductos desde un punto de control, de manera que se puede operar un número dado de relés localizados en varios puntos sobre el sistema de distribución. La

principal desventaja del sistema de hilo piloto, es la susceptibilidad a posibles fallas; por esta razón, el área controlada por cada hilo piloto, se mantendrá tan corta como sea posible, de acuerdo a consideraciones económicas.

#### Suiches Horarios:

Los suiches horarios son aparatos en el que un reloj eléctrico opera un juego de contactos a través de un ciclo completo de "Apaga y Enciende". Se proveen contactos para cierta variedad de corrientes y voltajes. El suiche horario, tiene la ventaja de no necesitar hilo piloto o control maestro. Actualmente los suiches horarios sirven como control de energización en áreas donde las lámparas están alimentadas a través del hilo piloto. Estos suiches horarios requieren de modo ordinario, un cierto mantenimiento de cuando en cuando. Mientras los suiches horarios han venido siendo usados por muchos años, el control fotoeléctrico es relativamente nuevo y ha reemplazado al suiche horario como control preferido.

#### Suiches Fotoeléctricos:

El suiche de control fotoeléctrico o "luz-sensitivo" está rápidamente imponiéndose en el control de alumbrado. Ha alcanzado un estado alto de desarrollo donde rinde servicio confiable a bajo costo.

Se disponen en dos tipos generales: el fototubo y el tipo fotocélula. En el tipo fototubo, la luz que cae en el tubo fotosensitivo modifica la corriente que fluye en el circuito electrónico, lo cual opera el sistema que controla los contactos de carga. El circuito viene diseñado de modo que el relé opera a un nivel predeterminado usualmente

entre 10 y 50 luxes. Por ejemplo, si la luz solar cae digamos bajo 50 luxes, el relé encenderá las luces. Estas permanecerán encendidas a menos que la iluminación solar aumente como sea a los 50 luxes, punto en el cual el relé operará y las luces se apagarán.

El tipo fotocélula ejecuta igual función sin el uso de tubos electrónicos. En este tipo, la luz que cae sobre la célula, disminuye su resistencia y permite el paso de corriente. Cuando el nivel lumínico disminuye lo suficiente, la resistencia de la célula se eleva para disminuir el flujo de corriente, esta característica de la célula se usa para cambiar la corriente de tal manera de producir operación con niveles lumínicos predeterminados.

Las principales ventajas del foto-control pueden enunciarse así:

1. Elimina la necesidad de sistemas de hilo piloto.
2. Opera cuando el nivel lumínico indica necesidad de luz, lo cual quiere decir que ellos automáticamente compensan los diarios cambios en tiempo de verano e invierno así como en días claros y oscuros.
3. Se adaptan particularmente bien a un montaje integral con la luminaria para el control individual, haciendo así la instalación y el mantenimiento más simple y menos costoso.
4. Puede ser usado para energizar circuitos pilotos existentes.

## DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

Hechas las consideraciones anteriores, se ha elaborado el proyecto con las siguientes bases:

- El tipo de control será "múltiple" con relés de 30 y 60 amperios conectados en cascada y accionados por células fotoeléctricas.
- El hilo de control irá en el quinto aislador del rack o cruceta, de calibre adecuado con el fin de evitar excesivas caídas de tensión; este es en lo referente a red aérea. La parte subterránea con conductor de cobre aislado con PVC, de calibre 2 x N° 6 AWG. , será un circuito independiente.
- Los relés tendrán un suiche de accionamiento manual en caso de falla de estos. La red subterránea irá debidamente protegida con pararrayos de baja tensión. (las características técnicas de los dispositivos de control vienen especificados en las listas de materiales).
- En cuanto al tipo de alumbrado que adoptaremos se mencionó ya anteriormente que será cerrado, con lámparas de vapor de mercurio de color y factor de potencia corregidos. Se ha decidido por este tipo debido a que en zonas residenciales está gozando de popularidad, al rendimiento de lúmenes por vatio y a la duración. A priori anotamos que los costos anuales a pesar de ser sensiblemente iguales a las lámparas fluorescentes son mucho más bajos que en lámparas incandescentes. En cuanto a inversión inicial, si bien es cierto resulta un poco más alto que con lámparas incandescentes, es más bajo que las inversiones iniciales que demandan las lámparas fluorescentes. Así pues, podemos afirmar que más económico nos resulta el alumbrado de mercurio como lo demos-



traremos en el siguiente capítulo cuando hablemos de costos de operación y mantenimiento del sistema.

- La red operará a una tensión de 210 voltios y todos los dispositivos están especificados para este voltaje. La red subterránea irá debidamente protegida con un juego de pararrayos de baja tensión (uno por cada fase); instalados en los postes en donde se harán las acometidas subterráneas. Además esta red para cruzar las calzadas irán en ductos de hormigón o tubos de cemento existentes; en el recorrido por los andenes se protegerá el cable con una capa de arena amarilla y ladrillos tipo mambrón.

Para la iluminación de las Avenidas 10 de Agosto y 6 de Diciembre se han previsto luminarias similares a General Electric, tipo M-400 con lámparas de 400 vatios que irán apoyadas en los postes de la nueva red de distribución, en brazos tubulares de dos pulgadas de diámetro y 2.40 metros de longitud a una altura de 9 metros para conseguir el nivel y uniformidad deseados.

En las Avenidas Patria, 12 de Octubre y Cristóbal Colón, se han previsto luminarias General Electric, tipo M-400 con lámparas de 250 vatios y que irán en postes de hormigón tipo N0 de ETECO de 10.50 metros de longitud, a una altura de 9 metros; actualmente con esta lámpara se obtiene el nivel deseado, en el futuro se cambiarán a lámparas de 400 vatios. Estos postes irán instalados en el andén central con doble brazo por poste; los brazos son de iguales características a los anteriores. En los sitios indicados como cruces peligrosos; tales como la esquina formada por la Avenida 6 de Diciembre y Patria, se montarán 4 luminarias por poste a una altura de 12 metros, los postes serán ornamentales de hierro tubular de tres secciones diferentes y de 14 me

tros de longitud; estos postes deberán ir enterrados 1.80 metros, quedando 12.20 metros sobre el andén. Las luminarias irán montadas con un ángulo de 10 grados hacia arriba con respecto a la horizontal.

Para las calles tipo residencial con tráfico de vehículos ligero en donde se han previsto un nivel de iluminación de 4.30 luxes, se ha proyectado instalar luminarias General Electric tipo M-250R con lámparas de 175 vatios, apoyados en los postes de la red existente a una altura de 7.60 metros y con brazos de 1.80 y 1.50 metros de longitud de acuerdo al ancho de la calzada, el diámetro de estos brazos será de 1.1/2". Se notará que en el futuro se pueden instalar lámparas de 250 vatios.

En aquellas calles en donde el nivel de iluminación previsto ha sido de 2.15 luxes, se montarán luminarias General Electric tipo M-250R con lámparas de 100 vatios, consiguiéndose actualmente el nivel lumínico especificado y quedando de esta manera una reserva en la luminaria para el futuro.

En los callejones y pasajes se instalarán luminarias General Electric tipo M-100 con lámparas de 100 vatios.

En cuanto a la actual posición de la postera se ha procurado mantenerla igual, ya que realizar cambios por motivo de alumbrado resultaría demasiado costoso; en aquellos lugares donde el espaciamiento ha sido muy grande se ha previsto modificar montando nuevos postes y relocalizándoles otros.

Por razones de operación y mantenimiento y con el fin de evitar al mínimo el número de lámparas que fallen por desperfectos en los dispositivos de control se ha dividido al sector en 6 mallas de baja tensión

de acuerdo a la división de mallas realizadas por la Empresa Eléctrica Quito, S. A. ; cada malla tendrá su propia célula de comando. Por pertenecer la red existente de la Avenida 10 de Agosto a otra malla, esta red de alumbrado tendrá su control independiente del sector.

Características, detalles, recorrido y distribución de las luminarias constan en el Plano N° 4-1. Adjunto se encontrará el diagrama eléctrico unifilar tipo que se ha preparado para la malla N° 1; para las otras mallas el diagrama será de iguales características y las lámparas están repartidas en cada relé de acuerdo a su corriente de arranque y a la capacidad de cada relé. Las corrientes antedichas se especifican así:

Lámparas de 400 vatios, corriente de arranque 5.0 amperios.  
 Lámparas de 250 vatios, corriente de arranque 2.9 amperios.  
 Lámparas de 175 vatios, corriente de arranque 2.1 amperios.  
 Lámparas de 100 vatios, corriente de arranque 1.3 amperios.

#### MALLA N° 1

Relé	Capacidad (amp.)	Lámparas
R1	60	12 de 250 vatios, de L1 a L12. 12 de 175 vatios, de L13 a L24.
R2	30	14 de 175 vatios, de L25 a L38.
R3	60	19 de 175 vatios, de L39 a L57. 15 de 100 vatios, de L58 a L72.
R4	60	16 de 175 vatios, de L73 a L88. 6 de 100 vatios, de L89 a L94.

#### MALLA N° 2

R1	60	14 de 250 vatios, de L1 a L14. 3 de 100 vatios, de L15 a L17.
R2	60	4 de 400 vatios, de L18 a L21. 7 de 175 vatios, de L22 a L28. 5 de 250 vatios, de L29 a L33. 6 de 100 vatios, de L34 a L39.

Relé	Capacidad (amp.)	Lámparas
R3	60	5 de 400 vatios, de L40 a L44. 7 de 175 vatios, de L45 a L51. 15 de 100 vatios, de L52 a L66.
R4	30	5 de 250 vatios, de L67 a L71. 10 de 100 vatios, de L72 a L81.
R5	30	4 de 250 vatios, de L82 a L85. 5 de 175 vatios, de L86 a L90. 6 de 100 vatios, de L91 a L96.
R6	60	4 de 400 vatios, de L97 a L100. 9 de 175 vatios, de L101 a L109. 12 de 100 vatios, de L110 a L121.
R7	30	3 de 250 vatios, de L122 a L124. 7 de 175 vatios, de L125 a L131. 1 de 100 vatios, de L132.
<u>MALLA N° 3</u>		
R1	60	10 de 250 vatios, de L1 a L10. 14 de 175 vatios, de L11 a L24.
R2	30	6 de 175 vatios, de L25 a L30. 11 de 100 vatios, de L31 a L41.
R3	30	14 de 175 vatios, de L42 a L55.
R4	60	5 de 175 vatios, de L56 a L60. 5 de 100 vatios, de L61 a L65. 14 de 250 vatios, de L66 a L79.
R5	60	5 de 175 vatios, de L80 a L84. 10 de 250 vatios, de L85 a L94. 13 de 100 vatios, de L95 a L107.
R6	60	2 de 100 vatios, de L108 a L109. 3 de 175 vatios, de L110 a L112. 14 de 250 vatios, de L113 a L126.
R7	30	8 de 250 vatios, de L127 a L134. 3 de 100 vatios, de L135 a L137.
<u>MALLA N° 4</u>		
R1	60	3 de 175 vatios, de L1 a L3. 18 de 250 vatios, de L4 a L21.
R2	60	35 de 100 vatios, de L22 a L56.
R3	30	4 de 100 vatios, de L57 a L60. 11 de 175 vatios, de L61 a L71.

Relé	Capacidad (amp.)	Lámparas
R4	30	10 de 250 vatios, de L72 a L81
R5	30	5 de 100 vatios, de L82 a L86 3 de 175 vatios, de L87 a L89 6 de 250 vatios, de L90 a L95
R6	60	16 de 250 vatios, de L96 a L111 10 de 100 vatios, de L112 a L121
R7	30	10 de 250 vatios, de L122 a L131
R8	30	10 de 250 vatios, de L132 a L141
R9	30	10 de 250 vatios, de L142 a L151
R10	15	6 de 175 vatios, de L152 a L157
<u>MALLA N° 5</u>		
R1	60	9 de 400 vatios, de L1 a L9 3 de 175 vatios, de L10 a L12 6 de 100 vatios, de L13 a L18
R2	30	23 de 100 vatios, de L19 a L41
R3	30	9 de 250 vatios, de L42 a L50 2 de 100 vatios, de L51 a L52
R4	30	2 de 175 vatios, de L53 a L54 19 de 100 vatios, de L55 a L73
R5	60	12 de 400 vatios, de L74 a L85
R6	30	23 de 100 vatios, de L86 a L107
R7	30	5 de 175 vatios, de L108 a L112 13 de 100 vatios, de L113 a L125
R8	60	5 de 100 vatios, de L126 a L130 5 de 175 vatios, de L131 a L135 15 de 250 vatios, de L136 a L150
R9	30	14 de 100 vatios, de L151 a L164 6 de 175 vatios, de L165 a L170
R10	60	3 de 175 vatios, de L171 a L173 2 de 100 vatios, de L174 a L175 18 de 250 vatios, de L176 a L193
<u>MALLA N° 6</u>		
R1	30	7 de 175 vatios, de L1 a L7 11 de 100 vatios, de L8 a L18

Relé	Cantidad (amp.)	Lámparas
R2	30	12 de 175 vatios, de L19 a L30 2 de 100 vatios, de L31 a L32
R3	30	14 de 175 vatios, de L33 a L46
R4	30	14 de 175 vatios, de L47 a L60
R5	60	1 de 175 vatios, L61 20 de 250 vatios, de L62 a L81
R6	30	10 de 175 vatios, de L82 a L91 5 de 100 vatios, de L92 a L96
R7	60	2 de 100 vatios, de L97 a L98 12 de 250 vatios, de L99 a L110

AVENIDA 10 de AGOSTO:

R1	60	12 de 400 vatios, de L1 a L12
R2	60	11 de 400 vatios, de L13 a L23
R3	30	5 de 400 vatios, de L24 a L28

**SELECCION DE EQUIPOS Y COSTOS:**

Como ya anotamos anteriormente, el equipo básico necesario consta de luminarias completas con sus lámparas, brazos y una fuente de energía.

Las lámparas elegidas para el alumbrado de las calles han tenido que satisfacer numerosos requisitos. Al seleccionarlas se ha tenido en cuenta el precio inicial, el mantenimiento que necesitan y el control de la luz deseado. Estos y muchos otros factores se explicaron detalladamente en el Capítulo I. Se anotaron en él, lámparas de filamento, mercurio, fluorescentes, sodio y de mercurio con aditivos metálicos. Cualquiera sea la fuente de energía, el costo de producir luz se basa ante todo en tres factores: eficiencia de la lámpara, costo de la electricidad y costo del mantenimiento.

Sin embargo, no se puede elegir un sistema de iluminación

basándose en la preferencia que se tenga por una clase de lámpara. Los resultados finales de toda instalación: visibilidad uniforme de todo el pavimento y consecuente seguridad, dependen de la distribución luminosa apropiada y de la forma en que se disponga el equipo.

Las lámparas seleccionadas para este objeto han sido de vapor de mercurio de color y factor de potencia corregidos. En algunos países se han utilizado mucho las de sodio, que proveen una buena iluminación y un "código de colores" para indicar rutas especiales directas o circunferenciales. La casa proveedora de luminarias y lámparas será la General Electric y los dispositivos de control tales como células fotoeléctricas y relés serán similares a Line Material con las características especificadas en las listas de materiales.

Los equipos necesarios tales como brazos, abrazaderas y postes serán de provisión local, ya que importarlos resultaría demasiado costoso el sistema de alumbrado público.

Los precios de los materiales de importación son aproximados ya que son precios de los catálogos de los fabricantes más un 10% por posibles fluctuaciones. No se incluyen en ellos los gastos de transporte, pago de derechos de importación, ni los consulares. Los costos de los materiales de provisión local son costos vigentes en la Empresa Eléctrica Quito, S. A. , de acuerdo a últimas cotizaciones y adquisiciones realizadas.

A continuación detallamos las características técnicas de los materiales necesarios para la construcción proyectada y sus precios. Hay que hacer notar que las listas de materiales no son completas ya que se aprovechará al máximo de los materiales instalados, tales como

crucetas, aisladores y otros de la instalación actual que no es necesario sustituirlos con nuevos. Al seleccionar estos, nos hemos tenido que atener a los requerimientos y necesidades de la Empresa Eléctrica Quito, S. A.; de acuerdo a las características técnicas, a los diseños y construcciones de la misma.

Resumimos a continuación ciertos factores que pueden pesar en la elección de la fuente de luz para tal o cual finalidad.

#### Lámparas de Filamento:

Los sistemas de alumbrado de filamento se recomiendan para la mismas aplicaciones que el alumbrado de mercurio cuando:

- a. El costo del equipo inicial sea de primordial importancia.
- b. Los costos de la electricidad y el mantenimiento sean relativamente bajos.
- c. La instalación trabaje 1.000 horas al año o menos.
- d. Se desea el color amarillo blanquecino característico de las lámparas de filamento de tungsteno.

#### Lámparas Fluorescentes:

Los sistemas de alumbrado fluorescente se recomiendan principalmente en:

- a. Zonas de tiendas.
- b. Zonas comerciales de gran densidad
- c. Centros de compras y otras zonas de ventas en que se desea un ambiente festivo
- d. Donde existen limitaciones de alturas de montaje, como en pasos subterráneos, túneles, puentes, etc.



Lámparas de Mercurio:

Los sistemas de alumbrado de mercurio se recomiendan principalmente para:

- a. Iluminación vial en general, comprendiendo todas las clases desde residencial a pistas.
- b. Centros de compras y demás lugares en que el número de horas de operación y el costo de la electricidad y mano de obra sea relativamente alto.

Lámparas de Sodio:

Las lámparas de sodio se emplean con ventaja donde:

- a. La electricidad es muy cara.
- b. Se puede aprovechar su color amarillo característico para identificar, la carretera o señalar zonas de precaución.
- c. El control óptico relativamente mediocre no sea criticable.

En General:

1. Los sistemas de alumbrado fluorescente son preferibles a los demás porque proveen:
  - a. mejor rendición de colores.
  - b. apreciable luz fuera de las calzadas y zonas de estacionamiento que se utiliza para iluminar las fachadas, aceras, etc.
  - c. ambiente atrayente y festivo con aspecto propio.
  - d. brillantez menos molesta para el observador sensible al deslumbramiento.
2. Los sistemas de alumbrado de mercurio se eligen porque proveen:

- a. alta iluminación con separaciones moderadas a largas, con relación a la obtenible con sistemas fluorescentes o de sodio, gracias al mejor control óptico posible con la fuente de menor tamaño.
- b. el sistema más económico con buen color, basándose en el costo de la luz utilizada en la calzada en un plazo igual al de la vida estimada del equipo.

## LISTA DE MATERIALES

## RED DE ALUMBRADO PUBLICO

Renglón	Cantidad	Descripción
01	9.000	Metros de conductor de cobre unipolar, trenzado, N° 6 AWG, para 600 voltios, aislamiento de PVC, para ser enterrado directamente en el suelo, el espesor del aislamiento será de 78 milésimas de pulgada, y satisfará las exigencias del apéndice I. de las Normas IPCEA. S19-81.
02	24.000	Metros de conductor de cobre, desnudo, semiduro, cableado N° 6 AWG.
03	5.000	Metros de conductor de cobre, N° 14 AWG, aislamiento termoplástico tipo TW, para 600 voltios, el espesor del aislamiento será de 47 milésimas de pulgada y apropiado para montaje a la intemperie.
04	340	Metros de conductor de cobre, cableado, suave, N° 4 AWG, para puesta a tierra de los pararrayos.
05	62	Luminaria completa, similar al tipo M-400 de General Electric, con lámpara de 400 vatios de color y factor de potencia corregidos, con su respectivo dispositivo de arranque, capacitor y accesorios de montaje. (El balasto operará a una tensión de 210 V).
06	254	Luminaria completa, similar al renglón 05 pero con lámpara de 250 vatios.
07	266	Luminaria completa, similar al tipo M-250R de General Electric, con lámpara de 175 vatios, de color y factor de potencia corregidos, con su respectivo dispositivo de arranque, capacitor y accesorios de montaje. (El balasto operará a una tensión de 210 V).
08	267	Luminaria completa, similar a renglón 07; pero con lámpara de 100 vatios.
09	4	Luminaria completa, similar tipo M-100 de General Electric, con lámpara de 100 vatios, de color y factor de potencia corregidos, con su respectivo dispositivo de arranque, capacitor y accesorios de montaje. (El balasto operará a una tensión de 210 V).
10	7	Célula fotoeléctrica, para control de alumbrado público, para 120 voltios, 60 ciclos/segundo, con contactos de carga para 15 amperios, 240 voltios, para montaje a la intemperie, similar a Line Material, Catálogo N° WTA-T6501A, con su respectivo siste-

Renglón	Cantidad	Descripción
		ma de montaje.
11	22	Relé de contacto unipolar, con los contactos de carga normalmente abiertos, para 210 voltios, 60 ciclos/segundo, con contactos de carga para 60 amperios, para 210 voltios, similar a Line Material, Catálogo N° WSB-MR-D0.
12	25	Relé de contacto unipolar, de iguales características al renglón 11; pero con los contactos de carga para 30 amperios, similar a Line Material, Catálogo N° WSB-MR-AF.
13	1	Relé de contacto unipolar, de iguales características a renglón 11; pero con los contactos de carga para 15 amperios, similar a Line Material, Catálogo N° WSB-MR-SD.
14	22	Suiche de contacto unipolar tipo cuchilla, con fusible de protección para 250 voltios, 60 amperios, para usarse como emergencia en el alumbrado público.
15	25	Suiche de contacto unipolar tipo cuchilla, similar a renglón 14; pero para 30 amperios.
16	1	Suiche de contacto unipolar tipo cuchilla, similar a renglón 14; pero para 15 amperios.
17	286	Brazo de tubo de hierro galvanizado de 2" de diámetro y 2.40 metros de longitud, para soporte de luminarias, con su respectivo sistema de sujeción a poste de hormigón, de fabricación nacional y abrazadera de 14 centímetros de diámetro.
18	226	Brazo de tubo de hierro galvanizado de 1 1/2" de diámetro y 1.80 metros de longitud, para soporte de luminarias, con su respectivo sistema de sujeción a poste de hormigón, de fabricación nacional y abrazadera de 14 centímetros de diámetro.
19	337	Brazo de tubo de hierro galvanizado de 1 1/2" de diámetro y 1.50 metros de longitud, para soporte de luminarias, con su respectivo sistema de sujeción a poste de hormigón, de fabricación nacional y abrazadera de 14 centímetros de diámetro.
20	4	Brazo de tubo de hierro galvanizado, de 1" de diámetro y 1.20 metros de longitud, para soporte de luminarias; en sus características será similar a renglón 19.
21	83	Poste ornamental de hormigón armado centrifuga-

Renglón	Cantidad	Descripción
		do, de 10.50 metros de longitud, similar al tipo N0 de ETECO.
22.	63	Poste de hormigón armado centrifugado, de 11.50 metros de longitud, de 30 centímetros de diámetro en la base y 13 centímetros en la punta, tipo tangente, similar al tipo A-2 de ETECO.
23	66	Poste de hormigón armado centrifugado, de 9.15 metros de longitud, de 30 centímetros de diámetro en la base y 13 centímetros de diámetro en la punta, similar al tipo G-1 de ETECO.
24	10	Poste ornamental de tubo de hierro, de 14 metros de longitud y de 3 diámetros diferentes, según diseño de la Empresa Eléctrica Quito, S. A.
25	1.204	Portafusible de porcelana tipo polea, para 250 voltios, 10 amperios, para montarse en las acometidas de las lámparas, con tirafusible de 5 amperios.
26	251	Portafusible de porcelana, tipo antejo, para 250 voltios, 10 amperios, para montarse en las acometidas de las lámparas, con tirafusible de 5 amperios.
27	17	Portafusible unipolar para 250 voltios, 60 amperios, con su respectiva tirafusible para 60 amperios, para protección de cable subterráneo de alumbrado público.
28	34	Protector de sobretensión para 210 voltios de tensión de servicio, con sus accesorios para montaje, para trabajar a 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar, modelo de distribución, similar a Line Material, Catálogo AS1A1.
29	20	Lote de empalme recto, con conectores y material para efectuar empalme de cable, para ser enterrado directamente en el suelo.
30	17	Lote de empalme para derivación con conductor aislado.
31	40	Rollo de cinta aislante de butyl, para aislar cable de alumbrado público.
32	1.000	Terminal plano, para unir cable N° 6 AWG, en contactos de portafusible.
33	120	Metros de tubo de hierro galvanizado de 1 1/2" de diámetro, para protección de bajada a cable subterráneo.

<u>Renglón</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
34	360	Abrazadera de pletina de hierro de 2" x 3/16" y 85 centímetros de longitud, para sujeción de tubo de hierro a poste de hormigón.
35	120	Metros cúbicos de arena lavada.
36	13.500	Ladrillos de tipo mambrón.

PRESUPUESTO  
RED DE ALUMBRADO PUBLICO

Renglón	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
01	9.000	5.30	47.700.00
02	24.000	3.60	86.400.00
03	5.000	0.80	4.000.00
04	340	4.00	1.360.00
05	62	1.670.00	103.540.00
06	254	1.652.70	419.785.80
07	266	1.332.70	354.498.20
08	267	1.318.90	352.146.30
09	4	1.058.90	4.235.60
10	7	1.232.20	8.625.40
11	22	833.40	18.334.80
12	25	561.20	14.030.00
13	1	396.00	396.00
14	22	51.20	1.126.40
15	25	32.00	800.00
16	1	22.00	22.00
17	286	210.00	60.060.00
18	226	180.00	40.680.00
19	337	150.00	50.550.00
20	4	120.00	480.00
21	83	981.00	81.423.00
22	63	851.00	53.613.00
23	66	789.00	52.074.00
24	10	1.450.00	14.500.00
25	1.204	4.00	4.816.00
26	251	25.00	6.275.00
27	17	35.00	595.00
28	34	84.30	2.866.20
29	20	156.50	3.130.00
30	17	135.80	2.308.60
31	40	13.45	538.00
32	1.000	2.60	2.600.00
33	120	21.80	2.616.00
34	360	10.00	3.600.00
35	120	22.00	2.640.00
36	13.500	0.60	8.100.00
		TOTAL	S/ 1.810.465.30

## NOTAS:

1. Los precios de los materiales de importación son aproximados ya que son precios de los catálogos de los fabricantes, más un 10% por posibles fluctuaciones. No se incluyen en ellos los costos de transporte, pago de derechos de importación, ni los consulares.
2. Los costos de los materiales de provisión local son costos vigentes a la fecha en la Empresa Eléctrica Quito, de acuerdo a las últimas cotizaciones y adquisiciones realizadas.
3. Los costos serán repartidos entre los usuarios de los dos barrios, el I. Municipio y la Empresa Eléctrica Quito, S. A.

## CUADROS DE CARACTERISTICAS DE EQUIPOS Y DEL SISTEMA DE ALUMBRADO:

Básicamente se han preparado dos cuadros de características: "Datos de la Nueva Instalación" y "Condiciones esperadas para el año 1975", describiremos brevemente cada uno de ellos.

### CUADRO N° 4-1

#### Datos de la Nueva Instalación :

En este cuadro que resume las condiciones y características del proyecto nuevo a llevarse a cabo a partir del año 1966, indica la clasificación de cada calle de acuerdo al Cuadro 2-1 del Capítulo II. que como se indicó depende del sector que es residencial, excepto algunas calles que se les ha clasificado como comerciales de segunda y tercera categoría. Los niveles de iluminación recomendados, concuerdan con los valores indicados en la Tabla 2-7 del Capítulo II. Cabe destacar que estos niveles de iluminación se lograrán con las luminarias y lámparas especificadas, esto se comprobó en el capítulo anterior con algunos ejemplos de cálculo típicos, habiendo llegado a resultados satisfactorios.

El ancho de la calzada es el existente entre cintas goteras y nó entre líneas de fábrica. (Valor determinado por mediciones en el terreno). La separación entre postes es la actual existente en las calles por donde corren las redes eléctricas de distribución, se anotó que por motivos de alumbrado y para que este reúna todas las características, era demasiado costoso relocalizarlos; pero allí donde el espaciamiento era demasiado grande y si las condiciones lo permiten se ha proyectado instalar postes para reducir distancias. En las avenidas principales se ha procurado no tener un espaciamiento mayor de los 40 metros por



razones de uniformidad en la iluminación y luego, teniendo presente que en el futuro serán necesarios niveles de iluminación más altos. En algunas avenidas tales como la 6 de Diciembre y 10 de Agosto el factor que ha influído en el espaciamiento es el debido a que no podemos ir con vanos demasiado largos con la red de alta y baja tensión. La disposición de los postes es unilateral en la mayoría de las calles, aún en aquellas en las cuales se cambiará de postería se ha procurado mantener esta disposición ya que no son suficientemente anchas como para justificar la separación alterna o unilateral opuesta. En las avenidas con andenes centrales se ha proyectado mantener los postes en dichos andenes ya que la separación opuestas no justifica los valores de iluminación deseados y más que todo por el aspecto económico. La separación opuesta vendría a encarecer el valor de la obra, inversiones iniciales y el mantenimiento subsecuente. Con esta disposición proyectada se han obtenido los resultados deseados.

En cuanto al tipo de luminarias escogido nos hemos basado en las ventajas que ofrecen los aparatos de iluminación "luminaire" M-400 de General Electric, de características fotométricas extraordinarias, alto rendimiento eléctrico, amplia adaptabilidad y bajo costo de instalación y mantenimiento. Estos aparatos funcionan eficientemente con lámparas de mercurio de todos los tipos -de 175 a 400 vatios-. El reflector, moldeado con precisión, conjuntamente con el refractor prismático, dan por resultado un flujo luminoso de óptimas características fotométricas. Los reactores "Power Pack" General Electric fabricados para una gran variedad de tensiones y potencias, aseguran un mínimo de pérdidas. Se pueden obtener curvas fotométricas de los tipos II, III, y IV, según la IES, con solo ajustar la posición de los nue-

vos portalámparas, sin tener que cambiar los refractores. La grampa universal de montaje permite instalar el aparato en brazos de soporte de 1 1/4" a 2" de diámetro. El diseño integral "Power Pack" permite disponer en una unidad compacta el conjunto óptico, reactor y dispositivo fotoeléctrico (este último hemos omitido debido al costo relativamente alto que demandaría el control individual). La placa de terminales inserta, facilita las conexiones de los conductores.

El modelo M-250R está diseñado para lámparas de mercurio de 100, 175 y 250 vatios, y puede obtenerse con reactor integral del tipo Power Pack. Por su tamaño reducido y escaso peso, este modelo presenta facilidad de instalación y mantenimiento. El reflector de una sola pieza moldeado con gran precisión, está provisto con secciones parabólicas, circulares y elípticas con el fin de obtener el máximo de rendimiento y uniformidad de iluminación. El dispositivo de enganche del reflector, de acero inoxidable de alta calidad, sujeta el reflector firmemente y, al mismo tiempo, puede desengancharse con gran facilidad cuando sea necesario limpiar el interior del aparato. El refractor de prismas contorneados, característica exclusiva de la General Eléctric, se incluye en todos los aparatos luminaire del tipo M-250R. Los prismas curvos de la superficie interna del refractor distribuyen la luz uniformemente a lo largo de la calle y alejada de la ventana de los edificios cercanos.

La General Electric ha lanzado al mercado el nuevo modelo M-100 para zonas residenciales el primer aparato luminaire de mercurio del tipo abierto. Este modelo, por su elevado rendimiento eléctrico, gran facilidad de instalación y mantenimiento, peso ligero y diseño integral ha sido recomendado para iluminación de zonas residenciales. A-

LAMPARAS DE MERCURIO - SERIE "BONUS" - 12.000 HORAS DE VIDA UTIL

Código de la G. E. para pedidos	Código de las Normas ASA	Acabado	Lúmenes Iniciales	Promedio de Lúmenes	Lúmenes al final de la vida útil	Factor de mantenimiento recomendado
Bulbo BT-25 de 100 vatios H100C38-4	H38-4JA/C	cc	3.180	2.740	2.350	0.63
Bulbo BT-28 de 175 vatios H175C39-22	H39-22KC/C	cc	6.600	6.200	5.875	0.76
Bulbo BT-28 de 250 vatios H250C37-5	H37-5KC/C	cc	10.000	9.400	8.900	0.76
Bulbo BT-37 de 400 vatios H400C33-1	H33-1GL/C	cc	19.000	17.800	16.900	0.76

cc: color corregido

Factor de mantenimiento =  $\frac{\text{Lúmenes reducidos}}{\text{Lúmenes iniciales}} \times 0,85$ , en los casos en que (0,85) se considera un factor razonable para un aparato cerrado

"Lúmenes al final de la vida útil" es el valor recomendado para el cálculo de factores de mantenimiento para iluminación de calzadas y en cualquier aplicación donde se utilicen lámparas de vapor de mercurio. "Promedio de Lúmenes" recomendado para utilizarse en los cálculos de factores de mantenimiento para la mayoría de las demás aplicaciones.

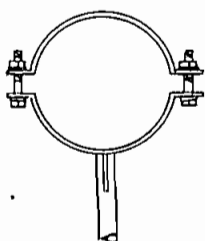
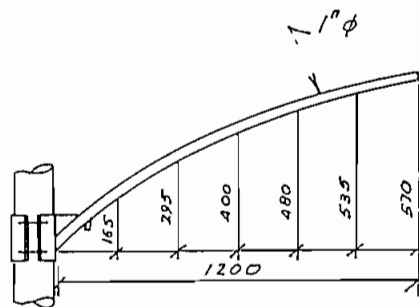
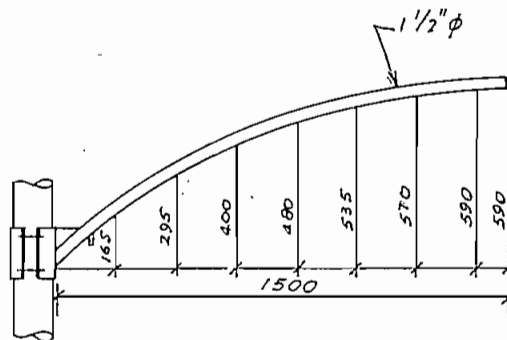
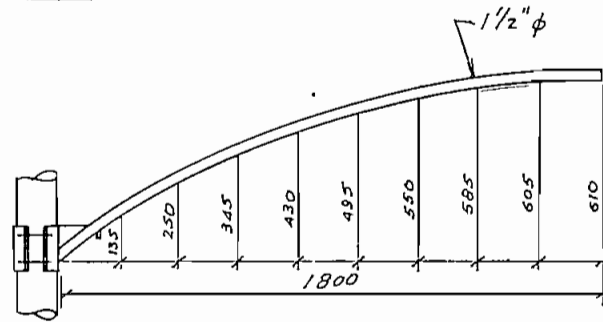
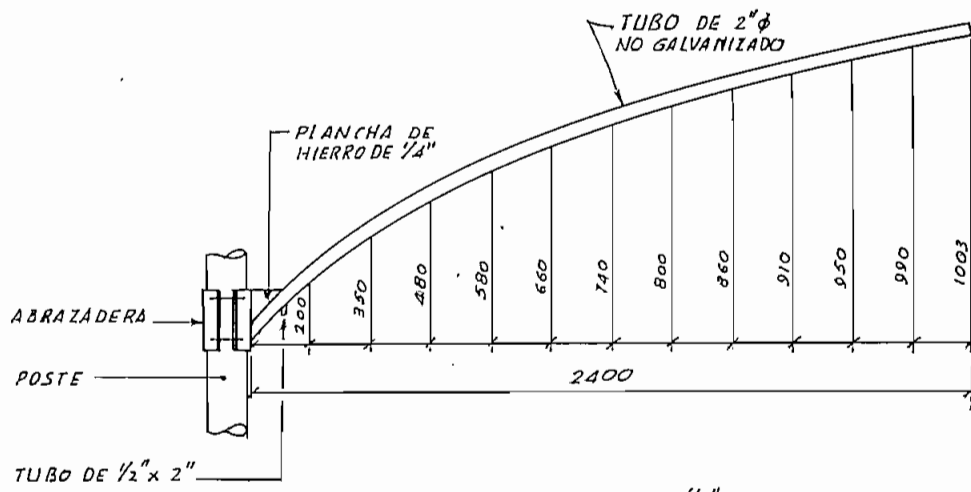
cepta lámparas de 100 y 175 vatios y producen tres tipos de curvas fotométricas.

En cuanto al tipo de lámparas a utilizarse en cada luminaria se indicó ya la potencia requerida, para mayor información las características técnicas que deben reunir se especifican así: *(Ver cuadro Pág 122)*

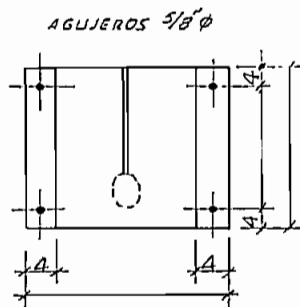
La altura de montaje está de acuerdo a la altura recomendada por los fabricantes para cada tipo de luminaria, esto es 9 a 9.50 metros para las M-400; y 7.60 metros para las luminarias tipo M-250R y M-100. Estas alturas son similares a las aconsejadas por la ASA que expusimos en las tablas de proyectos. Para mayores informaciones se puede seguir la "Guía para otras condiciones de empleo" en las que se especifica además el nivel de iluminación requerido para una calle de cierta anchura y el espaciamiento requerido entre aparatos instalados al ternativamente o en un solo lado. Esta información se la puede conseguir en los catálogos dados por los fabricantes de Luminarias General Electric.

El tipo de distribución de las luminarias ha sido seleccionado de acuerdo a la nueva clasificación ASA/IES de luminarias para alumbrado de calzadas. (Condensado de la "American Standard Practice for Roadway Lighting" publicada por la Illuminating Engineering Society). Esta clasificación hace referencia a la Figura 3-2 del Capítulo III.

Finalmente incluimos el tipo de brazo a usarse en cada calle, esta longitud está calculada con el fin de obtener la mejor utilización de la luminaria, adicionalmente los brazos de hierro tubular cumplen con los requerimientos de la Empresa Eléctrica Quito, S. A. Se puede ver en el Plano N° 4-2 sus características físicas y además la abrazadera que sopor



PLANTA



FRONTAL

ABRAZADERA

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL  
 CURVATURA DE LOS TUBOS  
 Y ABRAZADERAS

FECHA: ITAYO - 66

PLANO N° 4\_2

tará el brazo, esta abrazadera será de diámetro diferente de acuerdo al tipo de poste y a la altura de montaje.

#### CUADRO N° 4-2

##### Condiciones Esperadas para 1975:

Este cuadro expone la clasificación de las calles que salvo aquellas que fueron clasificadas como comerciales pueden sufrir variación por el aumento de centros comerciales, lo que traería consigo, naturalmente, aumento en el tráfico de vehículos y peatones; las calles netamente residenciales si bien es cierto pueden alcanzar mayor densidad de tráfico vehicular y de peatones como está previsto, seguirán siendo de carácter residencial. Concretamente este cuadro expone los niveles de iluminación esperados en 1975 y la potencia de la lámpara que satisfará estas exigencias. Todas las otras características del sistema de alumbrado básicamente permanecerán constantes.

Para un nuevo período de 10 años 1975-85 será necesario introducir modificaciones sustanciales; con seguridad saldrá al mercado un nuevo tipo de luminaria con mayor rendimiento de lúmenes/vatio y quizás sea necesario niveles de iluminación más altos que los esperados.

#### **REQUERIMIENTOS DE ENERGIA PARA EL ALUMBRADO:**

Haremos un estudio de la demanda por alumbrado público en la zona estudiada y otro más detallado para la ciudad entera, de acuerdo al programa de Mejoras y Ampliaciones correspondientes a la Segunda Etapa Cumbayá, en donde se han tomado en cuenta distintos factores tales como el reemplazo sistemático de lámparas incandescentes a lámparas de vapor de mercurio, además dentro de este programa está con

templado algunas parroquias que entrarán dentro del sistema y nuevas solicitudes de alumbrado para urbanizaciones que están en período de formación. Este trabajo está a cargo del Departamento de Alumbrado Público de la Empresa Eléctrica Quito, S. A. y para más detalles será mejor referirse a ellos.

Con esta consideración, haremos un examen comparativo de la situación actual, las necesidades para un período de 5 y 10 años esto es hasta 1975. Específicamente tomaremos en cuenta la zona tomada para ejemplo de cálculo.

#### Crecimiento de la Demanda:

##### Ciudad de Quito:

Partiendo de los datos proporcionados por el Departamento de Alumbrado Público de la Empresa Eléctrica Quito, S. A. teníamos que el crecimiento de la demanda a partir del año 1961, se tuvieron las siguientes potencias:

Año 1961	972.70 Kw
Año 1962	1.199.12 Kw
Año 1963	1.337.54 Kw
Año 1964	1.433.03 Kw
Año 1965	1.537.12 Kw

Estos resultados nos daban un promedio de crecimiento anual de 12.30%, valor que no nos dá en realidad una rata de crecimiento promedio real ya que en cuatro años es difícil poder determinar con exactitud la rata de crecimiento. Como se verá hay un porcentaje alto entre los años 1961-62; mientras que en el período 1963-65, el promedio de crecimiento se estabiliza en un 7%.

La potencia estimada para el año de 1970 se ha calculado

de la siguiente manera:

1.	En Quito, sector con redes pero sin alumbrado público, 2.000 puntos con un promedio de 130 vatios con lámparas incandescentes y de vapor de mercurio . . . . .	260 Kw
2.	Por la carga de las parroquias rurales que entrarían a ser servidas desde el sistema de la Empresa Eléctrica Quito con 500 puntos a 100 vatios por punto . . . . .	50 Kw
3.	Por cambio del sistema de alumbrado, de incandescente de varias potencias a vapor de mercurio de varias potencias se producirá un incremento de carga de . . .	100 Kw
4.	Potencia a instalarse por nuevas urbanizaciones . . .	<u>150 Kw</u>
		560 Kw
5.	Por pérdidas debido al aumento de carga, se estima en un 14% más o menos . . . . .	<u>78.4 Kw</u>
	TOTAL	638.4 Kw

6. Sobre la carga actual, consistente de 10.164 puntos de luz, con una potencia instalada de 1.537.12 Kw; a los cuales se añadirán las pérdidas que se estiman en 153.71 Kw da un total de 1.690.83 Kw (se ha tomado en cuenta un 10% de pérdidas).

Esto quiere decir que en el año 1970 la potencia total instalada será:  $1.690.83 + 638.40 = 2.329.23$  Kw. De acuerdo al presente estudio, se deduce en forma aproximada que se producirá un incremento del 37% en los 5 años; lo que quiere decir una rata de crecimiento anual del 7.40%.

Para el período 1970-75 estimamos que la demanda seguirá con un promedio de crecimiento igual a los años anteriores, llegando de esta manera a una potencia instalada de 3.120 Kw en el cual se incluirán ya las pérdidas debidas al sistema.

Demás está indicar que esta demanda estará servida cuando entre en funcionamiento la Segunda Etapa Cumbayá con 20.000 Kw y más



tarde, quizás antes de 1975 la nueva central hidroeléctrica de Nayón que proporcionará 30.000 Kw. Para esta nueva etapa será necesario hacer nuevas reformas y ampliaciones en las redes eléctricas de distribución esto es: aumento en la capacidad de transformadores y en el calibre de conductores, con lo cual se tendrá un servicio eficiente y plena confiabilidad en el suministro de energía.

Los resultados obtenidos se han grafizado en la curva de la Figura 4-1, en la que se indica el crecimiento de la demanda para la ciudad de Quito y otra curva que indica el crecimiento esperado en la zona de estudio. Se indica los porcentajes en cada caso.

#### Crecimiento de la Demanda:

##### Zona Norte Residencial: Barrios Mariscal Sucre y Simón Bolívar:

Del cuadro N° 2-2 "Datos de la Instalación y Análisis de la situación Actual" del Capítulo II; se puede deducir que la potencia total instalada es de 113.2 Kw; correspondientes a alumbrado con lámparas incandescentes. Esta potencia representa el 7.63% de la potencia total instalada por alumbrado público de la ciudad, correspondiente al año 1965.

Ahora el cuadro N° 4-1 "Datos de la Nueva Instalación" del punto 3 del presente capítulo, se ha computado un total de 161.95 Kw correspondientes a alumbrado con lámparas de vapor de mercurio. A esta potencia debemos incrementar un 14% por pérdidas en el sistema debido al incremento de carga lo que da un valor de 22.67 Kw que sumados a los 161.95 Kw nos da un total de 184.62 Kw. Esto quiere decir que hemos tenido un incremento de 71.42 Kw que expresado en porcentaje representa un 63% de la actual instalada.

Para este período de 10 años a partir de Enero de 1966, se considera que se irán haciendo gradualmente sustituciones de las lámparas debido a que serán necesarios niveles de iluminación más altos en cada calle y avenida; en el Cuadro N° 4-2, indicamos aproximadamente los niveles deseados hasta 1975 y las potencias de las lámparas. Se verá que el tipo de luminaria no ha cambiado, ya que el proyecto contemplaba este aumento para hacerlo al menor costo posible.

Del cuadro se deduce que la potencia total instalada en 1975 será de 258.92 Kw, agregamos como en el caso anterior un factor de pérdidas que estimamos en un 14% esto es: 36.24 Kw lo que da un total de 295.16 Kw. Haciendo un análisis comparativo tenemos un incremento de 110.54 Kw en 10 años, lo que da un porcentaje del 59%, esto nos dice que hemos tenido una rata de crecimiento de 5.9% anual en la zona.

Esta potencia esperada para 1975 en dicha zona, comparada con la potencia proyectada para el mismo año en toda la ciudad representa el 9.46%. La curva de crecimiento se verá en la Figura 4-1.

#### TARIFA APLICABLE PARA EL ALUMBRADO PUBLICO:

##### Servicio de Alumbrado Público:

##### Definición:

Se denomina así al suministro de energía eléctrica para el alumbrado de calles, parques, sitios de recreo, plazas, pilas luminosas y todos aquellos lugares que son para la libre ocupación del público.

##### Discusión de las Tarifas Vigentes y Propuestas:

Tarifas Vigentes a Diciembre de 1962:

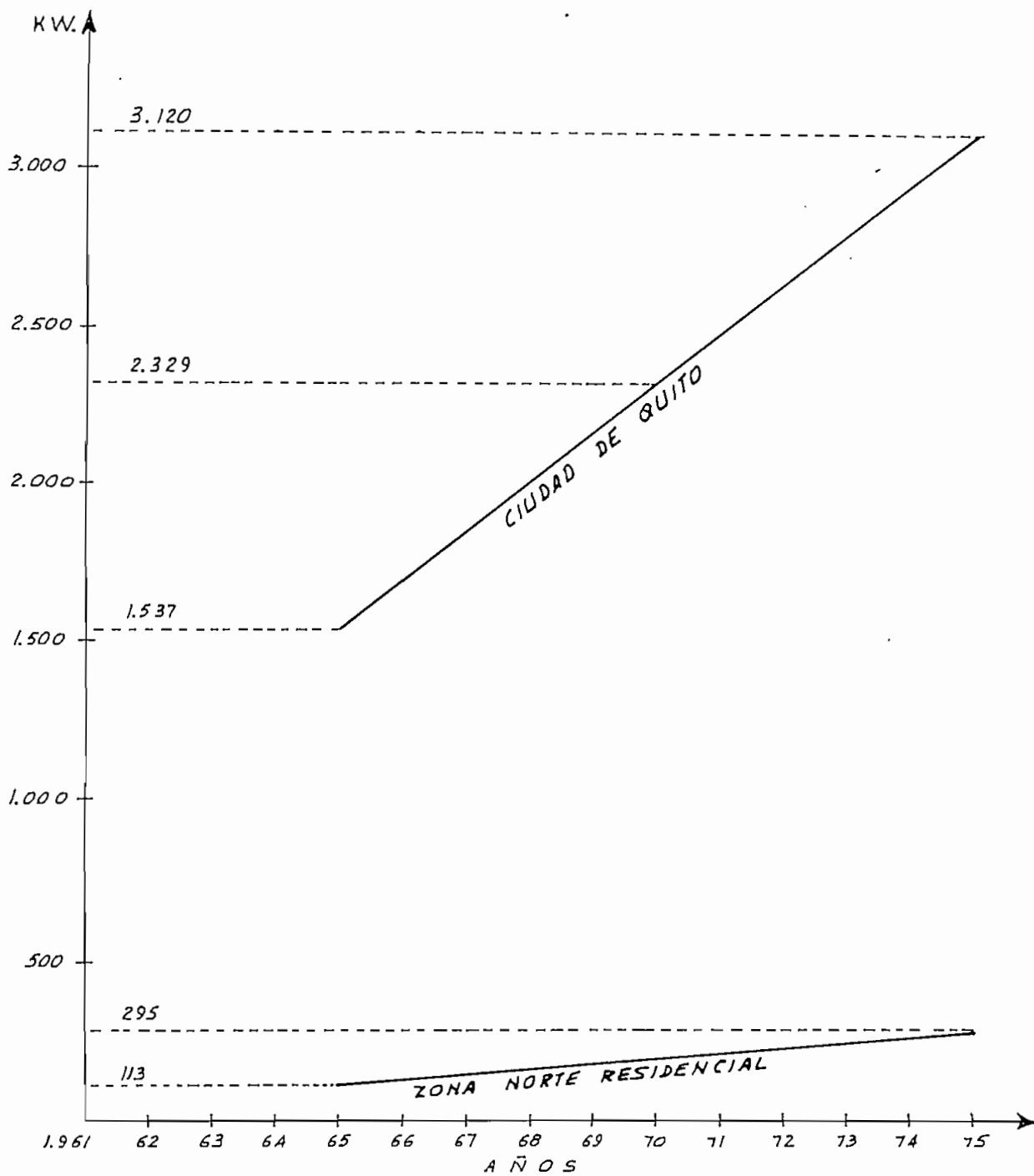


FIG. 4-1

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

TESIS PROFESIONAL

ALUMBRADO PUBLICO

CRECIMIENTO DE LA DEMANDA.

FECHA: MAYO - 66

*Alvarez*

## Tarifa "A. L. "

S/	1.90 mensuales por cada lámpara de	50 vatios.
	3.80 mensuales por cada lámpara de	100 vatios.
	7.60 mensuales por cada lámpara de	200 vatios.
	19.00 mensuales por cada lámpara de	500 vatios.
	38.00 mensuales por cada lámpara de	1.000 vatios

Nota: El mantenimiento y conservación del alumbrado público correrá a cargo de la Empresa Eléctrica Quito, S. A.

Análisis:

Precio medio del Kwh de Alumbrado Público = S/ 0.104.

Las tasas fijadas para el alumbrado público no están de acuerdo al verdadero costo del Kwh. La energía consumida en las horas de pick deberá tener un precio igual al costo del servicio en las mencionadas horas. No se tomó en cuenta el tipo de lámpara al diseñar la tarifa. No se cubren los costos de operación y mantenimiento.

A consecuencia de la difícil situación económica que atravesaba la Empresa Eléctrica Quito, S. A., se procedió a una revisión del pliego tarifario que trajo como consecuencia serios problemas entre sus usuarios; en aquella revisión se fijaron las siguientes tarifas para alumbrado público que fueron aprobadas por la Dirección de Recursos Hidráulicos y Electrificación del Ministerio de Fomento, vigentes desde el 1° de Enero de 1964.

Dichas tarifas están estructuradas así:

## I. Servicio de Alumbrado Público:

Tarifa "A. P. "

Cargo mensual:

a. Para lámparas incandescentes:

S/ 12.50	por cada lámpara de hasta	100 vatios
18.50	por cada lámpara de hasta	150 vatios
24.50	por cada lámpara de hasta	200 vatios
36.00	por cada lámpara de	300 vatios
60.00	por cada lámpara de	500 vatios
120.00	por cada lámpara de	1.000 vatios

b. Para lámparas de vapor de mercurio o de sodio

S/ 11.20	por cada lámpara de	80 vatios
14.00	por cada lámpara de	100 vatios
17.00	por cada lámpara de	125 vatios
24.00	por cada lámpara de	175 vatios
27.00	por cada lámpara de	200 vatios
32.00	por cada lámpara de	250 vatios
52.00	por cada lámpara de	400 vatios
65.00	por cada lámpara de	500 vatios
130.00	por cada lámpara de	1.000 vatios

c. Para lámparas fluorescentes:

S/ 6.50	por cada lámpara de	40 vatios
12.50	por cada lámpara de	40 a 80 vatios.

## II. Disposiciones:

Las presentes tasas incluyen el costo de mantenimiento de las luminarias.

### Análisis:

Sin entrar en mayores detalles se nota claramente que esta tarifa es sensiblemente más alta que la vigente hasta 1962. Esto se justifica solamente por la urgente necesidad que tuvo la Empresa Eléctrica Quito, S. A. de salir de su postración económica. El precio promedio de la tarifa vigente es de S/ 0.38 por Kwh

### TARIFA DE ALUMBRADO PUBLICO PROPUESTA:

Para el servicio de alumbrado público se considera que la energía que consume durante las horas de pick debe ser pagado a un precio mayor y otro menor para la energía consumida durante las otras

horas. Al diseñar esta tarifa, en consecuencia, se tendrá un precio para las primeras 120 horas-uso del mes y otra menor para las restantes.

Estructura de la Tarifa Propuesta:

Para la determinación de la tarifa de alumbrado público se ha considerado que el consumo de energía durante las horas de pick de be ser pagado a un precio mayor, que aquel que consume durante las restantes horas.

Las cuatro horas de pick diarias del sistema se han tomado en cuenta en la tarifa de horas-uso, diseñada para este servicio. Además se ha considerado el tipo de lámpara, teniendo un precio mayor por Kwh para las lámparas fluorescentes y de mercurio y un precio menor por Kwh para las lámparas incandescentes.

Las tasas fijadas son las siguientes:

- a. Para lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio.
  - S/ 0.50 por cada uno de los primeros 120 Kwh por Kw
  - 0.20 por cada Kwh de exceso.
- b. Para lámparas incandescentes:
  - S/ 0.45 por cada uno de los primeros 120 Kwh por Kw
  - 0.20 por cada Kwh de exceso.

Aplicación:

Esta tarifa se aplicará a todo lo que es alumbrado público.

Análisis:

Cabe anotar que en la tarifa propuesta no se incluye el cos to de mantenimiento por luminaria. El precio promedio de la tarifa propuesta es de S/ 0.284. Nos parece razonable este último valor pro

medio, ya que el costo de S/ 0.38 de la tarifa vigente es relativamente alto si se considera que el sistema no ha recibido el debido mantenimiento de las luminarias como anotamos anteriormente. En el Capítulo V. haremos un análisis de los ingresos con la tarifa actual y la propuesta.

## C A P I T U L O V.

### PROGRAMA DE CONSTRUCCION

#### Necesidades Inmediatas y Futuras:

Como es natural, no se podrán iluminar todas las calzadas al mismo tiempo y la mayoría de las veces el alumbrado debe programarse según los fondos disponibles. Las zonas que deben recibir preferencia son las que tienen un alto índice de accidentes o son propensas a crímenes.

Si bien es cierto, en la zona tomada para estudio carece en su totalidad de alumbrado, se ha proyectado realizar la construcción en cinco etapas, considerando las tres primeras como necesidades inmediatas y las dos restantes para el futuro. Se ha partido del hecho de que en la primera etapa las necesidades de un adecuado alumbrado se justifican debido a la creciente ola de robos y a los repetidos accidentes de tránsito ocasionados en dichas calles, hay que considerar además que esta etapa ha comenzado ya su construcción, instalando luminarias en los sectores en donde ha habido verdadera preocupación del público en iluminar sus calzadas; se espera que en el transcurso de este año esté completamente terminada esta etapa.

La segunda etapa que puede ser realizada en este mismo año considera como parte principal, la iluminación de la Avenida Río Amazonas, calle que debido a que se está transformando en comercial, trae consigo un incremento del tráfico de vehículos y peatones, consiguientemente aumentan las posibilidades de robos y accidentes. Se ha progra-



mado así mismo dentro de esta etapa las calles Córdova, García, parte de las calles Juan León Mera y Reina Victoria que se encuentran actualmente sin alumbrado.

La tercera etapa, que será realizada a partir del año 1967, incluye las Avenidas 10 de Agosto y 6 de Diciembre, que si bien tienen alumbrado; pero dada las características de estas vías resulta muy deficiente. Estas avenidas se las puede considerar como principales debido al tráfico bastante denso de vehículos, ya que son vías de descongestión del tráfico vehicular del centro de la ciudad. Incluye además algunas calles secundarias que a pesar de no tener gran densidad de tráfico carecen de alumbrado actualmente.

La cuarta etapa comprende la Avenida Patria como primera obra que puede ser realizada a fines del año 1967, esta avenida está intensificando el tráfico de vehículos debido a que centros comerciales de importancia están estableciéndose en dicha avenida, contribuyendo de esta manera al ornato de la ciudad. Se debe tener especial interés en esta vía ya que dada su característica tiene cruces peligrosos tal como los formados por la Avenida 6 de Diciembre y la Avenida Río Amazonas. Se ha incluido dentro de esta etapa algunas calles secundarias del barrio Simón Bolívar.

Finalmente como quinta etapa hemos considerado las Avenidas 12 de Octubre y Cristóbal Colón, que poseen actualmente alumbrado con lámparas montadas en postes ubicados en el andén central y con dos luminarias por poste para iluminar cada calzada. Demás está repetir, pero cabe recalcar que el alumbrado actual es deficiente y no llena los requerimientos de acuerdo a su clasificación e importancia.

Esta etapa bien puede ser construída a partir del año 1968 o si las necesidades lo exigen se podría hacer conjuntamente con la cuarta etapa.

Se ha proyectado realizar el trabajo en forma escalonada ya que actualmente la Empresa Eléctrica no cuenta con los materiales necesarios, los cuales deberán ser importados de acuerdo a las posibilidades económicas y según las etapas de construcción. Anotamos además en el Capítulo II sobre la difícil situación económica por la que atraviesa el Municipio y la falta de preocupación de los moradores del sector, factores que han sido decisivos para no realizar el programa proyectado.

En el Plano N° 5-1 se indican las calles que incluyen las 5 etapas de construcción, cada etapa tiene su color característico conforme queda indicado.

Este ensayo, quizás sirva para el futuro cuando se trate de abordar nuevos proyectos o simplemente ampliaciones. Para una mejor realización de los mismos, sugerimos a continuación los pasos a seguirse:

1. Se debe obtener un plano de la zona en consideración que muestre la posición de postes existentes utilizables, así como el volumen del tráfico que se prevé, experiencia de accidentes y dimensiones de la anchura de las calles.
2. Se debe analizar los datos indicados en el plano para determinar las necesidades de cada calzada.
3. Se reproducirá el plano mostrando la posición exacta de cada nueva unidad propuesta, altura de montaje, lámpara a usarse e iluminación resultante.
4. Estas recomendaciones deben someterse a las autoridades municipi

pales y hacer una presentación de los cambios recomendados a fin de modernizar el sistema existente según las normas actuales.

### Análisis de Costos:

Comparación entre sistemas de alumbrado incandescente, mercurio y fluorescente:

En los cálculos del costo de la luz conviene usar el megalumen-hora como unidad de la cantidad de luz. Una lámpara estándar de 1.000 horas, 18.400 lúmenes de promedio y 1.000 vatios produce 18.4 megalúmenes hora durante su vida normal. La fórmula para hallar el costo de la unidad de luz puede expresarse en la siguiente forma práctica:

$$U = I + AN$$

en la que:

U = costo de la unidad de luz (sucres por megalumen hora)

I = inversión inicial (sucres por megalumen hora)

A = Costo anual (sucres por megalumen hora)

N = número de años de funcionamiento del sistema, y

$$I = \frac{B + P}{LT} \times 10^6$$

$$A = \frac{10^6}{LDH} \left[ \frac{H(P + h)}{T} + RWH + M + F \right]$$

en la que:

L = lúmenes de promedio

D = factor medio de mantenimiento debido a la acumulación de suciedad en la lámpara y la luminaria.

P = precio de las lámparas en sucres

B = Precio de las resistencias en sucres

h	=	costo de la mano de obra de reponer las lámparas
T	=	vida nominal (horas)
W	=	kilovatios de promedio, incluyendo pérdidas en las resistencias
R	=	costo de la electricidad (Suces/Kwh)
F	=	cargos fijos por portalámpara al año
M	=	costo de la limpieza por portalámpara al año
H	=	horas de funcionamiento al año

Se ha usado esta ecuación al calcular el costo de la unidad de luz de las lámparas de filamento, mercurio y fluorescentes que se ven en el cuadro 5-1. Obsérvese que la segunda columna muestra cómo se ha calculado cada uno de los items y la tercera columna muestra los correspondientes factores en la ecuación básica. El costo relativo de inversión inicial, item (9), y el costo relativo anual, item (27), dependen en gran parte de los factores asumidos, tales como los cargos fijos por año, item (13), costo de la mano de obra items (18 y 20), y el costo de la electricidad, item (21).

Como estos items varían de un lugar a otro, los resultados finales pueden variar apreciablemente según las condiciones que imperen en el lugar. Por consiguiente, se han de examinar las suposiciones hechas en este análisis económico para estar seguros que son válidos en las condiciones asumidas.

Por ejemplo, en los Estados Unidos, el costo de la mano de obra sería apreciablemente más alto y el costo de la electricidad notablemente más bajo que el mostrado en este cuadro.

La Figura 5-1 es un gráfico que representa un resumen del

análisis económico del cuadro 5-1. No es más que una representación gráfica de los ítems (9) y (27).

Nos permitimos señalar que se supone que los siguientes factores tienen el mismo efecto en todos los resultados presentados en los ítems (29) y (27) y que por lo tanto han sido omitidos en los cálculos:

1. Costo de las envolturas de las luminarias.
2. Costo de los postes, brazos y accesorios.
3. Mano de obra de la instalación inicial.
4. Costo del equipo de distribución y control de la electricidad.
5. Piezas de repuestos.
6. Cargos de demandas.
7. Eficiencia de los diversos equipos utilizados con fuentes luminosas distintas.
8. Variaciones en la cantidad de luz utilizada en una zona dada.

Estos resultados obtenidos confirman lo dicho anteriormente al seleccionar el equipo y las fuentes luminosas, con lo cual queda demostrado que el sistema de alumbrado público con lámparas de vapor de mercurio es más ventajoso debido al bajo costo de inversión inicial y a los costos de operación anual del sistema.

Programa de Trabajo y Costos de cada Etapa:

Al hablar de las necesidades inmediatas y futuras, expusimos el programa de trabajo que podría adoptarse para realizar el proyecto elaborado. Este programa está basado en las necesidades presentes de cada calle, y tomando en cuenta las consideraciones económicas de la Empresa y del Municipio. Demás está indicar que habrá una reacción inmediata de los usuarios, quienes deberán cancelar oportuna-

mente el valor asignado de acuerdo al frente de propiedad.

Los costos de cada etapa serán repartidos entre los moradores, la Empresa Eléctrica y el Municipio. Hacemos notar que la Empresa absorberá los gastos que demanden la adquisición del conductor de cobre desnudo N° 6 AWG, para el control del alumbrado público y los postes necesarios para la modificación de las redes eléctricas de distribución, así como la mano de obra para el montaje de los postes y de la red. El I. Municipio por su parte contribuirá con la red de alumbrado subterránea, los postes necesarios para la Avenida Patria, 12 de Octubre y Cristóbal Colón y además el material para tendido del cable subterráneo y la mano de obra. A cargo de los moradores estarán las luminarias, lámparas, brazos, dispositivos de control y los accesorios para la instalación.

En el Cuadro 5-2, "Programa de Trabajo y Costos de Cada Etapa", constan los costos por luminaria de los dispositivos de control, brazo por luminaria y los accesorios. En la mano de obra se incluye además un cierto porcentaje por luminaria debido a imprevistos, transporte y dirección técnica. Se notará que no se incluyen los materiales con que contribuirán el Municipio y la Empresa.

Es de fácil comprensión el costo de cada luminaria, lámpara y brazo. El valor \$/ 10.11, indicado en la columna de célula por luminaria se ha obtenido dividiendo el valor de \$/ 8.625.40 (renglón 10 del presupuesto) para las 853 luminarias que componen el sistema. El costo de réle por luminaria, de igual manera, la suma de renglones (11 + 12 + 13) para las 853 luminarias. Los costos de los accesorios se han calculado siguiendo el mismo procedimiento, notándose un va-

lor diferente para aquellas luminarias que tienen redes aéreas, y otro, más elevado, para aquellas en instalación subterránea.

En el Cuadro 5-2 se indica en una casilla el costo por metro de frente de propiedad, valor determinado por la división del valor total de iluminar la calle para la longitud de la misma y este valor dividido para dos por tratarse de dos frentes. Por consiguiente, cada propietario abonará el valor correspondiente a la longitud de sus frentes, valor que lo determinará la Empresa Eléctrica previa medición de los mismos.

#### Costo Anual de Operación y Mantenimiento del Sistema:

Cuando se piensa comprar un sistema de alumbrado en preferencia de otro, se debe tener en cuenta que se compra luz, y no luminarias, lámparas ni electricidad. La luz es el producto final que se busca. Las lámparas, luminarias y demás componentes del sistema de distribución eléctrico sirven únicamente como medio de convertir electricidad en luz.

El costo de la luz comprende mucho más que el costo de la lámpara y los componentes auxiliares que producen la luz. De hecho, el costo de las lámparas no es más que una pequeña fracción del costo de la luz. No obstante, la cantidad de luz producida con relación al costo total de iluminación depende del diseño de las lámparas, de su duración vida-eficiencia.

El costo total del alumbrado se calcula reuniendo todos los factores que intervienen en el costo de la instalación, es decir, los gastos fijos y los de funcionamiento. El total así obtenido servirá tanto pa

ra comparar el costo de la luz producida por elementos diferentes como para la comparación de varios sistemas de alumbrado. Al comparar sistemas de alumbrado no similares, como incandescente, fluorescente o vapor de mercurio, es imposible valorar el factor de calidad desde un punto de vista económico. Por ello es conveniente comparar el costo de las instalaciones sobre la base de niveles de iluminación iguales y de la misma calidad. Los resultados así obtenidos dan una indicación más segura respecto a la fuente de luz y tipo de luminaria más conveniente a emplear en una instalación dada.

Muchas de las cifras usadas en el análisis del costo anual de operación del sistema, así como la forma de presentar el mismo, deberán ser verificados y chequeados por el Departamento de Alumbrado Público de la Empresa Eléctrica Quito, S. A. La variación en los métodos de calcular de depreciación, energía consumida, limpieza y sustitución de lámparas, si no son estimados adecuadamente pueden conducir a resultados erróneos. El número de años en los que la inversión hecha en el equipo de alumbrado puede ser amortizada depende en gran parte de la situación económica del Municipio, la Empresa y la de los usuarios. El costo de la limpieza de luminarias y sustitución de lámparas variará con la frecuencia que se realice y de que sean o no sustituidas en grupos. Es conveniente para la Empresa familiarizarse cuanto antes en la estimación correcta de estos puntos. En todo caso, los valores utilizados, son los vigentes a la fecha y de acuerdo a estimaciones obtenidas en la práctica.

En el Cuadro 5-3, exponemos la forma típica del análisis de costos para determinar el costo anual de operación del sistema.



Financiación:

Antes de estudiar la forma de financiación del sistema de alumbrado público proyectado en la zona norte residencial, barrios Mariscal Sucre y Simón Bolívar, conviene hacer notar un acuerdo vigente entre la Empresa, el Municipio y los usuarios:

1. La Empresa por su propia cuenta debe realizar el tendido y mantenimiento de las redes de alumbrado público, salvo en las urbanizaciones y con excepción también de algunas redes especiales de alumbrado tendidas en parques públicos, plazas y en lugares en donde no hay servicio a clientes, pues tales redes especiales deben ser pagadas por la I. Municipalidad.
2. Son de cuenta de la I. Municipalidad, los valores correspondientes a materiales empleados a partir de la línea de la red hasta el bombillo, luminaria o artefacto.
3. Normalmente todas las obras de extensión de alumbrado público se realizarán por orden de la I. Municipalidad y en tal caso se cargan a la cuenta de ese accionista.
4. Algunas obras hechas por iniciativa de la Empresa, y en tal caso antes de hacer el trabajo, la Empresa debe consultar a la Alcaldía para que ponga su visto bueno en el presupuesto de la obra.
5. Si no se hubiera pedido oportunamente la aprobación del presupuesto y ya se hubiera realizado la obra, la Empresa debe pasar una comunicación a la Alcaldía informándole y pidiéndole autorización para cargar a su cuenta el valor correspondiente.
6. Son valores correspondientes a los usuarios, el de las luminarias lámparas, dispositivos de control, accesorios de montaje y la mano de obra correspondiente para realizar el montaje de brazos y luminarias.

L MEDIO EN EXCESO	Factor de mantenimiento sugerido	Factor de mantenimiento sugerido	
		Vert.	Horiz.
700	0.61	0.66	0.66
350	0.56	0.63	0.63
470	0.48	0.56	0.56
325	0.76	0.77	0.77
875	0.74	0.76	0.76
700	0.61	0.65	0.65
550	0.76	0.77	0.77
900	0.74	0.76	0.76
600	0.61	0.65	0.65
700	0.76	0.77	0.77
900	0.74	0.76	0.76
800	0.61	0.65	0.65

T A B L A 6-1

INFORMACION DE LAS LAMPARAS DE MERCURIO-SERIE "BONUS" - 12.000 HORAS DE VIDA UTIL  
16.000 HORAS DE VIDA PROMEDIO EN EXCESO

Código de la G. E. pa ra pedidos	Código de las Normas ASA	Aca- bado	Lúmenes iniciales (vertical)	Lúmenes promedio (vertical)	Lúmenes al			Factor de man- tenimiento suge- rido	Factor de man- tenimiento suge- rido	
					final de la vida útil (vertical)	Lúmenes iniciales (horiz.)	Lúmenes promedio (horiz.)		Lúmenes al final de la vida útil (horizon.)	Vert.
Bulbo BT-25 de 100 vatios										
H100A38-4	H38-4HT	T	3.650	3.100	2.630	3.470	3.050	2.700	0.61	0.66
H100C38-4	H38-4JA/C	CC	3.350	2.750	2.210	3.180	2.740	2.350	0.56	0.63
H100W38-4	H38-4JA/C	B	3.940	3.030	3.245	3.740	3.060	2.470	0.48	0.56
Bulbo BT-28 de 175 vatios										
H17A39-22	H39-22KB	T	7.300	6.850	6.500	6.950	6.600	6.325	0.76	0.77
H17C39-22	H39-22KC/C	CC	6.950	6.460	6.050	6.600	6.200	5.875	0.74	0.76
H17W39-22	H39-22KC/W	B	7.900	6.700	5.690	7.500	6.500	5.700	0.61	0.65
Bulbo BT-28 de 250 vatios										
H250A37-5	H-37-5KB	T	11.000	10.300	9.790	10.500	10.000	9.550	0.76	0.77
H250C37-5	H37-5KC/C	CC	10.500	9.750	9.140	10.000	9.400	8.900	0.74	0.76
H250W37-5	H37-5KC/W	B	11.900	10.100	8.560	11.300	9.850	8.600	0.61	0.65
Bulbo Bt-37 de 400 vatios										
H400A33-1	H33-1CD	T	20.500	19.300	18.220	19.500	18.500	17.700	0.76	0.77
H400C33-1	H33-1GL/C	CC	20.000	18.600	17.400	19.000	17.800	16.900	0.74	0.76
H400W33-1	H33-1GL/W	B	22.000	18.700	15.840	20.800	18.100	15.800	0.61	0.65

T: transparente

CC: color corregido

B: blanco

cada se basan en ciclos de operación de cinco o más horas cada vez que se encienden; los ciclos menores acortan su vida. Otras condiciones de operación tales como la temperatura ambiente excesivamente alta, diseño de la resistencia y voltaje de la línea influyen en la vida de las lámparas.

La depreciación de lúmenes de las lámparas de mercurio que se ve en la Tabla 6-1, aparece en forma gráfica en la Figura 6-2.

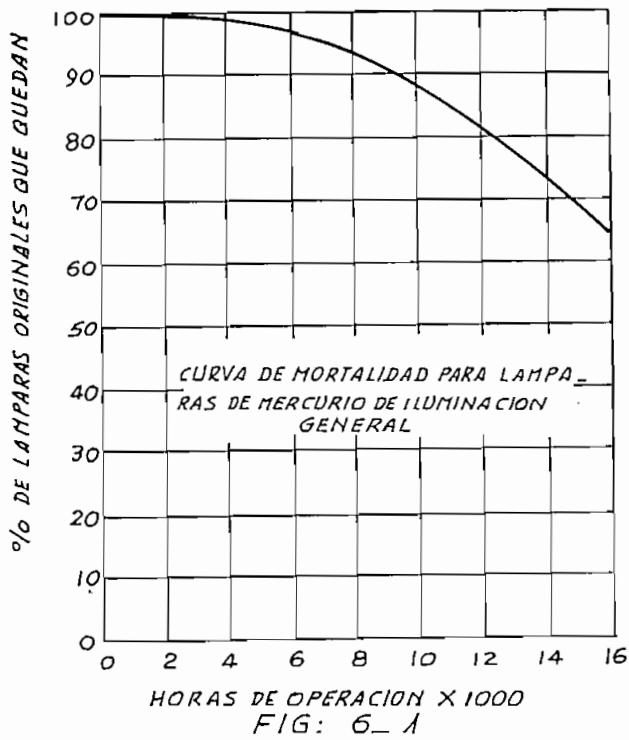
#### Necesidad de un programa de mantenimiento:

Todo sistema de alumbrado público sufre deterioro con el tiempo, por el desgaste debido al uso y a la exposición de las inclemencias del tiempo y a los choques de los vehículos.

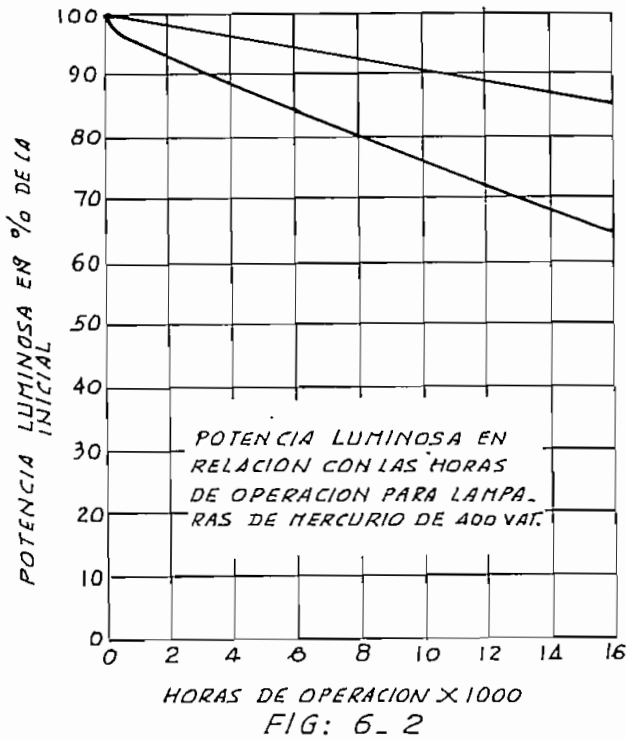
De particular interés es el mantenimiento de niveles adecuados de iluminación en las calles, por lo que el público paga y la Empresa Eléctrica se compromete a entregar. Reportes recogidos de una Empresa en el caso de una luminaria cerrada de 4.000 lúmenes que no fue lavada por más de dos años, los luxes sobre el pavimento fueron de 4.30 antes del lavado y 30 o sea 7 veces más luego del lavado. En otro caso, la misma Empresa reportó que en los sitios en que se efectuó un lavado regular de las luminarias cada 6 meses, los luxes antes del lavado fueron 27, y 38 luego de él, concluyéndose que por medio de una limpieza regular cada 6 meses, el decaimiento de la iluminación, debido sólo a la suciedad, se redujo al 28%.

En otro caso típico, el decaimiento de los niveles de iluminación debido a la suciedad fue del 40% y sólo un 23% debido al envejecimiento. Otro motivo de pérdida de luz es atribuido a la operación de las lámparas a un voltaje menor para el cual fueron diseñadas.

LA PROPORCION DE LAMPARAS FUNDIDAS AUMENTA CON LA EDAD



LA POTENCIA EN LUMENES DE LAS LAMPARAS DISMINUYE CON LA EDAD EN PROPORCIONES DIFERENTES, SEGUN LA LAMPARA DE QUE SE TRATE.



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

TESIS PROFESIONAL

CURVAS DE MORTALIDAD Y DEPRECIACION LUMINOSA PARA LAMPARAS DE MERCURIO DE 400 W.

FECHA: JUNIO -66

*E. Manzanao P.*

la ciudad, al departamento de tránsito, la policía o algo semejante.

Requerimientos para el Mantenimiento del Alumbrado Público:

El mantenimiento de una iluminación adecuada es función de varios factores, siendo los principales:

- a. Decaimiento debido al polvo acumulado y suciedad sobre las lámparas, reflectores y vidrios.
- b. Baja del rendimiento en lúmenes entregados de las lámparas, debido al envejecimiento normal, como deterioro del filamento y oscurecimiento del bulbo.
- c. Daños debido a fallas en las lámparas o componentes del circuito, daño accidental o debido al vandalismo.
- d. Voltaje o corriente reducidos en las lámparas debido a pérdidas anormales en la línea o transformadores de distribución.
- e. Interferencia de iluminación causados por ramas de árboles a los cuales se ha permitido crecer bajo el cono de máxima iluminación.

Las medidas tomadas para evitar las pérdidas debido a los factores anteriores, serán tratados bajo los siguientes títulos:

- a. Limpieza sistemática.
- b. Reposiciones ordenadas de lámparas
- c. Inspecciones regulares de voltaje y corriente en las lámparas.

Otras medidas tales como la poda de árboles, prevención contra el vandalismo y quizás un contrato para el mantenimiento adecuado, serán estudiados ligeramente bajo estos puntos.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DE RUTINA:

### A. Limpieza Sistemática:

La acumulación de polvo en las luminarias causa absorción de luz, reduciendo la iluminación en algunos casos hasta fracciones de su valor original. La depreciación debido al polvo varía en el tipo de luminarias, por ejemplo, las luminarias modernas tipo cerrado son herméticamente selladas y por lo tanto el polvo se acumulará en el exterior en donde se limpiarán en cierto grado por medio de la lluvia. Las superficies reflectoras, comúnmente de aluminio anodizado, son permanentemente dañadas por la acción química de los bichos acumulados y otras materias extrañas que se adhieren a la superficie.

Las tablas 6-2 y 6-3 muestran factores de depreciación medios usados en la práctica y asumiendo un apropiado sistema de limpieza y reemplazo de lámparas.

Tabla 6-2: Depreciación de Luminarias debido a la suciedad:

Luminarias incandescentes . . . . .	80 a 90%
Luminarias de vapor de mercurio . . . . .	85%
Luminarias fluorescentes . . . . .	85 a 90%

Tabla 6-3: Factores de Suciedad Propuestos para Luminarias:

Luminarias cerradas (áreas residenciales)	90%
Luminarias cerradas (calles de tráfico medio y comerciales) . . . . .	85%
Reflectores tipo abierto . . . . .	80%

De estas tablas se ve que la meta propuesta de un buen sistema de mantenimiento de alumbrado público es aquella de que las pérdidas debido a la suciedad no excedan del 20% para reflectores abiertos o 15% para luminarias cerradas. Cuando esto se combina con el desgaseo

te normal, la meta de máximo decaimiento se aproximaría de 25 a 50% dependiendo del tipo y tamaño de las lámparas. Esto significa que la iluminación inicial excederá al nivel de diseño en cierto porcentaje; tal diseño asume condiciones medias y requiere que el programa de limpieza sea tal que devuelva al sistema su eficiencia original por lo menos a cada cambio de lámparas. Esto puede ser satisfactorio para luminarias incandescentes, pero es enteramente insatisfactorio para lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio, los cuales se cambian usualmente entre 24 y 36 meses. Tal equipo debe lavarse entre cambio de lámparas y por lo menos una vez al año y preferiblemente cada seis meses.

Quizás deba notarse que el lavado del equipo entre cambios de lámparas, supone cierto incremento en la rotura de estas o sus filamentos y despostillamientos de la cristalería debido al manipuleo del equipo. Por su puesto, las condiciones locales varían ampliamente y en localidades muy sucias puede no ser adecuado el lavado cada seis meses. La Empresa Eléctrica, estudiará sus propias condiciones y establecerá un itinerario de limpieza tal que se mantenga buen servicio, buena disposición de los usuarios y proteja su propia inversión en el sistema de alumbrado público de la ciudad.

#### Métodos de Limpieza:

Se pueden adoptar los siguientes métodos:

- a. En los tipos antiguos de luminarias en las que no se ha previsto un sistema fácil de apertura para lavarlo o reemplazarlo, o en otros casos, debido a las inclemencias del tiempo o por costumbres establecidas, el equipo debe limpiarse en el sitio, en tal caso, úsese un agente limpiador que remueva el sucio rápidamente

- y que no requiera enjuague. Quítese el exceso de humedad con un paño limpio. No debe usarse lana de acero para limpiar superficies de vidrio o metal, ya que pueden asomar superficies rugosas apropiadas para la acumulación de suciedad.
- b. Las luminarias más modernas se pueden quitar por medio de una grapa, permitiendo que todo el conjunto sea retirado a un sitio adecuado para su lavado, enjuagado y secado. El procedimiento preferido es el de tener repuestos de reflectores limpios, vidriería y otros accesorios, los cuales pueden ser instalados al instante.
  - c. Sin embargo, la práctica preferida es la inmersión total de la luminaria o parte de ella, en una solución detergente, usándose una esponja o cepillo suave para quitar la suciedad incrustada. Hay en el mercado algunos polvos limpiadores, diseñados especialmente para limpiar el equipo lumínico. No deben usarse soluciones ácidas o alcalinas en el aluminio. Luego de la limpieza, las unidades deben ser enjuagadas con agua caliente y luego dejarles secar.

Un equipo móvil especial para limpieza y mantenimiento en general, se ha diseñado para alumbrado público el cual debe ser adquirido a corto plazo por la Empresa. Este equipo está diseñado con una plataforma elevadiza que puede ajustarse desde el piso del vehículo al nivel de trabajo y puede ser extendido en cualquier dirección del lugar de la luminaria.

#### B. Reposiciones Ordenadas de Lámparas:

Una fase importante en el mantenimiento de la iluminación es la adopción de un programa eficiente y efectivo de reemplazo de



las lámparas, para mantener todas las lámparas funcionando y conservar los niveles de iluminación proyectados.

Cuando las lámparas no funcionan las calles quedan oscuras, presentando peligros de crímenes y accidentes; la Empresa pierde la confianza del usuario y los viajes para reemplazar una lámpara resultan caros.

#### Cambio de Lámparas:

Las lámparas pueden reemplazarse a medida que se funden o de una vez a intervalos regulares. El cambio individual se llama cambio inmediato, mientras que el cambio en masa se suele llamar cambio de grupo.

#### Cambio Inmediato:

Este un proceso laborioso que es sumamente caro, cuando se tiene en cuenta el tiempo y mano de obra que representa el mandar un vehículo de mantenimiento a distancia por un sola lámpara.

#### Cambio de Grupo:

La Figura 6-2 muestra que el 82% de las lámparas originales funcionan todavía después de 12.000 horas de servicio. El promedio de lámparas fundidas aumenta con creciente rapidez después de las 12.000 horas, por lo que se sugiere como punto crítico en el cambio de grupo. Esto equivale a tres años de servicio en los sistemas que funcionan durante toda la noche, todos los días (4.000 horas al año).

La mano de obra ahorrada al reemplazar todas las lámparas del sistema de una vez en lugar de una a una suele ser mayor que el valor de las lámparas depreciadas que se desechan. Esta práctica

es común hoy en día en los Estados Unidos y Europa, pues ahorra dinero y reduce el número de zonas peligrosas. El cambio de grupo ahorra mano de obra al reducir el tiempo de viaje que se requiere para reponer lámparas inmediatamente.

Además de las economías obtenidas de esta práctica, se obtiene una iluminación media más alta. Cuanto antes se reemplacen las lámparas, mayor será la iluminación mantenida. Esto significa que el sistema de alumbrado proveerá las condiciones de visibilidad para las que fue diseñado.

La vida media de una lámpara es un dato publicado por el fabricante y está basado en pruebas de vida de aquella lámpara cuando se ha operado a un voltaje propicio. Con las modernas técnicas de manufactura, es posible producir grupos de lámparas en los cuales, la mayor parte se acerquen a la duración estipulada. Habrán quemaduras precoces, que serán balanceadas por otras tardías. El comportamiento de lámparas se muestra gráficamente por medio de las llamadas "Curvas de Mortalidad". La vida media de una lámpara es el punto de la curva de mortalidad donde la mitad de las lámparas se han quemado.

Por muchos años y hasta la fecha ha sido práctica común en la Empresa Eléctrica Quito, el reemplazar las lámparas sólo cuando se han quemado. Los programas de reemplazo en grupo, son aquellos en los cuales todas las lámparas de un área dada o de un circuito particular, son reemplazadas a un mismo tiempo y a intervalos regulares. Este método tiene algunas ventajas, de las cuales ya hemos descrito, siendo las principales reducir el número de fallas y el de restaurar el nivel de iluminación original (cuando se combina con la limpieza).

El reemplazo en grupo tiene otra ventaja, las cuadrillas pueden trabajar durante el día cuando los circuitos se hallan de-energizados, incrementándose la seguridad del trabajo. Otras ventajas del reemplazo en grupo son: anuncia cuales lámparas y de cual fabricante están fallosas, indica cuales transformadores están ajustados a muy alta tensión y pone de manifiesto repetidas fallas o algún problema del circuito.

Una práctica típica obtenida de una encuesta entre varias Empresas de los Estados Unidos es como sigue:

Lámparas incandescentes	2.000 horas
-------------------------	-------------

lámparas de vapor de mercurio	8.000 horas
-------------------------------	-------------

(Variaciones de 6.000 a 14.000 horas, 7 de 13 compañías usan 8.000 horas)

Lámparas fluorescentes: Una compañía	6.000 horas
--------------------------------------	-------------

Una compañía	8.000 horas
--------------	-------------

Una compañía	10.000 horas
--------------	--------------

Reducir el número de fallas entre reemplazos en grupo reduce naturalmente el costo de mantenimiento, lo cual es de sumo interés para la Empresa. El restaurar el nivel de iluminación a su nivel inicial, a intervalos regulares es de beneficio directo del consumidor, lo cual en estos días de lámparas de larga duración es objeto de creciente atención. Las lámparas que duran 3.000, 5.000 y 9.000 horas, continúan decayendo en eficiencia.

Características y más detalles de depreciación luminosa de las lámparas de alumbrado público, se pueden ver en las curvas de las Figuras 6-3 a 6-5.

De acuerdo a lo expuesto, y conociendo las características de

1

CURVA DE DEPRECIACION LUMINOSA  
VAPOR DE MERCURIO

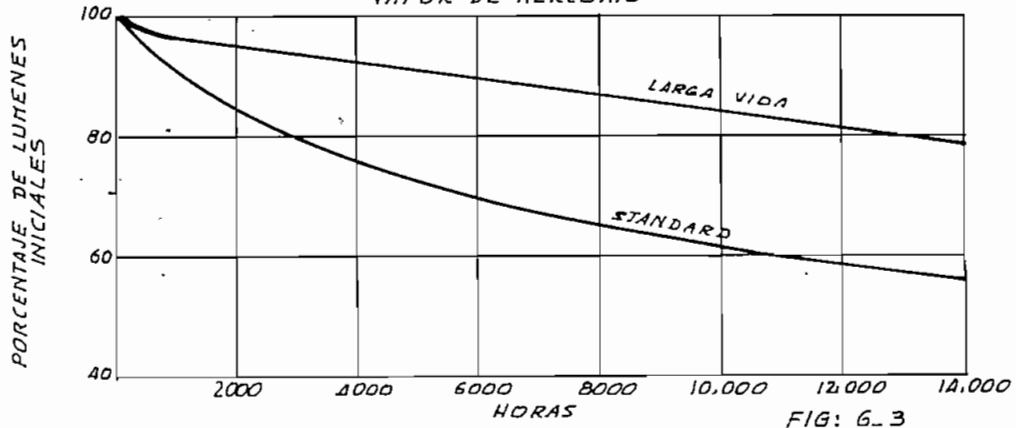


FIG: 6-3

2

CURVA DE DEPRECIACION LUMINOSA  
FLUORESCENTES

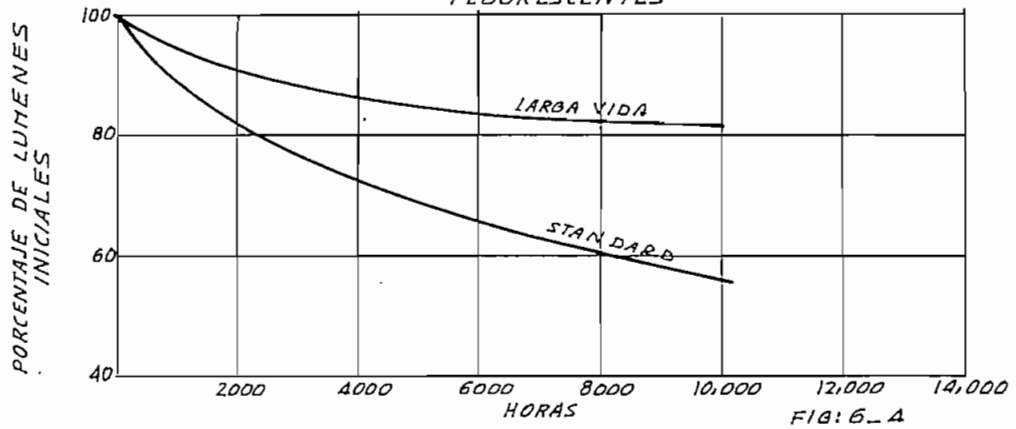


FIG: 6-4

3

CURVA DE DEPRECIACION LUMINOSA  
INCANDESCENTES

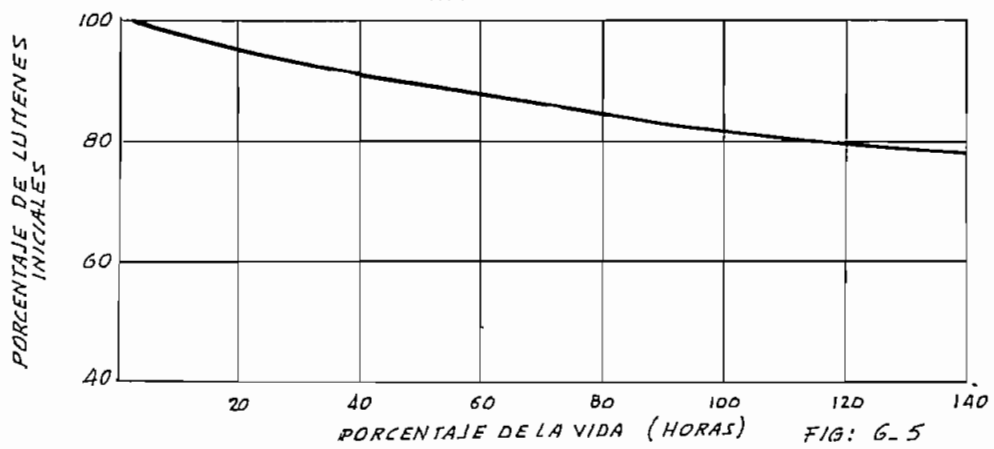


FIG: 6-5

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
 TESIS PROFESIONAL  
 CURVAS DE DEPRECIACION LUMINOSA DE LAMPARAS MULTIPLES DE ALUMBRADO PUBLICO.  
 FECHA: JUNIO-66 *J. M. ...*

las lámparas de mercurio a usarse en la zona, se recomienda hacer un cambio total de las lámparas del sistema cada tres años. Nos basamos en que el sistema funcionará 12 horas diarias durante todo el año, esto es, 4.380 horas anuales, dando un total de 13.140 horas en los tres años de funcionamiento. Las lámparas usadas tienen un promedio de 12.000 horas de vida útil y 16.000 horas de vida nominal en exceso, esto para lámparas de 100 a 1.000 vatios.

Costo del cambio de lámparas:

En este costo se incluye el de la lámpara y el de la mano de obra y equipo necesario para el cambio. Al reducir este costo, se disminuye el costo global de operación del sistema, lo que equivale a más luz por sucre de inversión. Con el fin de comparar el método de cambio inmediato con el de grupo, se ha de determinar el costo de cada uno de ellos.

En el cambio inmediato, el costo total por lámpara es igual al costo de la lámpara más la mano de obra y el costo del equipo necesario.

El costo del cambio en grupo es igual al costo de la lámpara más la mano de obra y el costo del equipo, más todo cambio inmediato provisional que se haga de lámparas fundidas prematuramente. Este costo se divide por el intervalo de reemplazo con el fin de comparar ambos métodos sobre una misma base de tiempo.

Estos costos pueden expresarse con las fórmulas siguientes:

1. Para el cambio inmediato:

$$C = L + S$$

2. Para el cambio de grupo:

$$C = \frac{L + G + (B \times S)}{I}$$

3. Para el cambio de grupo, sin reemplazo inmediato provisional:

$$C = \frac{L + G}{I}$$

En que:

C = Costo total de reemplazo por lámpara

L = precio neto de la lámpara

S = costo de mano de obra de reemplazo inmediato por lámpara

G = costo de mano de obra del cambio de grupo por lámpara

B = por ciento de lámparas fundidas al final del intervalo de cambio

I = intervalo de cambio de grupo en porcentaje de la vida media de las lámparas.

Por ejemplo, supongamos que una lámpara de mercurio de 400 vatios, le cuesta a la Empresa \$/ 110.00 y que una camioneta de mantenimiento tripulada por el chofer, instalador y un ayudante cuesta \$/ 50.00 por viaje. Esto representa que una llamada para reemplazar una lámpara costaría:

$$C = L + S = \$/ 110.00 + \$/ 50.00 = \$/ 160.00$$

Calculamos ahora lo que costaría en el caso de cambio de grupo sin reemplazos provisionales debidos a lámparas fundidas prematuramente. Supongamos que la lámpara se reemplaza al 80% de la vida media. Por razón del uso más eficiente de la camioneta y de los operarios, se calcula que el costo del cambio de la lámpara costaría \$/ 10.00 en vez de los \$/ 50.00 del viaje especial para una lámpara. Esto hace que el costo de cambio sea:

$$C = \frac{L + G}{I} = \frac{110.00 + 10.00}{0.80} = \frac{120.00}{0.80} = \text{S/ } 150.00$$

En este caso, la economía neta con el cambio de grupo sería de 10.00 sucres por lámpara, y si el sistema proyectado tiene 853 lámparas, la economía total sería de S/ 8.530.00 en cada intervalo de reemplazo. Los valores aquí anotados no son fijos, en todo caso son aproximaciones para efectos de demostración del costo del cambio de lámparas.

### C. Regulación del Voltaje y Corriente:

Las lámparas de alumbrado público están diseñadas para producir el nivel lumínico estipulado y alcanzar el período de vida nominal cuando se les opera a la tensión y corriente nominales. Las lámparas incandescentes son sensitivas a los cambios de voltaje y corriente. Un decremento de voltaje o corriente, disminuye el flujo lumínico obtenido; por el contrario, un aumento de voltaje o corriente incrementará los lúmenes de salida; pero disminuirá la vida útil de la lámpara.

Es importante por lo tanto, que se tomen ciertas medidas para mantener el voltaje en el caso de circuitos múltiples, y la corriente en el caso de circuitos serie, tan cerca del valor estipulado como sea posible. (ver curvas características de las lámparas por efecto de variación de voltaje y corriente, Figuras 6-6 y 6-7).

Debido a que las lámparas de alumbrado público múltiples, se alimentan de circuitos secundarios regulares, están sujetas a todas las variaciones "normales" de voltaje del sistema de distribución secundario. Los sistemas de regulación para mantener el voltaje adecuado

4

LAMPARAS MULTIPLES

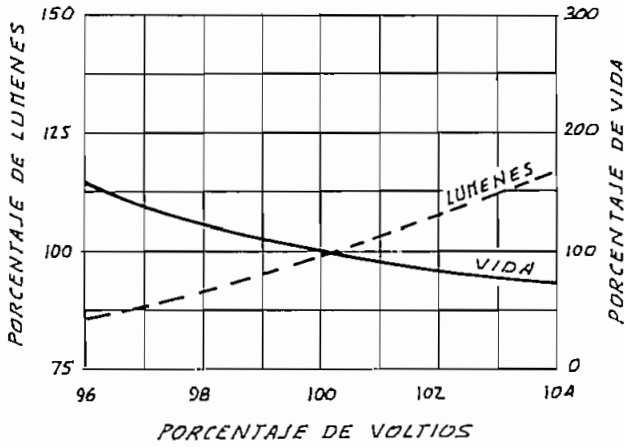


FIG. 6-6

5

LAMPARAS SERIE

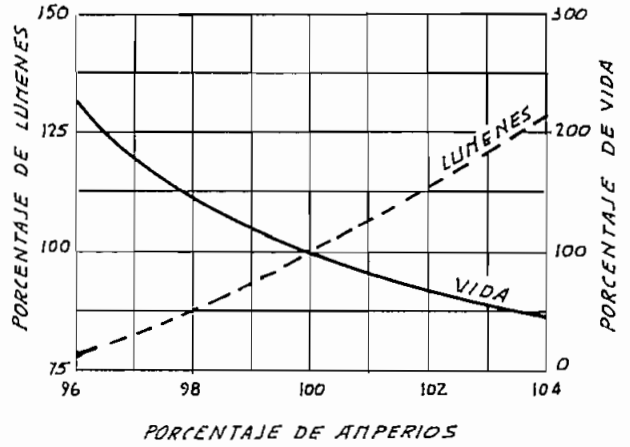
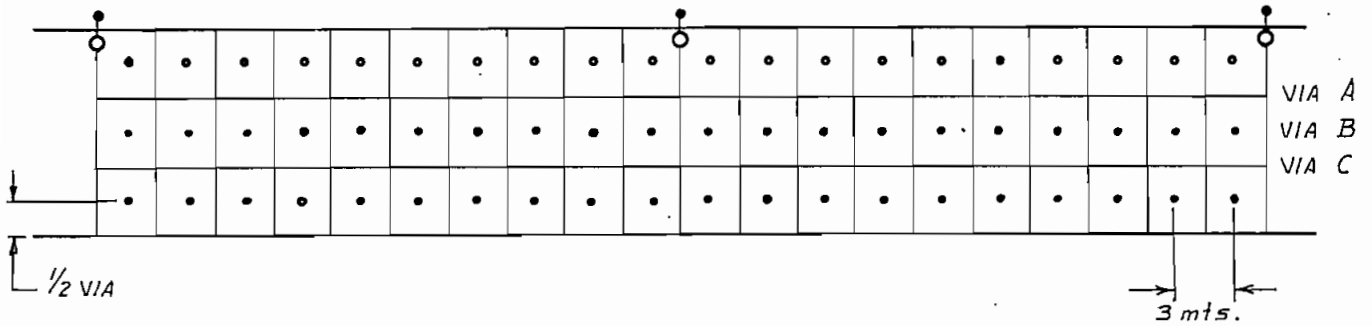


FIG. 6-7



SE PUEDEN OBTENER MEDICIONES CUANTITATIVAS DE LA ILUMINACION AL EVALUAR UNA INSTALACION VIAL. SE SUGIERE TOMAR MEDICIONES EN LA LINEA CENTRAL DE CADA UNA DE LAS VIAS. A DISTANCIAS DE 3 METROS, ASI COMO EN AMBOS BORDES DE LA CALZADA.

FIG: 6-B

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

TESIS PROFESIONAL

CURVAS DE DEPRECIACION LUMINOSA DE LAMPARAS MULTIPLES Y SERIE. MEDIDA DE LOS LUXES EN LA CALZADA

FECHA: JUNIO-66

*J. Guerrero P.*



do sólo en las lámparas de alumbrado público, sería prohibitivo, desde el punto de vista del costo. En vez de esto, una solución práctica sería el comprar lámparas que sean del voltaje obtenible de la red de distribución.

Ya que el voltaje del circuito se ajusta usualmente más alto que el normal con el objeto de equilibrar las pérdidas en la línea, el uso de voltajes mayores que el normal es adecuado, con el objeto de obtener la luz y vida estipuladas. Debido a que las lámparas de mercurio y fluorescentes se conectan al circuito a través de balastos, los cuales son realmente aparatos reguladores, estos no son muy sensitivos a las variaciones de voltaje y corriente y por lo tanto no presentan un problema serio.

#### Contrato para el Mantenimiento:

Por algunos años, en algunas partes ha sido costumbre la de emplear personas particulares para realizar el servicio de mantenimiento. La gran mayoría de lámparas de alumbrado público, sin embargo, han sido siempre propiedad de las empresas eléctricas y mantenidas por las mismas; razón por la cual sería improcedente entregar el mantenimiento a compañías particulares. Sin embargo, desde la Segunda Guerra Mundial, un gran número de empresas se ha dado cuenta que es ventajoso entregar todo o parte del trabajo de mantenimiento a organizaciones equipadas y entrenadas apropiadamente para el objeto que pueden hacer el trabajo más eficiente y a menor costo.

El uso de contratos foráneos puede presentar problemas la borables dentro de la Empresa los cuales pueden ser resueltos sólo in teriormente. El creciente énfasis que se ha dado al adecuado manteni

miento, y los bajos costos, deben ser objeto de investigación en la Empresa antes de efectuar ningún contrato.

#### Vandalismo:

La rotura maliciosa y a propósito de las lámparas de alumbrado público, es un problema social que se ha agudizado en los últimos tiempos. Mientras parece que no habrá una solución completa y satisfactoria, se han diseñado muchos aparatos en un esfuerzo para reducir el daño aunque no para persuadir a los autores. Por muchos años, el método más común fue el de encerrar la lámpara, incluyendo la cápsula de cristal con malla metálica. Cuando todavía las roturas eran excesivas, el vidrio fue reemplazado por una cápsula metálica, tal equipo por supuesto interfería mucho en la iluminación.

El desarrollo de la fibra de vidrio y de los plásticos en años recientes ha provisto de cubiertas que pueden soportar considerable abuso y al mismo tiempo brindar una iluminación regularmente buena. Con las cubiertas plásticas, hay el problema de la limitación de temperatura y el tamaño de la lámpara que puede usarse está restringido a 6.000 lúmenes.

Quizás una solución a este problema consista en el aumento de la altura de montaje, el uso de lámparas pequeñas, y el uso de refractos en vez del vidrio difusor, particularmente en áreas residenciales, todo esto con el objeto de presentar un blanco más difícil. Si todo esto no lleva a solucionar satisfactoriamente el problema, se negociará con el Municipio la remoción permanente de las lámparas. De vez en cuando, conviene que la Empresa haga insinuaciones por la prensa o la radio dirigidas a mejorar el comportamiento de ciertos grupos de gentes

que son las principales responsables de los daños causados en las lámparas de alumbrado público.

No hay una solución eficaz 100%. Demasiada publicidad puede más bien agravar el problema, en último caso, el vandalismo es un asunto policial y la Empresa debe buscar la forma de entregar este problema para que sea atendido por la policía.

#### Poda de Árboles:

Las ramas bajas y los árboles muy cercanos a las lámparas de alumbrado público arrojan sombras sobre la calle y pueden disminuir seriamente la efectividad de la iluminación resultante. El corte apropiado de las ramas de los árboles no sólo restaura la caída de la iluminación a su eficiencia original, sino que mejorará la apariencia de la calle y evitará el daño mayor del propio árbol.

El I. Municipio que paga por el alumbrado público, debe tener primordial interés en la calidad del alumbrado que se provee, resultando entonces que es el Municipio quien debe tomar la iniciativa y hacer los arreglos para un programa de poda. Para evitar estos problemas quizás convenga que el Municipio, luego de conocer los programas y proyectos de alumbrado público para el futuro, proceda a la arborización de calles y avenidas y no como actualmente lo realiza sin previa consulta con la Empresa Eléctrica.

Debido a su conocimiento especial, la Empresa está en la obligación de proporcionar información tal como la contenida en el American Standard Practice; en donde se aconseja la remoción sólo de aquellas ramas que interfieren en el cono de máxima iluminación.

### Recomendaciones:

Con el fin de que el programa de mantenimiento que hemos expuesto tenga un eficiente desarrollo, damos a continuación una serie de recomendaciones para el mantenimiento de cada uno de los componentes y accesorios del alumbrado público.

#### a. Mantenimiento de la Luminaria:

La inspección periódica de las luminarias es esencial y puede ser llevado a cabo al mismo tiempo que el cambio de las lámparas.

La siguiente es la lista de los puntos a chequearse:

1. **Empaques:** Inspeccionar en busca de empaques rotos, gastados, reemplazar o reparar de ser necesario. Usar empaques de caucho o material apropiado con el fin de impedir la aducción de suciedad y humedad que son factores que reducen la iluminación y que pueden causar quemaduras prematuras.
2. **Vidrios:** Inspeccionar en busca de roturas o rajaduras en el vidrio, reemplazar si fuere del caso. Se tomará especial cuidado en los cambios de clima debido a que los vidrios soportan altas temperaturas en verano y en el invierno por las bajas temperaturas, pueden sufrir roturas o despostillamientos.
3. **Roscas:** Aplicar un lubricante apropiado sobre las roscas que deben ser movidas en el curso del mantenimiento rutinario. Chequear y ajustar todas las tuercas.
4. **Aisladores:** Inspeccionar en busca de aisladores rajados o rotos; reemplazarlos o reportar tal condición con el fin de tomar las medidas del caso.
5. **Montaje:** Inspeccionar y determinar si la luminaria está rí-

gicamente asida y en la correcta posición, hacer todos los ajustes necesarios, incluyendo la orientación adecuada de la luminaria para dar una iluminación asimétrica en la calzada. Las luminarias montadas en la punta del poste son susceptibles a este tipo de mal ajuste.

6. Boquillas: boquillas flojas y asentamiento impropio de la lámpara, hará que se sobrecaliente el interior causando disminución en la vida de la lámpara y daños en los ajustes y otros componentes internos. Se recomienda el uso de amortiguadores en serie con las boquillas para evitar su aflojamiento, asentamiento impropio o rajaduras en las boquillas de porcelana; esta condición de los amortiguadores o su falta es a menudo ignorada por el personal. Las partes dañadas deberán ser cambiadas de ser necesario.
7. Alambrado: inspeccionar tratando de buscar cualquier condición que pueda ser motivo de cortocircuito o tierras, e iniciar las reparaciones.

b. Mantenimiento de los Circuitos de Control:

1. Células Fotoeléctricas: Los controles fotoeléctricos de los nuevos tipos de sulfuro de cadmio requieren poco mantenimiento, reduciéndose este a limpieza de la ventana y recalibración. Las cubiertas (ventanas) sucias hacen que las lámparas funcionen más de lo necesario y por lo tanto los itinerarios de limpieza deben basarse en las condiciones atmosféricas locales. Los tipos antiguos de control fotoeléctrico requieren además de la limpieza y recalibración el cambio del tubo.
2. Interruptores Horarios: Los interruptores horarios deben

ser objeto de igual cuidado que otros mecanismos de precisión. Se debe aceitar, limpiar y regular, trabajos que debe hacerlo un relojero entrenado. Para máxima vida y eficiencia, el mecanismo del reloj debe aceptarse cada dos años.

3. Relés: Los relés usados en alumbrado público son de fuerte construcción de manera de asegurar larga vida sin necesidad de inspecciones frecuentes. Se recomienda una inspección anual de la siguiente manera:

a. contactos, inspeccionar si hay quemaduras excesivas y caras corroídas lo cual requiere que se desconecte el circuito para permitir la rectificación de las superficies con una pequeña lima plana;

b. Magneto, debe funcionar calladamente, si suena, esto puede deberse a bajo voltaje en los terminales de la bobina, materias extrañas sobre la superficie del núcleo o corrosión en el pasador de bisagra impidiendo el libre movimiento.

c. Mantenimiento de Postes y Abrazaderas:

1. Postes de Acero y Abrazaderas: Estos deben ser pintados con frecuencia requerida de acuerdo a las condiciones locales. Será conveniente dividir el sistema de alumbrado en áreas y establecer un ciclo de secuencia por área, las condiciones climáticas de cada área determinarán el número de meses durante el año cuando es necesario la pintura. Todo enmohecimiento y pintura descascarada debe eliminarse y luego de la base se aplicará una mano de pintura,

durable y de alta resistencia.

Otros tipos de postes como: aluminio, hormigón centrifugado, concreto y madera requieren muy poco mantenimiento.

#### EVALUACION DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO:

Al hacer evaluaciones subjetivas-cualitativas, no se debe olvidar de considerar el aspecto diurno de la instalación. En ello se insinúa la estética, tema que origina cierta controversia, tratándose de algo tan personal. No obstante, se concuerda en general que las instalaciones subterráneas han de preferirse a las instalaciones aéreas. Además, el diseño tradicional o elaborado corresponde mejor a los barrios en que predomine la arquitectura de viejo estilo, en comparación a las líneas modernas de la época actual.

En resumen, los elementos dignos de opiniones cualitativas son:

1. Brillo reducido de las luminarias (mayor control prismático o apantallado positivo).
2. Uso de las alturas de montaje adecuadas.
3. Menor separación para conseguir uniformidad en el brillo del pavimento cuando se usan unidades bien apantalladas.
4. Los pavimentos de menor coeficiente de reflexión requieren más intensidad luminosa para obtener el brillo del pavimento deseado.
5. Estética.

Además de las evaluaciones subjetivas mencionadas, se pueden hacer ciertas mediciones cuantitativas que son útiles al comparar una instalación con otra. Las mediciones fotométricas que se

hagán en una instalación sobre el terreno darán resultados aplicables solamente en las condiciones existentes en ese momento. Por consiguiente, es indispensable registrar todas las condiciones existentes tales como voltaje, edad de las fuentes luminosas, limpieza aparente de la luminaria, temperatura ambiente, posición de operación de la lámpara, condiciones atmosféricas que incluyan la velocidad del viento, geometría de la instalación del alumbrado comprendiendo la separación y altura de montaje, tipo de pavimento, tipo de instrumentos, calibraciones de los mismos junto con factores de corrección debidos a la temperatura, sensibilidad al color y corrección del coseno.

Si se han de comparar las mediciones obtenidas sobre el terreno con los datos de diseño previstos, es indispensable tener en cuenta que el diseño del alumbrado fue sin duda preparado basándose en los resultados obtenidos en un laboratorio en que se pueden controlar todas las condiciones más fácilmente. Por consiguiente, se ha de ejercer cierta prudencia y cautela al derivar los resultados de las pruebas sobre el terreno.

Enumeramos a continuación algunas de las variables que pueden influir considerablemente en los valores de iluminación medidos en una instalación de alumbrado exterior:

A. Fuentes Luminosas:

1. Lúmenes de la lámpara, variación en energía luminosa entre una lámpara de línea de producción y la clasificación publicada.
2. Desplazamiento horizontal o vertical del filamento de la lámpara o de la posición del arco dentro de la lámpara.
3. Temperatura ambiente y efecto del viento en la energía



luminosa producida por la luminaria fluorescente.

4. Orientación de la lámpara con respecto al sistema óptico.

B. Variables de Luminaria:

1. Posición real del casquillo con relación a los componentes ópticos.
2. Montaje del refractor a la luminaria.
3. Montaje del reflector a la luminaria.
4. Variaciones de la forma del reflector dentro de las tolerancias de fabricación.
5. Variaciones en el acabado del reflector dentro de las tolerancias de fabricación.
6. Variaciones en las características del refractor dentro de las tolerancias en el:
  - a. espesor,
  - b. homogeneidad de la composición del material y
  - c. diseño del prisma.

C. Sistema Eléctrico:

1. Regulación del voltaje.
2. Impedancia del sistema de distribución.
3. Forma de la onda del voltaje y/o corriente.
4. Conexiones de las resistencias.
5. Emparejamiento de la resistencia con la lámpara para que esta trabaje al vatiaje nominal.
6. Exactitud de las mediciones eléctricas.

D. Prácticas de Instalación:

1. Distancia real de la luminaria a la superficie iluminada.

2. Distancia real entre luminarias.
3. Voladizo real de la luminaria.
4. Angulo de la estructura de soporte.
5. Inclinação del adaptador que monta las unidades en la estructura.
6. Inclinação de la luminaria en el adaptador.
7. Follaje y otros obstáculos físicos.

E. Mantenimiento:

1. Suciedad dentro de la luminaria.
2. Suciedad fuera de la luminaria.
3. Suciedad en la lámpara.
4. Depreciación de los lúmenes de la lámpara.

F. Mediciones:

1. Estado y calibración del dispositivo sensor:
  - a. corrección del color,
  - b. corrección del coseno,
  - c. sensibilidad a la temperatura.
2. Habilidad y cuidado del fotometrista.
3. Altura del dispositivo sensor sobre la superficie iluminada.
4. Orientación del sensor (cuya superficie sensitiva debe estar siempre en el mismo plano, a pesar de las irregularidades de la superficie iluminada).
5. Luz ajena, sombras, reflexiones, etc.
6. Transmisibilidad de la atmósfera.

Medidas de Iluminación:

En la Figura 6-8 se muestran posibles puntos para la medi-

ción de la iluminación sobre el pavimento. Las medidas tomadas a distancias de 3 metros a lo largo del borde de cada pavimento así como en el centro de cada vía de tráfico proveerán los datos suficientes para determinar la iluminación media, máxima, mínima y los coeficientes de uniformidad. La placa sensible a la luz que se usa para estas mediciones debe nivelarse a no más de 15 centímetros de la superficie de la calzada y, como es natural, debe compensarse toda desviación de la ley del coseno.

#### Medición del Brillo del Pavimento:

Aunque existen instrumentos para medir el brillo del pavimento, la técnica es algo compleja y requiere ya sea una instalación de laboratorio o bien una instalación sobre el terreno cuidadosamente controlada, si se han de obtener datos válidos. Dada la dificultad práctica de obtener datos útiles sobre el terreno, se recurrirá a la medida relativamente fácil de los luxes, aunque se sabe no es tan buena como el brillo en la predicción de la visibilidad.

## B I B L I O G R A F I A

1. I. E. S. LIGHTING HANDBOOK  
The Standard Lighting Guide. Third Edition. Published by the:  
Illuminating Engineering Society. New York. 1962.
2. STREET LIGHTING MANUAL  
Prepared by Street and Highway Lighting Committee of the  
Edison Electric Institute. New York. 1963.
3. ILLUMINATION ENGINEERING  
Warren B. Boast, Ph. D. New York, 1953.
4. ELECTRIC ILLUMINATION  
John O. Krachenbuehl  
New York, 1953
5. DISTRIBUTION SYSTEMS REFERENCE BOOK  
By: Central Station Engineers of the Westinghouse Electric  
Corporation. Third Edition  
East Pittsburgh, Pennsylvania
6. LIGHT, PHOTOMETRY, AND ILLUMINATING ENGINEERING  
William E. Barrows  
New York, 1951
7. COMMENT MODERNISER L'ECLAIRAGE PUBLIC?  
Par: René Nampon. Ingénieur a la Société APEL  
Paris, 1953.
8. INSTALACIONES MODERNAS DE LUZ, FUERZA Y RADIO  
Alfonso Lagona  
Barcelona. 1957
9. TECNICA DE LA ILUMINACION ELECTRICA  
Alfred Richter  
La Escuela del Técnico Electricista. Tomo IX.  
Barcelona. 1958.
10. INSTALACIONES ELECTRICAS  
Giuseppe Castelfranchi  
(Versión del Italiano)  
Barcelona. 1961
11. MANUAL DEL INSTALADOR DE ALUMBRADO FLUORESCENTE  
M. Baldinenetti  
Barcelona. 1962
12. ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS  
Maurice Leblanc  
(Versión del Francés)  
Barcelona. 1963.

13. ALUMBRADO  
J. W. Favié  
Madrid. 1963
14. LUMINOTECNIA. SUS PRINCIPIOS Y APLICACIONES  
R. G. Weigel  
(Versión del Alemán)  
Barcelona. 1957
15. COMO PUEDE USTED ILUMINAR SU CIUDAD  
Procedimientos Westinghouse  
Electrónica Ibérica. S. A.  
Madrid
16. MANUAL WHITTAKER DE INGENIERIA ELECTRICA  
Kenelm Edgenmbe  
Madrid 1952.
17. MANUAL STANDARD DEL INGENIERO ELECTRICISTA (TOMO II)  
Archer E. Knowlton  
Barcelona. 1962.
18. MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE  
Editado por Electrónica Ibérica S. A.  
Madrid. 1962
19. REVISTA "SERVICIOS PUBLICOS"
  - a. Artículos: Cómo iluminar calzadas económicamente.  
Por R. E. Faucett (General Electric Company)  
Marzo-Abril 1965 Volumen 12 N° 2 Pág. 30-37,  
New York.
  - b. Artículo: Datos fotométricos y su uso en el alumbrado de calzadas.  
Por: R. E. Faucett (General Electric Company)  
Mayo-Junio, 1965. Volumen 12 N° 3, Pág. 52-62
  - c. Artículo: Iluminación de carreteras y túneles  
Por: R. E. Faucett (General Electric Company)  
Julio-Agosto 1965. Volumen 12 N° 4, Pág. 53-66
  - d. Artículo: Alumbrado de vías urbanas, desde las zonas residenciales hasta el centro.  
Por: R. E. Faucett (General Electric Company)  
Septiembre-Octubre 1965 Volúmen 12 N° 5, Pag 64-71
  - e. Artículo: Iluminación de Parques de Estacionamiento  
Por: E. R. Faucett (General Electric Company)  
Noviembre-Diciembre 1965. Volumen 12 N° 6 Pág. 66-76
  - f. Artículo: Evolución y mantenimiento de sistemas de alumbrado exterior.  
Por: R. E. Faucett (General Electric Company)  
Enero-Febrero 1966. Volumen 13 N° 1 Pág. 60-71
20. "REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA"
  - a. Artículo: Autopista La Haya-Rotterdam  
Autor: Redacción

- Año 1964, N° 1 Pág. 32-35  
Amsterdam, Holanda
- b. Artículo: Marcación y alumbrado de cruces para peatones  
Autor: D. A. Schreuder  
Año: 1964, N° 2 Pág. 74-77
- c. Artículo: El Alumbrado en Nigeria  
Autor: Redacción  
Año 1964, N° 3 Pág. 92-93
- d. Artículo: Alumbrado Público en la Exposición Mundial de  
New York  
Autor: Robert Langer  
Año 1964, N° 4 Pág. 128-135
21. REVISTA PUBLIC LIGHTING PHILIPS  
Artículo: Street Lighting, Franckfurt  
Por: H. Freitag. Pág. 103-107  
Amsterdam, Holanda, 1966
22. AREA LIGHTING APPLICATION DATA AND SAMPLE CALCULATIONS  
Outdoor Lighting Department. General Electric  
Hendersonville, N. C. 1964.
23. ROADWAY LIGHTING  
Designer's and Buyer's guide  
Street, Highway, and private lighting systems  
General Electric, 1963.
24. MATERIAL DE ALUMBRADO EXTERIOR  
Guía del comprador General Electric  
Publicación N° IGE 6327-S  
New York
25. INSTALACIONES ELECTRICAS  
Apuntes de Clase  
Profesor: Ing. Guido Soria V.  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Año Lectivo 1963-64
26. DISTRIBUCION DE ENERGIA  
Apuntes de Clase  
Profesor: Ing. Vicente Jácome  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Año Lectivo 1962-63