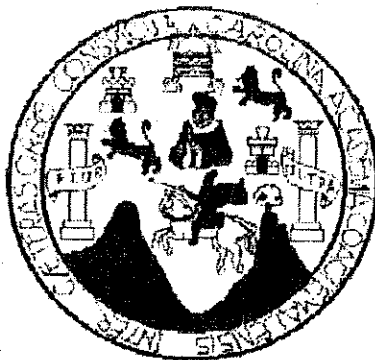


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

*MANTENIMIENTO PROGRAMADO DEL ALUMBRADO
PÚBLICO EN LA CIUDAD DE QUETZAL TENANGO*

TESIS

PRESENTADA A LA
JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PEDRO ALFONSO XICARÁ MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1,997.

08

T(4093)

C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

**Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la
Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su
consideración mi trabajo de tesis titulado:**

**MANTENIMIENTO PROGRAMADO DEL ALUMBRADO PUBLICO
EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO**

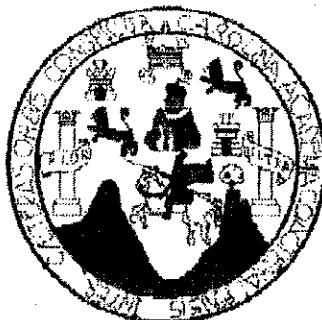
**tema que me fuera asignado por la Dirección de la
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con
fecha noviembre 14 de 1996, bajo referencia
EIME. 329.96**

Pedro Alfonso Xicará Méndez

Guatemala, octubre de 1997.

Guatemala, octubre de 1,997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o:	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
VOCAL 2o:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3o:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o:	Br. Víctor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5o:	Br. Wagner Gustavo López Cáceres
SECRETARIA:	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR:	Ing. Angel Jesús García Martínez
EXAMINADOR:	Ing. Julio Roberto Urdiales Contreras
EXAMINADOR:	Ing. José Mauricio Velázquez
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

Guatemala, 28 de Abril de 1,997

Ingeniero
Juan Merck Cos.
Coordinador
Unidad de E.P.S
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

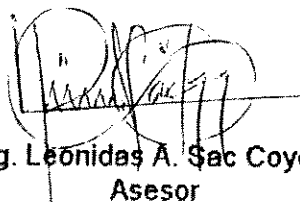
Señor Coordinador:

De acuerdo a la designación que me hiciera la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica para asesorar al estudiante Pedro Alfonso Xicará Méndez en el desarrollo de su Ejercicio Profesional Supervisado y trabajo de Tesis, correspondiente al proyecto titulado:

"MANTENIMIENTO PROGRAMADO DEL ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO"

y luego de haber revisado y corregido su contenido final y verificar la consistencia de los temas abordados, sin encontrar objeción alguna al respecto, me permito dar mi APROBACION al mencionado trabajo, para que dicho estudiante pueda continuar con los trámites que le corresponda.

ATENTAMENTE



Ing. Leónidas A. Sac Coyoy.
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
E.P.S

Ciudad Universitaria, Zona 12
01012 Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 31 de Julio de 1,997

Ingeniero:
Juan Merck Cos
Coordinador de E.P.S
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señor Coordinador:


Por este medio me permito informarle que luego de haber realizado la supervisión, y revisión del informe de trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado, correspondiente al proyecto titulado:

**"MANTENIMIENTO PROGRAMADO DEL ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE
QUETZALTENANGO"**

que presenta el estudiante PEDRO ALFONSO XICARA MENDEZ, manifiesto que se desarrollaron satisfactoriamente los puntos aprobados en el perfil de proyecto inicial; estableciendo que reúne los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería y la Universidad de San Carlos de Guatemala, para optar al título de Ingeniero Electricista, en el grado de licenciado. En tal virtud, doy mi APROBACION al mencionado trabajo, para que dicho estudiante continúe con los trámites correspondientes. Asimismo adjunto la carta de aprobación, emitida por el asesor nombrado.

ATENTAMENTE

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


ING. PEDRO QUIROA MENDEZ
Supervisor E.P.S. Ingeniería Eléctrica

c.c.: archivo



FACULTAD DE INGENIERIA
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12
01013 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.C.147.97

Guatemala, 13 de agosto de 1,997

Señor
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
Director de la Escuela
de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente

Señor Director:

Envío por este medio, el Informe Final correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) titulado **MANTENIMIENTO PROGRAMADO DEL ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE QUEZALTENANGO.**

Este trabajo, lo desarrolló el estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, **PEDRO ALFONSO XICARA MENDEZ**, quien fue debidamente asesorado por el Ingeniero **Leonidas A. Sac Coyoy** y supervisado por el Ingeniero **Pedro Quiroa Méndez**.

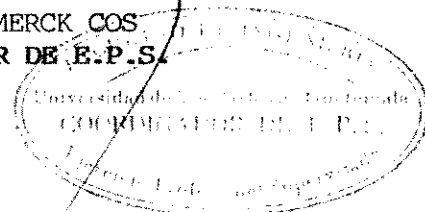
Por lo que, habiendo cumplido con los requisitos de Ley, así como con los objetivos del trabajo, y existiendo la **APROBACION** al mismo por parte del Asesor y Supervisor, esta **COORDINACION** también **APRUEBA** su contenido, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

ING. JUAN MERCK COS
COORDINADOR DE E.P.S.



JMC/lgg.
c.c.: Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 22 de agosto de 1,997

Señor Director
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

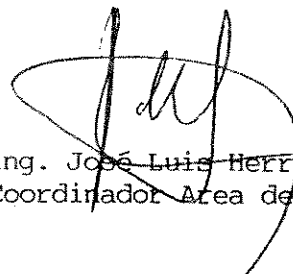
Señor Director.

Me permito dar aprobación al Informe Final correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) titulada: Mantenimiento programado del alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango, desarrollada por el señor Pedro Alfonso Xicará Méndez, previo a optar al Título de Ingeniero Electricista, ya que considero que cumple los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. José Luis Herrera Gálvez
Coordinador Área de Electrotecnia

JLHG/sdem.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) del estudiante Pedro Alfonso Xicará Méndez, titulado: Mantenimiento programado del alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango, procede a la aprobación del mismo.

Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
Director

Guatemala, 25 de agosto de 1,997.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



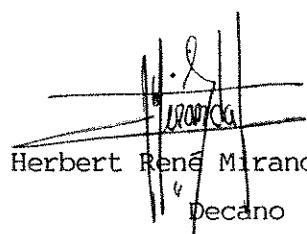
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

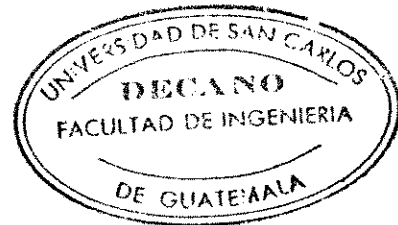
El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.): Mantenimiento programado del alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango, del estudiante Pedro Alfonso Xicará Méndez, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios

Decano

Guatemala, 25 de septiembre de 1,997.



AGRADECIMIENTO

A:

DIOS todo poderoso, por haberme permitido vivir y llegar a la culminación de una de las etapas importantes en mi vida.

Mis padres, por su apoyo incondicional, sacrificios y dedicación al sostenimiento moral y económico a lo largo de mi vida y de mis estudios . ¡Muchas gracias queridos Papa Julio y Mama Julia!

La Universidad de San Carlos de Guatemala, la Facultad de Ingeniería y en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Ing. Amilcar Sac, por su asesoría y colaboración recibida.

Sr. Minor Enrique López, por su apoyo, impulso y colaboración en la realización de este trabajo.

El personal de la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango; especialmente al Sr. Enrique Marroquín y personal técnico de alumbrado público, por la colaboración recibida.

DEDICATORIA

A:

DIOS

porque él es la fuente inagotable de toda sabiduría y da a la humanidad la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos. IHONOR Y GLORIA A ÉL.

QUETZALTENANGO

Cuna de hombres ilustres. Con mucho amor a mi Xelajú Noj.

MIS PADRES

Julio Xicará y Juliana Méndez de Xicará, como un presente por el logro que conseguimos.

MI ESPOSA

Norma Sum de Xicará, por su amor, apoyo, comprensión, confianza y paciencia. Compañera ideal de mi vida. Con amor.

MIS HIJOS

Marlon, Jazmín y Alfonso, que Dios les bendiga y les ilumine la mente y el corazón, para acudir a El en todo momento como la fuente principal de amor, justicia y sabiduría.

MIS HERMANOS

Antonieta, Elsa, Romeo, Olga, Irma (qepd), Carmen y William, gracias por el apoyo que me han brindado. Éxitos en su vida.

MIS CUÑADOS Y CUÑADAS

deseándoles éxitos en su vida cotidiana.

MIS FAMILIARES Y AMIGOS

con mucho aprecio.

INDICE GENERAL

	Página
LISTADO DE ILUSTRACIONES	i
GLOSARIO	ii
INTRODUCCION	iv
1. GENERALIDADES DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO	1
1.1 Monografía del lugar	1
1.1.1 Localización y límites	1
1.1.2 Topografía	1
1.1.3 Clima	1
1.1.4 Población	1
1.1.5 Servicios Públicos con que cuenta	4
1.1.6 Actividades económicas	4
1.2 Servicio de energía eléctrica y alumbrado público en la ciudad	
1.2.1 Referencias	4
1.2.2 Efecto sobre la población por la falta de mantenimiento en el alumbrado público	5
1.2.3 Clase y número de abonados de energía eléctrica en la ciudad de Quetzaltenango	5
2. DEFINICIONES BÁSICAS UTILIZADAS EN ILUMINACIÓN	6
2.1 Luminaria	6
2.2 Luz	9
2.3 Flujo luminoso	9
2.4 Lumen	10
2.5 Candela Potencia	10
2.6 Intensidad luminosa	10
2.7 Iluminación	10
2.8 Pie Candela	11
2.9 Lux	11
2.10 Eficiencia	11
2.11 Alumbrado	11
2.12 Alumbrado Público	11
3. ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO	12
3.1 Tipos de lámparas ubicadas en la ciudad	12
3.1.1 Lámparas de vapor de sodio a baja presión	12
3.1.1.1 Generalidades	12
3.1.1.2 Constitución de las lámparas de vapor de sodio a baja presión	12
3.1.1.3 Funcionamiento	13
3.1.1.4 Aplicación	13
3.1.2 Lámparas de vapor de mercurio a alta presión	13
3.1.2.1 Generalidades	13
3.1.2.2 Constitución de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión	14
3.1.2.3 Funcionamiento	14
3.1.2.4 Aplicación	15

3.1.3 Lámparas de vapor de sodio a alta presión	16
3.1.3.1 Generalidades	16
3.1.3.2 Constitución de las lámparas de vapor de sodio a alta presión	16
3.1.3.3 Funcionamiento	16
3.1.3.4 Aplicación	16
3.1.4 Lámparas de luz mixta	17
3.1.4.1 Generalidades	17
3.1.4.2 Constitución de las lámparas de luz mixta	17
3.1.4.3 Funcionamiento	17
3.2 Tipos de luminarias y cantidad de lámparas utilizadas para el alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango	18
4. MANTENIMIENTO DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO	21
4.1 Alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango	21
4.2 Mantenimiento del alumbrado público	21
4.3 Consideraciones tomadas en cuenta para programar el mantenimiento del alumbrado público	21
4.3.1 Causas que influyen en la depreciación de una instalación de alumbrado público	22
4.3.1.1 Disminución del flujo luminoso de las lámparas	22
4.3.1.2 Acumulación de polvo y suciedad	22
4.3.1.3 Envejecimiento	22
4.3.1.4 Muerte prematura	22
4.3.1.5 Vibración	22
4.3.1.6 Variación de la temperatura	23
4.3.1.7 Reducción de la vida de equipos auxiliares	23
4.3.1.8 Voltaje incorrecto en la línea y en las terminales de la lámpara	23
4.3.2 Sistemas de reemplazo de lámparas	25
4.3.2.1 Sustitución individual	25
4.3.2.2 Reemplazo en grupo	25
4.3.2.3 Sustitución en grupo combinado con reemplazo intermedio	25
4.3.3 Consideraciones para mantenimiento correctivo	26
4.3.4 Fallas en las instalaciones, causas y correcciones	26
4.3.4.1 Lámparas apagadas	26
4.3.4.2 Falla prematura de la lámpara	28
4.3.4.3 Parpadeo de la lámpara, la lámpara se apaga	29
4.3.4.4 La lámpara arranca lentamente	29
4.3.4.5 La lámpara produce una reducida emisión lumínica	30
4.3.4.6 El tubo de arco se ennegrece o se deforma al inicio de las horas de vida, el tubo de arco puede mostrar indicios de cortocircuito	30
4.3.4.7 Lámpara rota	31
4.4 Consideraciones para mantenimiento preventivo	31
5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	32
5.1 Pruebas de limpieza en luminarias y reemplazo de lámparas	32
5.2 Archivos y definición de rutas para mantenimiento	36
5.3 Presupuestos para mantenimiento	47
5.3.1 Base de comparación	47
5.3.2 Información de la situación actual	47

5.3.3 Comparación	48
5.3.4 Medidas correctivas	48
5.4 Presupuesto de operación y mantenimiento propuesto	49
5.4.1 Reemplazo de lámparas	49
5.4.2 Reemplazo de fotoceldas	49
5.4.3 Reemplazo de balastos	49
5.4.4 Presupuesto para numeración de los postes	50
5.5 Interpretación de los costos	51
CONCLUSIONES	v
RECOMENDACIONES	vi
REFERENCIAS	vii
BIBLIOGRAFÍA	viii
ANEXO (PLANOS CON LAS RUTAS PARA MANTENIMIENTO)	

LISTADO DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Nombre	Página
1.1	Localización del Departamento de Quetzaltenango en la república de Guatemala	2
1.2	Localización del municipio de Quetzaltenango	3
2.1	Luminaria tipo "tortuguita"	6
2.2	Esquema de la conexión del balastro tipo reactor serie con alto factor de potencia	7
2.3	Fotocelda vista exteriormente	8
2.4	Esquema de conexión de la fotocelda a la lámpara	8
2.5	Posición del refractor	9
2.6	Flujo emitido por una luminaria	10
3.1	Lámpara de vapor de sodio a baja presión	13
3.2	Partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio	15
3.3	Partes de una lámpara de vapor de sodio a alta presión	17
3.4	Lámpara de luz mixta	18
3.5	Luminaria tipo tortuguita	18
3.6	Luminaria tipo canasta	19
3.7	Luminaria tipo caperuza larga	19
5.1	Flujograma del reemplazo de una lámpara	32
5.2	Flujograma de actividades de limpieza del refractor	33
5.3	Flujograma de la prueba 3	34
5.4	Curvas de caducidad y mantenimiento de lúmenes de la lámpara Unalux 150 vatios de Sylvania S.A	39
5.5	Curva de caducidad y mantenimiento de lúmenes de la lámpara Unalux de 360 vatios	40
5.6	Vida útil o curvas de caducidad de las lámparas de vapor de mercurio 175, 400 y 1,000 vatios a distintos ciclos de encendido	41
5.7	Curva de mortalidad de lámpara de 55, 150, 250, 250 vatios de sodio alta presión	42

CUADROS

1.1	Clasificación y número de abonados del servicio de energía eléctrica en la ciudad de Quetzaltenango, al año de 1,996	5
3.1	Tipos y cantidad de luminarias en la ciudad de Quetzaltenango hasta el año de 1,996	20
5.1	Definición de rutas de mantenimiento de alumbrado público	37
5.2	Cronograma para mantenimiento de alumbrado público	38
5.3	Formato de hoja para historial de mantenimiento de lámparas. Sin datos	44
5.4	Formato de hoja para historial de lámparas con datos ingresados	45
5.5	Formato para reporte de fallas y corrección. Con datos ingresados	46
5.6	Costos para mantenimiento de alumbrado público	48
5.7	Presupuesto de operación y mantenimiento propuesto	49
5.8	Cantidad y costo de los balastos necesarios	50
5.9	Presupuesto para la señalización de los postes de alumbrado público	50

GLOSARIO

AERODINAMICO.

Cuerpo con forma adecuada para disminuir la resistencia del aire.

AUTOTRANSFORMADOR.

Embobinado hecho sobre un núcleo de hierro laminado, que realiza la transformación de corriente para el arranque de lámparas y que posee una sola entrada y una salida desempeñando las funciones de primario y secundario de un transformador.

CAPACITOR.

Accesorio constituido por dos conductores dispuestos de manera que sus cargas eléctricas respectivas sean iguales y de signo contrario, utilizado en las lámparas para tratar de mantener voltajes constantes.

CROMATICO.

Relativo del color.

HALOGENUROS.

Conjunto de elementos no metálicos, caracterizados por su fuerte negatividad eléctrica.

IONIZAR.

Fenómeno por el cual se hace que un átomo posea mas carga positiva o negativa.

LUMALUX Y UNALUX.

Marcas de la fábrica Silvania S.A. para lámparas de sodio.

MONOCROMATICO.

Dícese de cada una de las radiaciones de un solo color que se obtienen al descomponer la luz blanca con un prisma.

NANOMETRO.

Unidad de medida que equivale a la millonésima parte de un metro. (10E-9 m)

RESONANCIA.

Fenómeno propio de un sistema oscilante sometido a la acción de una fuerza exterior periódica.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Conjunto de equipos y accesorios conectados a la tierra con el fin de proteger a los aparatos eléctricos y personas contra sobrevoltajes.

SOBRETENSIÓN O SOBREVOLTAJE.

Tensión eléctrica mayor a un voltaje nominal.

SODIO.

Elemento químico de símbolo Na, con número atómico 11, y peso atómico 22.997. Metal alcalino muy difundido en la naturaleza.

TENSION ELECTRICA O VOLTAJE.

Diferencia de potencial entre dos conductores eléctricos o dos cuerpos cargados de electricidad cuya unidad es el voltio.

WOLFRAMIO.

Elemento químico, número atómico 74 y peso atómico 183.85 metal blanco brillante, usado para filamentos de lámparas eléctricas.

INTRODUCCION

La ciudad de Quetzaltenango, ha experimentado diversos procesos y etapas de urbanización. Paralelamente a este fenómeno, el servicio de alumbrado público, ha presentado importantes modificaciones, en cuanto a equipos e instalaciones. Esto requiere una mejor atención, para el cuidado y conservación de los elementos que conforman dichas instalaciones.

El presente trabajo, desarrolla una alternativa para lograr este fin, tal como lo es el mantenimiento programado. Dicha mejora está orientada al mayor aprovechamiento de los recursos disponibles para el sostenimiento de estas instalaciones.

Para conocer el alcance del mencionado mantenimiento se presentan algunas particularidades, de la ciudad de Quetzaltenango, inicialmente su monografía y algunos datos relacionados a la conformación del servicio de energía eléctrica y alumbrado público.

Para una mejor comprensión del contenido del trabajo, se presenta una definición de términos técnicos utilizados en el mismo.

La parte de mayor y frecuente atención en un sistema de alumbrado público la constituyen las luminarias y lámparas, por lo que es necesario conocer los tipos y clases que se encuentran instaladas, así como las principales características de constitución y funcionamiento.

Se da a conocer las consideraciones necesarias, a tomar en cuenta, para programar las actividades, que tiendan a mejorar la atención de las instalaciones de alumbrado público. En el capítulo 4, se toman en cuenta aspectos tales como: el alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango, mantenimiento de alumbrado público, causas que influyen en la depreciación de las instalaciones, sistemas de reemplazo de lámparas, y fallas comunes causas y correcciones.

Entre las actividades realizadas y a realizar para programar el mantenimiento del alumbrado público en la ciudad, se encuentran algunas tales como: pruebas de limpieza, que son importantes para la ganancia en iluminación, formatos para archivar los datos de los elementos instalados, determinación de la vida útil de las lámparas, rutas para mantenimiento propuestas, elaboración e interpretación de costos y presupuestos.

Los planos con la ubicación de luminarias y la división de las rutas para mantenimiento, son de bastante utilidad para conocer los diversos sectores de la ciudad, lo que da una mejor sistematización de las actividades de mantenimiento, es por ello que se presentan en el anexo.

1. GENERALIDADES DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO

1.1 Monografía del lugar

1.1.1 Localización y límites

Quetzaltenango es un municipio del departamento de Quetzaltenango, de la república de Guatemala (ver fig. No.1.1), su municipalidad es de 1ª. Categoría. La extensión aproximada es de 120 kilómetros cuadrados. La ciudad del mismo nombre está situada al sur occidente de la ciudad de Guatemala y se comunica con ella por medio de dos carreteras asfaltadas que son: la Interamericana a una distancia de 200 kilómetros y la de la costa a una distancia de 227 kilómetros. Es la segunda ciudad en importancia en la república, después de la ciudad Capital.

El municipio de Quetzaltenango se encuentra localizado entre los límites siguientes (Ver fig. No. 1.2): al norte con los municipios de Salcajá, Olinstepeque y la Esperanza; al sur con los municipio de Zunil y El Palmar, hacia el este con los municipios de Almolonga y Cantel y hacia el oeste con los municipios de San Mateo y Concepción Chiquirichapa, su elevación respecto al nivel del mar es de 2,357 Mts. (en el Banco de Marca situado en el Parque a Benito Juárez).

El municipio cuenta con una ciudad dividida en diez zonas. El área de mayor uso es la zona uno y la tres. Asimismo, cuenta con tres aldeas y 16 caseríos, siendo las aldeas: San José Chiquilajá, Las Majadas y Pacajá; los caseríos: la Independencia, Xecaracoj, Llano del Pinal, Chicué, Chitay, Chitux, Xeul, San José la Viña, Las tapias, Tierra Colorada, Xepach, Candelaria, Xecac, Chicavioc, Xetuj y Piedra Seca.

1.1.2 Topografía

Las topografía básica del terreno en el que está asentada la ciudad es en su mayoría plana, con una parte en desnivel situada a una altura de 2,333.03 metros sobre el nivel del mar y que corresponde a la parte antigua de la ciudad, en la que se encuentran varios edificios declarados como monumentos históricos y la mayoría de oficinas estatales.

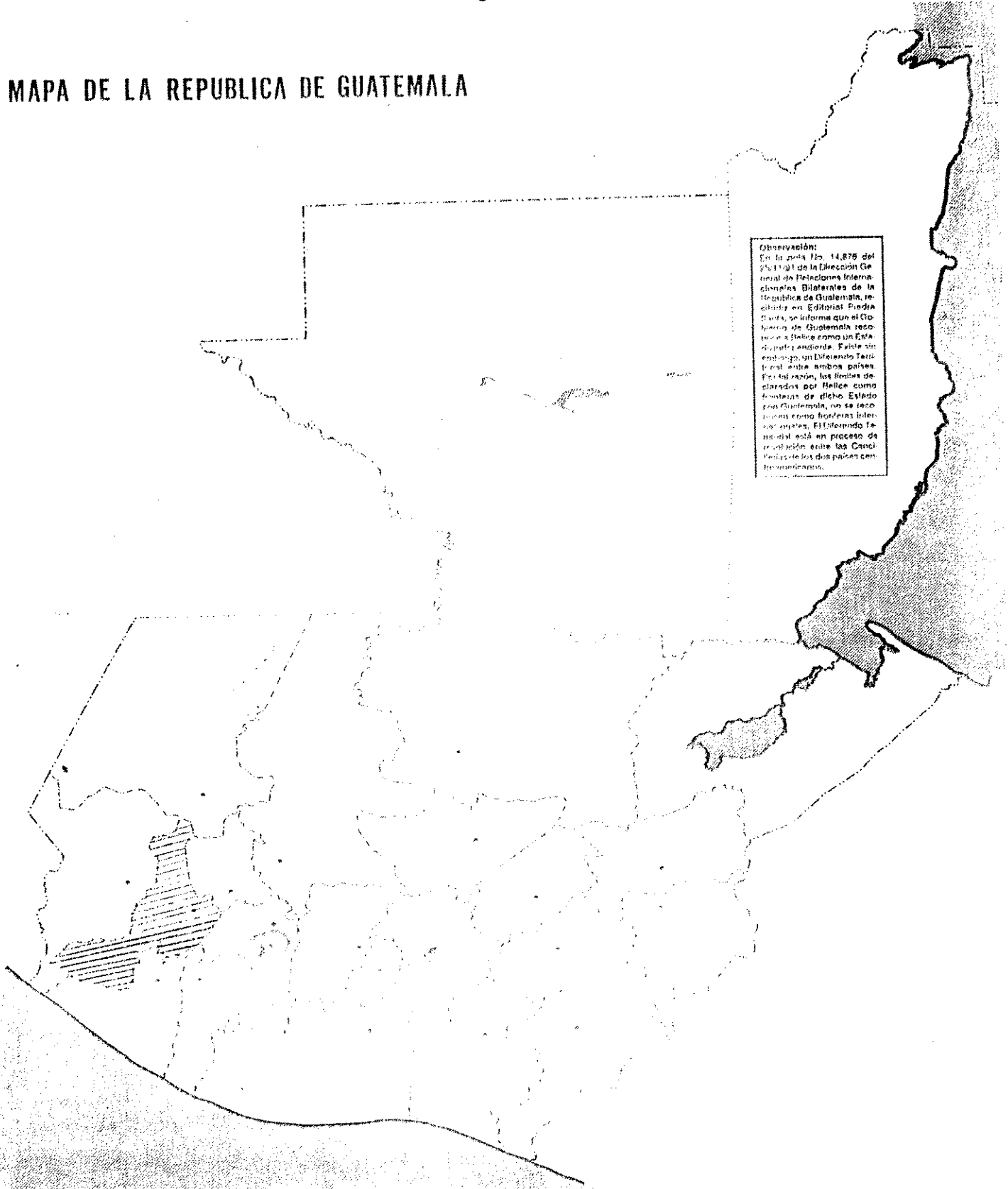
1.1.3 Clima

Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, indica que el clima que predomina en la ciudad de Quetzaltenango es el frío, con una temperatura promedio de 15.2°C, siendo la intensidad de lluvia promedio anual de 914.7 milímetros cúbicos por hora.

1.1.4 Población

La población de la ciudad, según el último censo, realizado en el año de 1,994 reflejó un dato de 108,605 habitantes, de la cual 55,550 corresponde a mujeres y 53,055 a hombres.

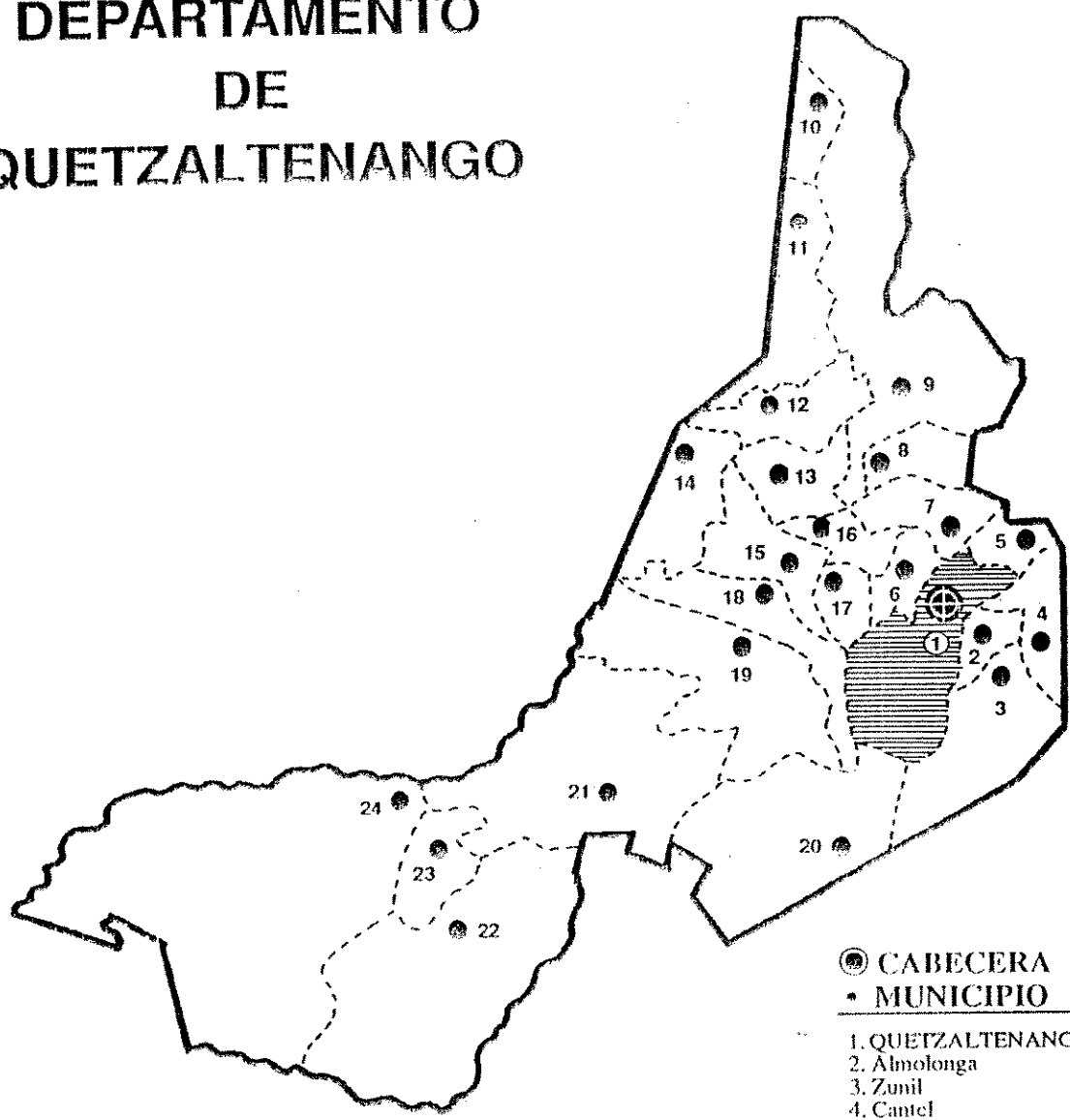
MAPA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA



Observación:
En la pág. 125, 14,879 del
24/1/91 de la Dirección Ge-
neral de Relaciones Internacio-
nales Bilaterales de la
República de Guatemala, re-
cibida en Editorial Piedra
Blanca, se informa que el Go-
bierno de Guatemala reco-
nocerá a Belice como un Es-
tado independiente. Falta sin
embargo un Delimitado Terri-
torial entre ambos países.
Por tal razón, los límites de-
clarados por Belice como
límites de dicho Estado
para Guatemala, no se reco-
nocen como fronteras inte-
rnacionales. El Diferendo Ter-
ritorial está en proceso de
resolución entre las Canci-
lleras de los dos países con
intermediarios.

LOCALIZACION DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO
EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA

DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO



- CABECERA
• MUNICIPIO
1. QUETZALTENANGO
 2. Almolonga
 3. Zunil
 4. Cantel
 5. Salcajá
 6. La Esperanza
 7. Ofintepeque
 8. San Francisco La Unión
 9. San Carlos Sija
 10. Cabricán
 11. Huitán
 12. Sibilia
 13. Cajolá
 14. Palestina
 15. San Juan Ostuncalco
 16. San Miguel Sigülla
 17. San Mateo
 18. Concepción Chiquirichapa
 19. San Martín Sac.
 20. El Palmar
 21. Colomba
 22. Génova
 23. Flores Costa Cuca
 24. Coatepeque

REFERENCIAS:

Ubicación: Altiplano de la República de Guatemala.
 Cabecera: Quetzaltenango
 Límites:
 Norte: Huehuetenango
 Sur: Retalhuleu
 Este: San Marcos
 Oeste: Totonicapán y Sololá

Altura promedio: 2.333,03 metros sobre el nivel del mar
 Población: 550.148 habitantes aproximadamente
 Extensión Territorial: 1.591 Km²
 Grupos étnicos mayoritarios: Quiché y Mam

Situación ecológica: Normal - estable - delicada
 Principales cultivos: Trigo, maíz, frijol, haba
 Atractivos: Cerro del Baúl, Fuentes Georginas, Teatro Municipal.

LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO

1.1.5 Servicios públicos con que cuenta

La ciudad cuenta con los siguientes servicios:

- Agua potable.
- Drenajes.
- Calles Adoquinadas.
- Calles de concreto.
- Calles Asfaltadas.
- Energía Eléctrica.
- Servicio Telefónico.
- Transporte Urbano.
- Universidades.
- Escuelas e institutos públicos.
- Instalaciones deportivas.
- Servicios de salud.
- Parques recreativos.
- Centros turísticos.
- Bancos
- Mercados

1.1.6 Actividades económicas

Las actividades económico-sociales de la población, en la ciudad, son de diversa índole, contándose entre las principales: el comercio, la agricultura (en las áreas del contorno de la ciudad), la industria de textiles y bebidas envasadas, talleres industriales y mecánicos, pequeñas y medianas empresas de productos tradicionales, así como artesanías.

1.2 Servicio de energía eléctrica y alumbrado público en la ciudad

1.2.1 Referencias

Quetzaltenango cuenta con la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango (EEMQ), de propiedad municipal, la cual es la encargada del servicio de energía eléctrica.

La energía eléctrica en la ciudad, anteriormente era abastecida por plantas propias de la municipalidad, en un voltaje de distribución de 2,400 voltios para la alta tensión y de 120/240 voltios para la baja tensión, entre las que únicamente quedaba en operación la planta hidroeléctrica de Zunil, que mediante un generador de 1 MVA. abastecía a una pequeña parte de la ciudad con el voltaje antes mencionado y el resto era energía comprada al Instituto Nacional de Electrificación (INDE).

En agosto de 1,978 la municipalidad suscribió un contrato con el INDE, en el cual la municipalidad se comprometió a construir toda la red de distribución de energía eléctrica de la ciudad en 13.2 kV en un plazo de 4 años, mediante un préstamo otorgado por el Banco Centroamericano de Integración Económica B.C.I.E., por 2.5 millones de dólares. Dicho contrato fue cumplido, terminándose de construir, la nueva red de distribución de energía eléctrica, en el año 1,982.

Actualmente toda la energía eléctrica es abastecida desde una sub-estación, propiedad de INDE, ubicada en el municipio de La Esperanza.

Antes de la remodelación de la red existía alumbrado público, proporcionado por lámparas incandescentes.

Con la remodelación de la red, también se cambió el alumbrado público y actualmente en la ciudad se utiliza equipo moderno de alumbrado, utilizando para ello lámparas de vapor de mercurio, lámparas de vapor de sodio a baja y alta presión, así como lámparas de luz mixta.

1.2.2 Efecto sobre la población por la falta de mantenimiento en el alumbrado público

La condición de iluminación en las calles, por falta de un mantenimiento adecuado, es deficiente; y provoca, además del malestar entre los vecinos, riesgos para peatones y automovilistas, sobre todo en los lugares en los que no se atienden las lámparas que han fallado; además de que la oscuridad es aprovechada por vándalos y ladrones para cometer atracos.

1.2.3 Clase y número de abonados de energía eléctrica en la ciudad de Quetzaltenango

El servicio de energía eléctrica en la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango está clasificado de acuerdo al tipo y cantidad de consumo, también se cobra una cuota por servicio de alumbrado público. En el cuadro número 1.1, se muestran los datos relativos al respecto.

Cuadro No. 1.1 Clasificación y número de abonados del servicio de energía eléctrica en la ciudad de Quetzaltenango, al año de 1,996.

TIPO	NOMENCLATURA	CLASIFICACIÓN	No. DE ABONADOS
Residencial	R	Solo residencias en 120 voltios	20,354
Comercial	C	tiendas y comercios en 120 o 240 voltios	4,170
Industrial 1	I 1	Molinos de nixtamal, talleres, y pequeñas industrias con una Demanda desde 0 hasta 50 kilovatios y 240 voltios	1,021
Industrial 2	I 2	Medianas y grandes industrias, tales como fábricas, embotelladoras, y otras con Demanda mayor de 50 kilovatios a 120/240 o 480 voltios.	30

2. DEFINICIONES BASICAS UTILIZADAS EN ILUMINACION

Para que se pueda comprender en mejor forma el contenido de este trabajo, se hace necesario definir algunos términos técnicos utilizados en el desarrollo del mismo.

2.1 Luminaria

Se le denomina así a un artefacto de iluminación completo, compuesto por varias partes diseñadas para sostenerlo, conectarlo y protegerlo mecánica y eléctricamente y crear una visibilidad apropiada. En la fig. No. 2.1 se muestra un tipo de luminaria en la cual se enumeran sus componentes.

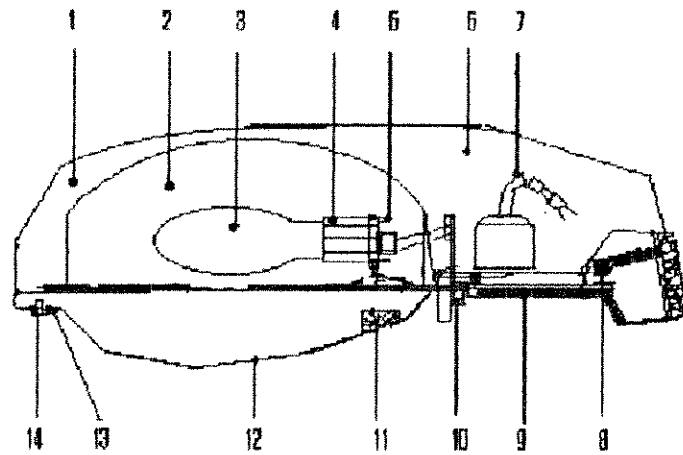


Fig. No. 2.1
Luminaria "tipo tortuguite"

1. Carcasa
2. Reflector
3. Lámpara
4. Portalámpara
5. Soporte del portalámpara
6. Alojamiento del equipo auxiliar (balastro y fotocelda)
7. Conexión a la alimentación
8. Abrazadera para la fijación de soporte
9. Chasis provisto de borne para la puesta a tierra
10. Tornillo de fijación del refractor
11. Filtro para circulación de aire
12. Refractor
13. Bisagra del refractor
14. Tornillo de fijación a la carcasa

Algunas partes de las señaladas con anterioridad se pueden comprender fácilmente, pero hay otras que necesitan cierta aclaración tales como:

a) Lámpara

Es la parte principal de la luminaria y es la fuente de luz, generalmente la lámpara es en forma de bulbo y en el mercado existen diversidad de tipos, pero los que se utilizan especialmente para alumbrar las calles de la ciudad de Quetzaltenango son : 1) lámparas de vapor de mercurio a alta presión, 2) lámparas de vapor de sodio a alta presión, 3) lámparas de vapor de sodio a baja presión y 4) lámparas de luz mixta. En el capítulo III se describen estos cuatro tipos de lámparas.

b) Alojamiento del equipo auxiliar

En él se encuentra especialmente el equipo compuesto por el balastro y la fotocelda, elementos que se describen a continuación.

b.1) Balastro

Es un dispositivo auxiliar que tienen todas las lámparas de vapor de mercurio y de vapor de sodio. Sus funciones principales son proveer suficiente voltaje de arranque a la lámpara y limitar la corriente de operación. El más utilizado para las luminarias de la ciudad de Quetzaltenango es el tipo "reactor serie con alto factor de potencia" del cual se describe su conexión a la lámpara en la fig. No. 2.2.

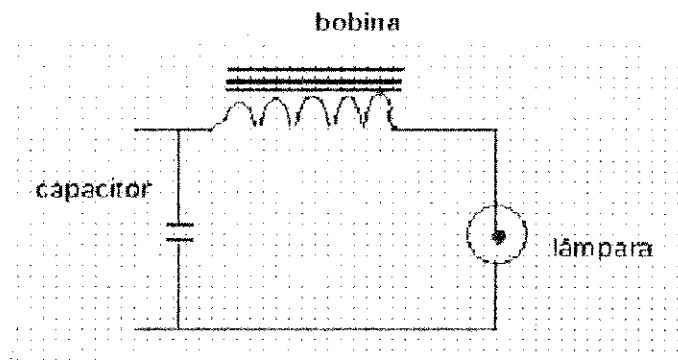


Fig. No. 2.2

Esquema de la conexión del balastro tipo reactor serie con alto factor de potencia

b.2) Fotocelda

Es un dispositivo auxiliar cuya función es servir de interruptor para el encendido y apagado de una o un grupo de luminarias. Se encuentra localizado y conectado a una base en la parte superior de las luminarias de vapor de sodio o vapor de mercurio. En la fig. No.2.3 se muestra la parte externa de la fotocelda.

El esquema de conexión de la fotocelda a la lámpara es mostrado en la fig. No. 2.4. Cuando se tiene luz de día se crea una corriente interna en la fotocelda que pasa a través de la bobina del relevador energizándola y como los contactos están normalmente cerrados estos se abren y la carga de iluminación se acciona apagada.

Con oscuridad hay una resistencia alta de la fotocelda, evitando el flujo de corriente a través de la bobina del relevador, la cual es desenergizada, cerrándose inmediatamente los contactos y la carga de iluminación se acciona encendida.

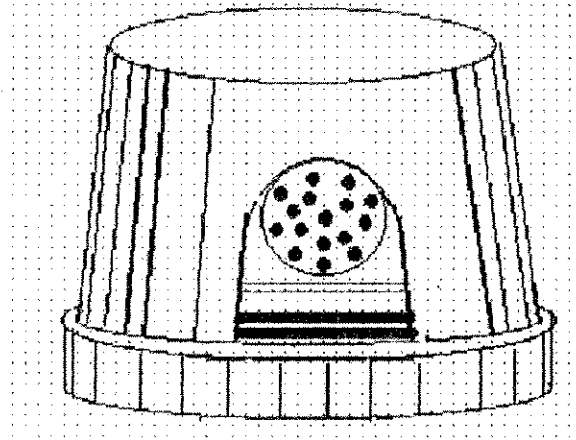


Fig. No. 2.3
Fotocelda vista exteriormente.

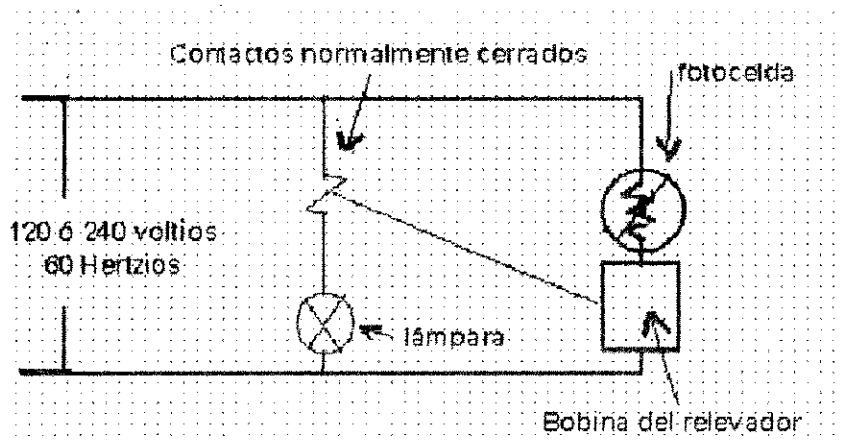


Fig. No. 2.4
Esquema de conexión de la fotocelda a la lámpara.

c) Reflector

El alumbrado público se limita a iluminar superficies sobre el nivel del suelo. Debido a que la lámpara emite luz en todas direcciones, la luz emitida hacia arriba se desperdicia, por lo que es necesario redirigir la componente de luz hacia arriba en dirección de hacia abajo sobre la superficie del suelo. Esto se puede lograr usando un reflector.

Muchos reflectores están compuestos de configuraciones combinadas cuidadosamente, incluyendo secciones semicirculares, esféricas, parabólicas y elípticas. Los reflectores son construidos de aluminio anodizado o algún otro material que tenga larga vida en las diferentes atmósferas donde pueda ser utilizado, así como un alto factor de reflexión.

d) Refractor

El refractor es una superficie que puede ser de forma esférica o cilíndrica, de vidrio ó de fibra plástica que tiene prismas cortadas en la superficie. Los prismas son de forma triangular que interceptan rayos de luz llegados desde la lámpara o el reflector y los inclina o refracta en una nueva dirección. La función del refractor es evitar el resplandor, así como evitar la acumulación de luz directamente debajo de la luminaria y lograr una adecuada distribución de la luz. (Ver fig. No. 2.5)

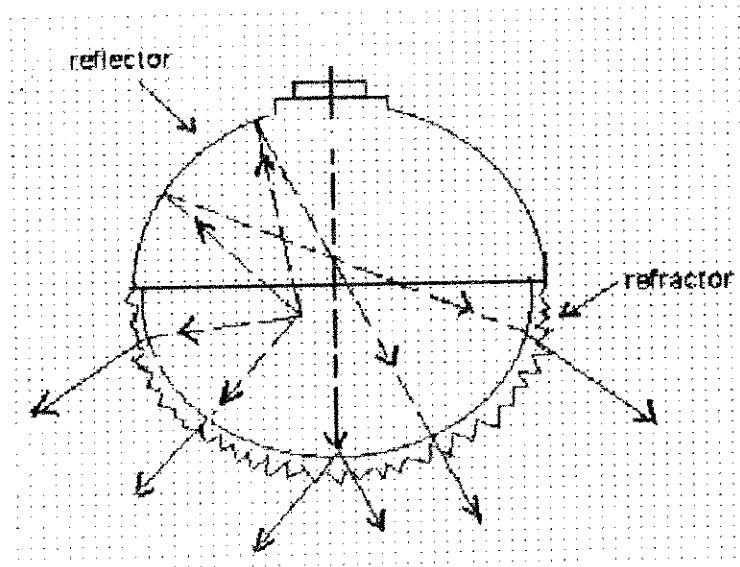


Fig. No. 2.5
Posición del refractor.

Estas son las principales partes que constituyen una luminaria, lo cual ayudará al lector para una mejor comprensión de este concepto. A continuación se procederá a definir otros términos usados en iluminación.

2.2 Luz

Es una energía que un observador percibe a través de las sensaciones visuales y le permite ver los objetos que le rodean. Esta energía, para los fines de este trabajo es la producida mediante electricidad.

2.3 Flujo luminoso

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas direcciones en un determinado intervalo de tiempo. Su unidad es el lumen.

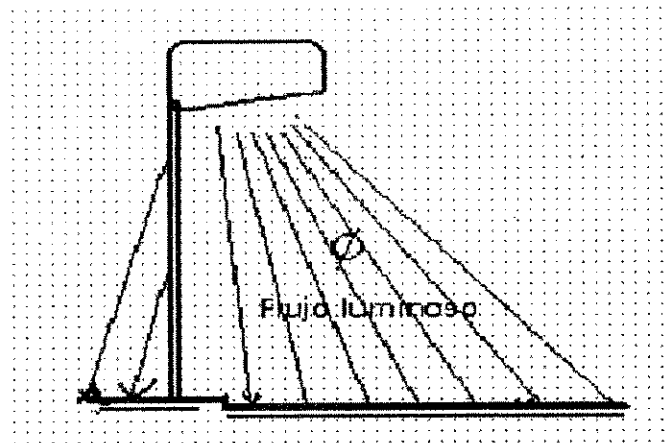


Fig. No. 2.6

Flujo luminoso emitido por una luminaria.

Según la definición anterior, si la fuente de luz es activada por energía eléctrica, el flujo luminoso es la transferencia de energía eléctrica en energía lumínica, por lo cual, el flujo luminoso debería expresarse con dimensional de vatios por tiempo, tal como la energía eléctrica; sin embargo en lumínica se convino que la unidad de flujo luminoso fuera el lumen, quedando solamente una relación entre ambos parámetros, llamada: Rendimiento luminoso (η), el cual se define como el cociente entre el flujo luminoso (ϕ) y la potencia eléctrica (P) necesaria para producir dicho flujo. (Ver fig. No. 2.6).

2.4 Lumen

Es la unidad de flujo luminoso. Se define como la cantidad de luz que incide sobre una superficie de un metro cuadrado dispuesto de tal manera que todos sus puntos distan un metro de una fuente de luz que emite uniformemente una candela potencia en todas sus direcciones.

2.5 Candela potencia

Es la unidad estandarizadora de la intensidad luminosa. Una vela de cera ordinaria tiene una intensidad luminosa en una dirección horizontal de aproximadamente una candela potencia. También está definida como la intensidad luminosa proyectada por un dispositivo de laboratorio llamado "Radiador de cuerpo negro", que es operado a la temperatura de solidificación del platino, sobre la sesentava parte de un centímetro cuadrado.

2.6 Intensidad luminosa

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en un período de tiempo, pero en una dirección determinada. Su unidad es la candela potencia.

2.7 Iluminación

Es el flujo luminoso que incide sobre una superficie dada, dividido por el área de dicha superficie. Su unidad es el lux o pie candela.

Si el flujo luminoso ϕ es constante sobre toda la superficie S lo que corresponde a un manantial luminoso uniforme, tendremos la iluminación E de la forma siguiente:

$$E = \phi / S$$

de lo que se deduce que un cuerpo estará tanto mejor iluminado por un flujo luminoso dado, cuanto menor sea su superficie.

2.8 Pie candela

Es el flujo luminoso de un lumen por pie cuadrado.

2.9 Lux

Es el flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado.

La diferencia entre pie candela y lux es la dimensional de superficie por lo tanto 1 lux equivale a 10.76 pie candelas ya que 1 metro cuadrado es igual a 10.76 pies cuadrados.

2.10 Eficiencia

La eficiencia de una lámpara está dada por la cantidad de lúmenes producidos por vatio consumido.

2.11 Alumbrado

Se refiere este termino al conjunto de lámparas que producen luz y que contribuyen a disipar la oscuridad.

2.12 Alumbrado público

En adelante este término se referirá al alumbrado que se utiliza para la iluminación, de calles, calzadas, avenidas, viaductos, parques carreteras y cualquier lugar de uso público, generada ésta por medio de la transformación de energía eléctrica.

3. ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO

3.1 Tipos de lámparas ubicadas en la ciudad

Los tipos de lámparas más utilizados, para el alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango, son las clasificadas como lámparas de descarga de alta intensidad lumínica; identificadas como H.I.D por sus siglas en inglés (High Intensity Discharge). En este tipo de lámparas, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o gas bajo presión, en vez de hacerlo a través de un filamento de tungsteno como en la lámpara incandescente. Las que se encuentran en las calles de la ciudad son las de los tipos: vapor de sodio a baja presión, vapor de mercurio a alta presión, vapor de sodio a alta presión, y lámparas de luz mixta.

Para poseer un mejor concepto de estos tipos de lámparas existentes en la ciudad, mencionaremos sus características principales.

3.1.1 Lámparas de vapor de sodio a baja presión

Este tipo de lámpara se encuentra en cierta proporción en la ciudad (Ver cuadro No. 3.1), por lo que se le ve en las calles de la misma, ya que posee una buena iluminación. Sin embargo su empleo está disminuyendo, debido a que en el mercado se está ofreciendo en mayor proporción las lámparas de sodio de alta presión, por lo cual es difícil conseguir los repuestos necesarios para la reparación de las luminarias respectivas.

3.1.1.1 Generalidades

En estas lámparas se produce una descarga eléctrica a través del metal sodio vaporizado a baja presión, provocando la emisión de una radiación visible casi monocromática, formada por dos rayas muy próximas entre sí; con longitudes de onda de 589 y 589.6 nanómetros, respectivamente. Debido a la presencia de esas dos rayas amarillas en el espectro luminoso del vapor de sodio, cuyas longitudes de onda están muy próximas a la de 555 nanómetros, para la que el ojo humano tiene la mayor sensibilidad, el rendimiento de la lámpara es muy elevado alcanzando valores de hasta 180 lúmenes por vatio.

3.1.1.2 Constitución de las lámparas de vapor de sodio a baja presión

Las lámparas de vapor de sodio a baja presión están constituidas principalmente por un tubo de vidrio en forma de U, en el cual se realiza la descarga. Este tubo se encuentra alojado dentro de una ampolla tubular, también de vidrio, que le sirve de protección mecánica y térmica, reforzada esta última por el vacío que se hace del espacio interior entre tubo y ampolla. Como el sodio ataca al vidrio ordinario, la pared interna del tubo de descarga se protege con una fina capa de vidrio al bórax (vidrio formado con sal del ácido bórico hidratado de sodio y cristalizado mediante operaciones que producen formas con el máximo número de elementos de simetría).

En las actuales lámparas de vapor de sodio a baja presión se ha incluido en la pared interna de la ampolla exterior una delgada capa de óxido de estaño o de óxido de indio, la cual refleja más del 90% de las radiaciones infrarrojas emitidas por el tubo de descarga, esto ha permitido reducir la energía utilizada en la generación de las correspondientes radiaciones de dicho vapor.

En los extremos del tubo de descarga se encuentran dos electrodos formados por un filamento de wolframio en espiral doble o triple, en cuyos intersticios se deposita un material emisor de electrones (generalmente óxido de torio o de tierras

raras). El interior del tubo contiene además un gas noble, generalmente neón, que favorece el encendido de la lámpara, y una cantidad de sodio en forma de gotas que se deposita de forma regular, una vez condensado después de la descarga, en unas pequeñas cavidades existentes en la periferia del tubo. La fig. No. 3.1 muestra una lámpara de este tipo.

3.1.1.3 Funcionamiento

El voltaje de encendido de lámpara es de 480 y 660 voltios, según los tipos, y como la tensión de red suele ser de 240 voltios, se necesita de un aparato de alimentación con autotransformador que eleve la tensión de la red al valor necesario para el encendido.

Al conectar la lámpara se produce una descarga a través del gas neón que rellena el tubo, emitiendo una luz rojiza característica de este gas. El calor generado por el paso de la corriente en el tubo de descarga, vaporiza al sodio progresivamente hasta convertirlo en el soporte principal de la descarga.

En el período de arranque, el color de la luz emitida por la descarga va variando paulatinamente del color rojo al amarillo. El flujo luminoso en su principio es muy escaso y aumenta con lentitud; solamente cuando la descarga se hace a través del vapor de sodio, comienza un rápido incremento del mismo.

Transcurrido un tiempo de aproximadamente diez minutos, la lámpara alcanza el 80% de sus valores nominales, finalizando el período de arranque en unos quince minutos. La intensidad de la lámpara aumenta durante este período alrededor de un 15%, variando muy poco la potencia eléctrica absorbida.

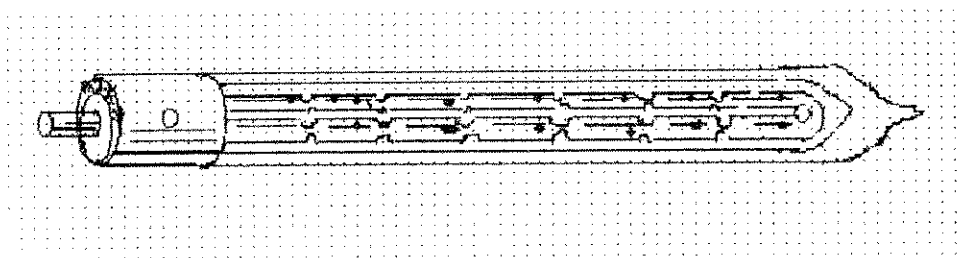


Fig. No. 3.1 Lámpara de vapor de sodio a baja presión

3.1.1.4 Aplicación

Aun disponiendo este tipo de fuente de luz del mayor rendimiento luminoso existente en la actualidad, debido a su luz monocromática, sus aplicaciones no son muy amplias, quedando limitadas a aquellos casos en que interesa disponer de gran cantidad de luz sin que influya la calidad de la misma, como son los alumbrados de autopistas, carreteras, minas, etc.

3.1.2 Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

3.1.2.1 Generalidades

La primera lámpara de vapor de mercurio de alta presión, similar a las usadas en la actualidad, hizo su aparición en el año de 1,934 con una potencia de 400 vatios.

La lámpara de vapor de mercurio, en la actualidad, es usada ampliamente en iluminación externa como una buena alternativa y su potencia fluctúa entre 40 y 1500 vatios. Las utilizadas en la ciudad de Quetzaltenango son de 175 y 250 vatios.

3.1.2.2 Constitución de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión

A pesar de que existen muchas formas y tamaños, los tipos más comúnmente usados están constituidos a base de dos bulbos (bombillos), uno exterior, a manera de "cubierta", y otro interior, que es el "tubo de arco". El tubo de arco está fabricado de cuarzo y contiene: el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

El bulbo exterior, llenado comúnmente de nitrógeno, sirve para proteger el tubo de arco contra el deterioro y la corrosión atmosférica. También regula la temperatura de funcionamiento del tubo de arco y actúa como filtro para absorber la radiación ultravioleta.

En la fig. No. 3.2 se muestran las partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio.

3.1.2.3 Funcionamiento

Al conectar la lámpara a una red de corriente alterna, a través del balastro o aparato de alimentación correspondiente, se produce una descarga entre el electrodo principal y el auxiliar de encendido que se encuentran muy próximos. Esta descarga ioniza el argón, haciéndolo conductor, a la vez que disminuye la resistencia eléctrica del espacio comprendido entre los dos electrodos principales, hasta un valor que permite se establezca una descarga eléctrica entre ellos, momento en el cual la corriente eléctrica que circula a través de la resistencia de encendido es prácticamente nula. El calor generado por esta descarga vaporiza el mercurio que posteriormente actúa como conductor principal de la descarga.

A medida que la temperatura va aumentando en el tubo de descarga, aumenta la presión del vapor de mercurio y al mismo tiempo la potencia y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores nominales de régimen al cabo de 4 ó 5 minutos después de haber sido conectada.

Una vez apagada la lámpara, no puede encenderse hasta pasado un tiempo de enfriamiento generalmente igual al de calentamiento, con el que alcanza los valores nominales de régimen, necesario para que la presión en el tubo de descarga descienda al valor correspondiente con el que puede iniciarse (cebarse) nuevamente la descarga.

El arco de descarga en las lámparas de mercurio presenta una característica de resistencia negativa, por lo que su conexión a la red debe efectuarse a través de aparatos de alimentación adecuados.

La tensión requerida para el arranque de las lámparas normales a temperaturas superiores a - 15 °C es prácticamente inferior a 200 V., por lo que pueden conectarse a redes de 220 V., empleando reactores (balastros) constituidos por bobinas con resistencia inductiva o reactancia.

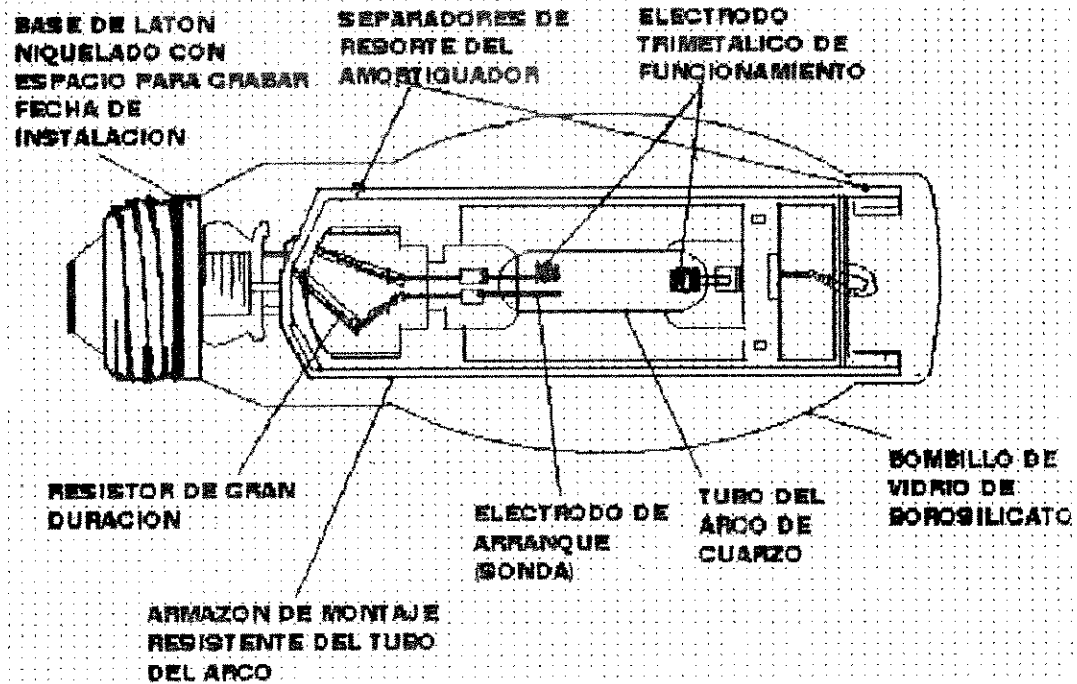


Fig. No. 3.2 . Partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio

Las actuales lámparas de vapor de mercurio a alta presión tienen una larga duración útil y un elevado flujo luminoso. La vida útil de estas lámparas tienen una duración media que se estima superior a 12,000 horas, según datos del fabricante, si bien consideradas individualmente suelen superar este valor.

El flujo luminoso se reduce durante el funcionamiento, debido al ennegrecimiento gradual del tubo de descarga, por el depósito de material que emiten los electrodos y por la impurificación del gas. En las primeras horas de funcionamiento, esta reducción es superior a la que aparece luego hasta el final de la vida de la lámpara, por ello, el flujo luminoso indicado por el fabricante corresponde siempre al obtenido después de 100 horas de funcionamiento.

3.1.2.4 Aplicación

Las posibilidades de aplicación de las lámparas de mercurio a alta presión son muy importantes. La gran economía que representan por su elevado rendimiento luminoso y larga vida, permiten realizar iluminaciones en las que se requiere una luz abundante con una aceptable reproducción cromática.

Su empleo está principalmente indicado para el alumbrado exterior (público, instalaciones industriales, obras) y para el interior (naves de fabricación) donde ha sustituido casi totalmente a las lámparas incandescentes.

3.1.3 Lámparas de vapor de sodio a alta presión

3.1.3.1 Generalidades

Para mejorar el tono de luz y con ello la reproducción cromática de las lámparas de vapor de sodio a baja presión se desarrollaron las lámparas de vapor de sodio a alta presión que, conservando un alto rendimiento luminoso, su presión de vapor más elevada deja destacar el espectro de otros vapores, obteniendo de esta forma un aspecto con cierta continuidad de cuya composición resulta una luz de color blanco dorado que permite distinguir todos los colores de la radiación visible.

Este tipo de lámparas son fuentes de luz muy económicas con un rendimiento luminoso hasta de 130 lúmenes por vatio.

3.1.3.2 Constitución de las lámparas de vapor de sodio a alta presión

En el interior de una ampolla de vidrio, coincidente con su eje longitudinal, se encuentra alojado el tubo de descarga del sodio cuyo material se compone de cerámica de óxido de aluminio muy resistente al calor (para temperaturas de aproximadamente 1000 grados centígrados) y a las reacciones químicas con el vapor de sodio, poseyendo a la vez una transmisión de la luz en la zona visible de más del 90%. En el interior de este tubo se encuentran los componentes sodio, mercurio y un gas noble (xenón o argón), de los que el sodio es el principal productor de luz. La fig. No. 3.3. muestra la constitución de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

El mercurio evaporado reduce la conducción del calor de arco de descarga medio a la pared del tubo y aumenta la tensión del arco, consiguiéndose con ello mayores potencias en tubos de descarga de menor tamaño.

El gas noble se agrega con el fin de obtener un encendido seguro de la lámpara con bajas temperaturas ambiente tanto en interiores como en exteriores. En ambas terminales del tubo se encuentran dos tapones de corindón sintetizado que sirven para cerrar herméticamente el tubo, al mismo tiempo que sirven de soporte a los electrodos en forma de espiral.

3.1.3.3 Funcionamiento

Al igual que en las lámparas de halogenuros metálicos, y debido a la alta presión a la que se encuentra el gas para el encendido de las lámparas a vapor de sodio a alta presión, es preciso aplicar altas tensiones de choque del orden de 2.8 a 5 kV. proporcionadas por un aparato de encendido en conexión con el correspondiente balastro y con la lámpara.

El período de arranque con la lámpara fría, dura de tres a cuatro minutos, re encendiendo en caliente después de un minuto.

3.1.3.4 Aplicación

La aparición de estas lámparas constituyó una nueva etapa en la iluminación por sodio. Su elevado rendimiento y tono de luz aceptable han ampliado más las posibilidades de su aplicación de la luz de sodio en el alumbrado público.

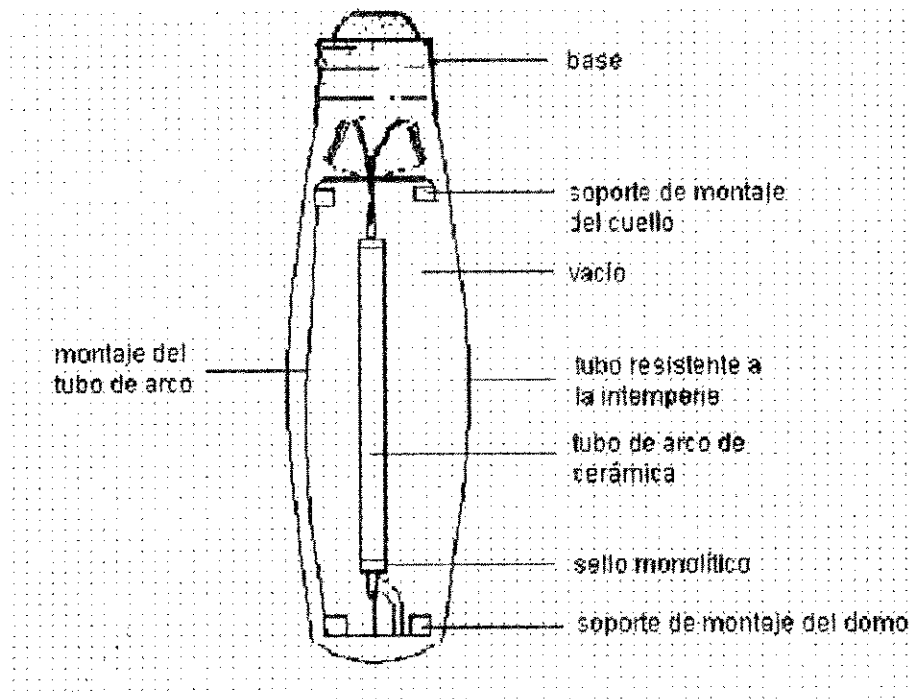


Fig. No. 3.3. Partes de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

3.1.4 Lámparas de luz mixta

3.1.4.1 Generalidades

Las lámparas de luz mixta son una combinación de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión y de la lámpara incandescente, como resultado de uno de los intentos para corregir la luz azulada de las lámparas de vapor de mercurio, lo

cual se consigue por la inclusión dentro de la misma ampolla de un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente de wolframio.

Una característica a destacar en estas lámparas es que pueden conectarse directamente a la red sin necesidad del empleo de balastro, ya que el filamento además de fuente luminosa actúa como resistencia eléctrica estabilizador de la descarga del vapor de mercurio.

3.1.4.2 Constitución de las lámparas de luz mixta

En el interior de una ampolla de vidrio llena de gas se encuentran alojados un tubo de descarga de vapor de mercurio a alta presión y un filamento incandescente de forma circular, colocado alrededor del tubo y conectado en serie con éste. La pared interior de la ampolla se halla recubierta con una capa de materia fluorescente.

3.1.4.3 funcionamiento

Al conectar la lámpara a la red, se inicia el proceso de encendido del tubo de descarga. En este instante el filamento luce produciendo un flujo luminoso muy

superior a su valor de régimen como consecuencia de que prácticamente toda la tensión de red está aplicada a sus extremos.

A medida que en el tubo de descarga va creciendo el flujo luminoso, al ir aumentando la tensión entre sus electrodos principales, va reduciéndose el emitido por el filamento, al ir disminuyendo la tensión aplicada a sus extremos, hasta que la lámpara alcanza los valores de régimen después de aproximadamente minuto y medio. Una vez apagada la lámpara, para su nuevo encendido es necesario dejar transcurrir unos minutos, por las mismas razones expuestas para las lámparas de mercurio.

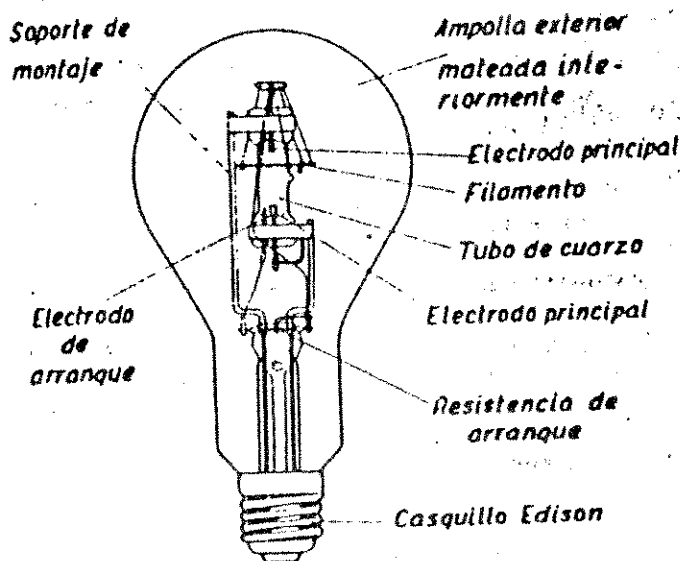


Fig. No. 3.4. Lámpara de luz mixta

3.2 Tipos de luminarias y cantidad de lámparas utilizadas para el alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango

Las luminarias utilizadas para alumbrado público, en las calles de la ciudad, son de tres tipos, específicamente: tipo tortuguilla o cobra, tipo canasta o futura, y tipo caperuza larga.

Las figuras Nos. 3.5, 3.6 y 3.7 muestran cada uno de estos tipos.

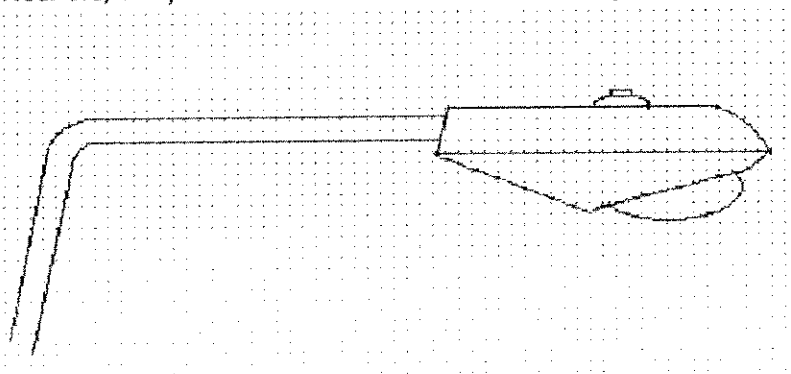


Fig. No. 3.5. Luminaria tipo tortuguilla

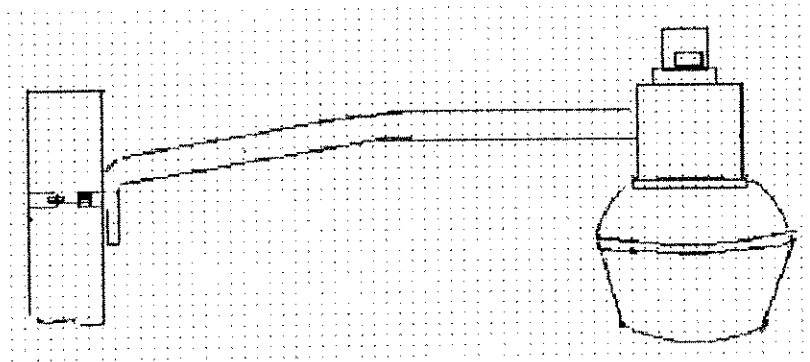


Fig. No. 3.6. Luminaria tipo canasta

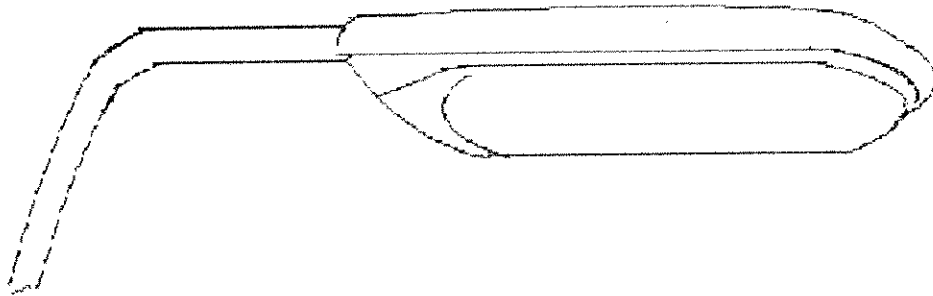


Fig. No. 3.7. Luminaria tipo caperuza larga

En las luminarias tipo tortuguita o cobra se utilizan lámparas de vapor de sodio a alta presión de 250 vatios y lámparas de vapor de mercurio a alta presión de 250 vatios, para 240 voltios.

En las luminarias canasta o futura se utilizan lámparas de vapor de sodio a alta presión de 55, 150 vatios y 150/55 (150 vatios con arranque de 55 vatios) para 240 voltios.

Así también se utilizan para lámparas de vapor de mercurio a alta presión de 175 vatios para 240 voltios, así como para lámparas mixtas de 160 vatios para 240 voltios.

Las luminarias tipo caperuza larga se utilizan para alojar lámparas de vapor de sodio a baja presión de 70 vatios para operación a 120 voltios.

Para determinar los tipos de lámparas y las cantidades instaladas en la ciudad de Quetzaltenango, se hizo un recorrido por todas las arterias de la misma, recopilándose los datos respectivos, los cuales son mostrados en el cuadro No. 3.1.

Cuadro No. 3.1. Tipos y cantidad de luminarias en la ciudad de Quetzaltenango hasta el año de 1,996.

No.	Vatios	voltios	Tipo de lámpara	Tipo de luminaria	Cantidad
1	70	120	Sodio Baja Presión	caperusa larga	790
2	150/55	240	Sodio Alta Presión	canasta	227
3	55	240	Sodio Alta Presión	canasta	189
4	150	240	Sodio Alta Presión	canasta	556
5	160	240	Mixta	canasta ó caperusa	111
6	175	240	Mercurio Alta Presión	canasta	939
7	250	240	Mercurio Alta Presión	tortuguita o cobra	101
8	250	240	Sodio Alta Presión	tortuguita o cobra	555
				TOTAL	3468

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

4. MANTENIMIENTO DEL ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO

4.1 Alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango

El alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango está a cargo de departamento técnico de la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango, dependencia de la municipalidad. Este alumbrado comprende todas las calles, avenidas, calzadas, carreteras, callejones, diagonales, parques, así como todas las obras y edificios municipales tales como: instalaciones feriales, centros comerciales, mercados y escuelas.

La parte que fue objeto de atención, en este trabajo, es la que corresponde específicamente al alumbrado de calles en la ciudad por ser estas las que poseen el mayor número de lámparas en servicio y el mayor costo de funcionamiento, en cuestión de alumbrado; para ello, existe en el mencionado departamento técnico, personal encargado de velar por el funcionamiento de los equipos de iluminación.

4.2 Mantenimiento del alumbrado público

Para el objeto de este trabajo se define el mantenimiento del alumbrado público como todas aquellas actividades concernientes a conservar la vida útil de los artefactos y equipos, que se utilizan directamente para sostener la iluminación de calles de uso público. Dentro de dichos artefactos y equipos los más directos para la iluminación, son las luminarias con sus conexiones y accesorios; por lo que estas actividades van encaminadas en mayor proporción a la conservación de dichas luminarias, utilizando para ello otros elementos tales como personal, herramientas y equipos, vehículos, así como sostenimiento técnico, administrativo y financiero.

Se puede calificar el mantenimiento en dos formas: un mantenimiento preventivo y un mantenimiento correctivo. El primero está orientado a la conservación y aprovechamiento máximo de la vida útil de las instalaciones de alumbrado, mediante actividades a efectuar antes de que se puedan originar las fallas; mientras que el segundo se refiere a la corrección de fallas que ya existen.

El principal objetivo de estas actividades, asumiendo que hubo un diseño anterior, es el sostenimiento de los niveles de iluminación, establecidos para cada tipo de calle.

Para que las instalaciones del alumbrado público funcionen en forma correcta, eficaz y económica, es necesario que el mantenimiento en todos los equipos sea hecho bajo las mejores condiciones.

En la sección de mantenimiento de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango, hay carencia de parámetros reales y objetivos que permitan conocer la vida útil del equipo y elementos que forman parte del alumbrado instalado en la ciudad, bajo las condiciones reales de operación, y el establecerlas requiere conocer el historial de vida y funcionamiento de ellos para poder sistematizar su mantenimiento preventivo, logrando con ello una mayor duración útil y menos costos.

4.3 Consideraciones tomadas en cuenta para programar el mantenimiento del alumbrado publico

Para poder establecer las actividades de mantenimiento, es necesario conocer el comportamiento de los equipos instalados, en relación a su

funcionamiento en condiciones normales, las fallas y causas que pueden afectarlos, así como a las correcciones necesarias para eliminarlas o disminuirlas.

4.3.1 Causas que influyen en la depreciación de una instalación de alumbrado público

Es necesario, conocer las causas que influyen en la depreciación del equipo instalado, para poder establecer las actividades tendientes a evitarlas o disminuirlas, según sea la clase de dichas causas.

Estas causas son debidas a características inherentes del equipo, así como a las producidas por agentes externos. Para el efecto se elabora una lista de tales causas.

4.3.1.1 Disminución del flujo luminoso de las lámparas

El flujo luminoso de todas las lámparas decrece regularmente desde la puesta en servicio, debido al desgaste de elementos internos y envejecimiento a través de las horas de vida. Se debe tomar en cuenta de que las lámparas disminuyen el flujo luminoso cuanto más tiempo hayan estado encendidas

Así también, el flujo luminoso disminuye cuando hay acumulación de polvo y suciedad en el exterior de la lámpara y en partes de la luminaria entre las que son de relevada importancia el refractor y el reflector.

4.3.1.2 Acumulación de polvo y suciedad

El polvo y la suciedad que se acumulan en las luminarias, absorben la luz y malgastan la energía necesaria para generarla. Esta absorción puede llegar hasta un 50 %. Los accesorios de alumbrado que se han ensuciado y las lámparas cuyo flujo luminoso se ha depreciado son fuentes de derroche, pues, a pesar de que su rendimiento se ha reducido ostensiblemente, no ha sido así con su consumo de energía. En la ciudad existen algunas calles que son de terracería por las que circulan gran cantidad de vehículos, los cuales a su paso levantan polvo y humo, lo cual agrava el estado físico de las luminaria y lámparas y por ende su flujo luminoso.

4.3.1.3 Envejecimiento

El envejecimiento natural de las luminarias, lámparas y accesorios, debido al uso que tienen conforme al avance del tiempo, hace decrecer el grado de iluminación de la instalación, hasta llegar a un nivel en que no cumplirá con los mínimos requeridos, por lo cual se hace necesario reemplazar los accesorios que han envejecido según sus parámetros de vida útil, además de efectuar limpieza de las luminarias y sus accesorios.

4.3.1.4 Muerte prematura

En algunas ocasiones, las lámparas fallan prematuramente, por causas debidas a defectos de fabricación, mala instalación o bien por sobrevoltajes ocasionados por fenómenos atmosféricos que impiden que llegue al tiempo total de su vida útil.

4.3.1.5 Vibración

Las luminarias y lámparas son afectadas por las vibraciones provocadas por el paso de los vehículos pesados y la acción del viento que pueden causar la degradación o la destrucción del material y es muy importante cuando se producen fenómenos de resonancia. Entre los daños pueden mencionarse los siguientes:

- la destrucción de las lámparas por desgaste del casquillo,
- el cambio del punto focal de la lámpara,
- la destrucción total o parcial de la óptica de la luminaria, brazo o del ensamble,
- la ruptura del refractor, que generalmente es de fibra plástica,
- el deterioro de las cables y conexiones

Se pueden disminuir estos daños y sus consecuencias, provocados por las vibraciones, al:

- usar postes y brazos de módulo de sección más elevado de resistencia a la flexión
- utilizar brazo de longitud adecuada al ancho de la calle y paso vehicular
- usar luminarias de bajo peso, de dimensiones moderadas, diseño aerodinámico y que hallan pasado satisfactoriamente las pruebas contra vibraciones y choques,
- emplear contrafuerza y sistemas equivalentes,
- utilizar portalámparas que fijen bien la posición del bombillo,
- fijar correctamente la luminaria al brazo,

Una depreciación puede resultar de: la utilización de luminarias de dimensiones insuficientes, el uso de materiales no protegidos contra la intemperie, el empleo de luminarias que no son adecuadas a la clase y potencia de las fuentes luminosas, la ausencia de dispositivos de evacuación del agua de condensación en las luminarias cerradas, pero no herméticas.

4.3.1.6 Variación de la temperatura

La temperatura dentro de las luminarias aumenta, debido al calentamiento provocado por las corrientes en el balastro y el calentamiento propio de la lámpara. Esta puede llegar, en algunas ocasiones, a valores muy elevados y sobrepasar los 100°C provocando: la destrucción de algún elemento esencial de la lámpara, el deterioro de partes plásticas, de pinturas y barnices así como de los aislamientos, una cierta condensación en el refractor de las luminarias cerradas en seguida del enfriamiento después de ser apagados, reducción del flujo luminoso de la fuente cuando la temperatura de funcionamiento se aleja mucho del valor óptimo la cual es muy importante en los casos de lámparas de vapor de sodio a alta presión.

4.3.1.7 Reducción de la vida de equipos auxiliares

La vida útil del balastro es normalmente del orden de 10 años en funcionamiento continuo. Pero una elevación de 10°C arriba de la temperatura óptima de funcionamiento puede disminuir su duración en un 50% aproximadamente. La vida útil de las fotoceldas no puede establecerse concretamente debido a que su vida depende de otros agentes externos, tales como sobrevoltajes provocados por fenómenos internos de la red, los balastros o las descargas atmosféricas los cuales influyen en la reducción de su tiempo de vida útil.

4.3.1.8 Voltaje incorrecto en la línea y en las terminales de la lámpara

Variaciones en el voltaje de línea entre 90 y 100% de su valor nominal no causan ningún efecto apreciable en la vida de una lámpara. Además cuando se usan balastros de voltaje o vatiaje constante, no habrá cambios en la emisión lumínica de la lámpara, siempre que el voltaje permanezca dentro de la gama indicada. Con otros tipos de balastros, la emisión lumínica de la lámpara, variará principalmente con las variaciones de voltaje.

Tienen que evitarse las variaciones importantes de voltaje de alimentación, puesto que reducen en gran medida la vida útil de las lámparas y de los equipos

auxiliares. El sobrevoltaje puede causar rápidamente la destrucción de la lámpara, balastro y fotocelda, el bajo voltaje provoca el no funcionamiento o el cese periódico de la corriente en las lámparas de descarga; por eso es indispensable que la red de alimentación y distribución esté instalada correctamente a fin de poseer las protecciones adecuadas para casos de sobre voltajes, entre la cuales son de mucha importancia los sistemas de puesta a tierra, para disminuir sobrevoltajes ocasionadas dentro de la propia línea o por efectos externos tales como descargas atmosféricas.

Algunos de los factores mencionados pueden eliminarse total o parcialmente, pero no así en lo que concierne a los que corresponden al envejecimiento natural del equipo y a la elevación o la baja anormal de la temperatura en el interior de la luminaria una vez instalada.

Cuando se realicen los nuevos proyectos de alumbrado, se debe tomar en cuenta su mantenimiento y operación; no se debe tomar en cuenta únicamente el costo inicial para la elección del equipo.

Dada la velocidad con que se degrada el estado y eficiencia de las instalaciones de alumbrado público no supervisados, es indispensable por razones de seguridad y economía, llevar a cabo actividades de mantenimiento y verificación de funcionamiento, a intervalos regulares de tiempo y programados, de los equipos que conforman tales instalaciones.

Las intervenciones debidas a fallas son de elevado costo, por lo que es importante seleccionar los materiales y equipos a utilizar, exigiendo características tales como:

- a) resistencia mecánica de las piezas del equipo y solidez de los ensambles
- b) calidad de las luminarias
- c) resistencia a la corrosión
- d) la calidad de las fuentes luminosas o bombillas
- e) la calidad de los balastros y fotoceldas
- e) la calidad de los aislantes, capacitores, ignitores, pinturas y barnices.

Las actividades generales de mantenimiento deben cubrir:

- la verificación del encendido y apagado de las lámparas, detección de defectos eléctricos y de daños eventuales debidos a accidentes viales o vandalismo
- la localización y el cambio de lámparas o aparatos auxiliares descompuestos o defectuosos
- la limpieza de luminarias
- mantenimiento mecánico y eléctrico de la línea de alimentación
- reemplazo preventivo de las lámparas
- la poda de árboles que tapen el radio de luminosidad de las luminarias.

Las actividades de reemplazo de lámparas de alumbrado se basan en:

- a) el número de horas que trabajan las lámparas y la duración de la vida útil promedio de las mismas la cual generalmente es dada por el fabricante, las que se muestran en las gráficas respectivas.
- b) el tipo de lámparas y luminarias
- c) las condiciones ambientales y de tránsito de vehículos
- d) inspecciones periódicas y

d) reportes de los usuarios

4.3.2 Sistemas de reemplazo de lámparas

La sustitución de las lámparas puede hacerse: individualmente a medida que fallen, o todas al mismo tiempo, para cierto sector, método denominado "reemplazo en grupo".

Algunas veces se combinan ambos sistemas.

4.3.2.1 Sustitución individual

Consiste en el reemplazo de lámparas fundidas cada vez que esto sucede. Este sistema se había estado utilizando en la empresa eléctrica de Quetzaltenango, basado en las quejas de los vecinos únicamente. Se implementó una inspección nocturna, una vez por semana, en diferentes sectores de la ciudad mediante el uso de un vehículo automotor, para determinar las lámparas falladas.

Para la actividad de este sistema se utilizó un vehículo con canasta, de mandos hidráulicos. Así también, cuando el brazo de la luminaria era corto, se realizó la sustitución mediante el ascenso de un electricista al poste por medio de una manila.

Con la sustitución individual se combinó la limpieza de la luminaria, sobre todo del refractor o difusor logrando con ello una mejor distribución de la iluminación.

4.3.2.2 Reemplazo en grupo

Consiste en cambiar un grupo de lámparas, todas a la vez, en un determinado sector. En este sistema no se cambian las lámparas que se hallan fundido antes del período estipulado para todas, pero sí se realiza una inspección para reemplazar aquellas que hallan fallado prematuramente.

Este sistema no es muy recomendable para instalaciones de mediana y baja importancia, es decir en lugares con mediana y poca luminosidad, debido a que es muy notable la ausencia de iluminación en donde hayan lámparas fundidas.

Este tipo de mantenimiento no puede adoptarse debido a los costos de inversión inicial que representa y sobre todo a la posible existencia de lámparas fundidas que darían una mala imagen de la Municipalidad hacia los vecinos afectados.

4.3.2.3 Sustitución en grupo combinado con reemplazo intermedio

Este sistema es una combinación de los dos anteriores, y proporciona desde un punto de vista técnico los mejores resultados, ya que con la realización de las inspecciones y quejas de los vecinos, se reemplazan las luminarias que hayan fundido antes del promedio de vida establecido, disminuyendo con ello los viajes que requieren una sustitución individual solamente.

4.3.3 Consideraciones para mantenimiento correctivo

Antes de efectuar cualquier sustitución debe verificarse los puntos siguientes, de tal manera que:

1. el sistema de distribución se encuentre funcionando correctamente,
2. haya continuidad de energía de alimentación hacia las lámparas
3. el control fotoeléctrico se encuentre en buenas condiciones de trabajo,
4. la medición de la magnitud del voltaje sea apropiada para el balastro o reactor, encontrándose dentro del 10% del voltaje nominal,
5. la conexión a tierra del sistema y de la luminaria, debe estar conectada apropiadamente,
6. las conexiones del cableado del balastro, el capacitor y el portalámparas estén correctamente,
7. los contactos y conexiones del portalámparas estén en buenas condiciones,
8. la lámpara debe ser compatible con el balastro; una lámpara de vapor de mercurio en un balastro para mercurio, una lámpara de sodio a alta presión en un balastro de Vapor de Sodio de alta presión, una lámpara de sodio a baja presión en un balastro de sodio a baja presión.
9. la potencia nominal de la lámpara y el balastro deben ser iguales,
10. la posición de operación de lámpara este de acuerdo con la posición específica de la misma,
11. el voltaje y la corriente disponible en el portalámparas deben ser iguales a los valores especificados para la lámpara y el balastro,
12. el voltaje en el secundario del balastro debe ser el requerido para el arranque de la lámpara a la temperatura ambiente y
13. que la emisión lumínica de la lámpara operada con un balastro de prueba sea consistente y estable.

Se hizo necesario realizar estos puntos siempre, con el propósito de evitar cambios y gastos innecesarios, haciendo todas las comprobaciones antes de cualquier reemplazo, aunque algunos pudieran parecer obvios.

Así también se tomó en cuenta ciertas fallas que son típicas en el sistema de alumbrado público y sus probables causas, con el fin de estimar el trabajo de mantenimiento a realizar para solucionarlas y ahorrar tiempo y dinero en la reparación de las mismas, entre ellas se pueden mencionar las que a continuación se detallan.

4.3.4 Fallas en las instalaciones, causas y correcciones

4.3.4.1 Lámparas apagadas

Causa: fin normal de la vida de las lámparas

Corrección:

el fin normal de la vida de la lámpara ocurre cuando los electrodos se han agotado, haciendo difícil o imposible la ionización y establecimiento del arco, impidiendo de esta forma el calentamiento para lograr la completa emisión lumínica. La elevación del voltaje en el tubo de arco debido a la desgasificación de contaminantes también puede causar el fin normal de la vida de las lámparas. En relación con las curvas de caducidad de las lámparas que se muestran en las gráficas respectivas, algunas de las lámparas fallan antes de las horas de vida nominal y algunas las sobrepasan.

Correlacionando el número de falla, su tiempo de falla y su esperanza de vida se puede determinar si el número de lámparas que sobreviven se encuentran dentro del rango.

Causa: lámpara floja en el portalámparas. inserción o colocación impropia

Corrección

Se inspeccionó la base de la lámpara para ver si existía alguna indicación de arqueo en el centro del botón. Se apretó la lámpara para colocarla firmemente. Si la base estaba deformada y no se podía colocar apropiadamente, se reemplazaba la lámpara.

Causa: fotocelda inoperante

Corrección

Se reemplazó la fotocelda (comprobando su funcionamiento cubriendo la fotocelda para impedir el paso de la luz mientras se le aplicaba energía a la luminaria).

Causa: alambrado defectuoso o impropio

Corrección

Se examinó el alambrado para asegurar de que estaba de acuerdo con el diagrama del balastro. Se examinó el alambrado de la línea de alimentación al balastro y del balastro al portalámparas para establecer continuidad; asegurándose de que las conexiones estaban bien hechas.

Causa: bajo voltaje en la luminaria

Corrección

Se verificó el voltaje de alimentación del balastro. Para la mayoría de los balastros este valor debía estar entre el $\pm 10\%$ del valor nominal. En el sistema de distribución de la ciudad de Quetzaltenango al incrementar la carga o demanda de los usuarios de la red de energía eléctrica decrecía el voltaje disponible en el primario del balastro, por lo que se hizo necesario realizar la revisión en el período de demanda pico que acontecía en forma promedio entre las 18:30 a las 20:30 horas y en el que en algunos sectores, en el ramal final, el voltaje estaba hasta en el -18% del valor nominal por lo que las lámparas no encendían. Algunos balastros traían derivaciones por lo se ajustaron de acuerdo al voltaje de alimentación medido en el balastro. Se realizaron cambios de transformación en los sectores comprendidos en la tercera avenida y once calle de la zona uno colocando un transformador monofásico de 50 kVA en lugar de uno de 37.5 kVA., otro en la sexta calle y quinta avenida de la zona uno en donde se cambió un banco de 3x15 kVA. por uno de 3X25 KVA.

Causa: balastro impropio

Corrección

Cuando un balastro es inapropiado no se puede tener una operación confiable. Cualquier lámpara de descarga de Alta intensidad tiene una operación errática o falla al arrancar cuando se opera con un balastro inadecuado. Se aseguró de que las especificaciones del balastro estuvieran de acuerdo con el voltaje de línea y de la lámpara. Frecuentemente un balastro inadecuado ocasiona que la lámpara falle prematuramente.

Causa: balastro defectuoso en cortocircuito

Corrección

un balastro en cortocircuito causa generalmente la rotura en los sellos del tubo de arco, con un ennegrecimiento indicativo en el área de sellado. La condición

de cortocircuito puede presentarse debido a que los capacitores, los conductores de alimentación de la lámpara o las bobinas del balastro se encuentran en cortocircuito. Es necesario cambiar el balastro.

Causa: la lámpara ha estado operando; insuficiente tiempo de enfriamiento (reencendido)

Corrección

Toda lámpara de descarga de alta intensidad (HID) requiere de un período para restablecer las condiciones de arranque óptimas, cuando existe una interrupción momentánea en la línea de alimentación, después de que las lámparas han estado operando. Las lámparas de Vapor de mercurio requieren de 4 a 8 minutos para enfriarse. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión, requieren para enfriarse de aproximadamente 1 minuto antes del re-encendido. Las lámparas Unalux requieren de 3 ó 4 minutos. En una luminaria el tiempo de re-encendido varía de acuerdo a la temperatura ambiente y las corrientes de aire existentes. El tiempo real para enfriarse y establecer las condiciones de arranque puede llegar a ser hasta 20 minutos, para lámparas de vapor de mercurio.

Causa: balastro impropio para las condiciones de operación de la lámpara

Corrección

En condiciones de baja temperatura, el balastro no puede suministrar el suficiente voltaje de arranque a la lámpara. Por ejemplo: a -20 grados Fahrenheit, las especificaciones establecen que el 90% de las lámparas deben encender cuando el voltaje apropiado de la lámpara se encuentra disponible. Un balastro tipo reactor para 220 voltios podría no arrancar satisfactoriamente una lámpara de vapor de mercurio o Unalux a -20 grados Fahrenheit. El mismo problema puede existir a muy alta temperatura. Los balastros diseñados para interiores pero que se conectan a lámparas que están instaladas en exteriores podrían no arrancar la lámpara, pues no existe suficiente voltaje en el secundario. En forma similar, los balastros diseñados para exteriores no se pueden usar en interiores cuando la temperatura ambiente es alta. Se comparó las condiciones ambientales de la lámpara contra las características de funcionamiento del fabricante y se determinó que todas son para uso exterior, por lo que este problema no se registró.

Causa: fin normal de la vida del balastro

Corrección

la apariencia del balastro puede dar un indicio de si está o no en condiciones de trabajo. Si el balastro está carbonizado, esto indica que ha estado sujeto a un calentamiento excesivo. Si los capacitores están deformados, también indican que existen problemas. Para establecer su condición se verificó continuidad, corriente y voltaje. Frecuentemente, el proceso de falla de un balastro empieza con la falla en el capacitor, con el consecuente bajo factor de potencia y alta corriente, produciéndose un sobrecalentamiento en los devanados del balastro que eventualmente producirá la falla en el mismo.

4.3.4.2 Falla prematura de la lámpara

Causa: lámpara físicamente dañada; bulbo exterior agrietado

Corrección

Se revisó la posibilidad de daño del bulbo exterior que a veces ocurre por mal manejo o transportación, que rompe el vidrio. Si el aire entra al bulbo exterior, el tubo de arco puede continuar trabajando aproximadamente 100 horas antes de que

se produzca la falla. Se revisó si el bulbo se encontraba en buen estado o estaba roto donde se une a la base ya que debido a la fuerte presión en el momento de colocarlo en el portalámparas se rompe, revisándose también si existían rayaduras producidas inadvertidamente por el portalámparas. Se observó si el tubo de arco no estaba roto o existía alguna parte de metal desprendida. Cuando se observaba alguna anomalía de este tipo se reemplazaba la lámpara. El bulbo roto causa la oxidación de las partes metálicas. En lámparas de Vapor de Sodio de alta presión el depósito de material obscuro cerca del cuello del bulbo se vuelve blanco o desaparece.

Causa: utilización de un balastro inadecuado

Corrección

se aseguró que los datos del balastro estuvieran de acuerdo con el voltaje de alimentación y la lámpara usada. Una mala compaginación puede afectar la vida de la lámpara o destruir el balastro.

4.3.4.3 Parpadeo de la lámpara, la lámpara se apaga
(puede ser un parpadeo intermitente o cíclico, dando como resultado que la lámpara encienda y después se apague.

Causa: balastro no apropiado

Corrección

En las lámparas de vapor de mercurio, un balastro inadecuado causa un parpadeo o una operación errática. El anterior problema puede ser causado por inadecuado voltaje y relación de corriente proporcionados por el balastro. Una discontinuidad en el alambrado puede causar el parpadeo. En ciertas circunstancias una lámpara nueva puede "cliclear". Usualmente después de 3 intentos por arrancar a intervalos de 30-60 segundos, la lámpara se estabiliza y funciona satisfactoriamente. La lámpara de Vapor de Sodio de alta presión cliclea si el balastro no proporciona el suficiente voltaje de circuito abierto para el sostenimiento de la lámpara. Este problema se presenta particularmente con las lámparas de 150 vatios.

Causa: alta descarga en la lámpara

Corrección

El funcionamiento químico de una lámpara defectuosa algunas veces causa que la lámpara demande mayor voltaje del que el balastro puede suministrar, dando como resultado que la lámpara se extinga. La lámpara al enfriarse está sujeta a que el ciclo se repita. Se hace necesario reemplazar la lámpara.

Causa: parpadeo en lámparas de vapor de sodio de alta presión

Corrección

Debido a que la lámpara de Vapor de Sodio de alta presión, se enciende por lo general largos períodos de tiempo, su voltaje de operación tiende a incrementarse. Este voltaje puede llegar a valores en donde el balastro no puede sostener la lámpara. Cuando esto sucede, la lámpara mostrará características de parpadeo encendiéndose y apagándose. Lo anterior indica el fin de la vida normal de la lámpara. Se reemplaza la lámpara después de verificar el voltaje de circuito abierto del balastro con el voltaje de operación de la lámpara a su potencia nominal.

4.3.4.4 La lámpara arranca lentamente (el arco no se cierra cuando se forma el circuito por primera vez)

Causa: arranque dificultoso

Corrección

una lámpara que tiene arranque dificultoso es aquella que no arranca rápidamente. La lámpara trata de encender por largos períodos, destruyéndose. Se reemplaza después de haber revisado el balastro y el voltaje.

4.3.4.5 La lámpara produce una reducida emisión lumínica

Causa: la lámpara esta llegando a su fin normal de vida

Corrección

Conforme las horas de encendido, de la lámpara, transcurren, su emisión lumínica normalmente disminuye. Lo procedente es investigar el tiempo de funcionamiento que lleva la lámpara y proceder al cambio si ya llegó a su tiempo normal de vida útil.

Causa: balastro incorrecto

Corrección

Se comprobó que los valores nominales del balastro coincidieran con los valores nominales de la lámpara.

Causa: voltaje incorrecto

Corrección

Se midió el voltaje de alimentación del balastro. Se revisaron las conexiones y el contacto en el portalámparas.

Causa: acumulación de polvo

Corrección

Se efectuó limpieza de lámpara y luminaria (ver pruebas de limpieza).

4.3.4.6 Falla: el tubo de arco se ennegrece o se deforma al inicio de las horas de vida, el tubo de arco puede mostrar indicios de cortocircuito

causa: la potencia de la lámpara es mayor que la potencia nominal del balastro

Corrección

se verificó y se recomendó que la lámpara estuviera operando con un balastro diseñado para su misma potencia. Si se opera un balastro con una lámpara de mayor potencia se causa un ennegrecimiento prematuro.

Causa: excesiva corriente o voltaje; capacitor en cortocircuito

Corrección

Se comprobó el voltaje en el balastro, verificando la posibilidad o existencia de un exceso de corriente o voltaje el cual puede dañar el tubo de arco en los sellos del mismo, o bien destruir los listones de conexión en el interior de la lámpara. Se

comprobó si no existía cortocircuito en el capacitor o capacitores y en tal caso se reemplazó el balastro.

Causa: operación a brillo parcial

Corrección

Sobre ciertas condiciones de operación de la lámpara o del balastro, la lámpara operará a una descarga parcial(resplandor azul tenue) condición que causará el ennegrecimiento del tubo de arco y corta vida. Se debe reemplazar la lámpara.

4.3.4.7 Lámpara rota

Causa: ralladuras en el vidrio del bulbo

Corrección

Se debe tener cuidado en el manejo de la luminaria, teniendo cuidado que el cuello del bulbo no haga contacto con el portalámparas.

Causa: instalación inadecuada

Corrección

Se debe instalar las lámparas, en el portalámparas, hasta hacer un contacto firme, no torciendo demasiado las mismas.

4.4 Consideraciones para mantenimiento preventivo

Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento preventivo, pretende realizar actividades que prevengan los daños al sistema de iluminación, refiriéndose esto a la prevención de daños a los equipos tales como luminarias y sus partes, lámparas, cables y conexiones y para mantener un buen nivel de iluminación.

Este tipo de mantenimiento está ligado a las actividades del mantenimiento programado el cual se presenta en el capítulo 5.

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Para poder implementar un programa de mantenimiento para el alumbrado público de la ciudad de Quetzaltenango, fue necesario tomar en cuenta datos específicos relacionados a la realidad de las instalaciones. Los mismos se presentan a continuación.

5.1 Pruebas de limpieza en luminarias y reemplazo de lámparas

Con el objeto de establecer parámetros reales de mantenimiento y funcionamiento, se realizaron pruebas de limpieza y reemplazo de lámparas en las luminarias, así también se midieron los tiempos empleados en cada actividad.

No se pudo medir el flujo luminoso en las pruebas, debido a que, en la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango, no se cuenta con un aparato denominado luxímetro, que se utiliza para tal fin. Por lo que solamente se realizó la observación a simple vista y se comparó la ganancia de iluminación en cada prueba.

Prueba 1: sólo reemplazo de lámpara y observación

Se realizó el cambio de la lámpara únicamente, obteniéndose la ganancia de iluminación normal de una lámpara nueva. Esta prueba se realizó en la tercera calle entre 12 y quince avenida de la zona 3, cambiando cinco lámparas de sodio de alta presión de 250 vatios.

Se muestra el flujograma de la actividad (ver fig. No. 5.1).

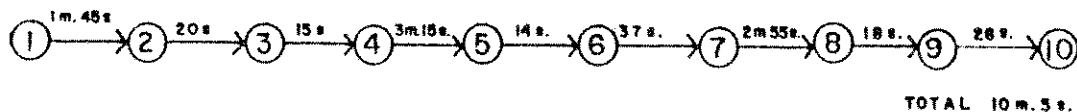


Fig. No. 5.1 Flujograma del reemplazo de una lámpara

- | | |
|----|--|
| 0 | llegada al punto |
| 1 | estacionamiento del vehículo |
| 2 | preparación de equipo y herramientas |
| 3 | subida a la canasta (brazo mecánico que posee el camión, en el que caben una |
| | o dos personas, para elevarse o descender, mediante controles eléctricos, accionado por un motor de gasolina). |
| 4 | ascenso hacia la lámpara |
| 5 | cambio de la lámpara |
| 6 | prueba de funcionamiento |
| 7 | descenso |
| 8 | apagado de motor y baja el operador de la canasta |
| 9 | guardar herramienta y subir al camión. |
| 10 | viajar a otro punto |

1m 45s tiempo utilizado en minutos (m) y segundos (s).

Prueba 2: limpieza de refractor únicamente

La mayoría de refractores o difusores existentes en el sistema son removibles por medio de seguros, que permitieron bajarlos para lavarlos apropiadamente, enjuagarlos y secarlos.

Procedimiento de limpieza

- se quitó el polvo del refractor, utilizando brochas y telas
- se preparó una solución detergente y se colocó el refractor en ella, quitando la suciedad impregnada en el mismo, con un cepillo suave.
- se enjuagó con agua limpia, dejándose escurrir hasta secar el refractor. El secado se realizó más rápidamente cuando había fuertes corrientes de aire.
- se colocó de nuevo el refractor.

Esta prueba se realizó en la 15 avenida "A" entre primera y quinta calle de la zona 1, con siete lámparas tipo canasta y en la tercera calle entre 15 y 20 avenidas de la zona 3, con siete luminarias tipo tortuguita. Con este ensayo se obtuvo mejor distribución de la luminosidad.

Se muestra el flujograma de las actividades para esta prueba:

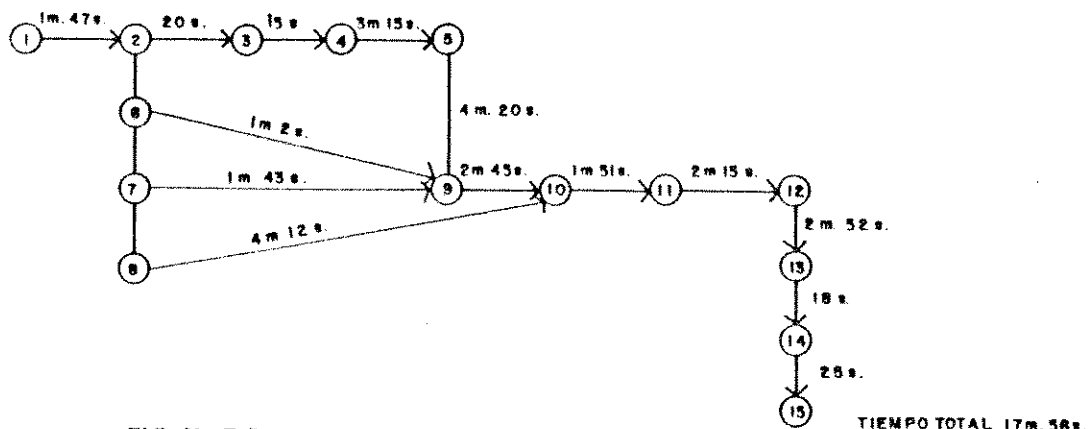


FIG. No.5.2. flujograma de actividades de limpieza del refractor

- | | |
|----|---|
| 0 | Inicio |
| 1 | estacionamiento del vehículo |
| 2 | preparación de equipo y herramientas para el ascenso |
| 3 | subida a la canasta (brazo mecánico que posee el camión, en el que cabe una |
| o | dos personas, para elevarse o descender, mediante controles |
| | eléctricos, accionado por un motor de gasolina). |
| 4 | ascenso hacia la luminaria |
| 5 | desconexión y bajada del refractor |
| 6 | preparación del equipo de limpieza |
| 7 | preparación equipo de lavado y enjuague |
| 8 | preparación equipo de secado |
| 9 | limpieza de polvo y lavado del refractor |
| 10 | secado del refractor |
| 11 | subida y colocación del refractor |
| 12 | descenso |
| 13 | apagado de motor y baja el operador de la canasta |
| 14 | guardar herramienta y subir al vehículo |
| 15 | fin |

Prueba 3: limpieza completa de la luminaria, desde la conexión de la red hasta la lámpara

Todas las luminarias están sujetadas por brazos apoyados al poste de distribución, los brazos están sujetos por medio de pernos, los cuales hubo que aflojar, para bajar la luminaria completa.

Procedimiento

Se realizó la desconexión de los cables de alimentación de la luminaria, se desmontó y bajó la luminaria y se hizo la limpieza respectiva del reflector, como en la prueba 1. Se limpió el reflector y utilizando aire a presión, proveniente de un compresor, se limpió el polvo en la parte interna de la luminaria y se aseguró de que las conexiones internas estuvieran en buen estado.

Se desmontó la fotocelda y se limpió y lijó las conexiones externas de la fotocelda, así como también se limpió el difusor de la fotocelda en su parte externa.

Se verificaron algunos de los puntos de las pruebas de mantenimiento mencionadas en el numeral 4.3.3.

En la mayoría de las conexiones de los cables entre luminaria (cobre) y línea de alimentación (aluminio) se notó que existía óxido de cobre el cual se forma debido a la oxidación del cobre con el aluminio por agentes externos tales como agua, aire, sol y polvo, el cual crea falsos contactos cuando los cables, debido a las vibraciones, se aflojan o quedan mal instalados, disminuyendo la tensión de alimentación. Se limpiaron las conexiones y se cubrieron con cinta aislante vulcanizable, para disminuir dicha oxidación.

Para la limpieza de los reflectores de aluminio anodizado y refractores de plástico acrílico, se tuvo especial cuidado de no utilizar materiales abrasivos ya que estos pueden dañar permanentemente estas partes, destruyendo su eficiencia óptica y formar superficies rugosas más susceptibles a la acumulación de polvo, que pueden variar la distribución de la luz.

El tiempo empleado para esta prueba según se aprecia en el flujograma de la fig. No. 5.3 es de aproximadamente 40 minutos por cada lámpara.

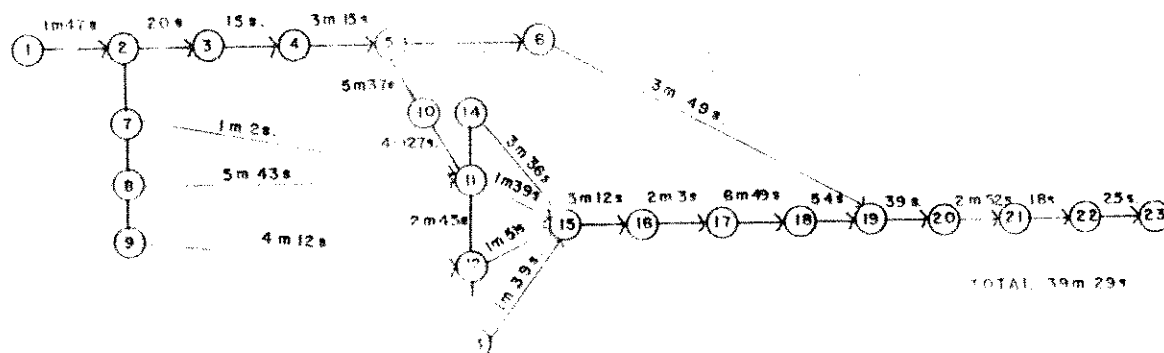


Fig. No. 5.3. Flujograma de actividades de la prueba 3.

- 0 Inicio
- 1 estacionamiento del vehículo
- 2 preparación de equipo y herramientas para el ascenso
- 3 subida a la canasta (brazo mecánico que posee el camión, en el que caben una o dos personas, para elevarse o descender, mediante controles eléctricos, accionado por un motor de gasolina).
- 4 ascenso hacia la luminaria
- 5 Desconexión y bajada de la luminaria
- 6 limpieza de puntos de conexión en la red
- 7 preparación equipo de limpieza de polvo
- 8 preparación equipo de lavado y enjuague
- 9 preparación equipo de secado
- 10 desarmado de la luminaria
- 11 limpieza de polvo y lavado del refractor
- 12 secado del refractor
- 13 limpieza de la fotocelda y el reflector
- 14 limpieza y ajuste de conexiones internas
- 15 armado de la luminaria
- 16 subida de la luminaria y sus partes
- 17 reinstalación de la luminaria
- 18 colocación de la lámpara y el refractor
- 19 prueba de funcionamiento
- 20 descenso
- 21 apagado de motor y baja el operador de la canasta
- 22 guardar herramienta y subir al camión.
- 23 fin

1 m 47 s tiempo utilizado en minutos (m) y segundos (s)

Esta prueba se realizó en los mismos sectores de la prueba 1. Con ello, se obtuvo mayor y mejor distribución de la iluminación.

Prueba 4: limpieza completa de la luminaria y reemplazo de la lámpara

Se hizo una combinación de la prueba 1 con la prueba 3. Las actividades llevadas a cabo fueron las mismas que las efectuadas en la prueba 3 con la única diferencia de que se realizó el reemplazo de las lámparas existentes por lámparas nuevas.

Para conseguir seguir un control de las pruebas anteriores, esta prueba se realizó en las mismas luminarias utilizadas en la prueba 3.

Es aconsejable que la limpieza y reparación vaya acompañada por el reemplazo de las lámparas, con el fin de reducir viajes por cada una de esas dos tareas, consiguiendo disminuir con ello el gasto en transporte.

Personal, equipo, herramientas y materiales utilizados:

Personal

Un piloto, un jefe de grupo de trabajo, tres electricistas y dos ayudantes.

Equipos y herramientas:

Un camión equipado con un brazo mecánico con canasta para el alojamiento de una o dos personas dentro de ella, de control electromecánico y movido por un motor a gasolina, un compresor de aire, dos multimetros (aparatos que miden voltaje, corriente y resistencia eléctricas), 4 pares de Manila o maneas, 4 cinturones de electricista, 4 cascos protectores, llaves de cangrejo, destornilladores, navajas, alicates de punta plana y de punta larga, soldadura de estaño, llaves de cola y de corona, y lazos.

Materiales

Accesorios para repuestos, tales como bombillas, fotoceldas, balastos, condensadores, bases para fotoceldas, portalámparas. Alambre de cobre calibre 12 norma americana, cinta de aislar, conectores, jabón, agua, recipientes para almacenamiento de agua, jabón, telas para limpieza y secado, brochas y cepillos con cerdas plásticas.

5.2 Archivos y definición de rutas para mantenimiento

Archivos generales

Se realizó el levantado del archivo general de lámparas, especificando el tipo de lámpara y localizándolas según la ubicación por zona, calle o avenida y dándole un número correlativo para cada calle o avenida, comenzando desde el número uno hasta donde llegara la finalización de la calle en la zona determinada. Se realizó un plano general de la ciudad, con sus zonas, avenidas, calles, diagonales, callejones etc. y se identificó los puntos en donde existían lámparas, con la numeración antes descrita, sectorizando las áreas de localización, relacionadas especialmente con las direcciones y zonas de la ciudad, ya que este sistema es ampliamente conocido y utilizado por los elementos encargados del mantenimiento del alumbrado público de la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango.

Rutas para mantenimiento

Para obtener un mejor orden en el mantenimiento se definieron veinte rutas a atender (ver cuadro No. 5.1), según la importancia del sector y las distancias a las que se encuentran del centro de operaciones, siendo este las oficinas de la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango, ubicadas en el Centro Comercial Municipal de la zona 1 y tomándose como primeras rutas las vías de mayor tránsito de vehículos.

Con la identificación de estas rutas se pretende que se mantenga un orden y control sobre los sectores en los que se vaya realizando mantenimiento, ya que cuentan con un período de tiempo aproximado para cubrirlas, que están calculados según el número de luminarias a trabajar y los tiempos obtenidos en las pruebas.

Según las pruebas realizadas de limpieza, ajuste de accesorios, revisión de la luminaria, prueba de fotocelda y reemplazo de la lámpara, se llegó a determinar que el tiempo promedio empleado para tales actividades es de 40 minutos por lámpara y que en un día se le da mantenimiento a 9 luminarias, empleando como personal dos electricistas y un ayudante, por lo que empleando a otra persona más, para completar otra tripleta, se daría mantenimiento a un total de 18 lámparas por día, utilizando 6 horas que es el promedio de trabajo efectivo ya que la otra parte del tiempo se distribuye para otras actividades tales como recibir ordenes de trabajo en la oficina, preparación de equipo y materiales de repuesto en el almacén de la Empresa eléctrica, inspecciones y la movilización del personal desde el punto de inicio, que es el departamento técnico ubicado en el segundo nivel del centro comercial municipal de la zona 1, hacia el sector a cubrir.

EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE QUETZALTENANGO ALUMBRADO PÚBLICO ESC. MEC-ELÉCTRICA FAC. DE INGENIERÍA
 Cuadro No. 5.1 Definición de rutas para mantenimiento de alumbrado público

No. Ruta	Zona	Norte	Sur	Este	Oeste	tipo de luminaria	tipo de lámpara	Cantidad	tiempo mantenim. días
1	2	7a. avenida zona 2 hasta monumento a la marimba				tortugueta	sodio A.P. 250 W	40	2.2
2	5	7a. Av. Z. 5 desde monum. marimba hasta Cton.. Chichiquilán				canasta	sodio A.P. B.P y mercurio	103	5.7
3	2 y 3	7 Calle zona 2 y 4a calle zona 3 hasta parque zoológico				tortugueta	sodio A.P. 250 W.	124	6.9
4	3 y 8	Av. Las Americas hasta salida para San Marcos				tortugueta	sodio A.P. 250 W.	42	2.3
5	5	13 calle calle Cirilo Flores colonia del Empleado Municipal			diagonal 2	canasta	sodio y mercurio	113	6.3
6	2	12 calle	0 calle	8 avenida	avenida Jesus Castillo	canasta	sodio y mercurio	148	8.2
7	1	calle Rodolfo Robles	6 calle	avenida Jesus Castillo	12 avenida	canasta y tubular	sodio y mercurio	425	23.6
8	1	6 calle	carretera hacia Amolonga	avenida El Cenizal	12 avenida	canasta, y tubular	sodio y mercurio	476	26.4
9	1	calle Rodolfo Robles	11 calle	12 avenida	diagonal 12 y 19 avenida	canasta	sodio y mercurio	403	22.4
10	1	calle Rodolfo Robles	4 calle	19 avenida	avenida las Americas	canasta	sodio y mercurio	214	11.9
11	1	4 calle	diagonal 11 B	19 avenida	avenida las Americas	canasta	sodio y mercurio	107	5.9
12	3	3 calle	calle Rodolfo Robles	7 avenida	28 avenida	tortugueta y canasta	sodio y mercurio	216	12.0
13	3	7 Calle zona 2 y 4a calle zona	4 calle	12 avenida	29 avenida	tortugueta y canasta	sodio y mercurio	143	7.9
14	3	14 calle	7 calle	12 avenida	23 avenida	canasta	sodio y mercurio	171	9.5
15	3	14 calle	7 calle	25 avenida	avenida las Americas	canasta	sodio y mercurio	182	10.1
16	3	33 avenida	7 calle	diagonal 1 y 24 avenida	avenida las Americas	canasta	sodio y mercurio	144	8.0
17	9 y 10	9 calle Z. 9	9 calle Z. 10	avenida las Americas	5 avenida Z. 10	canasta	mercurio	113	6.3
18	6	3 C.Col. maestro	carretera a Sn. Marcos	diagonal 3	42 avenida	canasta	sodio y mercurio	75	4.2
19	4	C. Cirilo Flores	carretera hacia Amolonga	1 avenida	avenida Cenizal	canasta y tubular	sodio y mercurio	102	5.7
20	7	Oñitepeque	1 calle	carretera a Oñitepeque	0 avenida zona 8	canasta	mercurio	127	7.1
total								3468	192.7

Cada ruta de mantenimiento se definió con base en la distancia desde el punto de inicio de trabajo en el centro comercial hacia el sector a cubrir, tratando de que fuera una distancia apropiada para tener un radio que no se alejara demasiado del punto de partida, y que no fuera mucha la distancia entre la primera y la última luminaria de la calle o avenida del sector. Para cada ruta se obtuvo el total de luminarias instaladas, para programar el tiempo necesario, aproximado en días, a utilizar en cada uno de ellos, según se especifica en el cuadro No.5.2 o cronograma de mantenimiento.

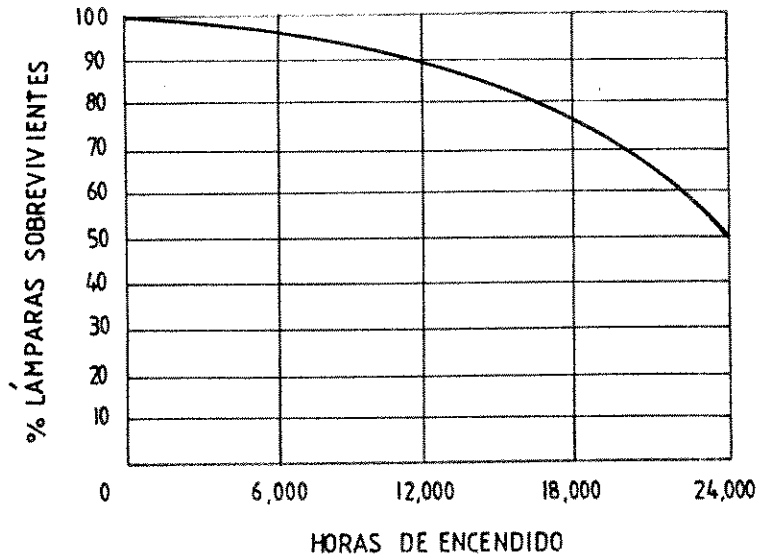
Cuadro No. 5.2 Cronograma para mantenimiento de alumbrado público

	mes 1			mes 2			mes 3			mes 4			mes 5			mes 6			mes 7			mes 8			mes 9			mes 10															
semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40			
N. Ruta																																											
1	x																																										
2		x																																									
3			x																																								
4				x																																							
5					x																																						
6						x																																					
7							x																																				
8								x																																			
9									x																																		
10										x																																	
11											x																																
12												x																															
13													x																														
14														x																													
15															x																												
16																x																											
17																	x																										
18																		x																									
19																			x																								
20																				x																							

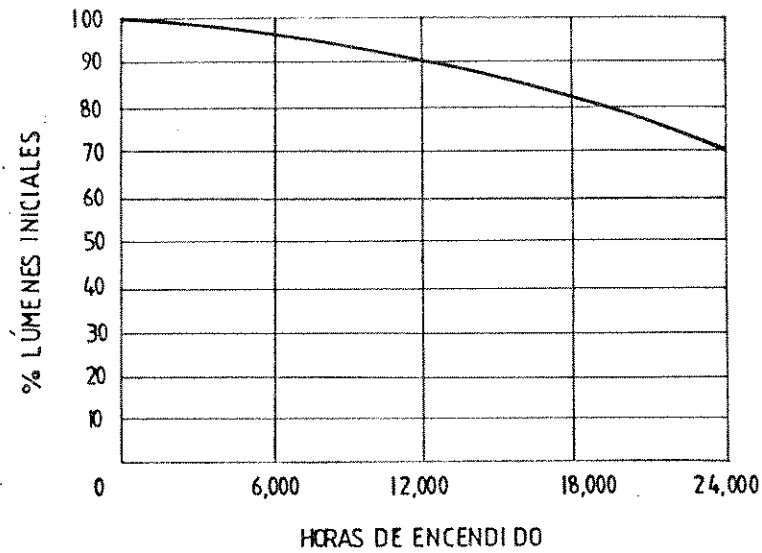
Historial de mantenimiento

Con el fin de llevar el control de las actividades de mantenimiento que se van ejecutando en cada una de las luminarias se creó una hoja electrónica, que consigna tales datos los cuales son los siguientes:

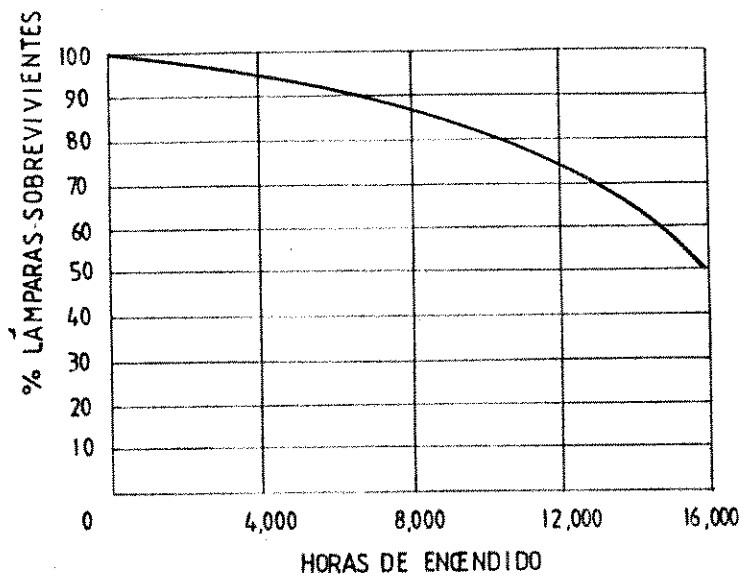
- Zona : se escribe la zona a la cual pertenece la luminaria
- Avenida, calle, colonia, diagonal : se escribe el número o nombre respectivo
- No. de poste, aquí se anota el número que corresponde al poste según su ubicación,
- Dirección: se coloca la dirección exacta de la ubicación del poste
- Tipo de lámpara vatios: el tipo de lámpara que usa la luminaria y los vatios de funcionamiento nominal, mercurio serán las de vapor de mercurio a alta presión, sodio serán las de sodio de alta o baja presión (solamente las de 55 vatios son de baja presión), mixta serán las lámparas de luz mixta.
- Mantenimiento efectuado y fecha: se anotan las actividades efectuadas tales como cambio de lámpara, cambio de balastro, cambio de fotocelda, o ajuste y limpieza, que dentro de las actividades de mantenimiento, en la ciudad, son las que más sobresalen,
- Fecha de falla Lamp : se anota la fecha en que falla la lámpara
- Fecha próx. reemplazo: se refiere a los datos estimados por el autor en que correspondería realizar los cambios de lámpara estimando 18,000 horas de vida útil con un 75 % de lámparas encendidas, el balastro 10 años, según dato de los fabricantes, (ver figs. No. 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7, curvas de vida útil de los tipos de lámparas), ajuste y limpieza 540 días.



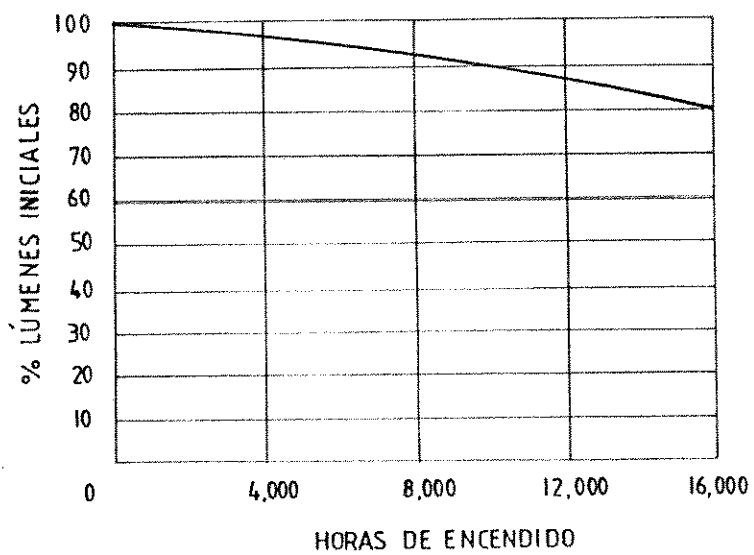
CURVA DE CADUCIDAD DE LA
LÁMPARA UNALUX 150 VATIOS.



MANTENIMIENTO DE LUMENES DE LA
LÁMPARA UNALUX 150 VATIOS.



CURVA DE CADUCIDAD DE LA
LÁMPARA UNALUX 360 VATIOS.



MANTENIMIENTO DE LUMENES DE LA
LÁMPARA UNALUX 360 VATIOS

Fig No. 5.5 CURVA DE CADUCIDAD Y MANTENIMIENTO DE
LÚMENES DE LA LÁMPARA UNALUX DE 360 VATIOS
DE SYLVANIA BA.

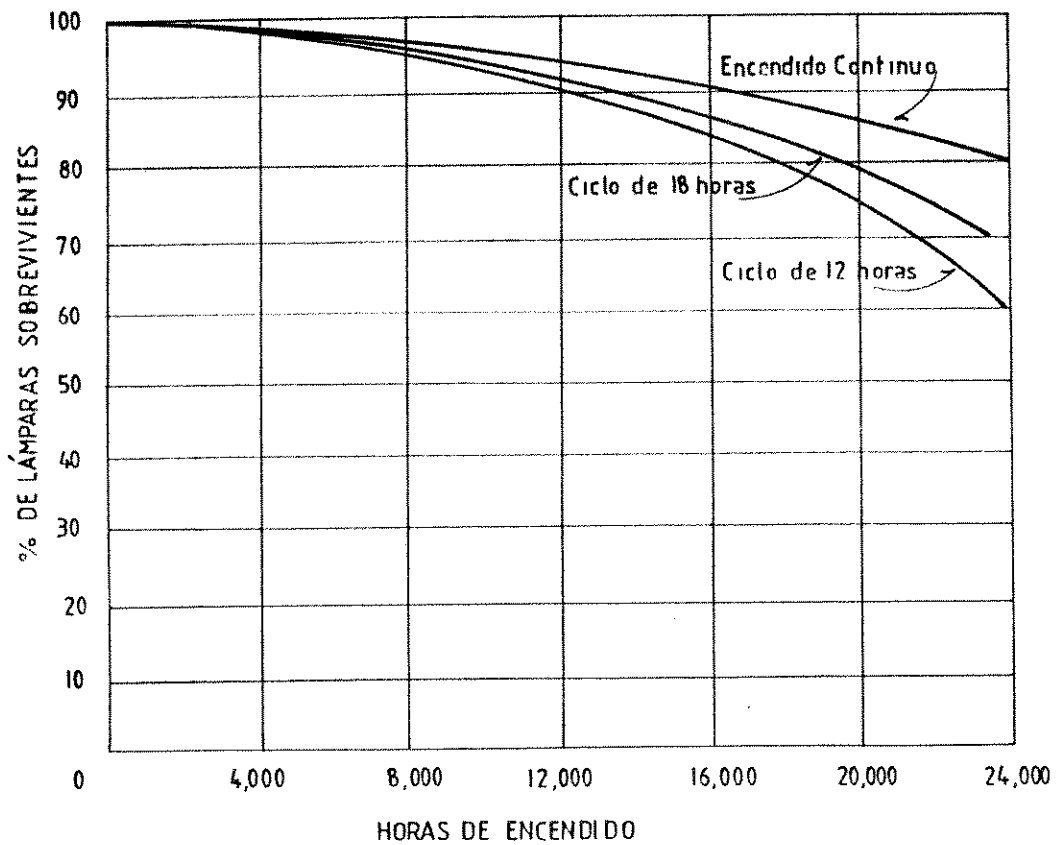


Fig. No. 5.6 VIDA ÚTIL O CURVAS DE CADUCIDAD DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE 175, 400 Y 1,000 VATIOS A DISTINTOS CICLOS DE ENCENDIDO.

SEGÚN DATOS DE SYLVANIA S. A.

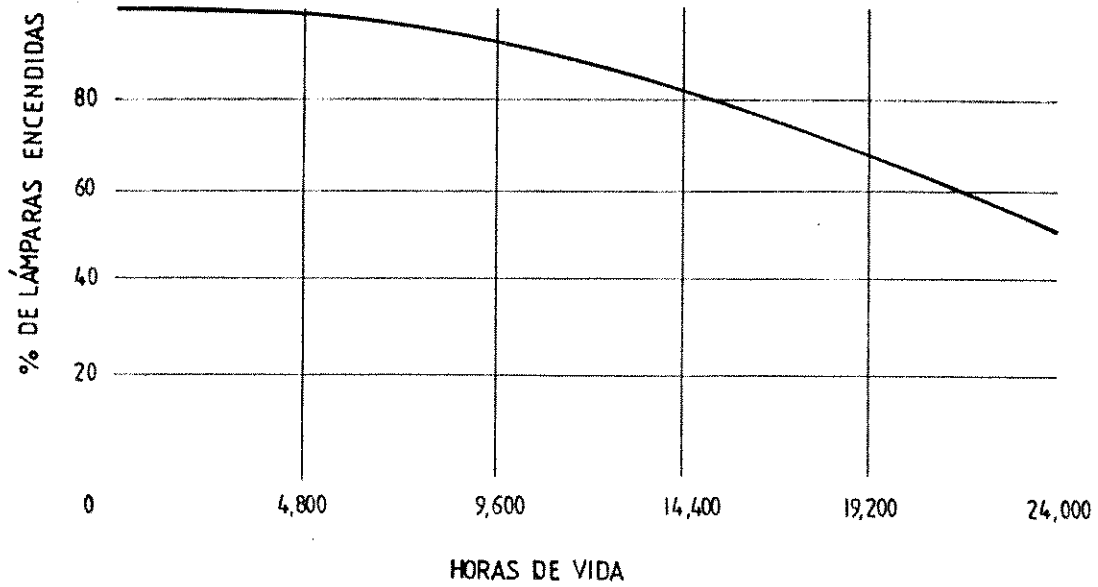


Fig No. 5.7 CURVA DE MORTALIDAD DE LÁMPARA
DE 55, 150, 250 W. DE SODIO ALTA PRESIÓN
SEGÚN LA FABRICA SYLVANIA S.A.

Todas las consideraciones se hicieron con relación al número total de lámparas existentes hasta el mes de diciembre del año de 1,996.

Vida real Lamp horas: es un dato que automáticamente coloca la computadora en cuanto a la vida que tuvo la lámpara, después de haber sido instalada la última vez; con ello se podrá establecer la vida útil real de las lámparas.

Fecha falla Balast: se anota la fecha en que falló el balastro por última vez.

Fecha falla fotocelda: se anota la fecha última en que falló la fotocelda.

Observaciones: se anotan datos que se consideren de interés para el control de las luminarias.

La estimación de la fecha de falla de la lámpara se realizó considerando una vida útil de 18,000 horas con un promedio del 75% de lámparas encendidas en periodos promedio diario de 12 horas y que está estimada como un dato teórico, que el autor considera probable, ya que no se conocen datos reales de vida útil de las instalaciones de Quetzaltenango, y que se basaron en las curvas de vida útil dadas por los fabricantes como se muestran en las figuras Nos. 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7; también se indica automáticamente el tiempo de vida real de la lámpara desde que se colocó la última vez hasta la fecha de falla. Todos estos datos se pueden ingresar fácilmente por medio de una computadora personal utilizando una hoja electrónica de Microsoft Excel (marca registrada de la fábrica), pues se dejó instalado en un disquete de alta densidad con el total de calles y avenidas de todas las zonas de la ciudad.

Este dispositivo será de bastante utilidad en la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango ya que simplificará los trabajos de control de mantenimiento que anteriormente no existían en la misma.

Los cuadros No. 5.3 y No. 5.4 representan ejemplos de la utilización de esta hoja electrónica, sin ningún dato y con datos respectivamente.

También se elaboró una hoja para llevar un control de los reportes de las luminarias con falla, así como de los reportes de las reparaciones efectuadas, tal como se muestra en el cuadro No. 5.5.

En este cuadro se toman en cuenta los datos siguientes:

Orden se anota el número de orden del reporte,

No. se consigna el número correspondiente del poste,

Dirección se anota la dirección en que está ubicada la luminaria,

Fecha Aviso se anota la fecha en que se toma el reporte de falla,

Tipo de lámpara se obtiene del archivo general y se consigna en esta casilla la potencia en vatios y el tipo,

Tipo de falla se marca una x en la casilla correspondiente a

Apagada si se encuentra apagada,

Enc. Día si se encuentra encendida de día, con lo cual la falla está en la fotocelda,

ING. PEDRO A. XICARA
INGENIERIA ELECTRICA.
U.S.A.C.

ALUMBRADO PÚBLICO
E.P.S.

EMPRESA ELÉCTRICA MUNICIPAL DE QUIETZAL TENANGO.

ZONA	CALLE	Ejemplo de hoja para historial de lámparas con datos ingresados.		MANTENIMIENTO EFECTUADO Y FECHA										FECHA FALLA FOTO-CELDA	OBSERVACIONES			
		DIRECCION	TIPO LAMP. WATTS.	MIXTA	CAMBIO LAMPARA	CAMBIO BALASTRO	CAMBIO FOTOCELDA	AJUSTE Y LIMPIEZA	FECHA DE FALLA LAMP.	LAMPARA A.	BALASTRO	FECHA DE REEMPLAZO	AJUSTE Y LIMPIEZA			VIDA REAL LAMP. HORAS		
	12va. AVENIDA																	
		MERCURIO	SODIO															
		250	250															
1	12 Av. Y C. R. ROBLES				5/02/95	3/05/94	3/05/94	3/05/94	5/02/95	5/03/96	1/03/99	1/06/94	25/11/95	14196				
2	12 Av. 0-35 Z. 1				5/02/95	3/05/94	3/05/94	3/05/94	5/02/95	5/03/96	1/03/99	1/06/94	25/11/95	4716				
3	12 Av. 0-55 Z. 1	400			5/02/95	3/05/94	3/05/94	3/05/94	5/02/95	5/03/96	1/03/99	1/06/94	25/11/95	18192				
4	12 Av. 0-44 Z. 1	400			5/02/95	3/05/94	3/05/94	3/05/94	5/02/95	5/03/96	1/03/99	1/06/94	25/11/95	19984				
5	12 Av. A-15A Z. 1		150		5/02/95	3/05/94	3/05/94	3/05/94	5/02/95	5/03/96	1/03/99	1/06/94	25/11/95	19204				
6	12 Av. D-76 Z. 1	175			5/02/95	3/05/94	3/05/94	3/05/94	5/02/95	5/03/96	1/03/99	1/06/94	25/11/95	17520				
7	12 Av. A-37 Z. 1		150		5/03/97	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	276				45
8	12 Av. A-55 Z. 1	175			5/03/97	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	5215				
9	12 Av. C-17 Z. 1				5/03/97	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	19880				
10	12 Av. Y 1ra. CALLE Z. 1	175			5/03/97	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	2808				
11	12 Av. 1-35 Z. 1		150		5/03/97	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	23724				
12	12 Av. 2-15 Z. 1		150		5/03/97	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	24120				
13	12 Av. 3-02 Z. 1	175			4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	11004				
14	12 Av. 3-17 Z. 1		150		4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	11004				
15	12 Av. 3-38 Z. 1		150		4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	11004				
16	12 Av. TDA. CANTEL Z. 1		150		4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	11004				
17	12 Av. EDIF. ENRIQ. Z. 1	175			4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
18	12 Av. EDIF. ENRIQ. Z. 1	250			4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
19	12 Av. EDIF. BDESA Z. 1	250			4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
20	12 Av. EDIF. BDESA Z. 1	250			4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
21	12 Av. 7-32 Z. 1		250		4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
22	12 Av. 12-01 Z. 1		250		4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
23	12 Av. 8-43 Z. 1		150		4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
24	12 Av. 8-12 Z. 1		150		4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
25	12 Av. Y 10ma CALLE Z. 1				4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				
26	12 Av. 10-27 Z. 1	175			4/08/98	4/02/95	3/05/94	3/05/94	5/03/97	5/08/98	13/04/01	2/02/95	25/11/95	14804				

Cuadro No.5.5 Formato para reporte de fallas y corrección. Con datos ingresados.

ORDEN	N.Poste	DIRECCION	FECHA AVISO	TIPO LAMPARA VATIOS, TIPO	TIPO DE FALLA				FECHA REPARACION	REPARACION EFECTUADA			
					APA GADA	ENC. DIA	CICLE A	OTRA		ARREG CONXN	CAMB BOMB.	CAMB. FOTC.	INST. NUEVA
1		10.CALLE 12-94 Z.3		70.SODIO	XX				7/1/96	XX			
2		CEFEMERO		250 MERCURIO	XX				7/1/96	XX			
3		CEFEMERO		250 MERCURIO	XX				7/1/96	XX			
4		0 CALLE 0-100 Z. 7		175 MERCURIO	XX				7/1/96	XX			
5		3 CALLE Y 18 AV. Z. 7		175 MERCURIO	XX				7/1/96				
6		5 CALLE Y 21 AV. Z. 7		175 MERCURIO	XX				7/1/96				
7		5 CALLE 0-64 Z. 7		250 MIXTA	XX				7/1/96	XX			
8		23 AVEN. 0-07 Z. 7		175 MERCURIO	XX				7/1/96	XX			
9		26 AV. Y 2 CALLE Z-7		175 MERCURIO	XX				7/1/96	XX			
10		25 AV. 4-19 Z. 7		175 MERCURIO	XX				7/1/96	XX			
11		6 CALLE 29-93 Z. 7		55 SODIO	XX				7/1/96	XX			
12		4 CALLE 28-07 Z. 3		250 SODIO	XX				7/1/96	XX			
13		4 CALLE 26-27 Z. 3		250 SODIO	XX				7/1/96	XX			
14		4 CALLE Y 26 AV. Z. 3		250 SODIO	XX				7/1/96	XX			
15		4 CALLE Y 25 AV. Z. 3		250 SODIO	XX				7/1/96	XX			
16		4 CALLE Y 25 AV. Z. 3		250 SODIO	XX				7/1/96	XX			
17		4 CALLE Y 24 AV. Z. 3		250 SODIO	XX				7/1/96	XX			
18		10 CALLE Y 33 AV. Z. 3		175 MERCURIO	XX				8/1/96	XX	XX		
19		10 CALLE Y 34 AV. Z. 3		175 MERCURIO	XX				8/1/96	XX			
20		10 CALLE Y 34 AV. Z. 3		250 MERCURIO	XX				8/1/96	XX	XX	XX	
21		DIAG. 2. 30-45 Z. 3		150/55 SOD	XX				8/1/96	XX			
22		DIAG. 2. 27-90 Z. 3		250 MERCURIO	XX				8/1/96	XX			
23		29 AV. 'A' 10-59 Z. 3		55 SODIO	XX				8/1/96	XX			
24		5 CALLE Y 21 AV. Z. 7		250 MERCURIO	XX				8/1/96	XX			
25		2 CALLE Y DIAG. 4 Z. 1		250 MERCURIO	XX				8/1/96	XX			

EJECUTADO POR _____

ORDENADO POR _____

FECHA _____

Ciclea si la lámpara se apaga y enciende intermitentemente,
Otra si la falla no es ninguna de las anteriores.

Para llevar el control de los trabajos que se efectúan sobre las luminarias, se consigna en esta misma hoja la reparación efectuada, indicándose:

Fecha la cual es la correspondiente al día en que se corrige la falla,

Tipo de trabajo efectuado entre los que tienen mayor probabilidad de realizarse:

Arreg. Conxn que indica arreglo de conexión,

Camb. Bomb. si se reemplaza la bombilla o bulbo,

Camb. Fotc si se reemplaza la fotocelda,

Camb. Balastr si se cambia el balastro,

Inst. Nueva. si se trata de la colocación de luminarias en nuevos sectores.

5.3 Presupuestos para mantenimiento

El sistema de alumbrado público, para que esté bien administrado debe tener un control de presupuesto. Si este control es efectivo se asegurará que los costos de operación se mantendrán minimizados dentro de los límites normales.

La Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango, cuenta con un departamento de presupuestos, en el que se toma en cuenta a todas las secciones de la misma, para la asignación de los presupuestos respectivos para cada año.

Para el control de presupuestos se toman en cuenta cuatro elementos básicos:

5.3.1 Base de comparación

La meta o base de comparación son los presupuestos de operación. El departamento de presupuestos no tiene asignado un renglón, y por ende una cantidad monetaria, específicos para el mantenimiento del alumbrado público, el cual debe incluir, entre otros gastos, los correspondientes a: salarios, bonificaciones, combustibles y lubricantes, repuestos de vehículos y accesorios y repuestos para lámparas, depreciación de equipo y herramientas, etc. Por tal motivo no existe una base de comparación.

5.3.2 Información de la situación actual

Esta información se obtiene de los registros contables del departamento de contabilidad, la cual debe ser fidedigna. En el departamento de contabilidad se lleva este control, el cual debe ser utilizado para llevar un control presupuestal real de los gastos específicos para alumbrado público. Con los datos recopilados en el campo de trabajo se pudo establecer que el presupuesto real comprende los siguientes:

5.3.4 Costos de funcionamiento

Se recopilaron los datos respectivos para los gastos que se efectúan en el mantenimiento del alumbrado público actuales, y se formularon gastos propuestos.

recursos mediante un mantenimiento preventivo y un reemplazo adecuado de las lámparas falladas.

5.4 Presupuesto de operación y mantenimiento propuesto

El mantenimiento comprende la limpieza y revisión de la luminaria, cambio de lámparas o bulbos, reemplazo de balastros y fotoceldas, principalmente, empleando una sustitución, de lámparas, en grupo con reemplazo intermedio.

5.4.1 Reemplazo de lámparas

Para el reemplazo de lámparas, se tiene contemplado lo que se detalla en el cuadro No. 5.7

Cuadro No. 5.7. Presupuesto para reemplazo de las lámparas de la instalación

CANTIDAD	TIPO	VIDA PROM. HORAS.FABR.	PRECIO Q.	COSTO TOTAL Q.
939	MERCURIO 175 VATIOS	24000	74,4	69861,60
790	SODIO B.P. 70 VATIOS	24000	69,3	54747,00
556	SODIO B.P. 150 VATIOS	24000	82,86	46070,16
227	SODIO B.P 150/55 VATIOS	24000	75,33	17099,91
555	SODIO B.P. 250 VATIOS	24000	75,33	41808,15
101	MERCURIO 250 VATIOS	24000	103,53	10456,53
189	SODIO A.P. 55 VATIOS	24000	69,3	13097,70
111	LUZ MIXTA 160 VATIOS	12000	36,43	4043,73
3468	TOTAL DE LAMPARAS			257184,78
939	UNALUX 150 VATIOS. * * PUEDE USARSE CON LUMINARIA DE 175 VATIOS MERCURIO		130,38	122426,82

El costo de reemplazar todas las lámparas o bulbos es de Q. 257,184.78. como se puede apreciar, inversión que puede ser distribuida según las rutas que corresponda cubrir para el reemplazo.

5.4.2 Reemplazo de fotoceldas

La cantidad promedio anual de reemplazo de fotoceldas es de 950, por lo que a un precio de mercado actual de Q. 53.19 la inversión sería de Q. 50,530.00 anuales. Este costo no puede disminuirse debido a que no puede repararse el censor fotoeléctrico, que es la parte más sensible a fallar en tal accesorio; sin embargo si se mejora y se mantiene un mejor control en los sistemas de puesta a tierra de la red se conseguiría una mejor vida útil en tales accesorios, debido a que se disminuirían considerablemente los efectos por sobrevoltajes en la red, causados por descargas atmosféricas, que son la principal causa del daño en las fotoceldas. Con el control del historial de mantenimiento de lámparas propuesto, se podrá establecer con mayor exactitud la cantidad promedio de fotoceldas falladas.

5.4.3 Reemplazo de balastros

Es conveniente poseer una reserva de balastos para repuestos de las luminarias por lo que considerando una vida útil de 10 años para un balastro se estima utilizar un 12% al año, para cada tipo de lámpara, El cuadro No. 5.8 muestra tales cantidades.

Cuadro No. 5.8 Cantidad y costo de los balastos necesarios

cantidad	tipo de lámpara que usa el balastro	Precio Q.	P. Total Q.
113	mercurio 175 vatios.	160,53	18139,89
95	sodio baja presión 70 vatios.	244,73	23249,35
67	sodio alta presión 150 vatios.	349,76	23433,92
23	sodio alta presión 55 vatios.	211,45	4863,35
27	sodio baja presión 150 vatios arranque 55 vatios.	311,76	8417,52
67	sodio alta presión 250 vatios.	361,8	24240,6
12	mercurio 250 vatios.	187,43	2249,16
TOTAL			104593,79

5.4.4 Presupuesto para numeración de los postes

Para tener un buen control sobre la ubicación de las luminarias se hace necesario identificar a cada poste con una codificación, la cual consiste en numerar cada uno de ellos correlativamente en la calle que se encuentra ubicado, iniciando la misma desde el límite con las otras zonas. En el cuadro No. 11, se aprecia el costo que representaría tal actividad.

Cuadro No. 5.9 Presupuesto para la señalización de postes de alumbrado público

Cantidad	Descripción	P. Un. Q.	Total Q.
9	galón de pintura de aceite, color amarillo (para fondo, 25 cm. de ancho por 30 cm. de alto).	87,35	786,15
2	galón de pintura de aceite, color negro (para la numeración).	87,35	147,70
5	galón de solvente para pintura	9,75	48,75
5	brocha con cerda de 3" de ancho	4,25	21,25
10	pincel con cerda de 5/8" de ancho	2,75	27,50
2	juego de moldes metálicos para pintar números dígitos (del 0 al 9) y letras A,B,C,D,N,R,Z	45,00	90,00
2	rollos de masking tape de 3/4"	2,85	5,70
2	personas encargadas de pintar los postes (mismo personal de la Empresa Eléctrica)	0,00	0,00
TOTAL			1154,05

La pintura y el solvente se pueden comprar por partes según la necesidad. Por lo que se tendría que realizar una inversión inicial de Q 312.72 el primer mes y seguidamente gastos de Q 168.26, considerando una duración del trabajo de seis meses.

Este costo se absorbería con fondos propios de la unidad técnica y sería por una sola vez, por lo que no se tomó en cuenta para el presupuesto global.

5.5 Interpretación de los costos

Según se puede apreciar los gastos actuales ascienden a la cantidad de Q. 355,382.47 anualmente, los que multiplicados por una duración de 4.1 años (18,000 horas) de vida útil estimada de las lámparas da como resultado la cantidad de Q. 1,457,068.1.

Con el presupuesto propuesto se tendría un gasto de Q. 313,090.49 anualmente que en un período de 4.1 años da como resultado Q. 1,283,670.98. que es el 88.1 % del gasto actual y representa un ahorro de Q. 173,397.12, que corresponde al 11.9 % de ahorro total.

Además del ahorro económico se tendría un ahorro en tiempo, debido a que el tiempo de trabajo actual es en forma continua, mientras que el trabajo propuesto llevaría una duración de 350 días hábiles, y utilizando un promedio de veinte días hábiles por mes da como resultado la duración de 1.45 años o sea un año y cinco meses aproximadamente teniendo un ahorro teórico de 2.65 años o sea dos años y ocho meses aproximadamente. Este tiempo puede ser aprovechado para la ejecución de otras actividades, tales como la reparación de balastos y luminarias, medición y mejoramiento de los Sistemas de Puesta a Tierra, lo cual también redundaría en un beneficio técnico y económico.

También podría lograrse un ahorro económico, utilizando lámparas de sodio tipo UNALUX (marca de SILVANIA S.A) o ECONOLUX (marca de Philips S.A) que son compatibles para utilizarse con luminarias y equipo de lámparas de mercurio de 175 vatios. Tomando en cuenta que la cantidad existente de este tipo de lámparas es de 939, con lámparas de mercurio de 175 vatios se consumirían 1,971.9 kilovatios-hora por día, con un encendido promedio de 12 horas, mientras que con lámparas de sodio tipo UNALUX se consumirían, bajo las mismas condiciones, 1,690.2 kilovatios hora por día, obteniéndose un ahorro de 281.7 kilovatios-hora por día. Considerando que el precio costo del kilovatio hora para la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango es de aproximadamente Q. 0.32 se tendría un ahorro de Q. 90,144 por día, que trasladado al tiempo de duración estimado de 18,000 horas de vida útil, daría un consumo ahorrado de Q. 135,216.00 en dicho período. Comparando el costo de inversión para cada tipo de lámpara, se tiene para las de mercurio Q. 69,861.6 y para las de sodio tipo Q. 122,426.82, estableciendo una diferencia de inversión de Q. 52,565.22.

La cantidad ahorrada total sería de Q. 135,216.00 menos Q. 52,565.22 lo cual da como resultado Q. 82,650.00 que dividido entre 4.1 años daría un ahorro anual de Q. 20,158.73. lo cual justifica el cambio de lámparas de mercurio de 175 vatios por lámparas compatibles de sodio de 150 vatios, además de obtener una mayor ganancia en iluminación.

CONCLUSIONES

- 1.- El mantenimiento realizado en el alumbrado público de la ciudad de Quetzaltenango, antes del presente trabajo, solamente era de tipo correctivo, y se logró implementar una parte del mantenimiento preventivo, revisando conexiones de las luminarias cercanas a un sector en donde se registraba una falla. Además se logró implementar una inspección visual un día por semana para detectar luminarias con falla.
- 2.- La herramienta utilizada, por los electricistas encargados del mantenimiento de las instalaciones del alumbrado público, además de estar con mucho desgaste, por los años de uso, es insuficiente para poder corregir con buena técnica los desperfectos que se suscitan en las instalaciones del mismo, lo cual ocasiona, además de pérdida de tiempo, una mala reparación lo cual incide en un mayor costo de mantenimiento.
- 3.- Se concluye que el programa de mantenimiento para el alumbrado público en la ciudad de Quetzaltenango debe efectuarse de la manera siguiente:
 - a) crear y actualizar un archivo general con los datos de todas las luminarias y lámparas instaladas, utilizando los formatos diseñados.
 - b) señalar todos los postes utilizados para alumbrado público,
 - c) registrar el historial de mantenimiento de las luminarias y accesorios,
 - d) ejecutar limpieza y reemplazos según las rutas de mantenimiento y cronograma respectivos y
 - e) elaborar y actualizar presupuestos para mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público.
- 4.- De la interpretación de costos efectuada, se puede concluir que el costo para iniciar el programa de mantenimiento del alumbrado, es elevado, comparado con el costo realizado actualmente, sin embargo este costo de inversión inicial es recuperado y compensado con una disminución en el costo global total por un período de tiempo, para este caso estimado en 4.1 años (tal como se analiza en la sección 5.5)
- 5.- De los métodos analizados, para el reemplazo de lámparas con falla, la sustitución en grupo con reemplazo intermedio, es el mejor método de mantenimiento a aplicar en la ciudad de Quetzaltenango, debido a la cantidad de luminarias existentes que hay que mantener y a las distancias que hay que recorrer.
- 6.- El historial de mantenimiento de las luminarias permitirá prever la cantidad de repuestos necesarios para cierto período de tiempo, con lo cual se pueden efectuar los pedidos a tiempo y poseer existencias al momento de ser requeridos.
- 7.- Los datos recopilados indican que hay siete tipos diferentes de lámparas entre las que sobresalen en número las de mercurio de 175 vatios y conexión 240 voltios, concluyéndose que son mayormente aceptadas por su menor costo de inversión, menor gasto en repuestos, fácil reparación y aceptable iluminación. Sin embargo, según se analiza en la sección 5.5, una alternativa para estas lámparas serían las de sodio a alta presión de 150 vatios, del tipo UNALUX (marca de Silvania S.A) o su equivalente en otras marcas, con lo cual se disminuirían costos por gasto de energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda a la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango y Municipalidad la implementación del mantenimiento programado, para mejorar el servicio de alumbrado público, y disminuir costos de reparación y mantenimiento.
- 2.- Se recomienda complementar a la unidad técnica de la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango con equipo de computación, debido a que el crecimiento de la red de distribución de energía eléctrica lo requiere y el manejo y control de actividades lo necesita para mejorar su funcionamiento.
- 3.- Se recomienda utilizar un solo tipo de lámparas para cada sector o calle, con el fin de facilitar el control y mantenimiento del alumbrado.
- 4.- Debido a que el consumo de energía es menor y la luminosidad es mayor en las lámparas de sodio del tipo Unalux de 150 vatios comparada con las lámparas de mercurio de 175 vatios, se recomienda hacer pruebas en un período predeterminado para establecer el tiempo de vida útil y así sustituir las de mercurio por las de sodio, ya que pueden trabajar con el mismo equipo, compensando el costo de inversión con el ahorro económico que se logra por menos consumo de energía.

REFERENCIAS

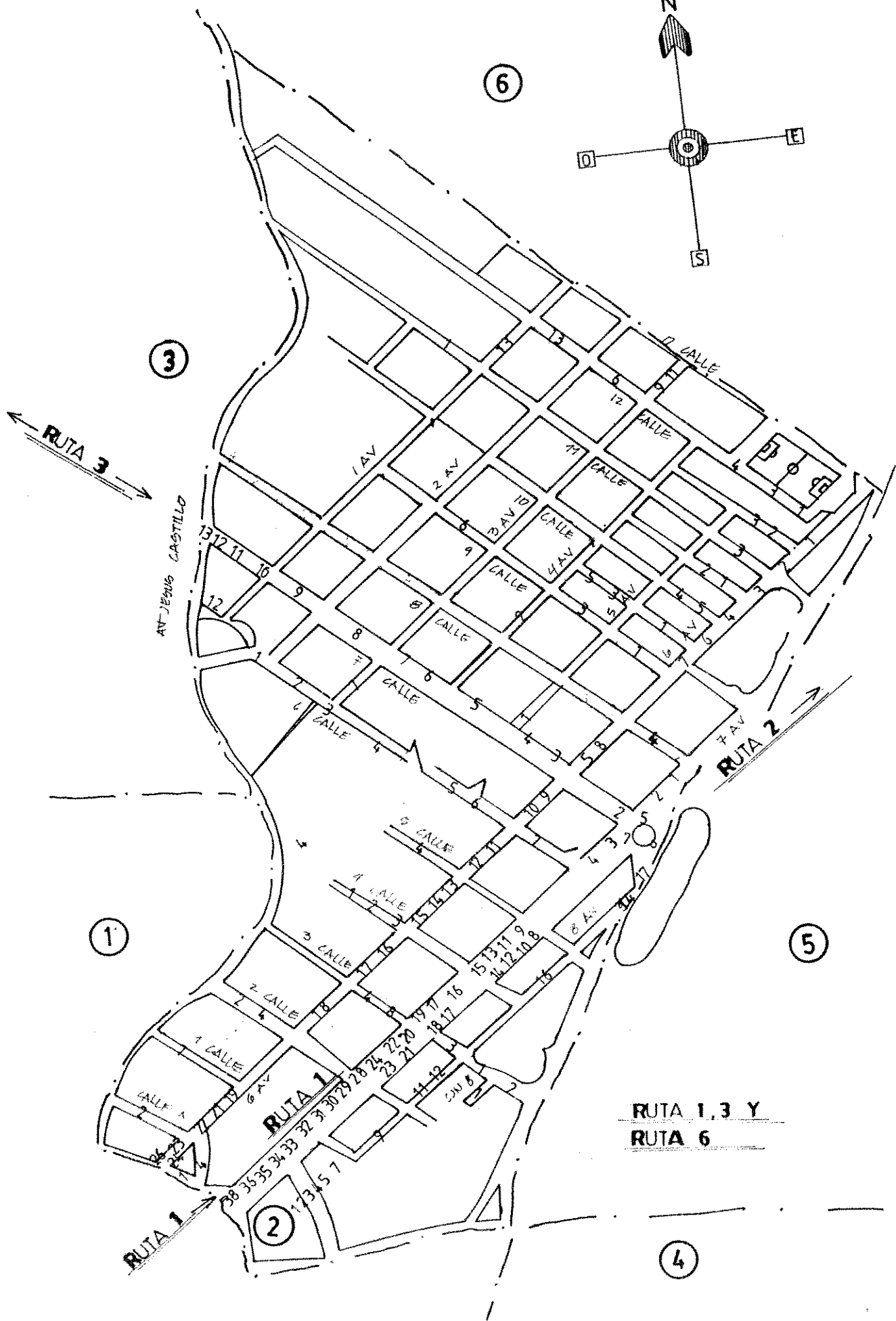
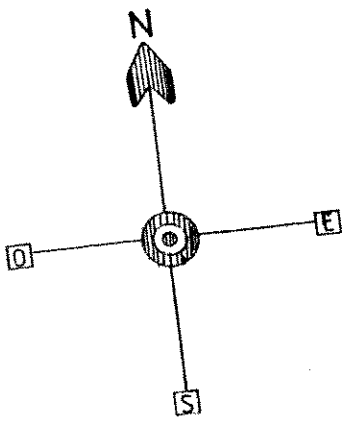
1. INDUSTRIA DE PRODUCTOS ELÉCTRICOS CENTRO-AMERICANA S.A. DE C.V. CONFERENCIA A NIVEL MUNICIPALIDADES DEL ALTIPLANO, "BENEFICIO DE UN BUEN ALUMBRADO" SINÓNIMO DE ECONOMÍA. Guatemala: preparado por INPELCA, 1989. Pag. 1-10.
2. SYLVANIA. BOLETIN DE INFORMACIÓN TÉCNICA 0.345. LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD. Estados Unidos: preparado por el centro de iluminación de Sylvania, sin fecha. Pag. 1-9.
3. SYLVANIA, BOLETIN DE INFORMACIÓN TÉCNICA 0-348. LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN. Estados Unidos: preparado por el centro de iluminación de Sylvania, sin fecha. Pág. 1-10
4. SYLVANIA, COSTO DE VENTA DE LÁMPARAS DE SODIO Y MERCURIO. Guatemala: preparado por el departamento de ventas. 1,997. Pag. 1.

BIBLIOGRAFIA

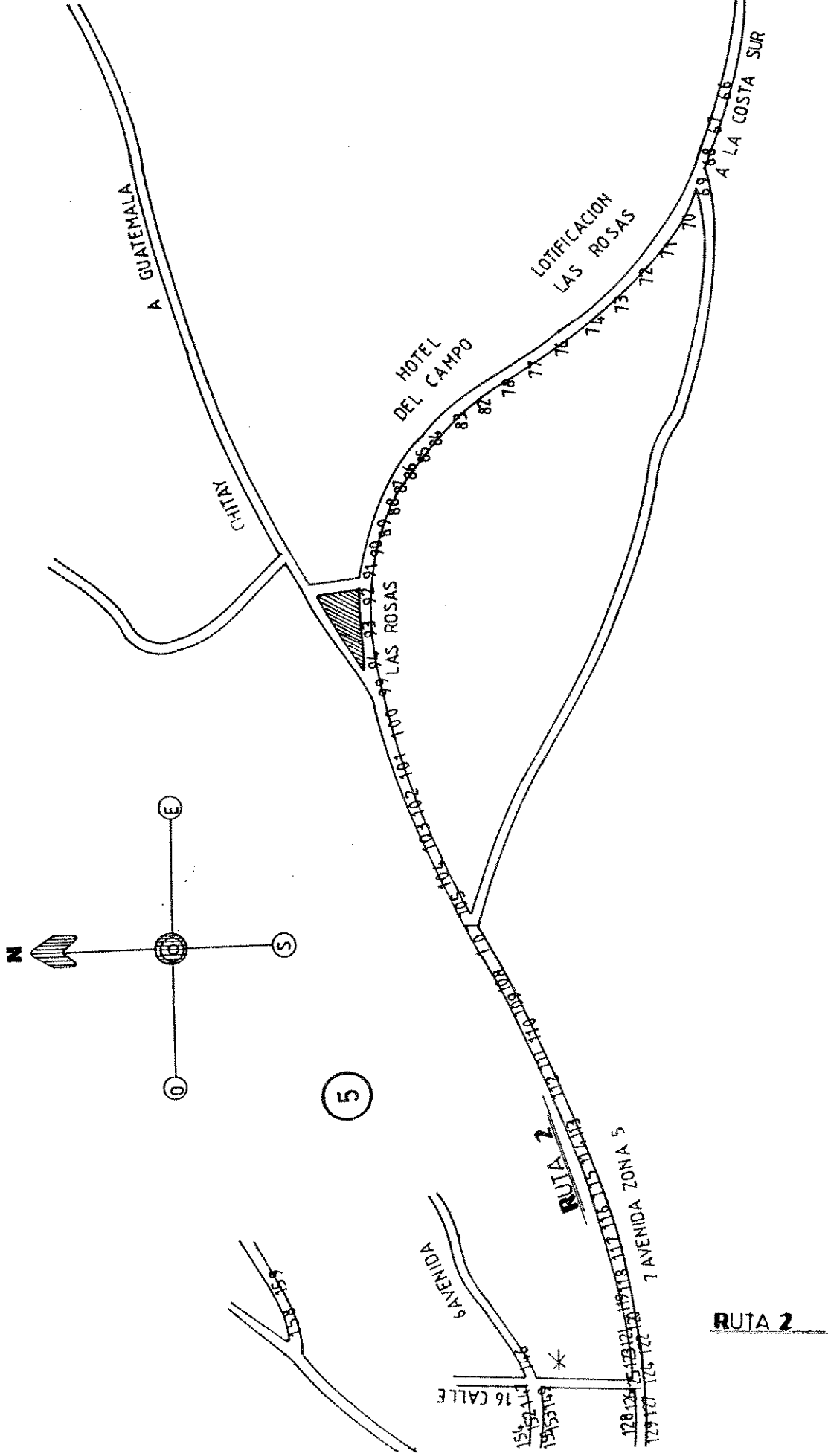
1. GUTIERREZ, Mario. **Servicios Prestados a la Empresa Eléctrica Municipal de Quetzaltenango** . (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala 1,989.
2. HECHT, Carlos. **Manual de Alumbrado Philips**. España: Editorial Paraninfo, S.A. 1,976.
3. LUCA, Carlos. **Líneas e Instalaciones Eléctricas**. México: Edit. Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. 1,979.
4. SAC, Leonidas. **Análisis Técnico-Económico de la Reparación de reactores, Utilizados en Lámparas de Vapor de Mercurio** . (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala 1,992.
5. JUAREZ, Osberto. **Uniformidad y Niveles de Iluminación en Alumbrado Público**. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala 1,988.
6. MORALES, David. **Fundamentos de Lámparas e Iluminación** . Venezuela. Publicado por Sylvania Internacional.

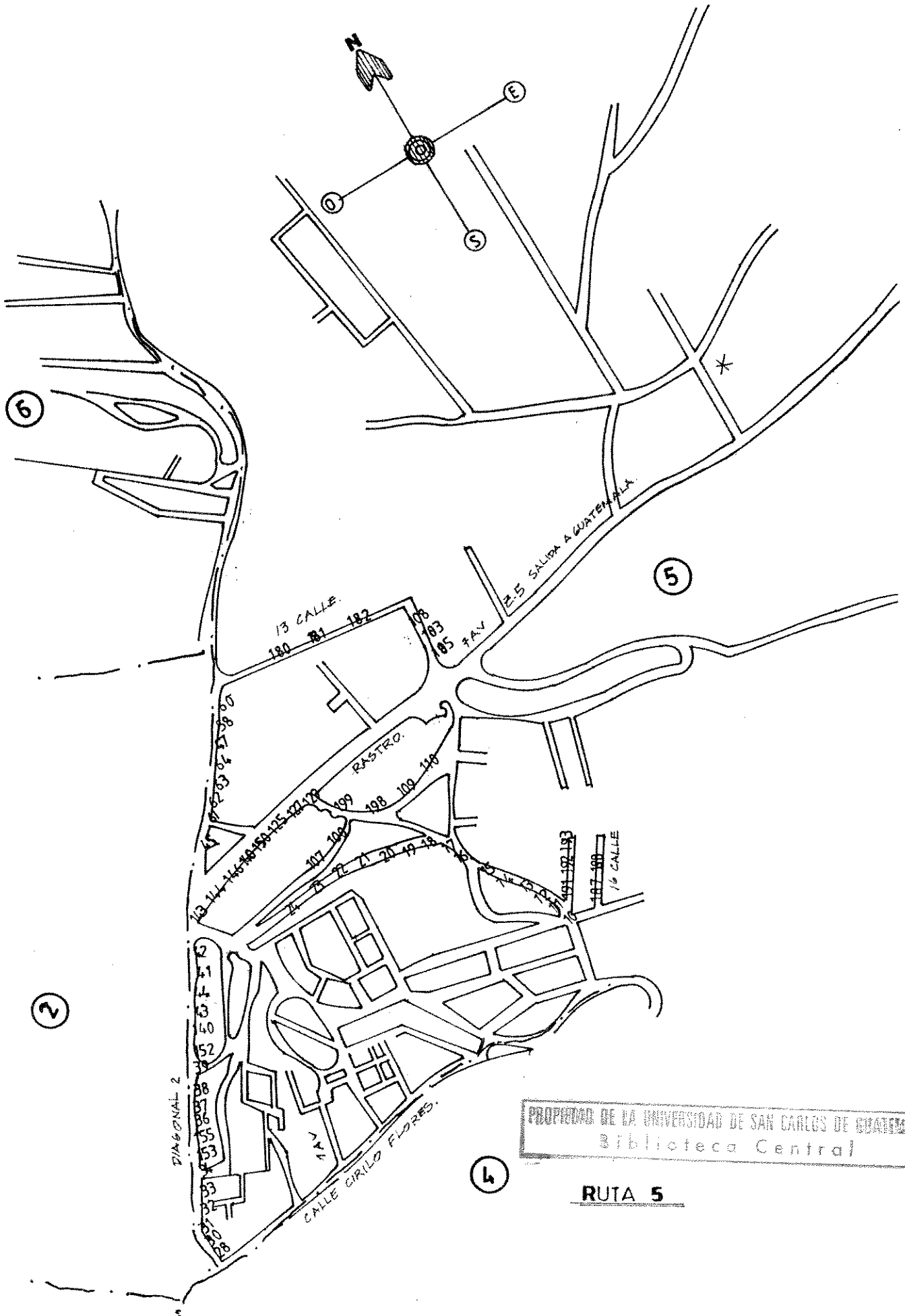
ANEXO

(PLANOS CON LAS RUTAS PARA
MANTENIMIENTO)



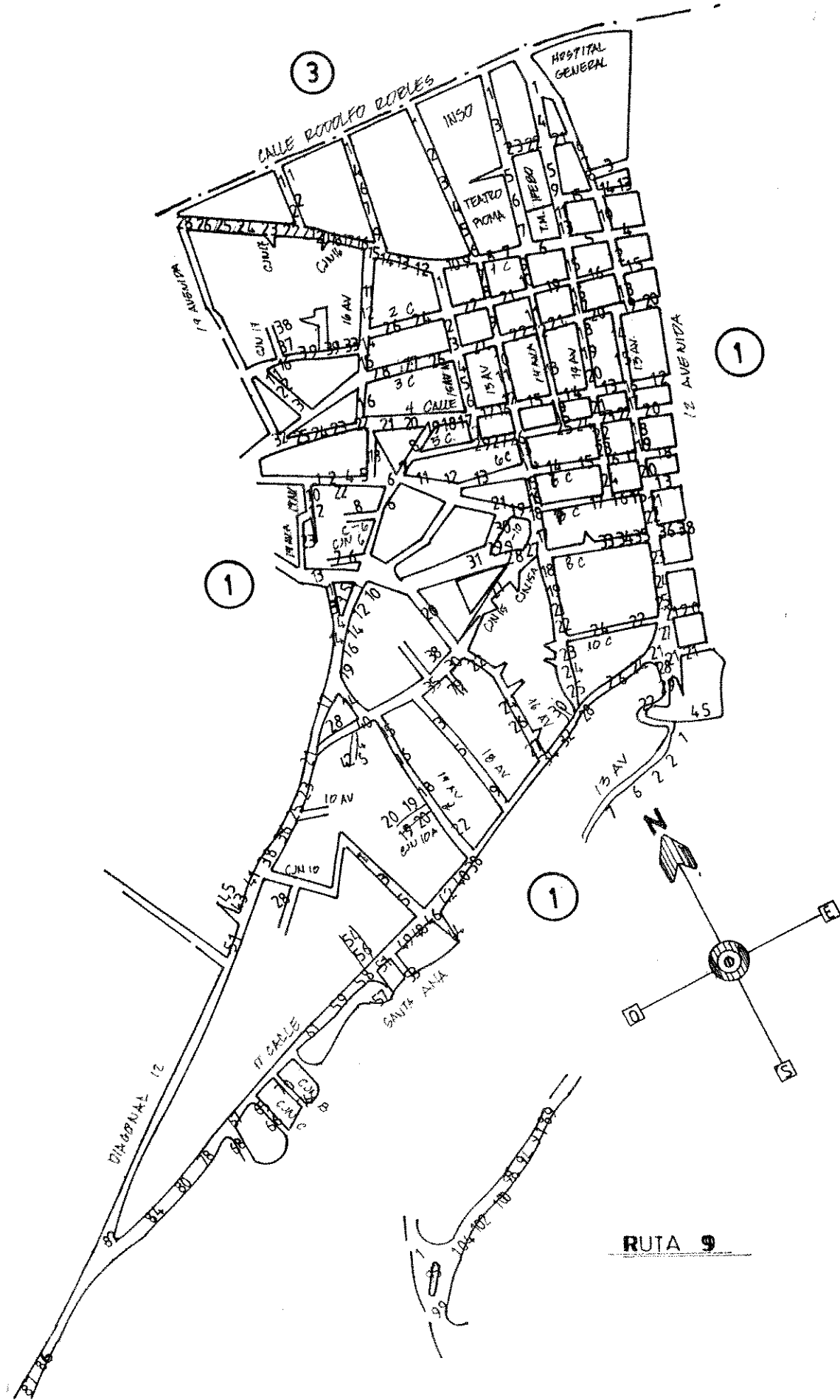
RUTA 1, 3 Y
RUTA 6



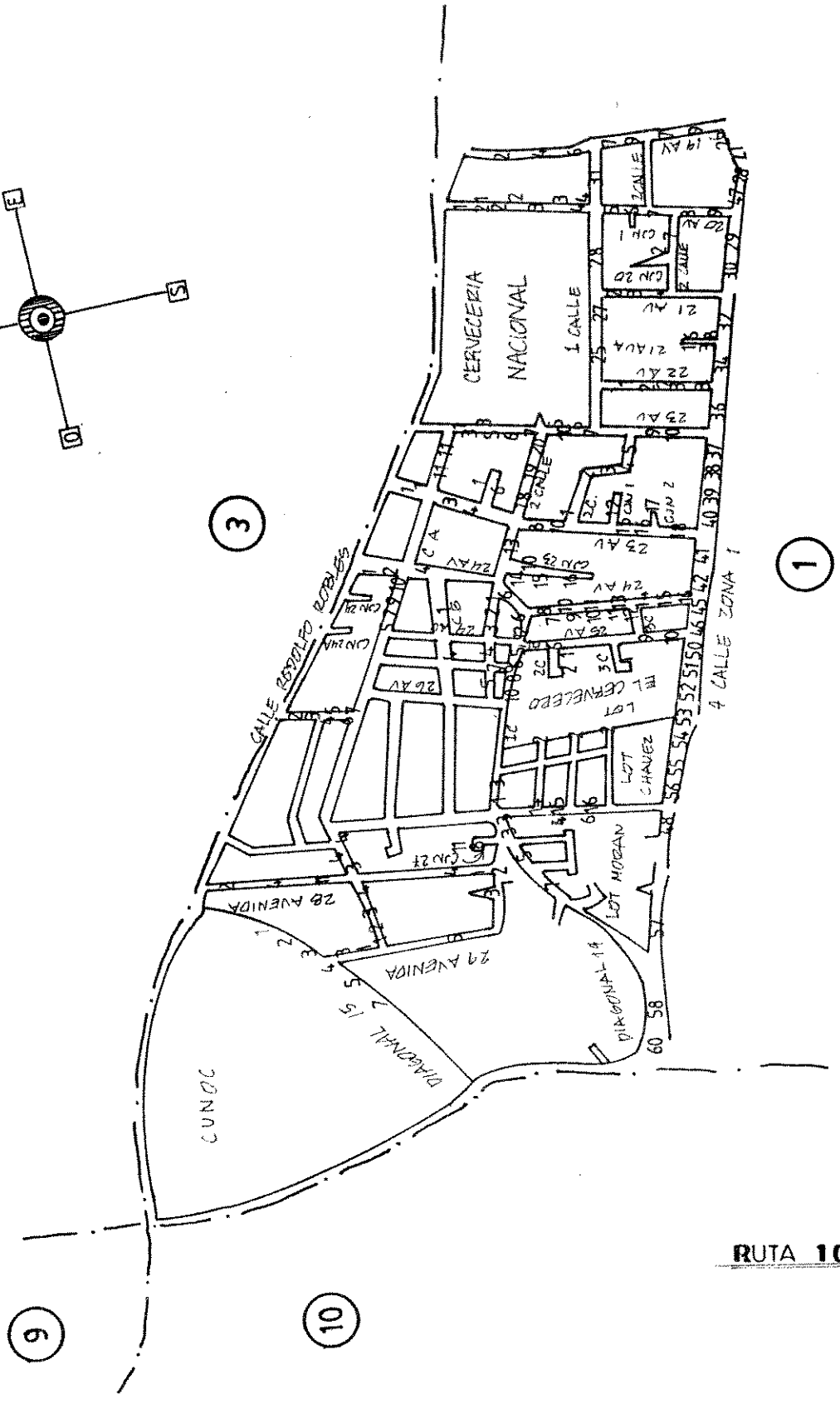
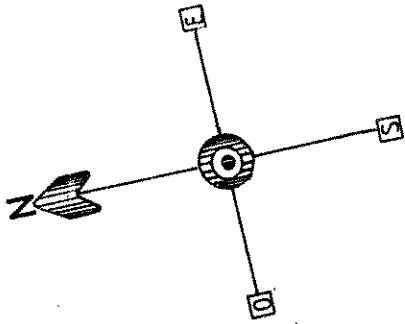


PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

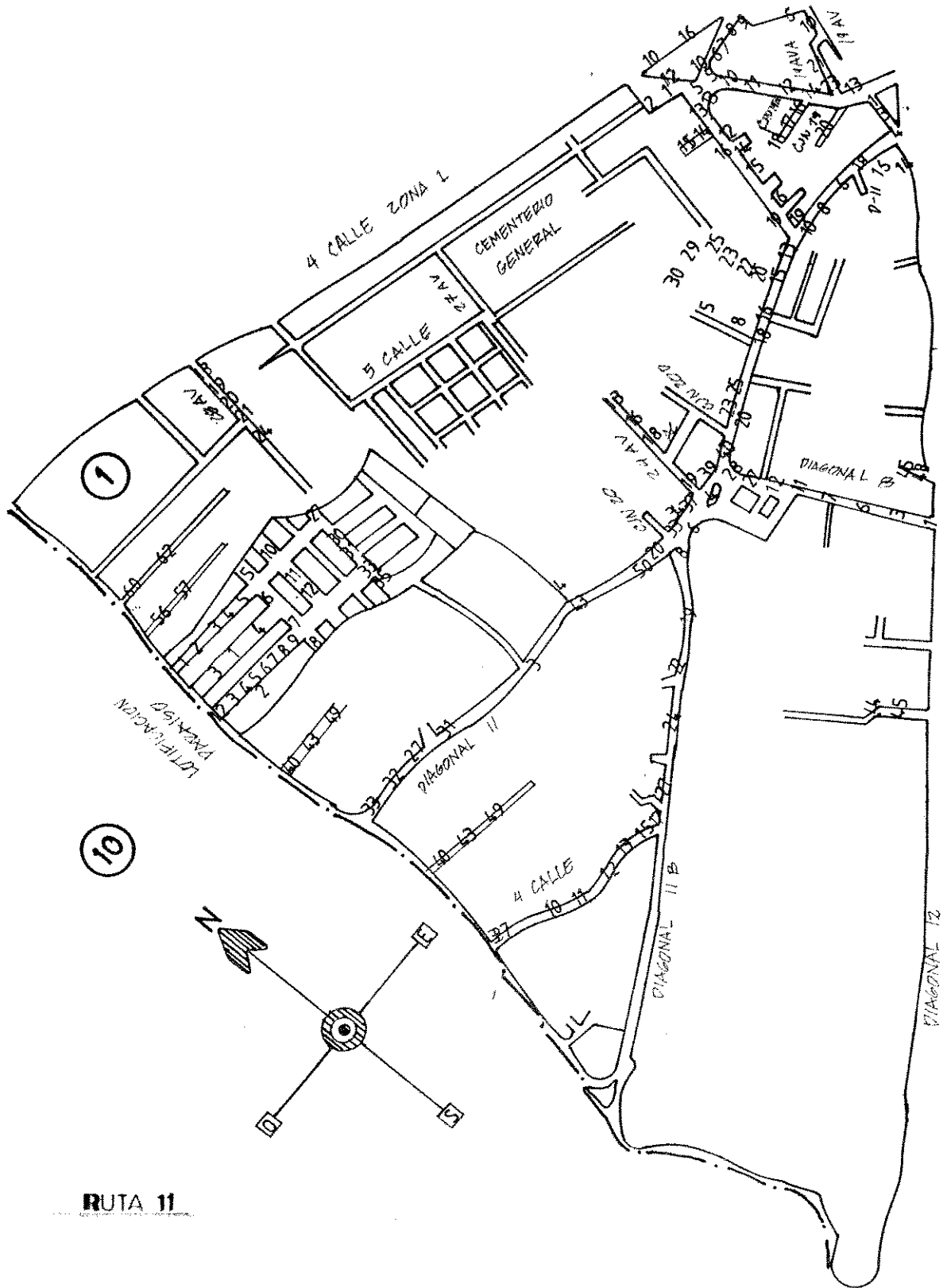
RUTA 5



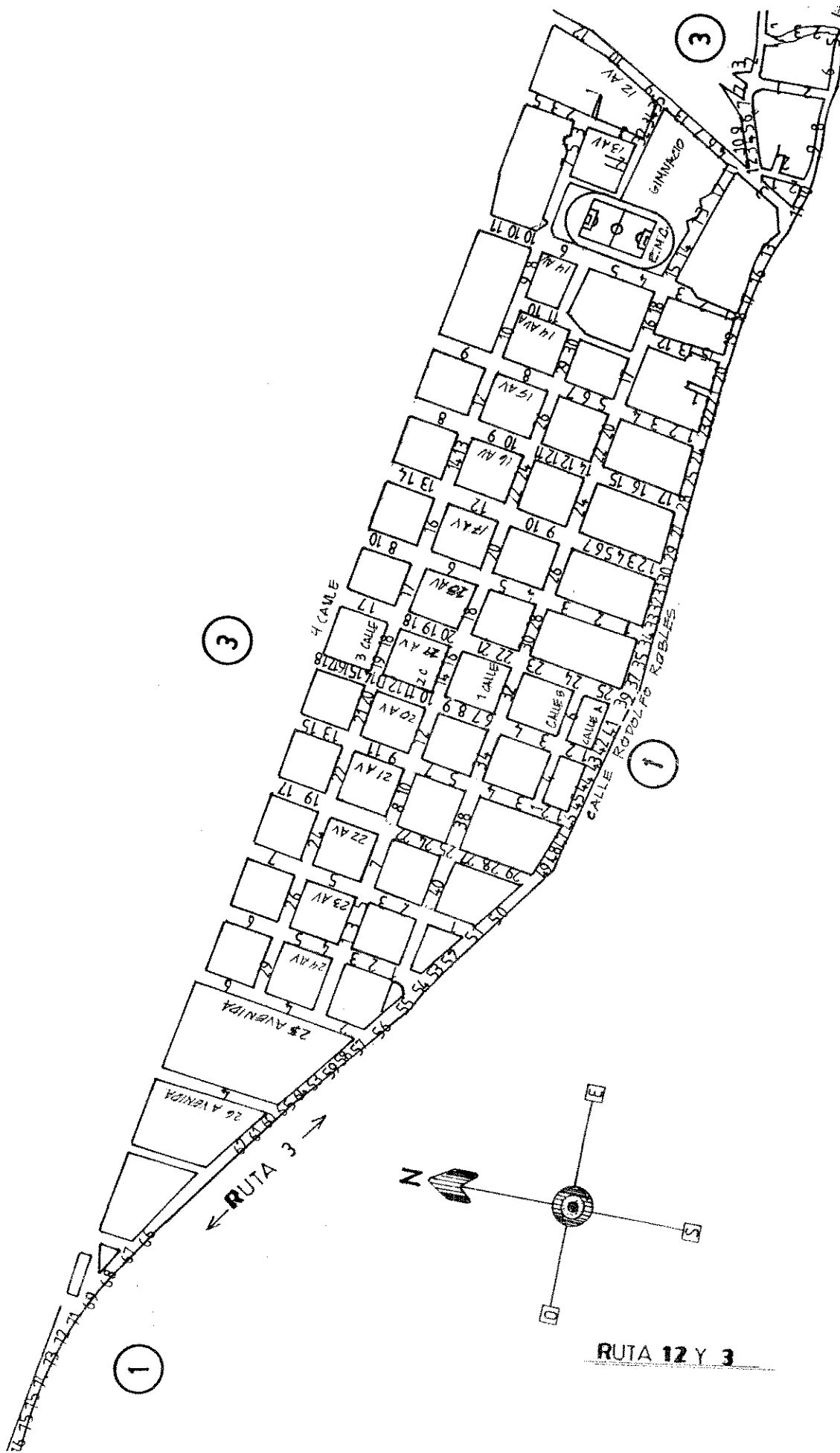
RUTA 9

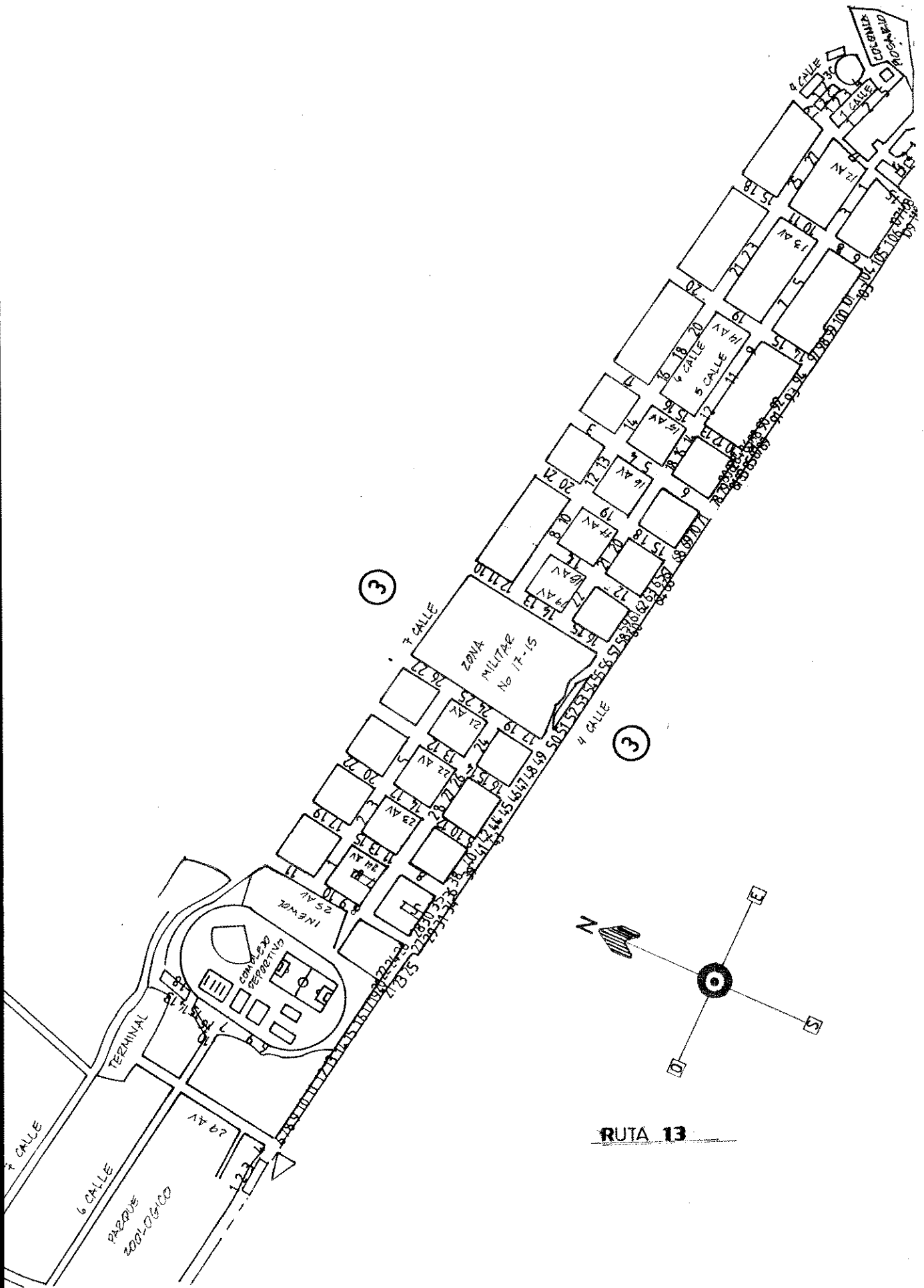


RUTA 10



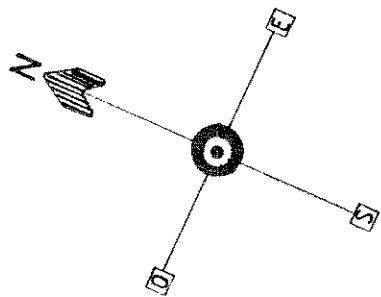
RUTA 11



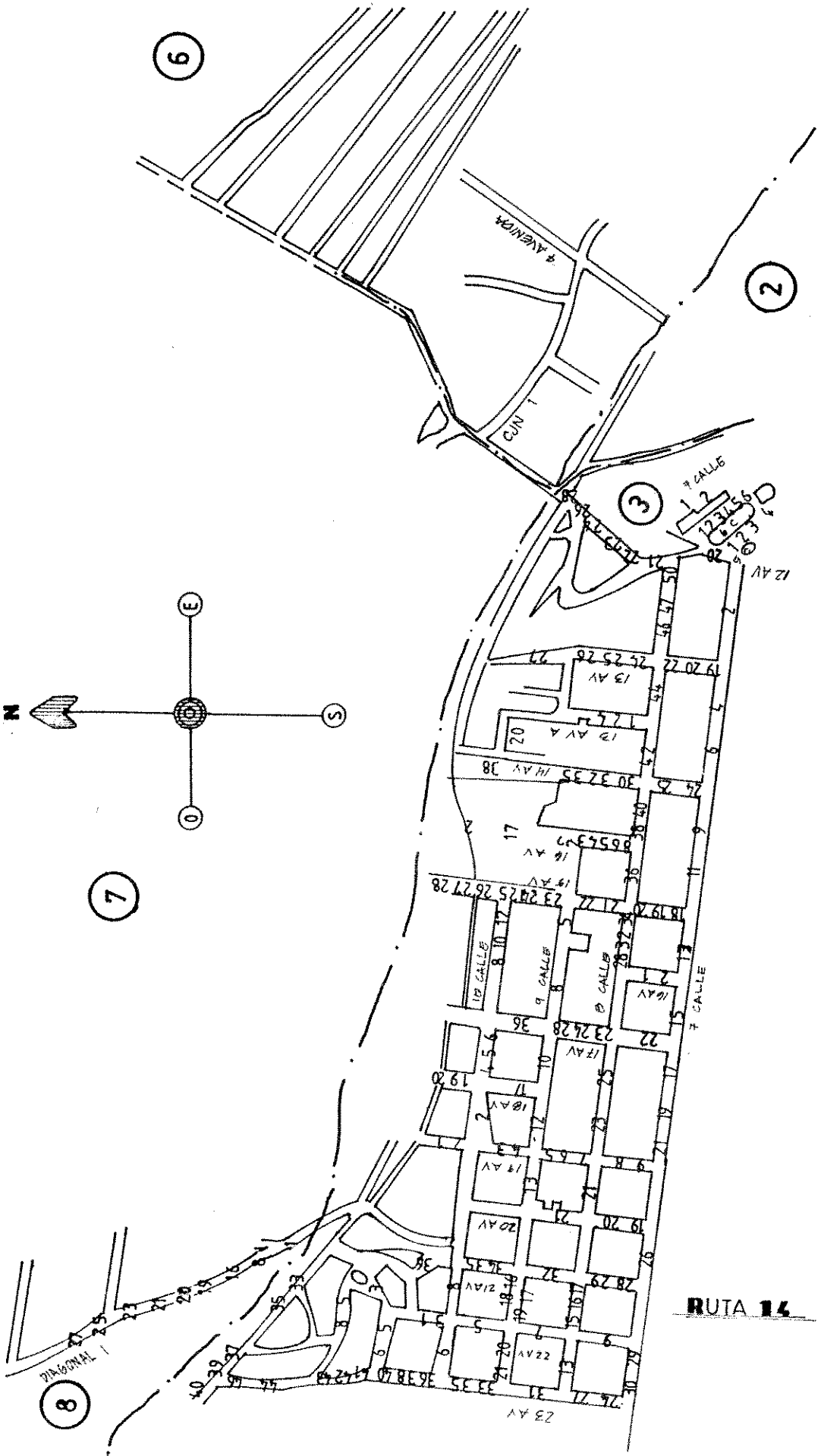


3

3



RUTA 13



N
S
E
O

RUTA 14

NACIONAL 1

6

2

3

7

8

4 AVENIDA

CUN 1

7 CALLE

12 AV

13 AV

14 AV

15 AV

16 AV

17 AV

18 AV

19 AV

20 AV

21 AV

22 AV

23 AV

7 CALLE

23 AV

22 AV

21 AV

20 AV

19 AV

18 AV

17 AV

16 AV

15 AV

14 AV

13 AV

12 AV

11 AV

10 AV

9 AV

8 AV

7 AV

6 AV

5 AV

4 AV

3 AV

2 AV

1 AV

0 AV

NACIONAL 1

RUTA 14

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

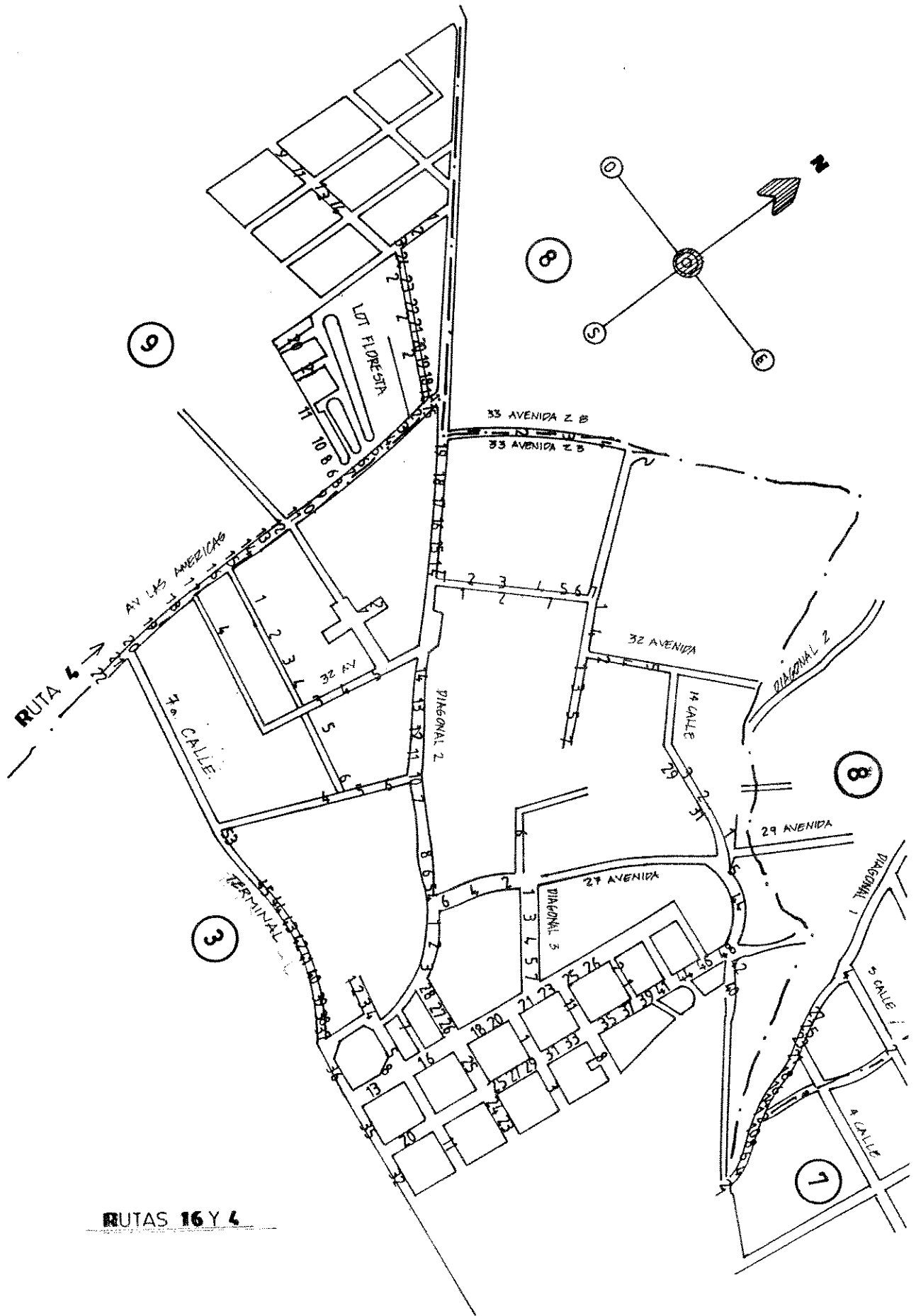
46

47

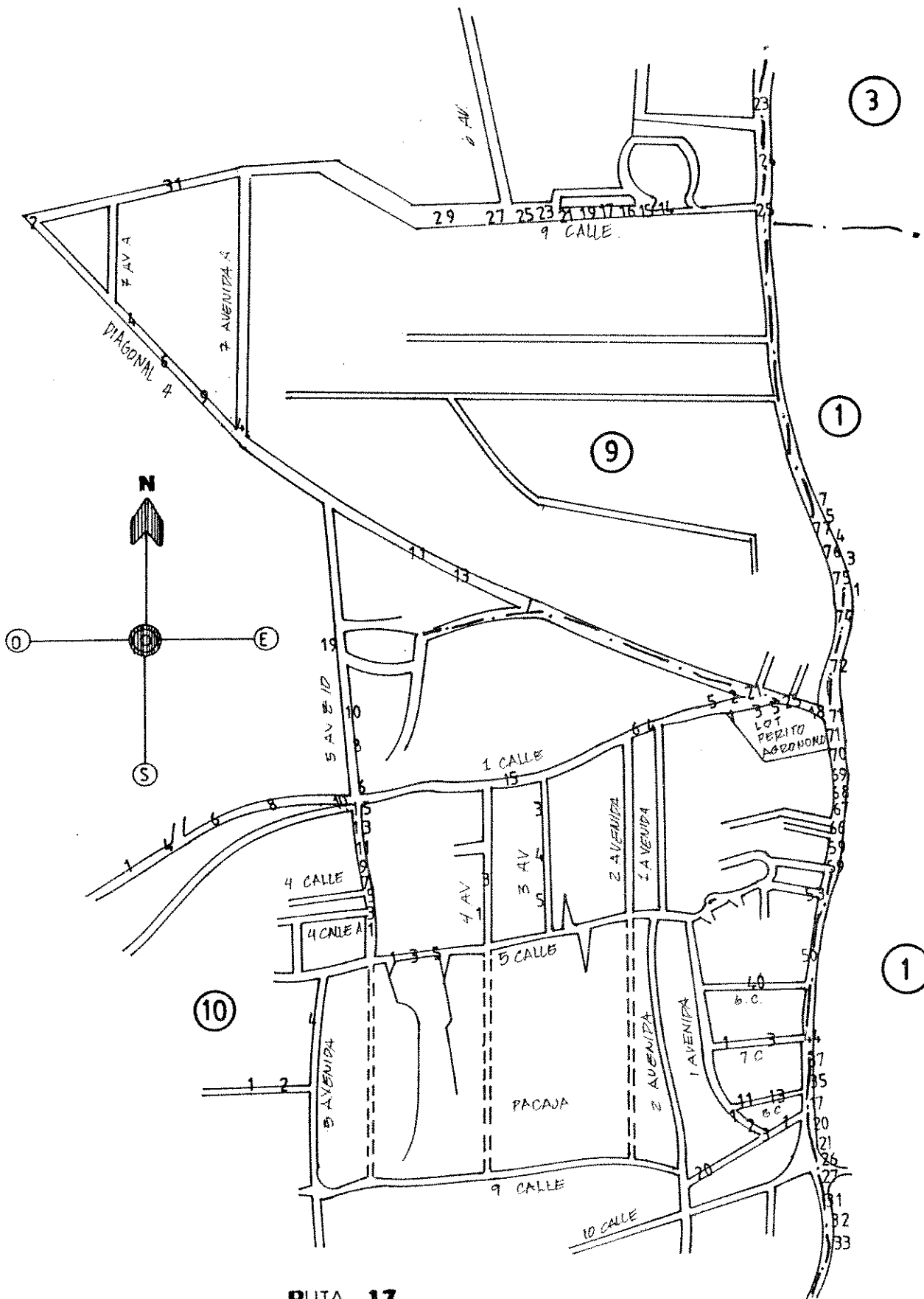
48

49

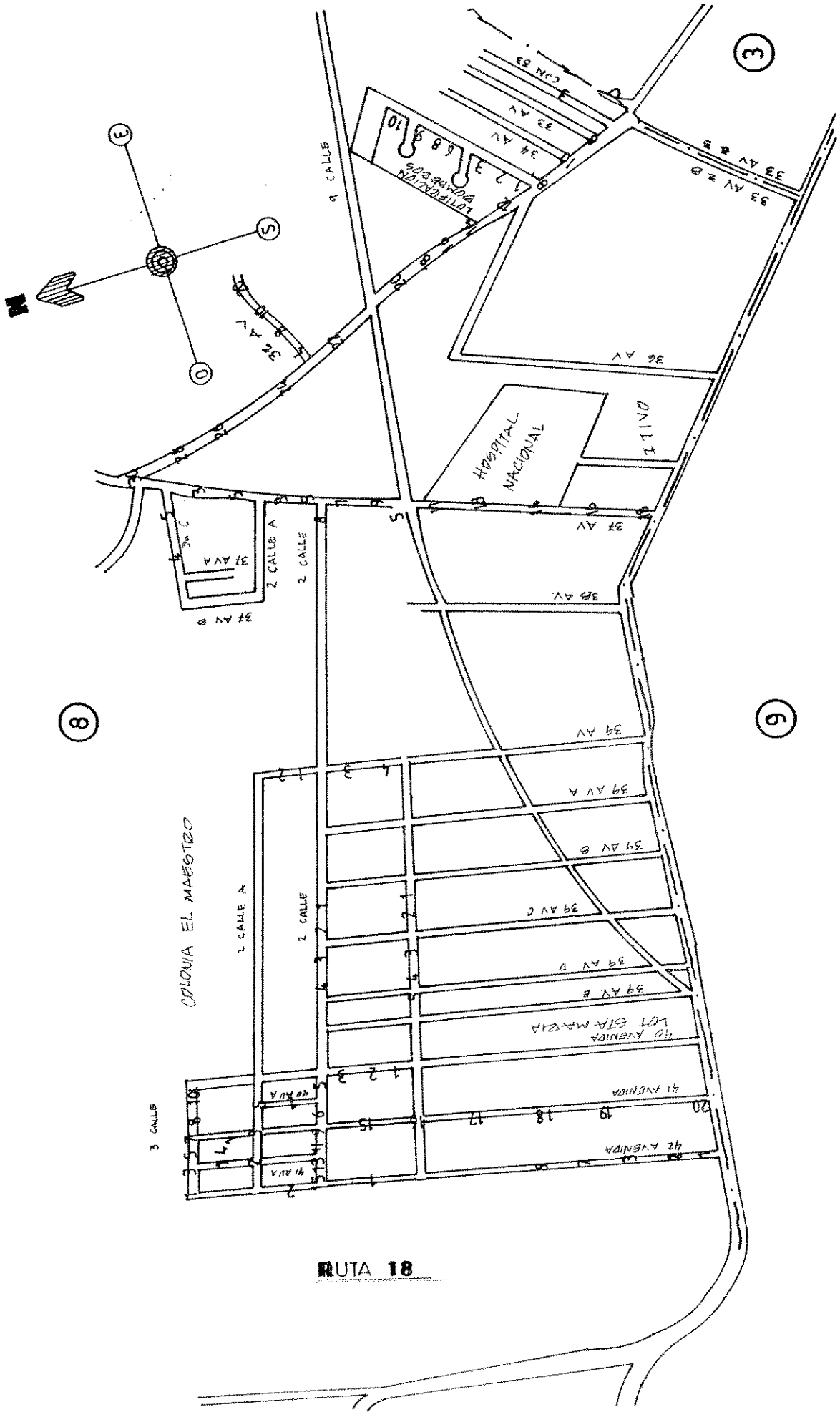
50



RUTAS 16 Y 4



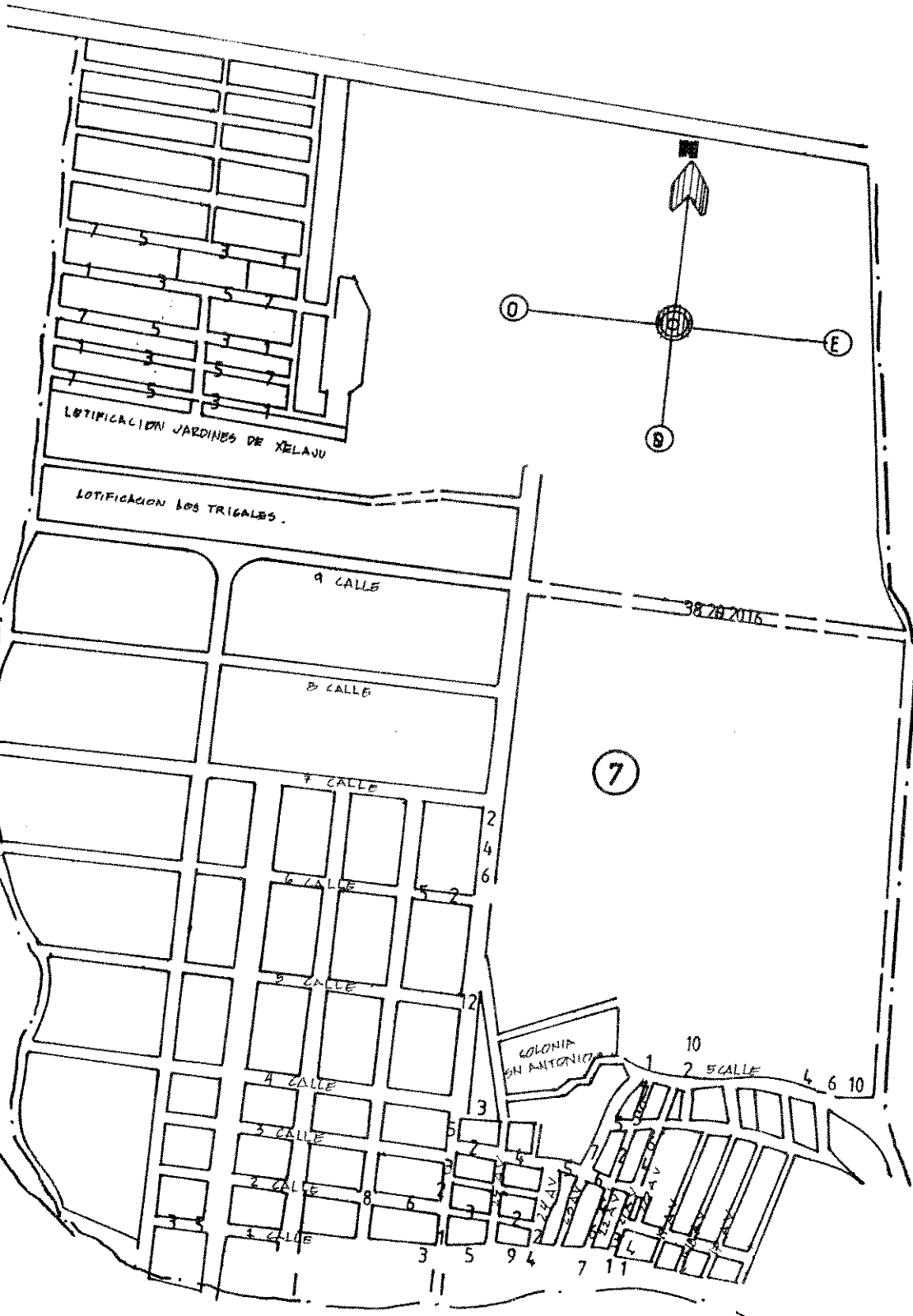
RUTA 17





PROYECTO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

RUTA 19



8

LOTIFICACION JARDINES DE XELAJU

LOTIFICACION LOS TRIGALES.

9 CALLE

8 CALLE

7 CALLE

6 CALLE

5 CALLE

4 CALLE

3 CALLE

2 CALLE

1 CALLE

COLONIA SAN ANTONIO

38/20/2016

7

6

RUTA 20

3