



---

---

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.

*“Rediseño de la red de distribución eléctrica y alumbrado  
publico para las calles regeneradas de Saraguro”.*

Tesis de grado previa  
a la obtención del Título de  
Ingeniero Electromecánico

AUTORES:

ARMIJOS RAMON ALVARO JASMANNY.  
SUQUILANDA RAMON CARLOS ALBERTO.

DIRECTOR:

Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizñay, Msc.

1859  
LOJA – ECUADOR

Julio del 2011

## CERTIFICACIÓN

**ING. JORGE PATRICIO MUÑOZ VIZÑAY**, Director de Tesis, cuyo tema versa en “**REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO PARA LAS CALLES REGENERADAS DE SARAGURO**” de la carrera de *Ingeniería Electromecánica* de la *Universidad Nacional de Loja*, a petición de la parte interesada;

### CERTIFICA:

Que el presente *Proyecto de Investigación* fue elaborado bajo mi dirección y una vez que ha sido culminado; autorizo la presentación del mismo para los fines legales pertinentes.

Loja, Julio de 2011

-----  
**Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizñay.**

DIRECTOR DE TESIS

## DECLARACIÓN DE AUTORIA

Las ideas, principios, conceptos y diagnósticos expuestos en el presente proyecto de tesis, son de exclusiva responsabilidad de los autores que firman a continuación, quienes a su vez, autorizan a la EERSSA Institución con la que se mantuvo un convenio para la facilitación de información y al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables; hacer uso del presente documento en lo conveniente.

-----  
**Carlos Alberto Suquilanda Ramón**

Egdo. Ingeniería Electromecánica

-----  
**Álvaro Jasmanny Armijos Ramón**

Egdo. Ingeniería Electromecánica

## PENSAMIENTO

*“No he fracasado; he descubierto que mil doscientos materiales no sirven”*

Thomas A. Edison

## AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero sentimiento de gratitud al grupo de docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica que participaron en nuestra formación profesional, al Departamento de Planificación y Construcción de la EERSSA, en especial a los Señores: Ing. Jorge Patricio Muñoz e Ing. Germán Arias, quienes nos prestaron todas las facilidades y comprensión para el desarrollo de forma ética y profesional de la tesis de grado previo a la obtención de nuestro título de ingenieros electromecánicos, a todos los Funcionarios que laboran en la EERSSA, y; de manera especial a la Universidad Nacional de Loja, por ser la Institución formadora de nuevos criterios, conocimientos académicos, profesionales y humanos.

## DEDICATORIA

*“El presente proyecto de tesis lo dedico con todo cariño de manera especial a mis queridos padres: Margarita y Delicio quienes con su apoyo incondicional y dedicación me guiaron por el camino del bien para culminar con mis estudios superiores; a mis hermanos por estar siempre a mi lado brindándome su comprensión y apoyo para superarme. A ellos debo mi eterna gratitud y futura vida profesional.”*

***Carlos Alberto***

*El presente trabajo le dedico a mi familia que gracias a su apoyo incondicional me ayudaron a cumplir la meta de obtener una carrera profesional.*

*A mis padres Isidro y Luz, quienes con sacrificio y amor supieron apoyarme, aconsejarme y estar siempre conmigo en todo momento de mi existencia y en especial en los momentos más difíciles de mi vida estudiantil. A mi hermana, quien creyó en mí y nunca dudó en prestarme su apoyo para mi superación personal y académica. A mis amigos quienes con su apoyo incondicional supieron darme ánimos a cada momento de mi vida y no dejaron que abandone mis ideales. A Dios por regalarme la vida y colmarme de bendiciones cada día dándome fuerzas para mi superación.*

***Álvaro Jasmanny***

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis comprende “*Rediseñar la red de distribución eléctrica y alumbrado público para las calles regeneradas de Saraguro*”. Teniendo como objetivos específicos: Sistematizar información relativa al tema de investigación, efectuar un levantamiento del sistema eléctrico actual en la zona a intervenir, implementar un estudio luminotécnico en el área de ejecución y diseñar un sistema de distribución eléctrico subterráneo.

Cabe recalcar la importancia del proyecto, ya que su estudio y posterior ejecución mejorará el ornato de la ciudad, garantizando un adecuado manejo de información con dependencias como Planeamiento Urbano Municipal y la EERSSA, la misma que facilitó la proyección de la demanda (uso de suelo y datos estadísticos) para el dimensionamiento de los centros de transformación.

La zona regenerada comprende las calles: El Oro, Luis Felipe Ordoñez, Sucre, 10 de Marzo, Loja, José María Vivar, Juan Antonio Montesinos, Honorato Lazo, Pasaje Saraguro y Av. Calasanz; que tiene una área aproximada de 4.7 hectáreas.

Se realizó el estudio eléctrico y lumínico en la zona de estudio, resolviéndose aplicar un sistema eléctrico mixto (medio voltaje aéreo, bajo voltaje y alumbrado público subterráneos); en el alumbrado público se mejoró la luminancia aplicando factores normalizados de iluminación.

La red de medio y bajo voltaje han sido proyectadas para un periodo de 30 años, que está enmarcada en los reglamento que regula la Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. El presupuesto referencial asciende a la cantidad de \$ 207.911,18 dólares.

## SUMMARY

The present thesis project understands "*to Redraw the net of electric distribution and illumination public for the regenerated streets of Saraguro*". Having as specific objectives: To systematize relative information to the investigation topic, to make a rising of the current electric system in the area to intervene, to implement a study luminotécnico in the execution area and to design a system of distribution electric underground.

It is necessary to emphasize the importance of the project, since their study and later execution improved the ornament of the city. Guaranteeing you an appropriate handling of information with dependences as Planeamiento Urbano Municipal and the EERSSA, the same one that I facilitate the projection of the demand (I use of floor and statistical data) for the dimensionamiento of the transformation centers.

The regenerated area understands the streets: El Oro, Luis Felipe Ordoñez, Sucre, 10 de Marzo, Loja, José María Vivar, Juan Antonio Montesinos, Honorato Lazo, Pasaje Saraguro y Av. Calasanz; that he/she has an approximate area of 4.7 hectares.

He/she was carried out the electric and light study in the study area, being solved to apply a mixed electric system (half tension air, low tension and underground illumination public); in the public illumination you improves the luminance applying normalized factors of illumination.

The net of half and low voltage has been projected for a 30 year-old period that is framed in the regulation that regulates the Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. The budget referencial ascends to the quantity of \$ 207.911,18 dollars.



## INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
PENSAMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
SUMMARY	vii
INDICE GENERAL	viii
INTRODUCCIÓN	xv
PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA	xv
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	xvii
OBJETIVO GENERAL	xvii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xvii
PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	xvii
HIPÓTESIS GENERAL	xvii
HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	xvii
 CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1. UBICACIÓN, USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO	18
1.1.1. Antecedentes	18
1.1.2. Sectores, clasificación según el Plan de Ordenamiento Territorial	19
1.1.3. Coeficiente de Ocupación de Suelo (C.O.S)	20
1.1.4. Coeficiente de Uso de Suelo (C. U. S.)	20
1.1.5. Determinación de Densidades en el área de estudio	21
1.2. SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELÉCTRICO	24
1.2.1. Definición	24
1.2.2. Clasificación de los sistemas de distribución por su construcción	24
1.2.3. Clasificación de los sistemas de distribución por el tipo de carga	25
1.2.4. Alimentadores primarios de distribución	26
1.2.5. Alimentadores secundarios	27
1.2.6. Transformadores de distribución	27
1.2.6.1. Transformadores convencionales	28
1.2.6.2. Transformadores Auto Protegidos	28
1.2.7. Centros de transformación	29
1.3. CONDUCTOR ELÉCTRICO	30
1.3.1. Aislamiento de los conductores	30
1.3.2. Conductores para Medio Voltaje	30
1.3.3. Conductores para Bajo Voltaje	30

1.3.4.	Instalación de conductores subterráneos	31
1.3.5.	Acometidas bajo voltaje subterráneas	31
1.3.5.1.	Empalmes para Derivar Redes Subterráneas de Bajo Voltaje	32
1.3.5.2.	Empalmes para alumbrado público	32
1.3.6.	Marcaje e Identificación de Cables	33
1.4.	SISTEMAS DE DISTRIBUCION	34
1.4.1.	Sistema de distribución eléctrico radial	34
1.4.2.	Sistema de distribución eléctrico en anillo	34
1.4.3.	Objetivo de los sistema de distribución eléctrico	35
1.5.	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA	37
1.5.1.	Generalidades	37
1.5.2.	Carga instalada	37
1.5.3.	Demanda media	38
1.5.4.	Demanda máxima	38
1.5.5.	Factor de demanda	38
1.5.6.	Factor de carga	38
1.5.7.	Factor de utilización	39
1.5.8.	Factor de Potencia	39
1.5.9.	Energía Eléctrica	39
1.5.10.	Factor de coincidencia	40
1.5.11.	Curvas de Carga	40
1.6.	MÉTODOS DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	41
1.6.1.	Métodos prospectivo	41
1.6.2.	Métodos normativos	42
1.6.3.	Métodos basados en un SIG	42
1.7.	NORMATIVA DE LA EERSSA EN EL ÁREA DEL PROYECTO	45
1.7.1.	Generalidades	45
1.7.2.	Niveles de voltaje	45
1.7.3.	Criterios de Diseño	45
1.7.4.	Nivel de aislamiento	46
1.7.5.	Demanda máxima unitaria proyectada, urbanizaciones, lotizaciones y proyectos rurales	46
1.7.6.	Demanda Máxima Proyectada, Urbanizaciones, Lotizaciones y proyectos rurales	47
1.7.7.	Demanda Máxima Total de Diseño (DMD)	47
1.7.8.	Capacidad de los transformadores	48
1.7.9.	Cálculo de caída de voltaje	49
1.7.9.1.	Caída de voltaje admisible para red primaria	51
1.7.9.2.	Caída de voltaje admisible para red secundaria	51
1.7.10.	Diseño eléctrico	52
1.7.10.1.	Determinación del conductor	52
1.7.10.2.	Acometida para Medio Voltaje	52
1.7.10.3.	Protecciones	53
1.7.10.4.	Derivaciones de alimentadores primarios o redes de distribución	53
1.7.11.	OBRAS CIVILES	54
1.7.11.1.	Pozos de revisión	54
1.7.11.2.	Zanjas	54
1.7.12.	Alumbrado de vías	55
1.7.12.1.	Tipos y características de luminarias	55
1.7.12.2.	Niveles de iluminación y factores de uniformidad	56
1.7.12.3.	Conductor para alumbrado público	56
1.7.12.4.	Caídas de voltaje por alumbrado público	56
1.7.12.5.	Terminología a usar para el estudio luminotécnico	56
1.7.13.	PUESTA A TIERRA	57

1.7.14.	TENSORES, POSTES DE HORMIGÓN ARMADO Y MISCELÁNEO	58
1.7.14.1.	Postes	59
1.7.14.2.	Misceláneos	60
1.8.	NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS	61
1.8.1.	Vías de Tráfico Vehicular con Separación de los diferentes Tipos de Usuarios	61
1.8.2.	Vías de Tráfico Vehicular sin Separación de los diferentes Tipos de Usuarios	63
1.9.	PROTECCION DE REDES DE DISTRIBUCIÓN	67
1.9.1.	Contra corrientes de sobrecarga y las corrientes de cortocircuito	67
1.9.2.	Cortacircuitos Fusibles	67
1.9.3.	Tipos de fusibles	68
1.9.4.	Protección de Transformadores de Distribución con Fusibles	69
1.9.5.	Restauradores (automatic circuit reclosers)	70
1.9.6.	Pararrayos de Carburo de silicio vs Varistores de oxido metálico	70

## CAPITULO II

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	71
----	----------------------	----

### DIAGNOSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCION EXISTENTE

2.1.	Redes de Medio Voltaje	71
2.2.	Redes Secundarias de Bajo Voltaje	71
2.3.	Transformadores de Distribución	72
2.4.	Alumbrado Público	73
2.5.	Abonados y consumo de energía eléctrica	74
2.6.	Proyectos vigentes en el área de estudio	75
2.7.	Métodos y criterios de diseño utilizados	76

## CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
----	------------------------	----

### CÁLCULOS MATEMÁTICOS

3.1.	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE DISEÑO	78
3.1.1.	Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMUp)	78
3.1.1.1.	Factor de Carga (Fc)	78
3.1.1.2.	Tasa de crecimiento anual de carga (Ti)	79
3.1.1.3.	Demanda Unitaria Promedio (DUP)	80
3.1.1.4.	Demanda Máxima Unitaria actual, año presente (DMUi)	82
3.1.1.5.	Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMUp)	82
3.1.2.	Demanda Máxima Proyectada (DMP)	83
3.1.3.	Demanda Máxima de Diseño (DMD)	84
3.1.4.	Categorías Especiales: Servicios de beneficio público, consumos especiales para eventos	85
3.2.	CASOS ESPECIALES CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PARTICULARES	85
3.2.1.	Edificio Jaramillo Serrano	85
3.2.2.	Clínica Saraguro	85
3.3.	CARGAS POR ALUMBRADO PÚBLICO	86
3.4.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	86

3.5.	CÁLCULO DE LA CAÍDA DE VOLTAJE	87
3.6.	DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO	87
3.6.1.	Cálculo de Iluminancia, Factores de Uniformidad, Niveles de Deslumbramiento y Luminancia.	88
3.6.1.1.	Características de las calles y avenidas del área de estudio	88
3.7.	PUESTA A TIERRA	89
3.8.	DISEÑO ELECTRICO	90
DISCUSIÓN		
3.9.	REDES DE MEDIO VOLTAJE	90
3.9.1.	Conductores para Medio Voltaje	90
3.10.	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	90
3.10.1.	Características de transformadores de distribución	91
3.10.2.	Interconexión de Alimentadores Primarios – transformadores	92
3.11.	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL	92
3.12.	REDES DE BAJA TENSION SUBTERRANEAS	92
3.12.1.	Conductores de Redes Subterráneas de Bajo voltaje	93
3.12.2.	Empalmes para Derivar Redes Subterráneas de Bajo voltaje hacia Acometidas de baja voltaje prediales.	94
3.13.	MEDIDORES DE ENERGÍA ELECTRICA	95
3.14.	ALUMBRADO PUBLICO	95
3.14.1.	Circuitos de Alumbrado Público	95
3.15.	OBRAS CIVILES	95
3.15.1.	Zanjas	96
3.15.2.	Pozos de Revisión	96
CAPITULO IV		
CONCLUSIONES		97
CAPITULO V		
RECOMENDACIONES		99
BIBLIOGRAFIA		100
ANEXOS		101

## ANEXO 1 Tablas

- 1/8. Control de estructuras levantamiento de las redes de MV, BV y AP.
- 2/8. Demanda unitaria promedio actual, demanda máxima: inicial, para 30 años de los diferentes abonados.
- 3/8. Desarrollo de la DMUP para 30 años para los diferentes abonados.
- 4/8. Circuitos de BT, AP y cálculo de la potencia del transformador requerido para 30 años.
- 5/8. Cómputo de caída de voltaje para medio voltaje y bajo voltaje.
- 6/8. Balance de carga por circuito.
- 7/8. Estudio luminotécnico.
- 8/8. Presupuesto referencial.

## ANEXO 2 Planos

- 1/7. Levantamiento de la red de MV.
- 2/7. Levantamiento de la red de BV y AP.
- 3/7. Diseño de Bajo Voltaje Proyectado.
- 4/7. Diseño de Medio Voltaje Proyectado.
- 5/7. Diseño de Alumbrado Público Proyectado.
- 6/7. Diseño de Canalización y pozos de revisión proyectados.
- 7/7. Detalle de luminaria.

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de Ocupación de Suelo	20
Tabla 2. Coeficiente de Uso de Suelo	21
Tabla 3. Altura de edificaciones por sectores	22
Tabla 4. Nivel de aislamiento	46
Tabla 5. Demanda máxima unitaria sector Urbano	46
Tabla 6. Demanda máxima unitaria sector Rural	47
Tabla 7. Factor de sobrecarga	49
Tabla 8. Factor de caída de Voltaje – Aluminio (13800-6720)	50
Tabla 9. Factor de caída de Voltaje (220-127)	50-51
Tabla 10. Pozos de revisión normalizados	52
Tabla 11. Clase de Alumbrado para Vías de Tráfico Vehicular con separación entre Usuarios	61-62
Tabla 12. Luminancias de Vías de Tráfico Vehicular con Separación entre Usuarios	63
Tabla 13. Clase de Alumbrado para las Vías Urbanas Residenciales	64
Tabla 14. Clasificación de Superficie de Calzada según Serie “R”	66
Tabla 15. Transformadores instalados en el área de estudio	72
Tabla 16. Alumbrado público existente, potencia instalada y energía consumida	73
Tabla 17. Proyectos existentes en el sector	76
Tabla 18. Valores de DMUp para 30 años	83
Tabla 19. Valores de luminancia, uniformidad y Ti	89
Tabla 20. Ubicación, potencia, tipo y balance de cargas de los C. T.	91
Tabla 21. Características del conductor TTU, 2000 V.	93

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Sectores, clasificación	19
Figura 2. Uso del suelo urbano	22
Figura 3. Transformador Convencional	28
Figura 4. Transformadores Autoprotegidos	29
Figura 5. Conductores para bajo voltaje tipo TTU	31
Figura 6. Barraje de Distribución Sumergible	32
Figura 7. Identificación de cables	33
Figura 8. Sistema de distribución eléctrico radial	34
Figura 9. Sistema de distribución eléctrico en anillo	35
Figura 10. Pararrayos de carburo de silicio y MOV	70
Figura 11. Número y tipificación de abonados	74
Figura 12. Distribución por consumo	75
Figura 13. Curva de carga periodo mayo/08 a agosto/09	79
Figura 14. Extrapolación lineal de la Demanda	80

## INTRODUCCIÓN

### PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

La energía eléctrica que se distribuye a los diferentes usuarios, es resultado de algunas fases que comprende desde la generación, transporte, centro de transformación y finalmente su distribución, todo esto garantiza la confiabilidad del servicio en el sistema eléctrico.

En la región Sur del Ecuador particularmente en las provincias de: Loja, Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza de Morona Santiago el suministro de energía eléctrica la presta la Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. que cuenta con 19 subestaciones adecuadas para prestar el servicio en el área de concesión, la que tiene una amplia trayectoria en la región; y, a la vez genera energía contando con dos centrales como: la hidroeléctrica Ing. Carlos Mora con una potencia instalada de 2.400 kW y termoeléctrica Catamayo con 19.735 kW de potencia instalada.

La ciudad de Saraguro cuenta con una subestación de transformación de 5 MVA de potencia, dotando de energía a la cabecera cantonal y 8 parroquias, con un voltaje nominal en la red de media de 13.8 KV. y la de baja de 240/120 V.

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A., presta el servicio eléctrico en el centro urbano de Saraguro mediante redes de distribución aéreas, las mismas que no están acorde con el ornato, sobre todo en los lugares donde se está trabajando en la regeneración Urbana por parte de la Municipalidad.

Es por ello la necesidad de realizar un rediseño de la red de distribución eléctrica, proyectándose a que sean de tipo subterránea, con esto se mejorara el ornato de la ciudad, fomenta el turismo, se elevara la seguridad y eficiencia para los usuarios y ciudadanía en general.

En base a la situación actual de la red de distribución eléctrica de Saraguro se pretende dar una solución para mejorar y/o optimizar el servicio y presentación, que permita



brindar un servicio de calidad y a la vez contribuir con la regeneración Urbana emprendida por la Municipalidad de Saraguro.

El presente proyecto busca diseñar un sistema de distribución eléctrico de tipo subterráneo, lo que incluye: alumbrado público, centros de transformación, componentes, dispositivos de protección, control y medición, a través de un análisis detallado de las características, estabilidad del sistema y proyecciones. Para ello este estudio tiene entre sus alcances los siguientes:

- Diseñar la red de distribución de medio y bajo voltaje.
- Realizar un estudio luminotécnico del alumbrado público.
- Mejorar el panorama de las principales calles, aportando a la regeneración urbana.

Según los proyectos ejecutados y proyectados a futuro por el Municipio de Saraguro, se tienen en cuenta la peatonización de algunas calles como: calles circundantes al Parque Central (El Oro, José María Vivar, 10 de Marzo y Loja), calle El Oro entre Azuay y Loja; y, readoquinado y asfaltado de las principales calles. En estos sectores en la actualidad se cuenta con una red de distribución eléctrica aérea, de allí que nace la necesidad de mejorar aún más su presentación con un sistema de distribución eléctrico que vaya acorde a las nuevas tendencias, que ya se están proyectando en algunas ciudades.

En tanto, la Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. con el afán de mejorar su servicio y viendo la necesidad ha venido realizando tareas de mantenimiento y reubicación de algunos postes, debido a la imagen que prestaba la ubicación de los mismos. Estos problemas van en forma ascendente debido a la falta de un estudio integral, que renueve y de una solución a las redes de distribución existentes.

Por ello planteamos el diseño del sistema de distribución eléctrico y alumbrado público, a fin de contribuir con la regeneración urbana y de esta manera contar con un estudio que a futuro va a ser de utilidad para su ejecución.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **OBJETIVO GENERAL**

*Rediseñar la red de distribución eléctrica y alumbrado público para las calles regeneradas de Saraguro.*

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- *Sistematizar información relativa al tema de investigación.*
- *Efectuar un levantamiento del sistema eléctrico actual en la zona a intervenir.*
- *Implementar un estudio luminotécnico en el área de ejecución.*
- *Diseñar un sistema de distribución eléctrico subterráneo.*

## **PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

*Realizando el rediseño de la red de distribución eléctrica y alumbrado público para las calles regeneradas de Saraguro, se contará con un estudio detallado acorde a la regeneración urbana que se viene dando en el cantón.*

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- *Sistematizando información relativa a redes de distribución eléctricas subterráneas se conocerá mas acerca del tema a investigar.*
- *Mediante el levantamiento del sistema eléctrico actual se realizará un análisis de la disposición del sistema eléctrico actual y se tendrá una idea para el rediseño.*
- *Con la implementación de un estudio luminotécnico, se renovará el mismo para las calles regeneradas de Saraguro.*
- *Con el diseño de un sistema de distribución eléctrico subterráneo se aportará con la regeneración urbana.*

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. UBICACIÓN, USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO

##### 1.1.1. Antecedentes

- **Ubicación.**

La cabecera cantonal de Saraguro se encuentra ubicada a 64 kilómetros al norte de la ciudad de Loja, su ubicación geográfica esta al Sur del Callejón Interandino a 40° 30' de latitud Sur y 78° 30' de longitud Oeste. Saraguro está conformado por 10 parroquias rurales.

- **Altura.**

La cabecera cantonal se encuentra a una altura de 2525 msnm.

- **Superficie.**

La extensión aproximada de la parroquia es de 66,18 Km<sup>2</sup>.

- **Clima.**

El clima es similar a muchos de los lugares andinos, siendo su temperatura promedio 12 y 15 grados centígrados, determinando las condiciones necesarias para que se desarrolle una flora y fauna muy variada.

- **Población.**

La población de la ciudad de Saraguro es de 7.346 habitantes ubicándose 3.124 personas en la zona urbana que representa el 42,52 % y en la periferia 4.222 personas que representa el 57,48 %. Teniendo una tasa de crecimiento anual de población del 1.71 %.

- **Servicios.**

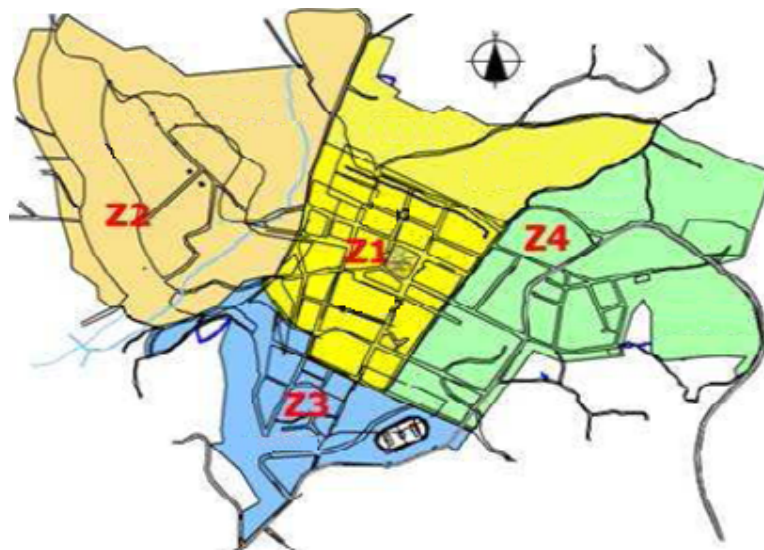
El sector urbano cuenta con infraestructura básica como: alcantarillado (sanitario, pluvial), agua de consumo tratada, teléfono, alumbrado público, servicio de transporte público, internet, recolección de basura, aseo de calles, energía eléctrica, telefónica, etc.

La energía eléctrica llega al 100 % de las viviendas en la zona urbana y el servicio de telefonía fija llega solamente al 25,4 % de las familias.

La cabecera cantonal es donde hay mayor concentración poblacional, en donde existen todos los servicios traducidos en establecimientos educacionales, instituciones públicas y privadas, locales comerciales, entidades bancarias, parques e iglesias.

### 1.1.2. Sectores, clasificación según el Plan de Ordenamiento Territorial

- **Sector 01 (Z1).** Población actual 1800 habitantes, área bruta 41.05 ha., edificación 400 viviendas y promedio familiar 4.5 habitantes.
- **Sector 02 (Z2).** Población actual 626 habitantes, área bruta 50.29 ha., edificación 139 viviendas y promedio familiar 4.5 habitantes.
- **Sector 03 (Z3).** Población actual 437 habitantes, área bruta 20.83 ha., edificación 97 viviendas y promedio familiar 4.5 habitantes.
- **Sector 04 (Z4).** Población actual 959 habitantes, área bruta 40.98 ha., edificación 213 viviendas y promedio familiar 4.5 habitantes.



**Figura 1. Sectores, clasificación.**

*Fuente.* Plan de ordenamiento Territorial de Saraguro.

### 1.1.3. Coeficiente de Ocupación de Suelo (C.O.S)

El Coeficiente de Ocupación de Suelo en su mayor parte está en el rango de 0 - 20 % predomina con un 54.30 % del total (ver tabla 1), esto indica que el área de construcción es la mínima con relación al área de terreno, estos valores se dan en los cuatro sectores. Lo que incrementa la provisión de servicios básicos, debido a las futuras edificaciones que se proyectan.

En la **tabla 1** se muestra el Coeficiente de Ocupación de Suelo, para los sectores existentes en la ciudad.

**Tabla 1. Coeficiente de Ocupación de Suelo.**

COEFICIENTE DE OCUPACIÓN DEL SUELO C.O.S.						
RANGO %	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	TOTAL	
	# Predio	# Predio	# Predio	# Predio	Predio	%
0 – 20	187	99	49	126	461	54.39
20 – 40	72	20	26	41	159	18.73
40 – 60	67	9	12	18	106	12.49
60 – 80	48	4	6	13	71	8.36
80 - 100	26	7	4	15	52	6.12
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	<b>139</b>	<b>97</b>	<b>213</b>	<b>849</b>	<b>100</b>

*Fuente.* Plan de ordenamiento Territorial de Saraguro.

### 1.1.4. Coeficiente de Uso de Suelo (C. U. S.)

En la **tabla 2** mostraremos valores de Coeficiente de Uso de Suelo, los datos del presente cuadro evidencian una similitud con la información del C.O.S. analizado en el punto anterior, esto debido a que las edificaciones en su mayoría son de una planta. En cambio el porcentaje del rango de 80 – 100 % es apenas del 7.42%, lo cual indica el bajo porcentaje de edificaciones de 3 pisos o más.

**Tabla 2. Coeficiente de Uso de Suelo.**

<b>COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN DEL SUELO C.U.S.</b>						
<b>RANGO %</b>	<b>SECTOR 1</b>	<b>SECTOR 2</b>	<b>SECTOR 3</b>	<b>SECTOR 4</b>	<b>TOTAL</b>	
	<i># Predio</i>	<i># Predio</i>	<i># Predio</i>	<i># Predio</i>	<i>Predio</i>	<i>%</i>
0 – 20	185	89	96	109	479	56.42
20 – 40	56	20	0	46	122	14.37
40 – 60	63	16	0	21	100	11.78
60 – 80	61	7	1	16	85	10.01
80 - 100	35	7	0	21	63	7.42
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	<b>139</b>	<b>97</b>	<b>213</b>	<b>849</b>	<b>100</b>

*Fuente.* Plan de ordenamiento Territorial de Saraguro.

### **1.1.5. Determinación de Densidades en el área de estudio**

En el Plan de Desarrollo Territorial Municipal se ha determinado las densidades de superficie útil referidas al Sector 1 que es donde se ubica el presente proyecto, población máxima prevista y densidad neta máxima, resumido de la siguiente forma:

➤ Sector 1.

El sector comprenden las principales calles y avenidas de la ciudad, delimitada de la siguiente manera: Al Norte con la calle Reino de Quito, Al Sur con las calles Fray Cristóbal Sambrano y Guayaquil, Al Este con la calle Azuay y al Oeste con la Av. Calasanz, Luis Fernando Ordoñez y Juan Antonio Montesinos.

Por tratarse de un asentamiento irregular tanto por sus calles y lotes; se manejaran los siguientes criterios: lote promedio de 200 a 400 m<sup>2</sup>, las edificaciones de un piso representan el 85.87% del total, de dos pisos el 11.90%, de tres pisos el 2.24% y de cuatro pisos el 0%. De lo cual se establece que la altura más representativa de la edificación existente en Saraguro es de un piso, propia de asentamientos pequeños; en los cuales predomina el uso residencial de vivienda unifamiliar, algunas veces combinada con pequeños locales dedicados principalmente al comercio de víveres y en menor grado a la provisión de servicios, industria y artesanía.

En las viviendas de un piso se puede permitir el crecimiento de un piso adicional dependiendo del valor patrimonial que tenga para su ejecución. También se debe indicar

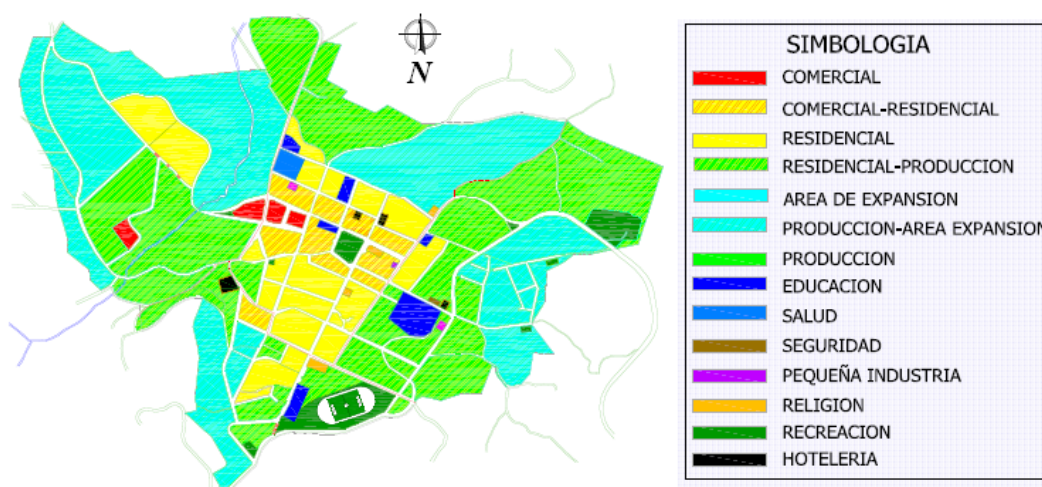
que en el sector existen instituciones públicas y edificios que son rentados por instituciones privadas. En la **tabla 3** se representa la Altura de edificaciones por sectores.

**Tabla 3. Altura de edificaciones por sectores.**

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN SECTORES POR NÚMERO DE PISOS						
NÚMERO DE PISOS	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	TOTAL	
	# Predio	# Predio	# Predio	# Predio	Predio	%
1 PISO	362	122	66	179	729	85.87
2 PISOS	31	13	26	31	101	11.90
3PISOS	7	4	5	3	19	2.24
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	<b>139</b>	<b>97</b>	<b>213</b>	<b>849</b>	<b>100</b>

*Fuente.* Plan de ordenamiento Territorial de Saraguro.

El mayor porcentaje corresponde a vivienda con el 88.46% del total, seguido por el 10.13% de Comercio; en la **figura 1** se indica el uso del suelo urbano. En cuanto a Gestión y al sector Industria/Artesanía, los porcentajes son muy bajos.



**Figura 2. Uso del suelo urbano.**

*Fuente.* Plan de ordenamiento Territorial de Saraguro.

El resumen de datos relacionados con las densidades establecidas por la municipalidad del cantón Saraguro, para el Sector 1, zona donde se insertará el proyecto objeto de nuestro estudio es:

- Superficie útil: 4.7 ha
- No. Predios máximo: 209
- Población máxima a acoger: 2 458 habitantes
- Densidad Neta máxima: 87 habitantes/hectárea
- Índice de crecimiento poblacional 1.71 %

Con los datos indicados se partirá para calcular las proyecciones de demanda y carga.



## **1.2. SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELÉCTRICO**

### **1.2.1. Definición**

Un sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, a distintos niveles de voltaje, ubicados generalmente en diferentes lugares.

Los sistemas de distribución, deben proyectarse de modo que puedan ser ampliados progresivamente, con el fin de asegurar un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura al mínimo costo de operación.

### **1.2.2. Clasificación de los sistemas de distribución por su construcción**

En función de su construcción estos se pueden clasificar en:

#### **➤ Sistemas Aéreos:**

Estos sistemas se caracterizan por su sencillez y economía, razón por la cual su utilización está muy generalizada.

Los sistemas aéreos están constituidos por transformadores, cuchillas, pararrayos, cortacircuitos fusibles, cables desnudos, etc. los que se instalan en postes o estructuras de distintos materiales.

En servicios importantes tales como: Hospitales, edificios públicos, fábricas que por la naturaleza de su proceso de producción no permiten la falta de energía eléctrica en ningún momento; se instalan dos circuitos aéreos de diferentes circuitos de alimentación, esto se realiza independientemente a que la mayoría de estos servicios cuentan con plantas de emergencia con capacidad suficiente para alimentar sus áreas más importantes.

#### **➤ Sistemas subterráneos:**

Estos sistemas se construyen en zonas urbanas con alta densidad de carga y fuertes tendencias de crecimiento, debido a la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje.

Los sistemas subterráneos están constituidos por transformadores tipo interior o sumergibles, cajas de conexión, interruptores de seccionamiento, interruptores de seccionamiento y protección, cables aislados, etc. los que se instalan en lugares definidos de acuerdo a normas técnicas que regulan dichos sistemas eléctricos.

Los principales factores que se deben analizar al diseñar un sistema subterráneo son: Densidad de carga, costo de la instalación, grado de confiabilidad, facilidad de operación, seguridad, etc.

➤ **Sistemas mixtos:**

Este sistema es muy parecido al sistema aéreo, siendo diferente únicamente en que los cables desnudos sufren una transición a cables aislados. Dicha transición se realiza en la parte alta del poste y el cable aislado es alojado en el interior de ductos para bajar del poste hacia un registro o pozo y conectarse con el servicio requerido.

Este tipo de sistema tiene la ventaja de eliminar una gran cantidad de conductores, favoreciendo la estética del conjunto, disminuyendo notablemente el número de fallas en el sistema de distribución y por ende aumentando la confiabilidad del mismo.

### 1.2.3. Clasificación de los sistemas de distribución por el tipo de carga

La finalidad a la cual el usuario destina la energía eléctrica también sirve de criterio para clasificar las cargas de la siguiente forma.

➤ **Redes de distribución para cargas residenciales:**

Que comprenden básicamente los edificios de apartamentos, multifamiliares, condominios, urbanizaciones, etc. Estas cargas se caracterizan por ser eminentemente resistivas (alumbrado y calefacción) y aparatos electrodomésticos de pequeñas características reactivas.

➤ **Redes de distribución para cargas comerciales:**

Es un término colectivo para sistemas de energía, existentes dentro de grandes complejos comerciales y municipales, tales como edificios de gran altura, bancos,

supermercados, escuelas, aeropuertos, hospitales, puertos, etc. Por que generalmente requieren de importantes fuentes de respaldo en casos de emergencia.

➤ **Redes de distribución para cargas industriales:**

Comprende a los grandes consumidores de energía eléctrica, tales como las industrias del acero, químicas, petróleo, papel, etc.; que generalmente reciben el suministro eléctrico en alta voltaje. Es frecuente que la industria genere parte de su demanda de energía eléctrica mediante procesos a vapor, gas o diesel.

➤ **Redes de distribución para cargas de alumbrado público:**

Para contribuir a la seguridad ciudadana en las horas nocturnas se instalan redes que alimentan lámparas de sodio y leds de característica resistiva.

➤ **Redes de distribución para cargas mixtas:**

En este tipo de redes se tienen varias de estas cargas en una misma red de distribución. No muy deseables pues se dificulta el control de pérdidas.

#### 1.2.4. Alimentadores primarios de distribución

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución. Los componentes de un alimentador primario son:

➤ **Troncal:**

Es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia a los ramales. En los sistemas de distribución estos conductores son de calibres gruesos, dependiendo del valor de la densidad de carga.

➤ **Ramal:**

Es la parte del alimentador primario en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media voltaje. Normalmente son de calibre menor al de la troncal.

### **1.2.5. Alimentadores secundarios**

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas de los usuarios.

En la mayoría de los casos estos alimentadores secundarios son circuitos radiales, salvo en los casos de las estructuras subterráneas malladas (comúnmente conocidas como redes automáticas) en las que el flujo de energía no siempre sigue la misma dirección. Los alimentadores secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden clasificar en:

- Monofásico dos hilos.
- Monofásico tres hilos (alimentado desde un transformador monofásico)
- Bifásico tres hilos (alimentado desde un transformador trifásico)
- Trifásico cuatro hilos.

El sistema trifásico cuatro hilos permite distribuir la energía con mayor eficiencia que los demás desde el punto de vista de las pérdidas.

### **1.2.6. Transformadores de distribución**

El transformador, es un dispositivo que no tiene partes móviles, el cual transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía la hace por lo general con cambios en los valores de voltajes y corrientes.

La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influyen en ella, tales como el factor de demanda y el factor de coincidencia.

Los transformadores se fabrican en potencias normalizadas desde 25 hasta 1000 KVA y tensiones primarias de 13.8, 22, y 36 KV. Se construyen en otras tensiones primarias según especificaciones particulares del cliente. Se proveen en frecuencias de 50-60 Hz. Para sistemas de distribución aéreos por su construcción y requerimiento existen los siguientes tipos de transformadores:

### 1.2.6.1. Transformadores convencionales

Están diseñados para instalarlos en poste en redes de electrificación suburbanas monofilares, bifilares y trefilares, sus tensiones primarias más usadas son de 13.8 y 22 KV.

Los transformadores de este tipo (**figura 2**) constan de núcleo, bobinas acopladas en un tanque cargado con aceite y bujes de medio voltaje. El tipo convencional incluye solo la estructura básica del transformador sin equipo de protección alguna. La protección deseada por sobre voltaje, sobrecarga y cortocircuito se obtiene usando pararrayos e interrupciones primarias de fusibles acoplados separadamente en el poste o en la cruceta muy cerca del transformador.



**Figura 3. Transformador Convencional.**

*Fuente:* [www.frino.com.ar/transformador.htm](http://www.frino.com.ar/transformador.htm)

### 1.2.6.2. Transformadores Auto Protegidos

El transformador incorpora componentes para protección del sistema de distribución contra sobrecargas, corto-circuitos en la red secundaria y fallas internas en el transformador (**figura 3**), para esto posee fusibles de medio voltaje y disyuntor de bajo voltaje, montados internamente en el tanque. Para protección contra sobretensiones el

transformador está provisto de dispositivo para fijación de pararrayos externos en el tanque.



***Figura 4. Transformador Autoprotegido.***

Fuente: [www.frino.com.ar/transformador.htm](http://www.frino.com.ar/transformador.htm)

### **1.2.7. Centros de transformación**

Los centros de transformación deben ser lo suficientemente amplios y cómodos; para instalar cada uno de los equipos que componen el centro de transformación, además de brindar seguridad, facilidad para operar y realizar maniobras; puede ser aéreo acoplado en postes y subterráneo en una cámara de transformación.

### **1.3. CONDUCTOR ELÉCTRICO**

Es el componente fundamental de las redes de distribución, ya que su misión es conducir la energía eléctrica a largas distancias. Por la característica de los materiales suelen ser de Cu o Al. Deben presentar una pequeña resistencia eléctrica (para minimizar las pérdidas por efecto Joule), y una adecuada resistencia mecánica.

#### **1.3.1. Aislamiento de los conductores**

Es el elemento del cable que evita un contacto eléctrico del conductor con partes metálicas de la instalación o con otras partes activas. Además, dependiendo del tipo de cable y de el voltaje la que este diseñado, existen otros elementos que tiene por objeto lograr el mejor aprovechamiento de las cualidades de los aislamientos y la preservación de esas cualidades.

Los conductores utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre, aluminio o aleaciones; y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos; mientras que para los sistemas aéreos serán desnudos o aislados. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen. Los cables podrán ser de uno o más conductores y de voltaje asignado. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de voltaje previstas.

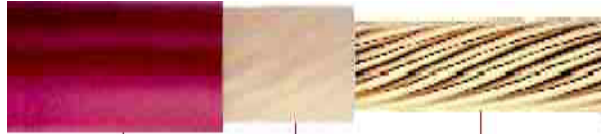
#### **1.3.2. Conductores para Medio Voltaje**

Se componen principalmente de materiales de aluminio y aleaciones de Al, que tradicionalmente se usaban en sistemas aéreos, que pueden ser desnudos. De cobre con aislamiento tipo XLPE o similares, para sistemas subterráneos respectivamente. Entre los conductores para medio voltaje aéreos tenemos algunas aleaciones de aluminio como ACSR, ASC, 5001.

#### **1.3.3. Conductores para Bajo Voltaje**

Para bajo voltaje se utilizan cables de cobre o aluminio con aislamiento o desnudos (sistema subterráneos o aéreos, respectivamente). Para sistemas subterráneos tenemos el

tipo TTU, que pueden ser directamente enterrados en lugares secos o húmedos. La chaqueta es XLPE – PVC (**figura 4**), resistente a la humedad.



**Figura 5. Conductores para bajo voltaje tipo TTU.**

*Fuente. CENTELSA.*

#### **1.3.4. Instalación de conductores subterráneos**

La determinación del tipo de instalación de los conductores es de vital importancia, debido a que tiene gran influencia en la capacidad de conducción de corriente. Los tipos de instalación más utilizados se describen a continuación.

##### ➤ **Conductores directamente enterrados.**

La instalación de conductores directamente enterrados se hace en lugares donde la apertura de zanjas no ocasiona molestias. La capacidad de conducción de corriente, es mayor que en instalaciones en ductos, debido a la mayor capacidad de disipación térmica del terreno.

##### ➤ **Conductores en ductos subterráneos.**

La instalación de conductores en ductos subterráneos es la mejor alternativa cuando el sistema de cables tenga que atravesar zonas construidas, caminos o cualquier otro sitio en donde permite con facilidad cambiar o aumentar la cantidad de conductores.

#### **1.3.5. Acometidas bajo voltaje subterráneas**

La acometida en bajo voltaje tomada desde la red subterránea hasta el tablero de medidores o tablero general, deberá tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:



- Su derivación se diseñará desde la red subterránea de bajo voltaje más próxima, se lo efectuara por medio de los empalmes adecuados.
- Se diseñará los pozos y zanjas de acuerdo a las formas y tamaños especificados por la EERSSA, de así requerirlo.
- La acometida terminará en un tablero de medidores o tablero general el cual contendrá la protección general y protecciones secundarias.

#### **1.3.5.1. Empalmes para Derivar Redes Subterráneas de Bajo Voltaje**

En los pozos de revisión se realizarán las uniones o empalmes de las acometidas de bajo voltaje, desde las redes de bajo voltaje subterráneas, requiriéndose utilizar una adecuada conexión que garantice hermeticidad, seguridad de conexión y facilidad de instalación.

En el mercado encontramos elemento adecuado para usarse en redes de distribución subterráneas como Barraje de Distribución Sumergible (**figura 5**), que usa un producto denominado “PowerGel” para evitar el ingreso de humedad. Este barraje de distribución es rentable, permite conexión y desconexión en forma sencilla.



**Figura 6. Barraje de Distribución Sumergible.**

*Fuente.* Los Autores.

#### **1.3.5.2. Empalmes para alumbrado público**

El empalme de derivación debe permitir aislar y encapsular fácilmente sin necesidad de cortar el cable principal.

### 1.3.6. Marcaje e Identificación de Cables

La identificación de cables y circuitos se realizará en medio y en bajo voltaje, en los centros de transformación y en cada uno de los pozos de revisión. Se utilizarán adecuadas cintas marcadoras adhesivas de plástico que permitan la impresión permanente de letras y números (**figura 7**).



**Figura 7. Identificación de cables.**

*Fuente.* Los Autores.

## 1.4. SISTEMAS DE DISTRIBUCION

### 1.4.1. Sistema de distribución eléctrico radial

Los sistemas radiales (**figura 8**) consisten en poseer un conjunto de alimentadores de medio voltaje, que suministran potencia en forma individual, a un grupo de transformadores. Cuando una red radial alimenta a transformadores, se obtienen las redes de distribución de bajo voltaje, normalmente trifásicas de cuatro hilos, y siempre del tipo sólidamente aterrizadas. Una desventaja de los sistemas radiales es que al fallar un transformador o su alimentador en alto voltaje, todos los clientes de bajo voltaje asociados a ese transformador quedan sin suministro. No son redes que aseguren una buena continuidad del servicio, pero son económicas.

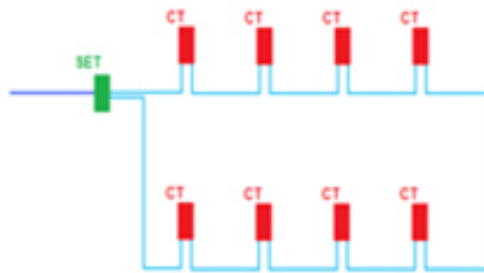


**Figura 8. Sistema de distribución eléctrico radial.**

*Fuente. Los Autores.*

### 1.4.2. Sistema de distribución eléctrico en anillo

Los sistemas anillados en medio voltaje (**figura 9**), se caracterizan por tener el lado primario del transformador conectado a una barra donde le llegan dos puntos de alimentación, proporcionando así una continuidad del servicio en caso de que ocurra una falla en alguno de los extremos de alimentación. Pudiéndose suministrar la energía por el punto de alimentación que está en operación sin falla. Una gran ventaja que presenta esta topología es la continuidad del servicio no así en un circuito radial.



**Figura 9. Sistema de distribución eléctrico en anillo.**

*Fuente. Los Autores.*

### 1.4.3. Objetivo de los sistema de distribución eléctrico

Aunque tipos específicos de equipos cumplen requerimientos particulares de servicio, todos tienen varios objetivos en común como:

- **Confiabilidad:**

Las redes subterráneas sirven típicamente a áreas de alta densidad de carga. Como resultado, una falla sin controlar en un área podría afectar el servicio a varios clientes. La necesidad de confiabilidad se vuelve obvia en esta situación.

- **Instalación:**

Los dispositivos creados para ser usados en redes de distribución deben ser simples de instalar con requerimientos mínimos de espacio.

- **Economía:**

Minimizando las complicaciones de la instalación y maximizando su confiabilidad, los dispositivos usados para sistemas subterráneos se vuelven económicos.

- **Versatilidad:**

Los dispositivos usados en las redes de distribución deben permitir una fácil adaptación a la red para necesidades actuales y futuras.

- **Seguridad:**

La seguridad en el diseño incluye el suministro de tolerancias de diseño, hacer la instalación fácil, libre de errores y permitiendo su operación bajo condiciones no ideales.

## **1.5. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA**

### **1.5.1. Generalidades**

El conocimiento de las características eléctricas de un sistema de distribución y la aplicación de los conceptos fundamentales de la teoría de la electricidad son quizá los requisitos más esenciales para diseñar y operar en forma óptima un sistema de esta naturaleza.

Desafortunadamente, aunque el ingeniero que planea un sistema de distribución tiene la libertad de seleccionar los diversos parámetros que intervienen para el diseño del mismo, existe uno importante y decisivo para diseñar y operar dicho sistema, el cual queda fuera del entorno del sistema de distribución y es la carga.

El estudio de las cargas y sus características abarca no solamente los diversos tipos de aparatos que se usan y su agrupación para conformar la carga de un consumidor individual, sino también del grupo de consumidores que integran la carga de una zona o del sistema de distribución.

Por lo que es necesario analizar las diferentes clases de cargas de tipo residencial combinadas con otros tipos de carga; para observar la influencia que tendrán en la carga general de un alimentador y éste a su vez en la carga total de una subestación.

En la ingeniería de los sistemas de distribución existen algunos parámetros que explican claramente las relaciones de cantidades eléctricas que pueden determinar los efectos que puede causar la carga en el sistema de distribución.

A continuación se presenta la definición de los parámetros más importantes y útiles para el diseño de un sistema de distribución.

### **1.5.2. Carga instalada**

La carga de cada usuario se clasificara de acuerdo con su localización geográfica, destacando peculiaridades típicas en cada zona. Así como por ejemplo en la zona urbana central de cualquier ciudad se tendrá una elevada densidad de carga, con consumidores constituidos por edificios de oficinas y comercios, así mismo; en una zona urbana habrá

densidades de carga menores, predominando las cargas de tipo residencial; hay algunas zonas que originan cargas de tipo de valor elevado con cargas de tipo industrial medio.

### 1.5.3. Demanda media

La demanda eléctrica es el consumo real de potencia eléctrica por parte de una carga y para su evaluación se toma en cuenta algunos factores importantes ya sea de medición o analíticos. Es la relación entre el consumo promedio en un determinado intervalo de tiempo (**f 1.1**).

$$D \text{ media} = \frac{\text{Consumo promedio}}{\text{Tiempo}} \quad (f 1.1)$$

### 1.5.4. Demanda máxima

Demanda máxima es la carga o potencia máxima que se puede tener en una instalación. Se le llama también demanda máxima medida, demanda o carga pico, (**f 1.2**).

$$D \text{ máxima} = \frac{D \text{ media}}{F_c} \quad (f 1.2)$$

### 1.5.5. Factor de demanda

El factor de demanda (FD) es la relación entre la demanda máxima (demanda pico) y la potencia instalada del sistema analizado (**f 1.3**).

$$FD = \frac{D \text{ máxima}}{\text{Carga Instalada}} \quad (f 1.3)$$

### 1.5.6. Factor de carga

El factor de carga (FC) es la relación entre la demanda promedio de un período establecido con respecto a la demanda máxima del mismo período (**f 1.4**). El factor de carga es mayor que cero y es menor o igual a la unidad.

$$F_c = \frac{D_{media}}{D_{máxima}} \quad (f 1.4)$$

### 1.5.7. Factor de utilización

El factor de utilización ( $F_u$ ) de un sistema de distribución es la relación entre demanda máxima y la capacidad nominal del sistema de distribución que lo suministra.

El factor de utilización es adimensional (**f 1.5**), por tanto la demanda máxima y la capacidad del sistema de distribución se deberán expresar en las mismas unidades. Se puede decir entonces que mientras el factor de demanda expresa el porcentaje de potencia instalada que ésta siendo alimentada, el de utilización establece que el porcentaje de la capacidad del sistema de distribución está siendo utilizado durante el pico de carga. Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$F_u = \frac{D_{máxima\ del\ sistema}}{Capacidad\ del\ sistema} \quad (f 1.5)$$

### 1.5.8. Factor de Potencia

El factor de potencia ( $fp$  o  $\cos \phi$ ) es la relación de la potencia activa entre la potencia aparente (**f 1.6**).

$$fp = \cos \phi = \frac{P}{S} \quad (f 1.6)$$

Donde:

P=Potencia activa.

S=Potencia aparente.

### 1.5.9. Energía Eléctrica

La energía eléctrica se define como el trabajo que puede realizar una potencia eléctrica dada en un intervalo de tiempo, por tanto se puede definir mediante la expresión (**f 1.7**):



$$E = P \cdot t \quad (f1.7)$$

Donde:

P=Potencia activa.

t=tiempo.

La unidad utilizada para su cuantificación es el Kilovatio-hora [Kw-h].

#### **1.5.10. Factor de coincidencia**

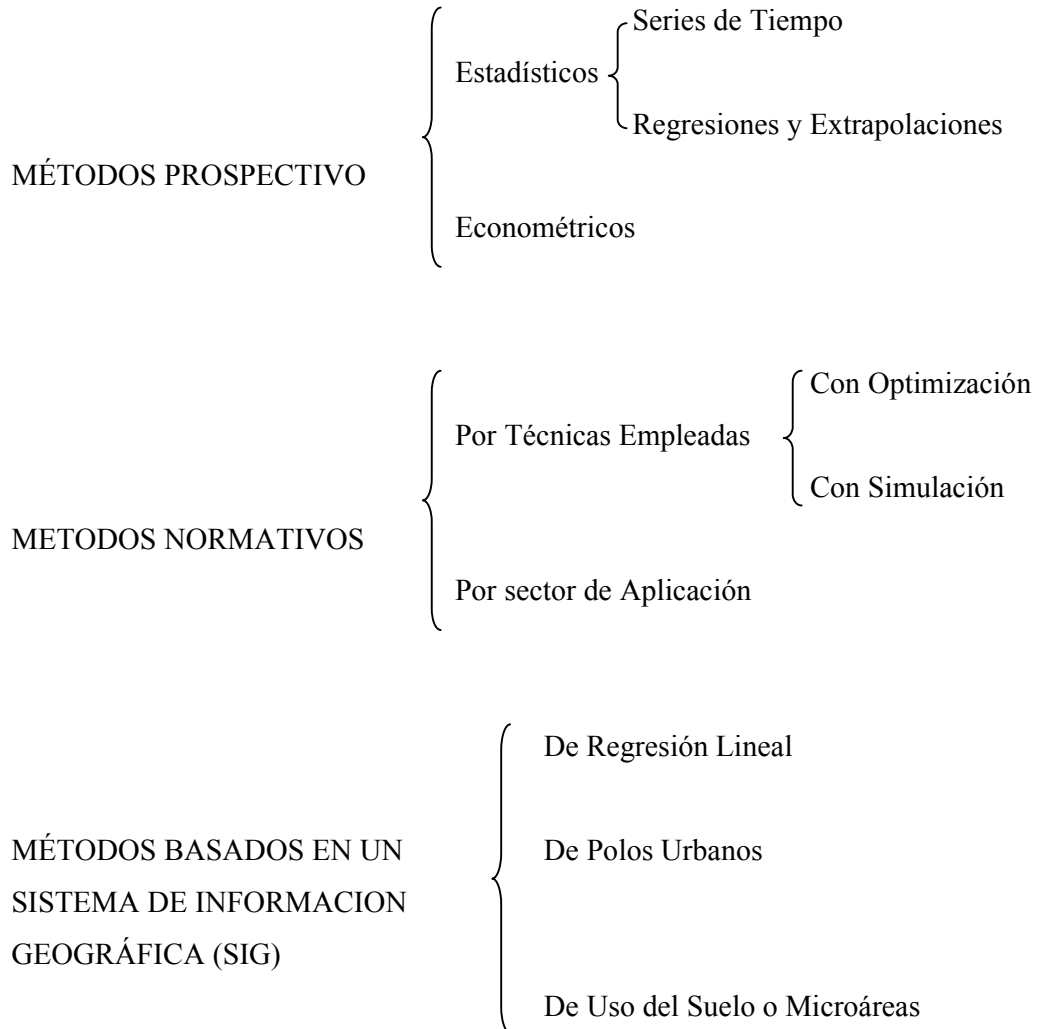
El factor de coincidencia nunca es mayor que la unidad. El factor de coincidencia puede considerarse como el porcentaje promedio de la demanda máxima individual de un grupo que es coincidente en el momento de la demanda máxima del grupo.

#### **1.5.11. Curvas de Carga**

La curva de carga es una representación gráfica de la potencia eléctrica solicitada por el consumidor eléctrico en función del tiempo. Esta curva debe tener valores característicos y que no se alejen de los valores promedios de consumo. El área bajo la curva de carga representa la energía eléctrica consumida durante ese período y viene expresada en Kilovatios-hora [Kw-h].

## 1.6. METODOS DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.

La proyección de la demanda puede ser realizada utilizando diferentes métodos que pueden ser agrupados en tres categorías:



### 1.6.1. Métodos prospectivo

#### ➤ Métodos Estadísticos

Son aquellos que basan la previsión de la demanda futura en lo que ocurrió en el pasado, a través de reflejarlo en series estadísticas conservadas como referencia en las empresas eléctricas. Dentro de este grupo se distinguen dos opciones: Series de Tiempo, Regresiones y extrapolaciones.

### ➤ **Métodos Econométricos**

Pretenden presentar cualitativamente las relaciones causales de variables económicas con aquella del interés particular, en el caso presente la energía.

#### **1.6.2. Métodos normativos**

Estos tratan de romper la economía en subsistemas, para luego encontrar los parámetros clave para cada subsistema.

#### **1.6.3. Métodos basados en un Sistema de Información Geográfica (SIG)**

La implementación de los métodos de previsión de la demanda se ve simplificada gracias a la potencialidad de los SIG. En primer lugar, la digitalización y limpieza de los mapas digitalizados son operaciones que se simplifican enormemente con la utilización de herramientas automatizadas o semi-automatizadas que permitan la captura de entidades gráficas (polígonos, líneas y puntos) y su asociación a una clave identificativa. A estos se los ha clasificado en tres grupos que son: método de regresión lineal, el método de polos urbanos y método de uso del suelo o microáreas. A continuación se explica el método de uso del suelo o microáreas ya que será el método que se empleará en el presente estudio.

### ➤ **Método de uso del suelo o microáreas**

Este método maneja datos de la demanda eléctrica histórica, datos históricos del censo de población, datos históricos del censo comercial, datos de infraestructura y ordenación urbana.

El área urbana se la maneja en base de sectores geoméricamente regulares, obtenidos por la superposición de una retícula, sobre la zona y subdividiendo la cuadrícula base en los sectores de mayor densidad de carga. Se adopta este sistema con el objeto de facilitar el manejo de las diversas bases de datos que deberán superponerse para un sector específico y que tienen diferentes bases geográficas.

A la colección de datos eléctricos habría que añadir la información estadística correspondiente y los índices económicos de cada sector considerado. Como información particular adicional se incorporarán las proyecciones de desarrollo de las instituciones públicas y privadas que se hayan podido concretar en requerimientos futuros de energía y potencia, que serán cargas puntuales geográficamente definidas y que deberán ser consideradas en la proyección.

Las interrelaciones existentes entre los diferentes factores deben ser determinados para las condiciones actuales e históricas y proyectadas hacia el futuro con el fin de obtener las demandas esperadas.

La demanda eléctrica urbana por microáreas, mantiene una tendencia en forma de “S”, con un desarrollo inicial lento, que adquiere mayor rapidez cuando la promoción del sector está en plenitud y finalmente entra en una etapa de saturación hacia el final de su evolución.

Para cada microárea se establecerá su tendencia de desarrollo en función de la utilización del suelo prevista, con los datos históricos y actuales se determinará la etapa de desarrollo en que se encuentra hoy día, para que así quede definida la demanda que se esperaría para los próximos años.

Habiendo realizado la proyección de demanda para todas y cada una de las microáreas en que se dividió la zona del estudio, se consolidará la demanda total, a los diversos años de control para compararla con la demanda proyectada a nivel global y eliminar discrepancias realizando ajustes a la proyección por microárea para concordar entre las dos. Debe mencionarse que si la proyección por microáreas ha sido cuidadosamente realizada, los ajustes necesarios serán de carácter totalmente menor y permitirán trasladar el exceso de abonados distribuido en áreas existentes, con sujeción al plan regulador, hacia zonas libres que se incorporarán hacia el futuro.

Se deberá tener en cuenta que la previsión de demanda de todas maneras, sigue siendo una suerte de adivinanza, que por más estudiada y educada que ésta sea, mantiene una incertidumbre que, tranquilamente, la mantendrá en un margen de +/- 10% de la

realidad. Con esto se quiere aclarar que a lo largo de una planificación debe mantenerse presente la posibilidad de la necesidad futura de adelantar o retrasar obras previstas para cierta época específica, lo cual será determinado con suficiente anticipación, siempre y cuando, se mantenga un seguimiento continuo de la evolución real de la demanda.

## 1.7. NORMATIVA DE LA EERSSA EN EL ÁREA DEL PROYECTO

### 1.7.1. Generalidades

El área de concesión de la EERSSA presenta una normativa para los diseños eléctricos de distribución de medio y bajo voltaje, los mismos que se deben cumplir obligatoriamente según lo establece el reglamento.

### 1.7.2. Niveles de voltaje

**Alto Voltaje:** Se mantiene un nivel de voltaje de 69 KV, destinado específicamente al sistema de subtransmisión.

**Medio Voltaje:** Se tiene dos niveles de voltaje en zonas bien definidas:

- Zona de Loja, corresponde a toda la provincia de Loja en la cual el sistema de distribución opera a un voltaje de 13.8/7.962 KV.
- Zona Oriental, corresponde a la provincia de Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza, en la cual el sistema de distribución opera a un voltaje de 22/12.7 KV.

**Bajo Voltaje:** Para servicio monofásico, monofásico a tres hilos o trifásico.

- Sistema monofásico de distribución 240/120 V.
- Sistema trifásico de distribución 220/127 V ó 208/120 V.
- Otras tensiones solicitadas en sistemas industriales serán servidas desde el secundario del transformador a instalar, según el requerimiento.

### 1.7.3. Criterios de Diseño

Las líneas aéreas de medio voltaje, centros de transformación y las redes de bajo voltaje subterráneas se proyectarán para un periodo de 30 años.

#### 1.7.4. Nivel de aislamiento

Los equipos como transformadores, seccionadores, pararrayos, capacitores, etc. que se instalen en el sistema de distribución deben cumplir con los siguientes niveles de aislamiento (**tabla 4**).

**Tabla 4. Nivel de aislamiento.**

Nivel de voltaje (KV)	Nivel de aislamiento BIL (KV)
13.80	95
22	125
69	350

*Fuente.* Normativa de la EERSSA.

#### 1.7.5. Demanda máxima unitaria proyectada, urbanizaciones, lotizaciones y proyectos rurales

Las demandas máximas proyectadas serán consideradas tomando en consideración el área de los lotes en el sector urbano (**tabla 5**) y el tipo de clientes para el sector rural (**tablas 6**).

**Tabla 5. Demanda máxima unitaria sector Urbano.**

ÁREA PROM. DE LOTES (m <sup>2</sup> )	TIPO CLIENTE	DMUp (Kva) (10 años)
A > 400	A	4.48
300 < A > 400	B	2.35
200 < A > 300	C	1.33
100 < A > 200	D	0.82
A < 100	E	0.56

*Fuente.* Normativa de EERSSA.

**Tabla 6. Demanda máxima unitaria sector Rural.**

<b>TIPO DE SECTOR</b>	<b>TIPO DE CLIENTE</b>	<b>DMUp (Kva) (10 años)</b>
Periferia ciudad	N	0.60
Centro Parroquial	G	0.50
Rural	H	0.40

*Fuente.* Normativa de EERSSA.

### **1.7.6. Demanda Máxima Proyectada, Urbanizaciones, Lotizaciones y proyectos rurales**

En un punto considerado, se determina de acuerdo a la **f 1.8**:

$$DMP = DMUp * N * FC \quad (f 1.8)$$

Donde:

DMP = Demanda máxima proyectada en el punto dado (KVA).

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada (KVA).

N = Número de clientes.

FC = Factor de coincidencia, dado por la **f 1.9**:

$$FC = N^{-0.0944} \quad (f 1.9)$$

### **1.7.7. Demanda Máxima Total de Diseño (DMD)**

La demanda máxima total de diseño viene dada por la **f 1.10**, en la que se incorpora además de la demanda de los abonados típicos, las cargas especiales como alumbrado público y otros incidentes para el cálculo:

$$DMD = DMP \text{ (diferentes usuarios)} + AP + Ce \quad (f 1.10)$$



Donde:

DMD = Demanda máxima de diseño, en KVA

DMP (diferentes usuarios) = Demanda máxima proyectada en el punto dado, en KVA.

AP = Carga de Alumbrado Público.

Ce = Cargas especiales puntuales

### 1.7.8. Capacidad de los transformadores

La capacidad de los transformadores se calcula según la demanda máxima (DMD). Todos los transformadores deben cumplir con las normas NTE INEN 2114 y 2115, normas referidas a las máximas pérdidas admisibles en los transformadores, además debe considerarse que el aceite de los transformadores no debe tener contenidos de PCB.

Para determinar la capacidad de los transformadores, deberá considerarse los valores de demanda máxima de diseño (DMD) y el factor de sobrecarga (FS), para lo cual se deberá aplicar la **f 1.11**:

$$DMDT = DMD \times FS \quad (f 1.11)$$

Donde:

DMDT= Demanda Máxima de Diseño del Transformador. [KVA]

DMD = Demanda Máxima de Diseño. [KVA]

FS = Factor de Sobrecarga.

El factor de sobrecarga (FS) de los transformadores se la toma de la **tabla 7**.

**Tabla 7. Factor de sobrecarga.**

CATEGORIA	FS
A	0.9
B y C	0.8
D.....H	0.7

*Fuente.* Normativa de EERSSA.

En las redes de distribución aéreas los transformadores monofásicos a instalarse serán de tipo autoprotectidos (CSP), con acepción de banco de transformadores y casos especiales plenamente justificados.

La instalación de transformadores convencionales conlleva la instalación de protecciones como pararrayos y seccionador fusibles en medio voltaje y en bajo voltaje un interruptor termomagnético.

Los transformadores de capacidad inferior a los 75 KVA se los podrá instalar en estructuras de un solo poste, desde los 75 KVA hasta los 200 KVA en castillos conformados por dos postes y para potencias mayores la EERSSA solicitará que los transformadores sean instalados en cabinas.

### **1.7.9. Cálculo de caída de voltaje**

Para el cálculo de caída de voltaje se aplicará el método de momento de potencia aparente de cada conductor para 1% de caída de voltaje, para el cual se aplicara los valores de KVA x Km para medio voltaje y KVA x m para bajo voltaje. Los factores de caída de voltaje FDV para el material a utilizarse (Aluminio y cobre) a diferentes niveles de voltaje se lo desarrollan en la **tabla 8 y 9**.

**Tabla 8. Factor de caída de Voltaje – Aluminio (13800-6720).**

Calibre Conductor Fase/Neutro	13 800 – 6 720 V								
	ACSR			6201			ASC		
	1F-2C	2F-3C	3F-4C	1F-2C	2F-3C	3F-4C	1F-2C	2F-3C	3F-4C
4 (4)	215	863	1292	211	844	1263	210	842	1260
2 (4)	261	1046	1565	255	1024	1532	254	1021	1527
2 (2)	330	1323	1977	323	1297	1938	322	1291	1930
1/0 (2)	397	1593	2379	389	1562	2333	387	1555	2323
2/0 (2)	427	1716	2562	419	1684	2514	417	1677	2504
2/0 (1/0)	544	2187	3261	534	2147	3202	532	2138	3188
3/0 (1/0)	583	2346	3498	579	2330	3473	577	2321	3460
3/0 (2/0)	649	2615	3895	646	2602	3876	644	2594	3863
4/0 (1/0)	632	2546	3793	621	2499	3724	618	2489	3709
4/0 (2/0)	711	2865	4265	699	2815	4191	696	2805	4176

Fuente. Normativa de la EERSSA.

**Tabla 9. Factor de caída de voltaje (220-127).**

Calibre Conductor Fase / Neutro	Cobre		
	220 – 127 V.		
	1 F - 2C	2 F - 3C	3 F - 4C
10 (10)	21	83	125
8 (8)	33	132	197
6 (8)	40	161	242
6 (6)	52	208	311
4 (6)	63	254	380
4 (4)	81	325	488
2 (4)	99	397	595
2 (2)	127	507	760
1/0 (2)	154	617	926
1/0 (1/0)	196	783	1174
2/0 (2)	165	662	993
2/0 (1/0)	214	856	1284
2/0 (2/0)	235	941	1411

3/0 (1/0)	237	946	1420
3/0 (2/0)	263	1051	1577
3/0 (3/0)	297	1187	1780
4/0 (1/0)	255	1021	1532
4/0 (2/0)	286	1144	1717
4/0 (4/0)	362	1446	2169
250 (2/0)	302	1210	1815
250 (4/0)	388	1552	2328
250 (250)	414	1657	2485
300 (2/0)	319	1277	1915
300 (4/0)	416	1664	2496
300 (300)	481	1926	2888
350 (2/0)	331	1326	1989

*Fuente.* Normativa de la EERSSA.

#### **1.7.9.1. Caída de voltaje admisible para red primaria**

Los límites máximos de caída de voltaje considerados desde el punto de salida de la subestación hasta el transformador más alejado eléctricamente en el proyecto, no debe exceder los siguientes valores:

Área Urbana            3.5%

Área Rural              7.0%

Para su cómputo, la EERSSA facilitará el valor de caída de voltaje en el punto de arranque del proyecto.

#### **1.7.9.2. Caída de voltaje admisible para red secundaria**

La máxima caída de voltaje se calcula desde el transformador hasta la vivienda más alejada eléctricamente (red de distribución secundaria sumada la acometida), este valor no deberá exceder los siguientes límites:

Área Urbana            4.5%

## Área Rural 5.5%

Para el caso de edificios o edificaciones, el proyectista deberá incluir el cálculo de la caída de voltaje hasta el tablero de distribución principal más alejado, debiendo cumplir además con los límites establecidos.

### **1.7.10. Diseño eléctrico**

La configuración de las redes o alimentadores primarios pueden ser monofásicos, bifásicos o trifásicos.

#### **1.7.10.1. Determinación del conductor**

El conductor en medio voltaje se determina en función de la carga y caída de voltaje permisible descrita anteriormente, para su cálculo la EERSSA proporcionara al proyectista los valores de caída de voltaje y las pérdidas de potencia en el punto de arranque del diseño eléctrico.

El conductor a utilizarse será de aluminio reforzado con acero tipo ACSR o cables de aleación de aluminio tipo 6201.

Los sistemas aéreos pueden tener los siguientes calibres de conductores: 4 (4), 2 (4), 1/0 (2), 2/0 (2), 4/0 (1/0) AWG, el hilo del neutro se especifica entre paréntesis. Por ningún motivo se puede utilizar conductores de calibres menores a los señalados.

#### **1.7.10.2. Acometida para Medio Voltaje**

Partiendo de los reglamentos de la EERSSA, el cable a utilizarse para las fases será monopolar, con aislamiento XLPE o similar (EPR), y para el neutro conductor de cobre desnudo cableado. El calibre del cable será como mínimo el 2 AWG.

La acometida en medio voltaje tomada desde la red aérea hasta la cabina de transformación o al transformador pad mounted, deberá tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el poste de arranque se deberán instalar seccionador fusibles tipo abiertos, pararrayos y puntas terminales tipo exterior.

- La bajante deberá ser a través de tubería EMT, amarrada al poste con cinta metálica eriband; además se colocarán codos reversibles.
- Los pozos y zanjas se diseñarán de acuerdo a las formas y tamaños especificados por la EERSSA.
- De ser el caso se proyectará una cabina de transformación contemplando las obras civiles.
- Se diseñará una acometida en bajo voltaje hasta el tablero de medidores o tablero de distribución general.

#### **1.7.10.3. Protecciones**

En todas las derivaciones trifásicas y en las monofásicas se instalara seccionadores fusibles.

- Cada 3 km de red de distribución o alimentador primario se instalara seccionadores fusible y pararrayos.
- Los seccionadores fusibles tipo abierto, serán de 100 A de capacidad.
- Cuando se diseñe la instalación de seccionadores – fusibles o de barra en los recorridos principales de los alimentadores, deberá consultarse su capacidad en la EERSSA.
- Los niveles de aislamiento de los sistemas de medio y bajo voltaje serán los recomendados en la EERSSA.

#### **1.7.10.4. Derivaciones de alimentadores primarios o redes de distribución**

En un poste que contenga medio voltaje trifásico, se permitirá una sola derivación trifásica, para realizar mas derivaciones será necesario cambiar el poste con una de mayor altura.

Para postes que contengan medio voltaje monofásico, se permitirá un máximo de dos derivaciones monofásicas.

### 1.7.11. Obras civiles

#### 1.7.11.1. Pozos de revisión

Se normalizan por la EERSSA los siguientes tipos de pozos (**Tabla 10**):

**Tabla 10. Pozos de revisión normalizados.**

Tipo	Dimensiones Pozo (cm)	Material Paredes	Uso
A	150 X 80 X 150	Ho simple	Medio y bajo voltaje
B	68 X 68 X 120	Ladrillo	Medio y bajo voltaje
C	50 X 50 X 40	Ladrillo	Bajo voltaje y AP
D	30 X 30 X 40	Ladrillo	Bajo voltaje y AP

*Fuente:* Normativa de EERSSA.

En la red subterránea, los cables deberán ser colocados dentro de tubería de PVC, de diámetro de 2, 3 y 4” según sea el caso.

La EERSSA determinará la forma constructiva de las redes subterráneas para los centros cantonales del área de concesión, pudiendo ser esta en ductos o directamente enterradas. En caso de redes directamente enterradas, deberá colocarse tubería de PVC en la salida y entrada a los pozos de revisión. Las tapas deben ser de Ho Ao de 10cm de espesor y se colocará en su borde un marco de hierro ángulo.

#### 1.7.11.2. Zanjas

- **Zanja # 1:** La canalización para medio voltaje debe ser de 60cm de ancho por 110cm de profundidad. El relleno se realizará de la siguiente manera: los primeros 10cm rellenos de arena, luego se colocará la tubería de PVC para bajo voltaje y alumbrado público, estas tuberías estarán rodeadas de arena, sobre éstas se colocará una capa de ladrillo, para finalmente ponerse 45cm de relleno compactado y replantillo de grava.

- **Zanja # 2:** La canalización para bajo voltaje debe ser de 50cm de ancho por 50cm de profundidad. El relleno se realizará de la siguiente manera: los primeros 10cm con arena, luego se colocará la tubería de PVC rodeado de arena, sobre esta una capa de ladrillos, para finalmente ponerse 30cm entre relleno compactado y replantillo de grava.

El compactado del terreno se realizará por capas, cada 15cm. La tubería a utilizarse en la canalización subterránea será de PVC corrugada doble pared o tubería conduit metálica.

### **1.7.12. Alumbrado de vías**

El diseño de instalaciones para distribución de energía en áreas urbanas y en centro poblados rurales, deberá considerar conjuntamente el equipamiento y el control automático de luminarias; para proveer de iluminación a las vías públicas, plazas y espacios verdes de uso comunal pertenecientes al proyecto en cuestión.

El diseño en consecuencia comprenderá la determinación de los niveles de iluminación y factores de uniformidad, la selección de las fuentes luminosas y artefactos de iluminación.

#### **1.7.12.1. Tipos y características de luminarias**

Las características de fotometría deben corresponder a la clasificación de la norma CIE 12 (Comisión Internacional de Iluminación). Todos los accesorios de las luminarias deberán resistir a los efectos ambientales.

La cubierta inferior (tapa) podrá ser de vidrio, acrílico transparente o policarbonato transparente. Las luminarias deberán tener un grado mínimo de hermeticidad IP55 para el conjunto eléctrico e IP 65 para el conjunto óptico.

Las luminarias a ser utilizadas para el alumbrado público de calles y avenidas del área urbana serán de vapor de sodio de alta presión de tipo cerradas de 70, 100, 150, 250 y 400 vatios. En el área rural se aceptará el alumbrado público con luminarias de vapor de sodio tipo abiertas de 70 vatios.



### **1.7.12.2. Niveles de iluminación y factores de uniformidad**

Los valores a adoptarse en el diseño del alumbrado de vías, espacios públicos son función de la intensidad de tráfico vehicular y peatonal, los cuales a su vez se encuentran asociados con las dimensiones, características de las calzadas y aceras.

En las intersecciones, el nivel de iluminación, deberá ser como mínimo, igual a la suma de los niveles adoptados para las vías que se interceptan.

### **1.7.12.3. Conductor para alumbrado público**

Los circuitos a diseñarse serán independientes, conformados por los conductores de fase aislamiento tipo TTU o plastiplo, para la protección mecánica se utilizará manguera de polietileno. No se aceptará conductores tipo TW. Cada uno de los circuitos tendrá una capacidad máxima de 30 amperios.

### **1.7.12.4. Caídas de voltaje por alumbrado público**

Para el cálculo de la caída de voltaje en cada punto, debe considerarse la potencia de las luminarias (lámpara y reactor), incluidos su factor de potencia que para todos los casos se establece en 0.85, la caída de voltaje permisible será del 2%.

### **1.7.12.5. Terminología a usar para el estudio luminotécnico**

Para los efectos del presente estudio los siguientes términos relativos a las instalaciones y operaciones asociadas al Alumbrado Público de Vías de Tráfico Vehicular, tienen el significado y alcance que en este capítulo se indica.

- **Flujo Luminoso o lúmen**

Potencia emitida por una fuente de luz en forma de radiación visible y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, expresada en lúmen (lm).

- **Índice de Protección (Código IP)**

Sistema de clasificación del grado de protección contra el ingreso de polvo y agua que presentan las luminarias.

- **Factor de uniformidad de la iluminancia**

Es la razón entre la iluminancia mínima y la iluminancia promedio en un plano especificado.

- **Candela.**

Es la unidad de intensidad lumínica, equivalente a la cantidad de flujo lumínico de 12.57 lúmenes emitido en cierta dirección bajo 1 estereoradián (unidad de ángulo sólido) o 1/60 de la intensidad lumínica de un material negro a 2.046 °K.

- **Lux**

Es la unidad de medida de la iluminancia. Iluminancia es la relación flujo lumínico/superficie. La iluminancia será de 1 lux cuando el flujo de 1 lúmen incide uniformemente en una superficie de 1 m<sup>2</sup>.

- **Nivel medio de iluminación**

Es el valor medio de flujo luminoso por unidad de área (lumen/m<sup>2</sup>, lux), medido en sentido horizontal y a nivel de la calzada, que debe ser mantenido para la condición que considere el rendimiento mínimo de la fuente luminosa y la pérdida de eficiencia de la luminaria por envejecimiento; la combinación de los dos factores determina el valor de “factor de mantenimiento” que para equipos y condiciones usuales varía dentro del rango de 0.50 a 0.65.

### **1.7.13. Puesta a tierra**

La resistencia de puesta a tierra tendrá un valor máximo de 10 ohmios, de tenerse valores superiores podrá colocarse un mayor número de varillas Cooper-weld, mejorarse el terreno o diseñarse mallas de puesta a tierra.

Se conectara la puesta a tierra con el conductor del neutro en los siguientes casos:

- En alimentadores primarios cada 500 ó 600 m.
- En cada centro de transformación.
- En cada juego de pararrayos.

- En las cabinas de transformación, para lo cual la puesta a tierra se formara mediante una malla compuesta de 6 grillas.
- En todos los terminales y divisiones de las redes de bajo voltaje urbanas.
- En las estructuras terminal de las redes de bajo voltaje mayores a 200 m medidos a partir del transformador.
- En todas las luminarias (se conectara la carcasa de la luminaria al neutro del sistema que estará a su vez multiterrado).
- En todos los tableros y equipos de medición.

La puesta a tierra se realizará con conductor de cobre cableado desnudo, el calibre mínimo será el 4 AWG, el mismo que se conectará al neutro de las redes de distribución mediante un conector perno hendido Cu-Al de 6-2/0 AWG o Cu-Cu de tamaño adecuado, también se conectará a una varilla de cooperweld de  $D = 16 * 1\ 800$  mm.

El cable de puesta a tierra en redes de distribución urbanas, en la parte inferior de los postes, deberán ir dentro de un tubo metálico tipo EMT de  $D = 12.5 * 3\ 000$  mm. sujetos al poste mediante cinta metálica.

En forma alternativa el conductor de cobre para la puesta a tierra podrá estar fundido en el poste o también podrá colocarse una tubería PVC de  $D = 12.7$  mm. para pasar el conductor de puesta a tierra.

Hay diversos objetivos principales para el suministro de un buen sistema de puesta a tierra la seguridad del personal encabeza la lista, seguida por la protección del equipo, la calidad de la referencia de la señal, el camino de retorno para las fallas y/o picos, y la disipación de la estática.

#### **1.7.14. Tensores, postes de hormigón armado y misceláneo**

Los soportes angulares y terminales del sistema de distribución en los cuales, los esfuerzos transversales o longitudinales resultantes sobre los postes superen la carga útil especificada, serán anclados en el terreno mediante tensores.

El montaje de tensores simples y dobles está determinado por el tipo de estructura, longitud y ángulo de los vanos.

En lo posible se debe evitar el uso de tensores tipo farol y en el caso de utilizarse, el poste deberá ser de tipo pesado.

El proyectista deberá establecer la posición del anclaje al terreno, evitando la interferencia con el tránsito de vehículos y peatones.

En la instalación de tensores se utilizará varilla de anclaje galvanizada de  $D = 16 \text{ mm}$  (5/8") \* 2.4 m. para el caso de alimentadores primarios trifásicos y de  $D = 16 \text{ mm}$  (5/8") \* 2 m. para el caso de alimentadores primarios monofásicos y redes de distribución.

La unión al poste se realizará por medio de cable de acero galvanizado de alta resistencia de  $D = 9.5 \text{ mm}$  (3/8") (7 hilos) y asegurado por medio de varilla de retención preformadas GDE-1107, sujetadas al poste por medio de gancho guardacabos forjado y a la varilla de anclaje por medio de guardacabo de 3/8". Para la protección personal y la posible fuga de corrientes causada por contactos de los conductores de fase con el cable tensor, en dicho cable deberá instalarse un aislador tipo retenida.

En las redes de distribución urbanas, los cables de acero para tensor llevaran aisladores tipo retenida clase ANSI 54-2 en niveles de 13.8 KV y clase ANSI 54-3 para niveles de 22 KV.

#### **1.7.14.1. Postes**

Definición; esfuerzo a la rotura es el máximo esfuerzo de trabajo admisible que un poste puede soportar cuando se aplica una carga horizontal expresada en kilogramos, aplicada a 20 cm del extremo superior.

##### **➤ Características**

Se utilizara postes de hormigón armado de 11 m en los sistemas de distribución de medio voltaje y para las redes de bajo voltaje se usara postes de 9 m.

Los postes de hormigón armado de 11 m tipo H (316 Kg de esfuerzo a la rotura) se los utilizará en las estructuras monofásicas que sean tangenciales o de ángulos pequeños.

Los postes de hormigón armado de 11 m tipo R (600 Kg de esfuerzo a la rotura) se lo utilizará en todas las estructuras de los sistemas trifásicos, en los sistemas monofásicos

cuyas estructuras sean terminales, o angulares y en donde se instales transformadores de capacidad igual o superior a los 25 KVA.

Los sistemas trifásicos o monofásicos de medio voltaje serán diseñados con postes de 11 m tipo H o R en función de lo que determine el cálculo mecánico, relacionado el esfuerzo transversal (máxima carga del viento).

#### **1.7.14.2. Misceláneos**

En las derivaciones, cruces, puentes, etc. de conductores que se requiera el uso de conectores, estos serán del tipo cuña impulsados por cartuchos acelerados por gas, para la cual se utilizara la herramienta adecuada.

La conexión de las grapas de línea energizada se realizará atreves de un estribo, para evitar el contacto directo con el conductor principal.

Los conductores aéreos de medio voltaje tendrá que ser instalados en 1.5 m a cada lado de la estructura de suspensión o retención, al igual que las conexiones para los transformadores, seccionadores y pararrayos; siempre que el caso así lo amerite.

Los brazos de las luminarias se sujetarán a los postes usando dos pernos maquina de las dimensiones adecuadas.

Las bajantes del transformador a la red de bajo voltaje serán mediante conductor tipo TTU.

Todas las tuberías de los pozos de revisión a los finales de las tuberías de las cabinas de transformación deberán llevar tapones para evitar el ingreso de los roedores.

## 1.8. NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS

En el presente ítem se establecen las especificaciones para la selección del nivel de intensidad lumínica del Alumbrado Público de las Vías de Tráfico Vehicular, ya sea que se trate de un proyecto, en el caso de instalaciones nuevas de Alumbrado Público o de recambio masivo.

### 1.8.1. Vías de Tráfico Vehicular con Separación de los diferentes Tipos de Usuarios

En la **Tabla 11** se consideran aquellas vías que cuenten con líneas trazadas para la separación de los diferentes tipos de usuarios o con restricción de uno de los tipos de usuario en una vía de tráfico.

**Tabla 11. Clase de Alumbrado para Vías de Tráfico Vehicular con Separación entre Usuarios.**

DESCRIPCIÓN DE VÍA DE TRÁFICO VEHICULAR	CLASE DE ALUMBRADO
1. Autopistas con carriles separados, libres de intersecciones, con accesos controlados, con Límite Máximo de Velocidad $\geq 100$ Km / h, de acuerdo a la Densidad de Tráfico y Trazado de Carreteras (Nota 1).	
<b>Alta</b> , superior a 1.200 vehículos/hora.	M1
<b>Media</b> , entre 500 y 1.200 vehículos/hora.	M2
<b>Baja</b> , menor que 500 vehículos/hora.	M3
2. Carreteras de Alta Velocidad con calzada de doble sentido de circulación, con Control de Tráfico (Nota 2) para diferentes tipos de usuarios (Nota 3) y Límite Máximo de Velocidad $\geq 100$ Km / h.	
Pobre	M1

Bueno	M2
3. Vías urbanas de tráfico importante, carreteras radiales y de distribución urbana a comunas, principales de ciudad y atraviesos de poblaciones, con Control de Tráfico para diferentes tipos de usuarios y Límite Máximo de Velocidad < 100 Km / h.	
Pobre	M2
Bueno	M3
4. Carreteras secundarias de conexión, carreteras distribuidoras locales, carreteras de acceso a propiedades y conducen a conexiones con otras carreteras, con Control de Tráfico para diferentes tipos de usuarios y Límite Máximo de Velocidad $\leq$ 80 Km / h.	
Pobre	M4
Bueno	M5

*Fuente.* Reglamento de alumbrado público de vías de tráfico vehicular, CIE.

**NOTA 1:** Complejidad del Trazado de Carreteras, Se refiere a la infraestructura, Movimiento del tráfico y alrededores visuales. Los factores que se deben considerar son: Número de carriles, Número de Pendientes, Señales e indicadores, Rampas de entrada y salida, Vías de incorporación, Rotondas, etc.

**NOTA 2:** Control de Tráfico, Se refiere a la presencia de indicadores y señales, y a la existencia de regulaciones. Los métodos de control son: Semáforos, Señales de tráfico, Señales de dirección, Marcas en la calzada, etc. Cuando no existen o no hay Control de Tráfico, se considera como Pobre.

**NOTA 3:** Tipos de Usuarios, Los diferentes tipos de usuario de carreteras son: Vehículos lentos, Bicicletas, Peatones, etc.

Los requisitos de iluminación que deberán cumplir las Vías de Tráfico Vehicular con Separación de los diferentes Tipos de Usuarios, se basan en valores de Luminancia media mantenida (Lm) de la superficie de la calzada, Uniformidad global (U<sub>0</sub>) y Uniformidad Longitudinal (U<sub>1</sub>), Razón de Entorno (SR) e Incremento de Umbral (TI), dados en la **Tabla 12**, valores que son de aplicación a superficies secas de calzadas.

**Tabla 12. Luminancias de Vías de Tráfico Vehicular con Separación entre Usuarios.**

CLASE  DE ALUMBRADO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
	Todas las Calzadas				Calzadas con pocas o sin intersecciones	Calzadas con aceras no iluminadas
	Luminancia Media Mantenida (cd/m <sup>2</sup> )		Uniformidad Global U <sub>0</sub> (-) Mínima	Incremento de Umbral TI (%) Máximo inicial	Uniformidad Longitudinal U <sub>1</sub> (-) Mínima	Razón de Entorno SR (-) Mínima
	Máxima	Mínima				
M1	2,5	2,0	0,4	10	0,7	0,5
M2	1,8	1,5	0,4	10	0,7	0,5
M3	1,3	1,0	0,4	10	0,7	0,5
M4	0,9	0,75	0,4	10	0,6	0,5
M5	0,6	0,5	0,4	10	0,5	0,5

*Fuente.* Reglamento de alumbrado público de vías de tráfico vehicular, CIE.

### 1.8.2. Vías de Tráfico Vehicular sin Separación de los diferentes Tipos de Usuarios

En esta clasificación se consideran las Vías Urbanas Residenciales, las que por definición, no cuentan con separación de los diferentes tipos de usuarios. De acuerdo a



ello, según las características de estas vías, las respectivas Clase de Alumbrado se clasifican de P1 a P6, según se establece en la **Tabla 13**.

**Tabla 13. Clase de Alumbrado para las Vías Urbanas Residenciales.**

<b>DESCRIPCIÓN DE VÍA DE TRÁFICO VEHICULAR</b>	<b>Tránsito Peatonal (*)</b>	<b>Clase de Alumbrado</b>
Calzadas de Alto Prestigio	Alto	P1
Uso nocturno intenso por peatones o por ciclistas.	Mediano	P2
Uso nocturno por peatones o por ciclistas.	Liviano	P3
Uso nocturno menor por peatones o por ciclistas únicamente asociados con propiedades adyacentes.	Muy Liviano	P4
Uso nocturno menor asociado con propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del entorno, según lo determine la autoridad.	Muy Liviano	P5
Uso nocturno muy reducido únicamente asociado con propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del entorno, según lo determine la autoridad municipal.	Muy Liviano	P6

*Fuente.* Reglamento de alumbrado público de vías de tráfico vehicular, CIE.

(\*) **Alto.**-Es el que existe en sectores con gran actividad comercial, gran número de oficinas y en general gran movimiento de personas.

**Mediano.**-Es el que existe en las calles de los sectores comerciales de los barrios y en ciertas zonas industriales de importancia.

**Liviano.**-Es el que existe en las calles de tipo residenciales, carreteras y autopistas en sectores rurales.

**Muy Liviano.**- Es el que existe en los pasajes de barrios residenciales.

Para Densidad de Tráfico mayor que 1.200 vehículos por hora el alumbrado deberá ser continuo en toda la vía. Para Densidad de Tráfico menor de 500 vehículos por hora sólo se deberán iluminar los enlaces.

Para los efectos del cálculo de la Luminancia se deberá considerar el comportamiento fotométrico del revestimiento de la calzada a iluminar, según el Coeficiente de Luminancia Medio (Q0) e Índice de Especificidad (S1) del pavimento o revestimiento de la calzada a iluminar, parámetros normalizados cuyas características se establecen en la **Tabla 14** Clasificación de Superficie de Calzada según Serie “R”, aplicables a superficies secas de calzadas.

**Tabla 14. Clasificación de Superficie de Calzada según Serie “R” (\*).**

Clase	Tabla Normal	Límites de Índice de Especularidad ( $S_1$ )	Índice de Especularidad ( $S_1$ )	Coefficiente de Luminancia Medio ( $Q_0$ )	Descripción	Tipo de reflectancia
<b>RI</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	$S_1 < 0,42$	0,25	0,10	Superficie de hormigón, concreto, cemento Portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15 (%) de agregados brillantes artificiales	Difusa o casi difusa.
<b>RII</b>	<b>R<sub>2</sub></b>	$0,42 \leq S_1 < 0,85$	0,58	0,07	Superficie de asfalto tipo tratamiento superficial, con un agregado compuesto de un mínimo de 60 (%) de grava de tamaño mayor a 10 (mm). Superficie de asfalto con 10 a 15(%) de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difusa especular o ligeramente difusa (mixta).
<b>RIII</b>	<b>R<sub>3</sub></b>	$0,85 \leq S_1 < 1,35$	1,11	0,07	Superficie de asfalto tipo concreto asfáltico, asfalto regular y con recubrimiento sellado. Con agregados oscuros tal como una roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso.	Ligeramente especular o brillante
<b>RIV</b>	<b>R<sub>4</sub></b>	$1,35 \leq S_1$	1,55	0,08	Superficie de asfalto con textura muy tersa, tipo sello bituminoso.	Brillante o muy especular

*Fuente.* Reglamento de alumbrado público de vía de tráfico vehicular, CIE

(\*) Estos valores se aplican a la calzada seca o pavimento seco.

## 1.9. PROTECCION DE REDES DE DISTRIBUCION

### 1.9.1. Contra corrientes de sobrecarga y las corrientes de cortocircuito

Los dispositivos que aseguran a la vez protección contra las corrientes de sobrecarga y las corrientes de cortocircuito pueden ser:

- Interruptores automáticos asociados con cortacircuitos fusibles.
- Interruptores automáticos con relé de sobrecarga.

La Norma NC IEC 60364-4-43 exige que todo dispositivo de protección contra los cortocircuitos debe cumplir las siguientes dos condiciones:

- Poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde está instalado, salvo que tenga otro aparato protector instalado por delante con el poder de corte suficiente.
- El tiempo de corte de la corriente de cortocircuito en cualquier punto del circuito no debe exceder el tiempo que tardan los conductores en alcanzar la temperatura máxima admisible. Para cortocircuitos de una duración  $t$  como máximo de 5 segundos, la duración necesaria para que la corriente de cortocircuito eleve la temperatura de los conductores desde la temperatura máxima admisible en operación normal al valor límite puede calcularse por la **f 1.12**:

$$I^2t = K^2S^2 \quad (f 1.12)$$

Donde:

I: Corriente de cortocircuito en cualquier punto del circuito.

t: tiempo

K: Factor de acuerdo al tipo de conductor y material aislante.

S: Sección del conductor.

### 1.9.2. Cortacircuitos Fusibles

También son conocidos como cuchillas fusible o cajas primarias y son de uso común en sistemas de distribución. Están diseñadas para la protección de transformadores y los

equipos (incluyendo el seccionamiento de derivaciones de red) en circuitos de hasta 34.5 KV y 200 A continuos.

Se pueden encontrar comercialmente de acuerdo con su aplicación clasificados como: tipo interior, tipo intemperie (con y sin porta fusibles), tipo hilo de apertura y fusión, en aceite, en arena (empleados en sistemas de distribución subterráneas).

El fusible es el dispositivo de sobre corriente más común y económico en sistemas de distribución. Es también uno de los más confiables pues prestan servicio sin mantenimiento por muchos años.

Una de las principales funciones es interrumpir y disponer de un ambiente dieléctrico para prevenir el restablecimiento del arco cuando la corriente pasa por cero. El siguiente es el proceso:

- Detección: calentamiento y fusión.
- Iniciación del arco: separación.
- Manipulación del arco: alargamiento, refrigeración, deionización, presurización.
- Interrupción de corriente: corriente cero.

### 1.9.3. Tipos de fusibles

- **Fusibles de potencia.**

Usados en subestaciones y equipos de interrupción encapsulados, tienen rangos de corriente más altos y las características nominales de interrupción y de corriente están a voltajes más altos.

- **Fusibles de distribución.**

Existen los siguientes tipos:

*De expulsión* usada principalmente donde la expulsión de los gases no causa problemas como en los circuitos aéreos y equipos no cubiertos.

*Los fusibles inmersos en aceite* tienen aplicación principalmente en instalaciones subterráneas, siendo necesario en ciertas ocasiones instalarlos en equipos sumergibles.

La selección adecuada de un fusible, cualquiera que sea su tipo dependerá del éxito que se tenga en su aplicación. De manera general, para una correcta selección, es necesario conocer:

- Voltaje del sistema.
- Nivel de aislamiento.
- Máxima corriente de cortocircuito en el lugar de instalación.
- Máxima corriente de carga (incluyendo tasa de crecimiento).
- Tipo de sistema (aéreo o subterráneo) en delta o en estrella multiaterrizado.

- **Fusibles Limitadores de Corriente.**

Un fusible limitador se define como un dispositivo de protección limitador de corriente que cuando opera reduce el flujo de corriente en el circuito fallado a una magnitud considerablemente menor que la que se obtiene en el mismo circuito si el dispositivo se reemplaza con un conductor sólido de igual impedancia.

#### **1.9.4. Protección de Transformadores de Distribución con Fusibles**

La principal función en la protección de transformadores es la desconexión de estos del sistema de distribución, reduciendo daños y disturbios al mínimo.

Los tipos de protección pueden abarcar los siguientes aspectos:

- Protección contra sobrecarga.
- Protección contra cortocircuito.
- Protección contra fallas internas.
- Protecciones de Derivaciones.

### 1.9.5. Restauradores (automatic circuit reclosers)

El restaurador es un aparato que al detectar una condición de sobre corriente interrumpe el flujo, y una vez que ha transcurrido un tiempo determinado cierra sus contactos nuevamente, energizando el circuito protegido.

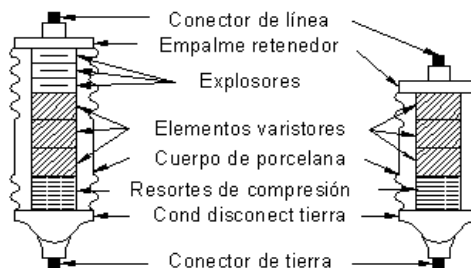
Si la condición de falla sigue presente, el restaurador repite la secuencia de cierre-apertura un número de veces más (4 como máximo). Después de la cuarta operación de apertura, queda en posición Lockout (abierto definitivamente).

### 1.9.6. Pararrayos de Carburo de silicio vs Varistores de óxido metálico

El sector eléctrico ha visto cambios en el diseño de los pararrayos en los últimos años. Mientras muchos diseños más viejos pueden aun encontrarse en sistemas de distribución, la gran mayoría de los pararrayos de ahora son de:

- Carburo de silicio con explosores.
- Varistores de óxido metálico MOV.

En la **figura 10** siguiente se comparan los 2 tipos básicos de pararrayos.



**Figura 10. Pararrayos de carburo de silicio y MOV.**

**Fuente:** <http://cofaesac.com>

Un pararrayos de Carburo de Silicio tiene elementos valvulares de Carburo de Silicio que están protegidos de los voltajes continuos a frecuencia industrial por una serie de explosores que actúan como aisladores durante condiciones de voltaje normal e interrumpe la corriente de 60 Hz que sigue a cualquier corriente descargada por el pararrayos.

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### DIAGNOSTICO DE LA RED DE DISTRIBUCION EXISTENTE

##### 2.1. Red de Medio Voltaje

La ciudad de Saraguro posee un solo alimentador primario trifásico aéreo, de medio voltaje a 13,8 KV que se alimenta de la subestación Saraguro, alimentador Saraguro # 0911. El área de estudio se alimenta desde varios puntos ya que el alimentador primario (troncal) recorre calles secundarias aledañas al sector, llegando a los centros de transformación mediante derivaciones (ramal).

Actualmente, el área de estudio tiene 257.5 KVA de potencia instalada, 177.5 KVA en transformadores de propiedad de la EERSSA y 80 KVA en transformadores particulares.

La longitud de la red de medio voltaje que sirve al área de estudio tiene 0.872 km. entre derivaciones monofásicas y trifásicas, los conductores utilizados varían de 1x2, 1x4 ACSR para las fases y 1x4, 1x2 y 1x0 ASC para el neutro, que es compartido con la red de bajo voltaje.

En el Anexo 2 Plano 1/7 denominado “Levantamiento Red de Medio Voltaje” se detalla la red de medio voltaje a ser intervenida.

El servicio prestado es el adecuado, con inconvenientes como la cercanía de la red a nuevas construcciones, representado un riesgo para los trabajadores y quienes la habitan; además de la coordinación EERSSA – Municipio para llevar adelante los proyectos de construcción eléctricos requeridos en lugares peatonizados o regenerados.

##### 2.2. Red Secundarias de Bajo Voltaje

Existen 8 circuitos de bajo voltaje que se encuentran con adecuados niveles de voltaje. Los conductores utilizados son los indicados en el Anexo 2 Plano 2/7 denominado “Levantamiento Red de Bajo Voltaje y Alumbrado Público”.

En la red de bajo voltaje predominan los circuitos monofásicos a tres hilos con neutro corrido, además de sistemas trifásicos puntuales que sirven a pequeñas cargas



industriales, los conductores usados son de aleación de aluminio tipo ASC de calibres # 0, 2, 4 y 6 AWG. No existen redes de bajo voltaje subterráneas.

Se han instalado aproximadamente 1.96 km. de red de bajo voltaje, los mismos que cuentan con un mantenimiento adecuado, no representado riesgo o daños de importancia.

### 2.3. Transformadores de Distribución

El número de centros de transformación instalados corresponden a 15, con una potencia instalada de 257.50 KVA, 10 de propiedad de la EERSSA instalados en postes de hormigón armado; y, 5 transformadores particulares instalados igualmente en postes de hormigón.

De los centros de transformación instalados 5 son particulares 31.07% que alimenta a cargas industriales, edificios de departamentos, clínica y centros comerciales particulares con una potencia instalada de 80 KVA. El restante 68.93% corresponde a 177.5 KVA y presta el servicio a la población residencial, comercial, entidades públicas y privadas. En la **Tabla 15** encontramos la descripción de los centros de transformadores instalados con su ubicación, potencia y número de identificación; que es respaldada en el Anexo 2 Plano 1/7.

**Tabla 15. Transformadores instalados en el área de estudio.**

N° CT	Ubicación	Potencia	Número	Tipo
		(kVA)	EERSSA	
CT - 1	José M. Vivar entre El Oro y Juan A. Castro.	37,5	13419	monofás., CSP, en poste
CT - 2	Juan Antonio Montesinos y El Oro.	15	3867	monofás., CSP, en poste
CT - 3	Juan Antonio Montesinos y Honorato Laso.	25	7644	monofás., CSP, en poste
CT - 4	Juan Antonio Montesinos y Sucre.	15	6365	monofás., CSP, en poste
CT - 5	10 de Marzo y Loja.	15	1927	monofás., CSP, en poste
CT - 6	Miguel Vaca entre Sucre y Monfilio Muñoz.	15	6366	monofás., CSP, en poste
CT - 7	Luis A. Ordoñez y Miguel Vaca.	10	1941	monofás., CSP, en poste
CT - 8	Luis A. Ordoñez entre El Oro y Honorato Laso.	5	1940	monofás., CSP, en poste
CT - 9	Luis A. Ordoñez entre El Oro y Honorato Laso.	10	1939	monofás., CSP, en poste
CT - 10	Loja entre El Oro y Luis Felipe Bravo.	30	9234	monofás., CSP, en poste
CTP - 1	Juan Antonio Montesinos entre El Oro y Juan A. Castro.	15	12256	monofás., CSP, en poste
CTP - 2	Juan Antonio Montesinos entre Sucre y Honorato Laso.	25	13953	monofás., CSP, en poste
CTP - 3	Luis A. Ordoñez y Miguel Vaca.	10	1942	monofás., CSP, en poste
CTP - 4	Av. Calasanz entre El Oro y Juan A. Montesinos.	2x10	5055/1945	monofás., CSP, en poste
CTP - 5	10 de Marzo entre Loja y Azuay.	10	7750	monofás., CSP, en poste
<b>TOTAL DE POTENCIA INSTALADA</b>		<b>257,50</b>		
<b>Subtotal de Potencia Instalada (EERSSA)</b>		<b>177,50</b>		
<b>Subtotal de Potencia Instalada (Particulares)</b>		<b>80,00</b>		

*Fuente.* Los Autores.

## 2.4. Alumbrado Público

Se han identificado 57 luminarias de alumbrado público ubicadas en postes de hormigón, las características de las luminarias más frecuentes son: tipo cerradas con lámpara de vapor de sodio de 250 W, 150 W y 70 W; el conductor utilizado en su mayoría (piloto) es de aleación de aluminio tipo ASC de calibre # 6 AWG.

En el área de estudio se encuentran ubicados dos parques (Parque Central y Parque de las culturas), calles peatonizadas alrededor del Parque Central y tramo de la calle El Oro, los cuales cuentan con proyectos de iluminación propios aprobados por la EERSSA; y, además se encuentra la Iglesia Matriz con iluminación decorativa.

El encendido del sistema de alumbrado público en general se lo realiza mediante controles de alumbrado, con contactor y fotocélula para cada uno de los circuitos.

En la **tabla 16** denominada “Alumbrado público existentes, potencia instalada y energía eléctrica consumida” se detalla las luminarias identificadas y el cálculo de consumo de energía eléctrica mensual (2826.00 KW-h/mes) considerando el 100% de luminarias encendidas y la potencia total instalada (7.85 KW). La ubicación de las luminarias en cada circuito se puntualiza en el Anexo 2 Plano 2/7.

**Tabla 16. Alumbrado público existente, potencia instalada y energía consumida.**

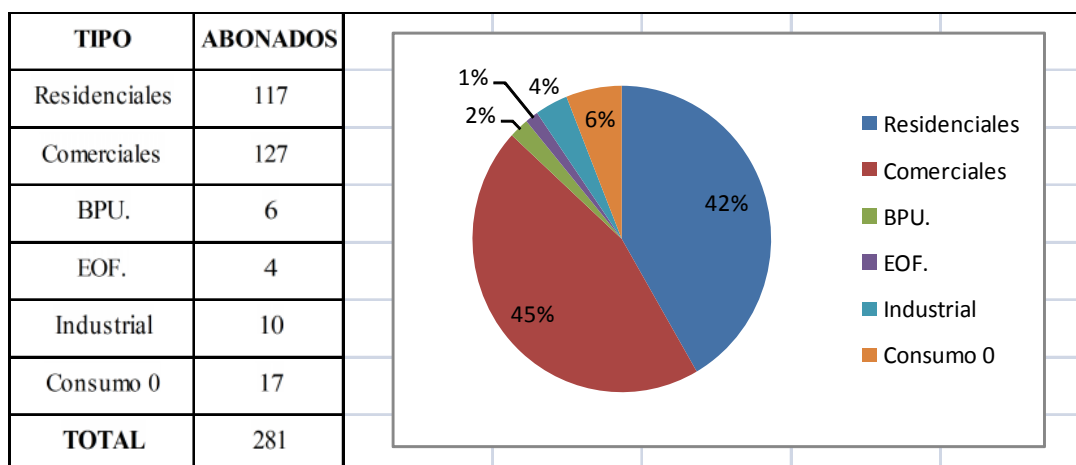
Ubicación	# de Transformador.	Luminaria Sodio-250 W	Luminaria Sodio-150 W	Luminaria Sodio-70 W
José M. Vivar y Av. El Oro	CT1 - 13419	2	2	
		5	2	
Juan A. Montesinos y Av. El Oro	CT2 - 3867		1	2
			3	
Juan A. Montesinos y Honorato Lazo.	CT3 - 13953		2	
			3	
Juan A. Montesinos y Sucre	CT4 - 6365		1	2
			4	
10 de Marzo	CT5 - 1927	2	3	
Miguel Vaca y Sucre.	CT6 - 6366			6
			3	
Luis F. Ordoñez y Honorato Laso.	CT7 - 1941		2	3
				3
Luis F. Ordoñez y Av. El Oro.	CT8 - 1939		1	2
			1	2
<b>Potencia Subtotal (kW)</b>		2,25	4,20	1,40
<b>Energía subtotal (kWh/mes)</b>		810,00	1.512,00	504,00
<b>Potencia Total instalada (kW)</b>		7,85		
<b>Energía Total (kWh/mes)</b>		2.826,00		

*Fuente.* Los Autores.

Cabe señalar que en el Anexo 1 Tabla 1/8 denominado “Control de estructuras, levantamiento de la red de MT, BT y AP” se detalla el levantamiento mediante un control de estructuras de los componentes que intervienen en cada circuito y la nomenclatura.

### 2.5. Abonados y consumo de energía eléctrica

En el sitio de estudio existen 209 predios urbanos, 281 medidores de energía eléctrica de los cuales: 239 monofásicos, 37 bifásicos y 5 trifásicos. Existen 264 usuarios con consumo y 17 usuarios con consumo cero que no se toman en cuenta para los cálculos. En las diferentes categorías existen: residencial 125 usuarios (8 con consumo 0), comercial 136 usuarios (9 con consumo 0), BPU 6 usuarios, Entidad Oficial 4 usuarios y 10 usuarios industriales artesanales. En la **figura 11** se detalla el número y tipificación de los abonados.



**Figura 11. Número y tipificación de abonados.**

*Fuente. EERSSA.*

El promedio de consumo mensual de energía eléctrica de los abonados en el área de estudio es de 22718.33 KW-h/mes, con la siguiente integración: 7376.67 KW-h/mes (39.90%) usuarios residenciales, 11748.67 KW-h/mes (50.30%) usuarios comercial, 731.00 KW-h/mes (3.20%) usuarios BPU, 1941.00 KW-h/mes (8.50%) usuarios entidades oficiales y 921.00 KW-h/mes (4.00%) usuarios industriales artesanales. La

demanda media de potencia eléctrica es de 31.55 KW, calculada en base al consumo promedio mensual y el tiempo o periodo efectivo de uso (24 horas).

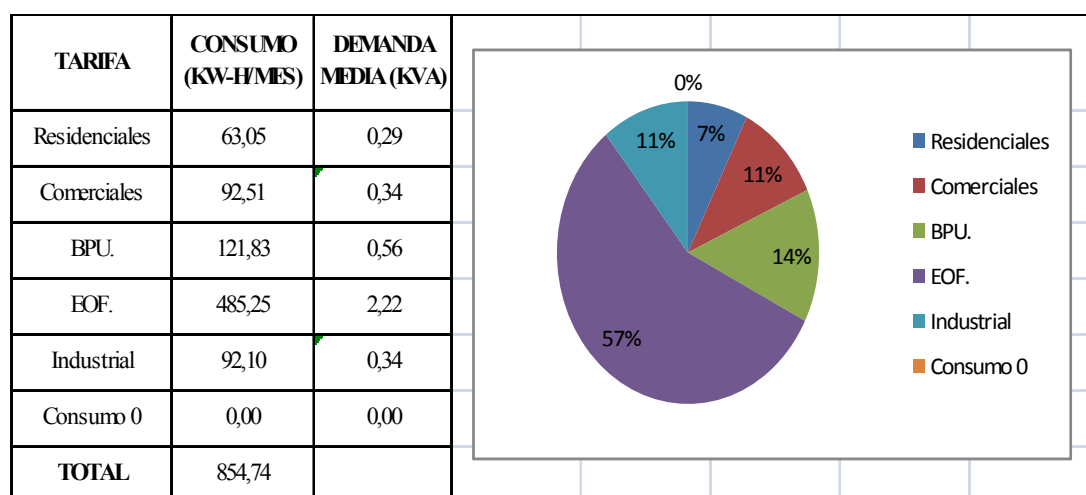
El consumo de energía eléctrica por alumbrado público es de 2826.00 KW-h/mes, con una demanda de potencia de 7.85 KW, tomando un periodo de uso efectivo de 12 horas.

El consumo total de energía es de 25544.33 KW-h/mes (abonados + A. P.), la demanda de potencia media es de 39.40 KW.

El consumo promedio de energía eléctrica de los usuarios es de 86.05 KW-h/mes; y, los promedios de consumo de energía actual por categorías es:

- usuarios residenciales: 63.05 KW-h/mes;
- usuarios comerciales: 92.51 KW-h/mes;
- usuarios BPU: 121.83 KW-h/mes;
- usuarios Entidades Oficiales: 485.25 KW-h/mes; y,
- usuarios Industriales artesanales: 92.10 KW-h/mes.

En la **figura 12** se detalla los consumos promedio de energía eléctrica y la demanda media por tarifa.



**Figura 12. Distribución por consumo.**

*Fuente. EERSSA.*

## 2.6. Proyectos vigentes en el área de estudio

En la **tabla 17** se detallan los proyectos existentes a considerar para el estudio:

**Tabla 17. Proyectos existentes en el sector.**

Descripción	N° de proyecto	Potencial total	Observaciones
Iluminación del Parque Central transformador de 30 KVA. Además de acometida.	046-03-2005	17.99 KVA + CE.	10.39 Iluminación y 7.6 Bombas pila.
Iluminación del Parque Culturas.	045-03-2005	11.40 KVA.	
Iluminación calles aledañas al parque Central.	222-05-2009	4.9 KVA.	Consta de 40 luminarias*100 W
Centro Comercial Saraguro.	Archivos Municipal N°505.	50 KVA.	Proyecto de diseño eléctrico.
Iluminación Iglesia.	Levantamiento visual.	4.73 KVA.	Reflector 250 W*3 150 W * 24.

*Fuente.* Los Autores.

## 2.7. Métodos y criterios de diseño utilizados

Para realizar el estudio y diseño de la red eléctrica subterránea de algunas calles de la ciudad de Saraguro, se parte de la revisión de literatura determinada en el Capítulo I, además del levantamiento de información y datos suscritos en el presente capítulo (consumo de energía eléctrica y demás datos estadísticos).

Así mismo, se han realizado reuniones de coordinación con técnicos del departamento de Planificación de la EERSSA, con el fin de acordar los procedimientos y criterios técnicos a ser utilizados en el presente estudio y diseño que en todo caso, siguen las “Normas Técnicas para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales” de la EERSSA.

Para el presente trabajo se han tomado algunas consideraciones como:

---

**“Rediseño de la red de distribución eléctrica y alumbrado público para las calles regeneradas de Saraguro”**

- Uso y ocupación de suelo del área de estudio.
- Periodo de diseño.
- Diagnostico de la red aérea existente de medio voltaje, bajo voltaje y alumbrado público.
- Datos estadísticos facilitados por la EERSSA (consumo de abonados, mediciones tomadas en la subestación).
- Proyectos existentes aprobados por la EERSSA (parques, iglesia).
- Tipo de luminarias y cantidad de iluminación; y, demás información detallada en los capítulos anteriores.
- Además del métodos prospectivo (estadístico - extrapolación) y método basado en un SIG (uso y ocupación de suelo o microáreas)

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### CÁLCULOS MATEMÁTICOS

##### 3.1. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE DISEÑO

Para determinar la demanda de diseño se han tomado las consideraciones propuestas, en la recolección de información en el Capítulo I y II como: Normas Técnicas para el Diseño de redes eléctricas Urbanas y Rurales de la EERSSA, método prospectivo y método vasado en un sistema de información geográfica (SIG).

##### 3.1.1. Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMUp)

Para determinar la DMUp, se ha partido del cálculo de algunos parámetros con la información obtenida del levantamiento y los datos estadísticos facilitados como:

##### 3.1.1.1. Factor de Carga (Fc)

Mediante datos de medición de demanda facilitados por la EERSSA, de la subestación Saraguro durante el periodo Mayo – 08 / Agosto – 09 (mediciones realizadas con una frecuencia de 15 minutos), se determino el factor de carga para la subestación Saraguro, con la *f1.4*:

$$F_c = \frac{D_{media}}{D_{máxima}}$$

De donde: Fc = Factor de carga.

D media = demanda media.

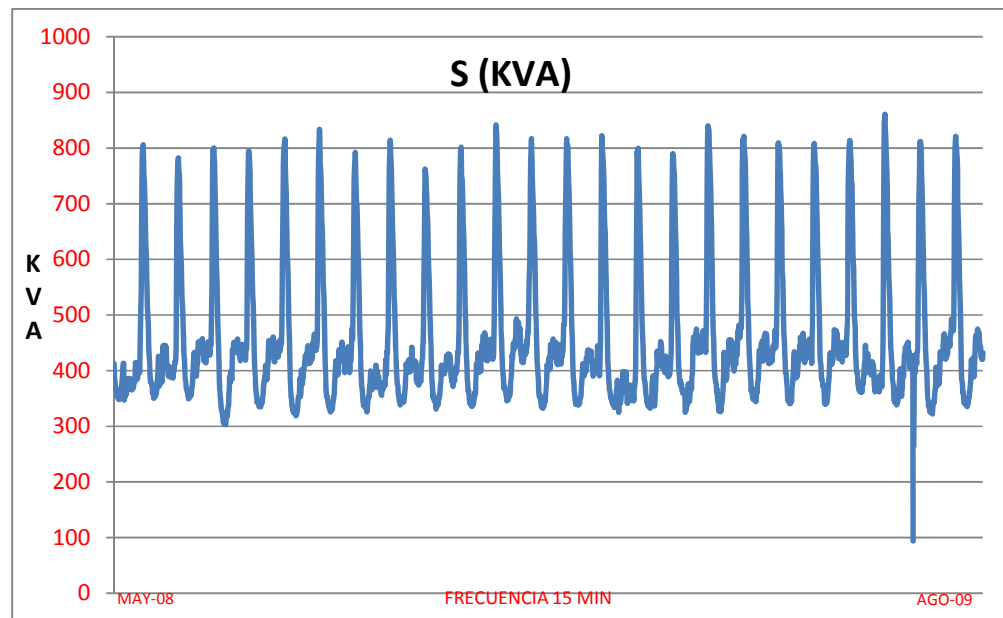
D máxima = demanda máxima.

La demanda media y máxima fue computada, de todos los datos registrados en el periodo señalado anteriormente. Obteniéndose los siguientes resultados:

- Demanda Media computada durante el periodo, promedio = **451.69 KVA**.
- Demanda Máxima computada durante el periodo, máxima = **1003.37 KVA**.
- Factor de Carga determinado, *f 1.4* = **0.45**.

### 3.1.1.2. Tasa de crecimiento anual de carga ( $T_i$ )

Para la determinación de la tasa de crecimiento anual ( $T_i$ ), se utilizó la gráfica representada en la **figura 13** que simboliza la curva de carga.

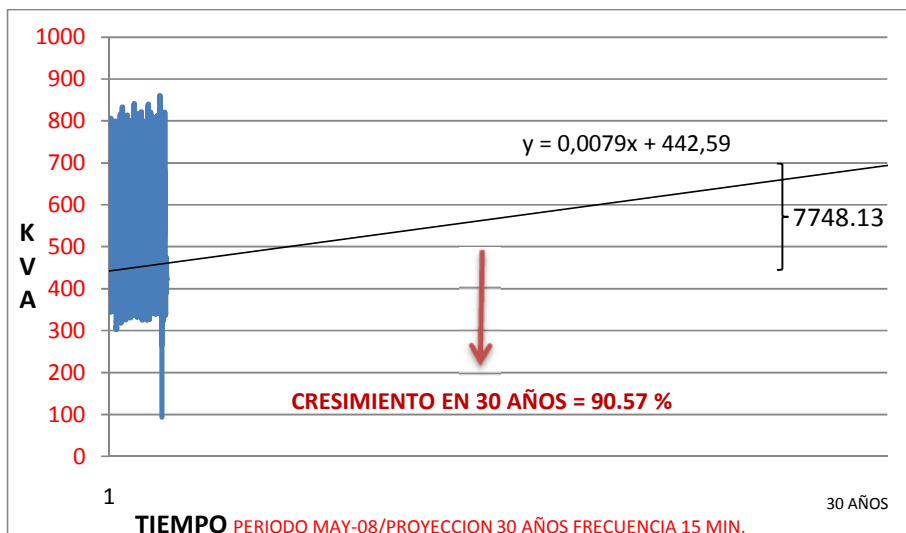


**Figura 13.** Curva de carga periodo mayo/08 a agosto/09.

*Fuente.* EERSSA, Departamento de Subestaciones.

Seguidamente se extrapolaró (Proceso de estimar el valor de una función o cantidad que se encuentra fuera de un intervalo conocido, utilizando los valores dentro del rango conocido) inicialmente la gráfica de demanda en un periodo que comprende el tiempo de diseño (30 años). En la **figura 14** se muestra la gráfica con la extrapolación en el periodo de diseño; además del modelo matemático lineal.





**Figura 14. Extrapolación lineal de la Demanda.**

*Fuente.* Los Autores

De lo cual se desprende los siguientes resultados:

- Periodo de extrapolación: 30 años.
- Porcentaje de crecimiento en 30 años, calculado a partir del modelo matematico:

$$Y = 0.0079X + 442.59$$

$$Y = 8554.75 \text{ KVA. (Para X en 30 años)}$$

$$\frac{8554.75 \text{ KVA}}{7748.13 \text{ KVA (crecimiento en 30 años)}} = \frac{100 \%}{\% \text{ en 30 años}}$$

$$\% \text{ en 30 años} = 90.57 \%$$

- Tasa de crecimiento anual  $T_i = 3.02 \%$ .

### 3.1.1.3. Demanda Unitaria Promedio actual (DUP).

Se ha calculado la DUP a partir del consumo de energía eléctrica de los diferentes tipos de abonados que están considerados. Calculada por la f 1.1:

$$DUP = \frac{\text{Consumo Promedio mensual}}{fp \cdot \text{tiempo}}$$

De donde:

- DUP = Demanda Unitaria Promedio actual (KVA).
- Consumo promedio mensual = Energía promedio mensual (Kw-h/mes), de los diferentes abonados (figura 15).
- Tiempo = # horas efectivas en el mes, de donde se ha tomando las siguientes consideraciones de tiempo de uso para los abonados en un día:
  - ✓ Abonados residenciales = 8 horas
  - ✓ Abonados comerciales = 10 horas
  - ✓ Abonados BPU = 8 horas
  - ✓ Abonados Entidades Oficiales = 8 horas
  - ✓ Abonados Industriales Artesanales = 10 horas
- # días por mes = 30
- Factor de potencia = 0,91. Media aritmética de datos estadístico de la subestación Saraguro.

Los resultados se detallan en el Anexo 1 Tabla 2/8 denominado “Demanda unitaria promedio actual, demanda máxima: inicial, para 30 años de los diferentes abonados”, el resultado de la demanda unitaria promedio actual se detallan a continuación:

- Abonados residenciales DUP = **0.29 KVA**.
- Abonados comerciales DUP = **0.34 KVA**.
- Abonados BPU DUP = **0.56 KVA**.
- Abonados EOF DUP = **2.22 KVA**.
- Abonados IAR DUP = **0.34 KVA**.

### 3.1.1.4. Demanda Máxima Unitaria inicial, año presente (DMUi).

La DMUi, se ha calculado por la ecuación f 1.4:

$$DMUi = \frac{DUP}{Fc}$$

De donde:

- DMUi = Demanda Máxima Unitaria inicial.
- DUP = Demanda Unitaria Promedio actual (literal 3.1.1.3).
- Fc: factor de carga (0.45) (literal 3.1.1.1).

Obteniéndose los siguientes resultados de demanda máxima unitaria inicial (Anexo 1 Tabla 2/8):

- Abonados residenciales DMUi = **0.64 KVA.**
- Abonados comerciales DMUi = **0.75 KVA.**
- Abonados BPU DMUi = **1.24 KVA.**
- Abonados EOF DMUi = **4.94 KVA.**
- Abonados IAR DMUi = **0.75 KVA.**

### 3.1.1.5. Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMUp).

El cálculo de la DMUp se lo realiza utilizando la expresión del valor futuro a través de una tasa de crecimiento anual, para N años. De la siguiente forma:

$$DMUp = DMUi (1 + Ti)^N \quad (f 3.1)$$

Donde:

- DMUp = Demanda Máxima Unitaria proyectada (30 años).
- DMUi = Demanda Máxima Unitaria inicial, año presente (literal 3.1.1.4).
- Ti = Tasa de Incremento anual de Carga, 3.02 % (literal 3.1.1.2).

- $N = \# \text{ años (30 años)}$ .

La **tabla 18** muestra la DMUp para 30 años calculados, el desarrollo numérico lo encontramos en el Anexo 1 Tabla 2/8:

**Tabla 18. Valores de DMUp para 30 años.**

<b>TIPO DE ABONADO</b>	<b>30 AÑOS</b>
Abonados residenciales	1.57 KVA
Abonados comerciales	1.84 KVA
Abonados BPU	3.03 KVA
Abonados EOF	12.05 KVA
Abonados IAR	1.83 KVA

*Fuente.* Los Autores

Hacemos notar que ésta demanda máxima unitaria proyectada contempla un escenario bajo de demanda, pues si se disminuye el valor de los índices de crecimiento anual de la demanda a valores inferiores al 3.02%, la demanda máxima unitaria promedio disminuirá; de igual manera si se toma un factor de carga mayor. Además hasta el momento se han utilizado los métodos estadísticos con la información recopilada y facilitada por la EERSSA.

### **3.1.2. Demanda Máxima Proyectada (DMP)**

La demanda máxima proyectada para 30 años ha sido calculada utilizando la f 1.8:

$$\mathbf{DMP = DMUp * N * FC}$$

Donde:

- DMP = Demanda máxima proyectada, de los diferentes usuarios, para cada circuito de bajo voltaje, en KVA

- DMUp= Demanda máxima unitaria proyectada, para 30 años según la categoría del usuario, en KVA
- N = número de usuarios (residenciales, comerciales, otros)
- FC = Factor de coincidencia, f 1.9

$$FC = N^{-0.0944}$$

El desarrollo numérico de la ecuación de DMP, para el sector 1 en la que se implanta el proyecto se muestra en el Anexo 1 Tabla 3/8 para todas las categorías de usuarios identificados en cada uno de los circuitos de bajo voltaje. Con estos antecedentes cabe indicar que el desarrollo de la DMP se lo realiza de acuerdo a la Ocupación y Uso de Suelo, esto se refiere al área de construcción respecto al terreno y a la construcción en número de pisos, respectivamente; si la vivienda es unifamiliar o multifamiliar; si es residencial, comercial o el uso que se le dé (residencial - comercial), de acuerdo al Plan de Ordenamiento Urbano vigente en el sector. Todo esto expuesto en el Capítulo I y que esta zonificado en el Anexo 2 Plano 3/7 denominado “Diseño de bajo voltaje”.

### 3.1.3. Demanda Máxima de Diseño (DMD)

Además de la carga que representan los abonados existentes en la zona se deben considerar la demanda de cargas especiales, reservas para eventos públicos y cargas por alumbrado público, identificados para cada circuito de bajo voltaje. Se realizó el cálculo de la DMD utilizando la f 1.10:

$$DMD = DMP (usua.resid.) + DMP (usua.comerc.) + \dots + AP + Ce$$

Donde:

- DMD = Demanda Máxima Diseño, en KVA
- DMP (usua.resid.) = Demanda máxima proyectada para usuarios residenciales de cada circuito de bajo voltaje, en KVA
- DMP (usua.comerc.) = Demanda máxima proyectada para usuarios comerciales de cada circuito de bajo voltaje, en KVA.
- AP = Cargas por alumbrado público, en KVA.

- Ce = Cargas especiales puntuales, en KVA.

Los valores resultados de los cálculos se encuentran en el Anexo 1 Tabla 4/8 denominado “Circuitos de BV, AP y cálculo de la potencia del transformador requerido para 30 años”.

La demanda máxima de cada uno de los circuitos de alumbrado público ha sido calculada en función del punto de luz, luminarias instaladas en cada circuito.

### **3.1.4. Categorías Especiales: Servicios de beneficio público, consumos especiales para eventos**

La demanda de potencia para estos usuarios especiales ha sido determinada en función de sus requerimientos de potencia, como se ha previsto en cada uno de los circuitos de bajo voltaje. Se han determinado únicamente una carga puntual especial de la siguiente manera:

<b>Institución o Servicio Público o Privado</b>	<b>Potencia (KVA)</b>
Servicios de beneficio público .....	15

## **3.2. CASOS ESPECIALES: CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PARTICULARES**

### **3.2.1. Edificio Jaramillo Serrano**

El edificio Jaramillo Serano cuenta con un transformador de 15 KVA instalado en poste, se sirve de 6 medidores de tarifa comercial y de 2 medidores de tarifa residencial; tiene un consumo total de 1180 KW – H (datos de consumo facilitados por la EERSSA), lo que nos da una demanda máxima de 10.92 Kw (horas efectivas = 8 y factor de carga 0.45).

### **3.2.2. Clínica Saraguro**

Clínica Saraguro cuenta con un transformador de 25 KVA instalado en poste, se sirve de 2 medidores de tarifa comercial y de 2 medidores de tarifa residencial; tiene un consumo total de 1068 KW – H (datos de consumo facilitados por la EERSSA), lo que nos da una demanda máxima de 9.88 Kw (horas efectivas = 8 y factor de carga 0.45).

Por lo anteriormente expuesto estos usuarios se servirán de la nueva red proyectada.

### 3.3. CARGAS POR ALUMBRADO PÚBLICO

La demanda de potencia por alumbrado público ha sido determinada basados en el criterio de diseñar circuitos de iluminación independientes de los correspondientes de bajo voltaje; es decir siguiendo el mismo trayecto del circuito de bajo voltaje, hay un circuito independiente de alumbrado público, que sale desde el mismo tablero de distribución de bajo voltaje ubicado en el centro de transformación, pero desde su particular interruptor termomagnético automático de protección. Se utilizarán la misma canalización y por esta razón su designación, para una fácil identificación en el plano, ha sido numerada con los mismos números pero agregada la identificación de “prima” (ejemplo 1', 2').

Los valores de demanda máxima utilizados para el cálculo de la demanda de potencia por alumbrado público son de **0,109** (100 W) y **0,163 KVA** (150 W), que es tomada del diseño lumínico que se detalla más adelante.

Además se tomara en cuenta la demanda de potencia por Alumbrado Público de los proyectos existentes de parques, Iglesia y boulevard que cuentan con proyectos de iluminación propios.

### 3.4. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Para determinar la capacidad de los transformadores se ha tomado en cuenta los valores calculados de demanda máxima de diseño proyectada y el factor de sobrecarga; y se aplicó la *f 1.11*:

$$\text{DMDT} = \text{DMD} \times \text{FS}$$

Donde:

- DMDT = Demanda máxima de diseño del transformador (KVA),
- DMD = Demanda máxima de diseño proyectada.
- FS = Factor de Sobrecarga, 0.8 (normativa de la EERSSA, tabla 7)

Los resultados de estos cálculos se encuentran en el Anexo 1 Tabla 4/8.

### **3.5. CÁLCULO DE LA CAÍDA DE VOLTAJE**

Para la selección del conductor se aplicará el método de momento de potencia aparente de cada conductor para 1% de caída de voltaje, para el cual se aplicarán los valores de FDV (que depende del material del conductor); además de KVA x Km para medio voltaje y KVA x m para bajo voltaje. Los factores de caída de voltaje (FDV) para el material a utilizarse cobre y aluminio a diferentes niveles de voltaje están desarrollados en las tablas 8 y 9. La caída de voltaje máxima debe cumplir con los porcentajes establecidos en el capítulo 1 literal: 1.7.10.1 y 1.7.10.2.

En el Anexo 1 Tabla 5/8 se realiza el cómputo de caída de voltaje, el diseño de bajo y medio voltaje para 30 años, que va acorde con la normativa de la EERSSA.

### **3.6. DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO**

El diseño del sistema de alumbrado público considera la determinación de los niveles de iluminación y factores de uniformidad que garantizan que las luminarias escogidas proporcionen la iluminación necesaria para obtener la máxima seguridad del tráfico, tanto vehicular como de peatones, procurando reducir al mínimo todo tipo de incomodidad visual y principalmente el deslumbramiento.

La percepción de los detalles de una vía iluminada se efectúan por contraste, ello quiere decir que la solución más económica consiste en iluminar de la forma más uniforme posible toda la superficie de la calzada, percibiéndose los objetos que están o se mueven sobre ella como objetos más o menos oscuros situados sobre una superficie iluminada.

Aunque en Ecuador no existen normas concretas y obligatorias que determinen las características que deben reunir las instalaciones de alumbrado público, tomaremos las recomendaciones internacionales (Comisión Internacional de Iluminación CIE 140) de niveles de iluminación y sus correspondientes factores de uniformidad, según las normas de la EERSSA y en función de otras normas que toman en cuenta la intensidad del tráfico, así como también de la velocidad de dicho tráfico, con el fin de compararlos con los valores obtenidos en nuestros cálculos.



Desde el punto de vista del requerimiento de los peatones hemos escogido una clase de alumbrado a garantizar tipo P3; descritos en la tabla 13 recomendados por la CIE, que es moderado en la noche y que da como valores promedios recomendados 7,5 lx de iluminancia horizontal.

### **3.6.1. Cálculo de Iluminancia, Factores de Uniformidad, Niveles de Deslumbramiento y Luminancia.**

Para realizar los cálculos de niveles de iluminación en candelas por metro cuadrado (luminancia), factores de uniformidad, niveles de deslumbramiento, niveles de iluminación en luxes (iluminancia), se introdujeron en el programa ULYSSE2, los datos básicos escogidos de acuerdo a los estándares indicados y se determinaron los diferentes tipos de luminarias y potencias de las lámparas adecuadas.

Se ingresaron los datos de las vías a ser iluminadas, se eligió la luminaria a usar, el rango de variación de los diferentes parámetros y otros criterios de alumbrado. Los cálculos son realizados mediante iteraciones para las situaciones definidas.

#### **3.6.1.1. Características de las calles y avenidas del área de estudio.**

Considerando los criterios para escoger el tipo de iluminación según las recomendaciones CIE y según los requerimientos se han clasificado al área de estudio como vía tipo M 3; según lo dispuesto en las tablas 11 y 12 a la avenida El Oro y calles de estudio.

En lo que respecta a la Av. El Oro se realizan los cálculos fotométricos ubicando los postes en una disposición CENTRAL PAREADA (con doble brazo), buscando la óptima configuración, cumpliendo siempre con los requerimientos dados en la Norma CIE 115; y, para las demás calles se adoptado una disposición UNILATERAL.

Para los diferentes arreglos se utilizó luminarias SCHREDER® OPALO 3 de alumbrado público de 100W y 150W, a una altura de 9 m. y 10 m. que dependen del ancho promedio de la vía que se ha escogido para fines de los cálculos (14m. y 9m.), con una interdistancia de 25 y 35 metros entre postes, las lámparas son de Vapor de Sodio de Alta Presión, obteniéndose los siguientes resultados, **tabla 19**.

**Tabla 19. Valores de luminancia, uniformidad y Ti.**

Ancho de la vía (m).	Altura adoptada (m).	Potencia de luminaria (w).	Luminancia media Lm (Cd/m <sup>2</sup> )	Uniformidad Longitudinal (%).	Incremento Umbral Ti (%)
M3			Min = 1 Cd/m <sup>2</sup>	Min = 40 %	Max = 10 %
9.00	10.00	150	1.04	69.20	9.50
12.00	9.00	100	2.17	62.60	8.90

*Fuente.* Los Autores

Los mismos que cumplen con los estadares internacionales dispuestos en la Tabla 12. En el Anexo 1 Tabla 6/8 se detallan los estudios luminotécnicos para los casos presentados respectivamente.

### **3.7. PUESTA A TIERRA**

Cabe señalar que para la puesta a tierra se ha considerado valores máximos de resistencia recomendados por la EERSSA no mayor de 10  $\Omega$ , a pesar que no se conocen las características de los terreno, se recomienda realizar tratamiento del terreno, además de estudios complementarios que conllevaran a un mejor diseño de las mismas. Las varillas escogidas para el caso son de copperweld de 1,80 m x 5/8", para la conexión entre cable de cobre y varilla de copperweld con grapa. En caso de que en las mediciones superen los 10  $\Omega$ , se recomienda colar otra varilla adicional y si es necesario se realizará una malla de puesta a tierra.

### **3.8. DISEÑO ELECTRICO**

#### **DISCUSIÓN**

A continuación se describe los fundamentos técnicos con los que se realizó el diseño eléctrico de la red de medio voltaje, centros de transformación, de la red de bajo voltaje y de alumbrado público, así como la canalización y pozos de revisión requeridos para su instalación.

#### **3.9. RED DE MEDIO VOLTAJE**

Se ha previsto mantener y/o construir acometidas en medio voltaje monofásicas, que alimenten los centros de transformación, se conectarán del Alimentador Saraguro N° 0911, la potencia a instalar es de 487.50 KVA para un periodo de diseño de 30 años respectivamente. Se han diseñado 9 centros de transformación, 1 centro de transformación es particular.

Esta potencia incluye los centros de transformación que servían a edificios particulares, los cuales contaban con centros de transformación propios instalados en postes; y, se les realizó un estudio especial para que se prevean del nuevo diseño. En el Anexo 2 Plano 4/7 denominado “Red de Medio Voltaje Proyectada”, se detalla el diseño.

##### **3.9.1. Conductores para Medio Voltaje**

Se alimentará al nuevo diseño con derivaciones existentes y/o proyectadas, es un sistema monofásico a dos hilos 1x13.8/7.96 Kv., se utilizará conductor 1x2 AWG tipo ACSR para la fase y 1x4 AWG tipo ASC para el neutro corrido. Se ha escogido este tipo de conductor por ser de Al desnudo utilizado en redes aéreas, que garantiza la corriente a conducir y la caída de voltaje admisibles. Con este tipo de conductor seleccionado la caída de voltaje calculado tiene un valor máximo de 2,63% (ver Anexo 1 Tabla 5/8). Cabe indicar que la mayoría de centros de transformación cuenta con el servicio a medio voltaje a acepción de un tramo que se prevé construir.

#### **3.10. CENTROS DE TRANSFORMACION**

Se han diseñado 8 centros de transformación ubicados en postes y 1 centro de transformación particular que servirá al centro comercial de Saraguro que cuenta con estudio eléctrico propio, el detalle del diseño se especifica en el Anexo 2 Plano 4/7.

La ubicación, potencia, tipo y balance de cargas de los centros de transformación se detalla en la **tabla 20**, para 30 años.

**Tabla 20. Ubicación, potencia, tipo y balance de cargas de los C. T.**

N° CT	Potencia (KVA)	Tipo	Conexión (KVA)			Ubicación
	30 años		Fase A	Fase B	Fase C	
CT-1	37,5	Convencional		37,5		Calles Loja y El Oro.
CT-2	50	Convencional		50		Calles 10 de Marzo y Azuay.
CT-3	50	Convencional		50		Calles José María Vivar y Juan A. Castro.
CT-4	75	Convencional			75	Calles Juan A. Montesinos y Juan A. Castro.
CT-5	50	Convencional			50	Calles El Oro y Av. Calasanz.
CT-6	75	Convencional	75			Calles Miguel Vaca y Sucre.
CT-7	75	Convencional	75			Calles Juan A. Montesinos y Sucre.
CT-8	25	Convencional		25		Calles El Oro y Av. Calasanz.
CP-1	50	Convencional			50	Centro Comercial Saraguro.
<b>TOTAL</b>	487.50		150	162,5	175	

*Fuente.* Los Autores.

### 3.10.1. Características de los transformadores de distribución

Los transformadores de distribución a instalarse en los centros de transformación serán tipo convencionales monofásicos apropiado para instalar a 2500 msnm, con las siguientes características:

- Potencia nominal indicado en la tabla 20 y en el Anexo 2 Plano 4/7.
- Auto enfriado, sumergido en aceite, con una variación de temperatura de 65°C sobre la del ambiente.
- Voltaje del primario 13.8/7.962 KV.
- Voltaje del secundario 240/120 V.
- Frecuencia 60 Hz.
- Aislamiento lado primario BIL 95 kV.
- Cumpliendo los lineamientos de la norma ANSI/IEE C57.12.

### **3.10.2. Interconexión alimentador - transformador**

La interconexión del alimentador primario al transformador de distribución, se realizarán a través de un seccionador fusible unipolar tipo abierto, de las siguientes características:

- Voltaje máximo de diseño 15 KV.
- Capacidad nominal 100 A.
- Tirafusible, cabeza removible, tipo K y de 3 - 5 A. nominales.
- Para instalar en poste de hormigón armado o en cruceta de hierro, conectado a través de grapas de línea caliente.

### **3.11. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (TDP)**

En cada uno de los centros de transformación se montará un TDP de bajo voltaje, en el que se ubicarán: a) los interruptores termo magnéticos para seccionamiento y protección de los circuitos de bajo voltaje que salen desde el centro de transformación correspondiente; b) los interruptores termo magnéticos para seccionamiento y protección de los circuitos de alumbrado público, además de su respectivo control de encendido.

### **3.12. RED DE BAJO VOLTAJE SUBTERRANEAS**

Desde cada uno de los centros de transformación y de sus correspondientes TDP se han diseñado de 1 a 3 circuitos de bajo voltaje, que en total representan 14 circuitos, para los que se han diseñado recorridos definidos como se muestra en el Anexo 2 Plano 3/7 denominado “Red de Bajo Voltaje”.

Se ha previsto 2,253 km de red de bajo voltaje subterránea de diferentes calibres, irán por ductos de PVC perfilada según se explica en el numeral correspondiente a canalización y pozos de revisión.

La acometida principal saldrá del transformador de distribución a través de tubería conduit EMT de 4”, en la parte superior del tubo se instalará un reversible EMT de 4”

para garantizar la hermeticidad del mismo. Bajara por el TDP para la distribución por circuitos, con sus respectivas protecciones; de allí al pozo de revisión diseñado por donde se guiara para su distribución.

### 3.12.1. Conductor de Red Subterránea de Bajo Voltaje

Los conductores para bajo voltaje utilizados para las fases son de cobre tipo TTU, aislados para 2000 V, que pueden ser directamente enterrados en lugares secos o húmedos donde la temperatura del conductor no exceda de 90°C. La chaqueta es XLPE – PVC de 90°C, resistente a la humedad, no propaga la llama. Sus características se describen en la tabla 21.

**Tabla 21. Características del conductor TTU, 2000 V.**

CALIBRE AWG O MCM	SECCION mm <sup>2</sup>	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPEJOR AISLAMIENTO mm.	ESPEJOR CHAQUETA mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	ALTERNAT. DE EMBALAJE.
8	8,37	7 x 1,23	1,40	0,38	7,25	113,1	70	50	B,E,Z
6	13,30	7 x 1,55	1,40	0,76	8,97	180,0	95	65	E,Z
4	21,15	7 x 1,96	1,40	0,76	10,20	266,0	125	85	E,Z
2	33,62	7 x 2,47	1,40	0,76	11,73	398,0	170	115	E,Z
1	42,36	7 x 2,78	1,65	1,14	13,92	480,6	195	130	E,Z
1/0	53,49	19 x 1,89	1,65	1,14	15,03	628,0	230	150	D,E,Z
2/0	67,43	19 x 2,12	1,65	1,14	16,18	771,0	265	175	D,E,Z
3/0	85,01	19 x 2,39	1,65	1,14	17,53	952,0	310	200	D,E,Z
4/0	107,20	19 x 2,68	1,65	1,14	18,98	1176,0	360	230	D,E,Z
250	127,00	37 x 2,09	1,90	1,65	21,73	1422,0	405	255	Z
300	152,00	37 x 2,29	1,90	1,65	23,13	1677,0	445	285	Z
350	177,00	37 x 2,47	1,90	1,65	24,39	1931,0	505	310	Z

*Fuente.* Electrocables.

Para el neutro se utiliza conductor desnudo de cobre semiduro, de hilos de 75°C. El calibre de los conductores para los circuitos de bajo voltaje determinados son los siguientes:

- 2 x 3/0 AWG tipo TTU + 1 x 2/0 AWG, tipo cobre desnudo.
- 2 x 2/0 AWG tipo TTU + 1 x 2/0 AWG, tipo cobre desnudo.
- 2 x 1/0 AWG tipo TTU + 1 x 1/0 AWG, tipo cobre desnudo.
- 2 x 1/0 AWG tipo TTU + 1 x 2 AWG, tipo cobre desnudo.
- 2 x 2 AWG tipo TTU + 1 x 2 AWG, tipo cobre desnudo.

En el Anexo 1 Tabla 6/8 se detalla el balance de carga por circuito.

### **3.12.2. Empalmes para Derivar Red Subterránea de Bajo Voltaje hacia Acometidas de bajo voltaje prediales.**

Desde el pozo de revisión saldrán ductos de manguera de polietileno de 1 ½” de diámetro hacia los diferentes predios identificados, que llevará la acometida de bajo voltaje. Se ha identificado que de cada pozo de revisión salen de una a seis acometidas en bajo voltaje.

En los pozos de revisión se realizará la unión o empalme de las acometidas desde la red de bajo voltaje subterránea, requiriéndose utilizar una adecuada conexión que garantice hermeticidad, seguridad de conexión y facilidad de instalación. Se ha previsto el uso de una caja de derivación denominada “Barraje de Distribución Sumergible”, que usa un producto denominado “PowerGel” que evita el ingreso de humedad, es por lo tanto un barraje de distribución hermético adecuado para usarse en redes de distribución subterráneas. Este barraje de distribución es rentable, permite la conexión y desconexión en forma sencilla y será para cables de cobre del # 4 al 4/0 AWG, para 600 voltios de servicio y soporta 525 A. a 90°C; rígido y resistente al impacto. La carga máxima por predio es de 11,24 KVA monofásica, por lo tanto la acometida recomendada es monofásica 3 hilos, 4 AWG para las fases tipo TTU; y, 4 AWG para el neutro tipo cobre desnudo, que garantiza una capacidad de conducción de 85 a 125 A. Con el calibre de conductor indicado la caída de voltaje hasta el medidor mas lejano es de 4,3 %, por debajo del límite establecido que es del 4.5 %.

El barraje es por cada polo o cable conductor, por lo tanto se requiere tres por pozo, dos para las fases y uno para el neutro.

### **3.13. MEDIDORES DE ENERGÍA ELECTRICA**

No se intervendrá en medidores de energía eléctrica. Se reutilizarán los existentes pero la EERSSA determinará los adicionales necesarios, que exigirá se instalen por cuenta de los usuarios que lo requieran.

### **3.14. ALUMBRADO PUBLICO**

#### **3.14.1. Circuitos de Alumbrado Público**

Los circuitos de alumbrado público salen desde la TDP de bajo voltaje y desde su correspondiente protección y control de encendido; mediante fotocélula y relé.

Se han diseñado de 1 a 2 circuitos de iluminación por centro de transformación, además de acometidas para el alumbrado público de proyectos existentes en Iglesia y calles regeneradas. Ver Anexo 2 Plano 5/7 denominado “Diseño de Alumbrado Público”.

El conductor para los circuitos de alumbrado público es el # 8 AWG tipo TTU para las fases y 10 AWG THHN para conductor de tierra respectivamente. El detalle de la luminaria en cuanto a su diseño lo encontramos en el Anexo 2 Plano 7/7.

La conexión de las luminarias se realizará desde el pozo de revisión más cercano, mediante empalmes y aislados con cinta autofundente, el cable que conectará las luminarias será tipo plastiplomo 2x12 AWG + 1x14 AWG tipo THHN para tierra, que irán empotrados en manguera de polietileno negro de 1”. Las condiciones de montaje de la luminaria se expresan en el estudio lumínico respectivo Anexo1 Tabla 7/8.

### **3.15. OBRAS CIVILES:**

La red de distribución subterránea irá canalizada en zanjas y ductos para medio voltaje y bajo voltaje, para lo cual se realizaron los diseños correspondientes, tomando como referencia las Normas Técnicas de la EERSSA, diseño especificado en el Anexo 2 Plano 6/7 denominado “Diseño de canalización y pozos de revisión”.



### **3.15.1. Zanjas**

Se ha previsto la construcción de dos tipos básicos de zanjas: Zanja # 1 y zanja # 2, cuyas características son descritas en el Capítulo I y complementado en el Anexo 2 Plano 6/7.

### **3.15.2. Pozos de Revisión**

Se ha definido construir dos tipos de pozos: Tipo B, Tipo C y eventualmente Tipo D; descritos en el Capítulo I y complementado en el Anexo 2 Plano 6/7.

Las tapas para los pozos serán de hormigón armado de 10 cm de espesor y se colocará en su borde un marco de ángulo de 2 ½” x ¼”, tanto alrededor de la tapa como en la base, con una inclinación de 45°, para asegurar su fácil apertura. Dispondrá también de agarradera hecha con varilla lisa de 14 mm de diámetro.

## CAPITULO IV

### 4. CONCLUSIONES

- La información requerida se obtuvo de: La Municipalidad de Saraguro, Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.; quienes prestaron las facilidades para la investigación del tema, además de libros, catálogos y páginas web, consultadas.
- Del levantamiento de información del sistema eléctrico se determinó:
  - Que en el área de estudio existen 209 predios urbanos.
  - La Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. cuenta con 281 abonados de los cuales: 117 en la categoría residencial, 127 en la categoría comercial, 6 en la categoría BPU, 4 en la categoría de Entidad Oficial y 10 usuarios en la categoría industrial artesanal; además de 17 abonados con consumo 0.
  - El factor de carga es de 0.45, para la subestación Saraguro.
  - El consumo mensual de energía eléctrica facturada a los abonados es de 22718.33 kW-h/mes y la demanda media de potencia eléctrica es 31,55 kW.
  - El consumo de energía por alumbrado público es de 2826.00 kW-h/mes, con una demanda de potencia de 7,85 kW.
  - El consumo promedio de energía eléctrica de los usuarios es de 86,05 kW-h/mes; y, los promedios de consumo por categorías son:
    - ✓ Usuarios residenciales: 63,05 kWh/mes.
    - ✓ Usuarios comerciales: 92,51 kWh/mes.
    - ✓ Usuarios BPU: 121,83 kWh/mes;
    - ✓ Usuarios Entidades Oficiales: 485,25 kWh/mes.
    - ✓ Usuarios Industriales: 92,10 kWh/mes.
- El diseño de alumbrado público contempla nuevas luminarias con un total de 39, tipos OPALO 3 de 100 y 150 W; 8 en disposición CENTRAL PAREADA en la Av. El Oro y 30 en disposición UNILATERAL en las demás calles; respectivamente.
- La potencia a instalar por alumbrado público es de 5.925 KW (actual: 7,85 kW).
- Se consigue una adecuada luminancia promedio de 2,17 cd/m<sup>2</sup>, 62,6% de uniformidad y 8,9% de deslumbramiento en la Avenida principal; y, 1,04 cd/m<sup>2</sup>,

69,2% de uniformidad y 9,5% de deslumbramiento en las demás vías; valores acordes a los normalizados.

- Se ha diseñado un sistema de distribución eléctrico mixto, esto debido a que el asentamiento urbano no tiene alta densidad de carga y fuerte tendencia de crecimiento.
- La carga a instalar del diseño es de 487.50 kVA, con un total de 9 transformadores, un transformador es particular.
- El valor máximo de caída de voltaje del alimentador primario diseñado es de 2,63 %, determinado por el procedimiento indicado en las Normas Técnicas de la EERSSA.
- El valor máximo de caída de voltaje, en bajo voltaje desde el centro de transformación hasta el medidor más lejano es de 4,3 %.
- El nuevo proyecto mejorara el ornato de la ciudad, conllevara a un desarrollo turístico, además de optimiza el servicio y seguridad de las instalaciones.

## CAPITULO V

### 5. RECOMENDACIONES

- Trabajar en una norma lumínica aplicable al área de concesión de la EERSSA, basada en normas internacionales vigentes.
- Realizar estudios complementarios en cuanto a las características del terreno para el estudio de puesta a tierra en los sectores donde se implantaran diseños eléctricos subterráneos.
- Contar con personal capacitado y calificado para la construcción y mantenimiento de sistemas de distribución eléctricos subterráneos.
- Elaborar estudios de sistemas eléctricos subterráneos en los centros poblados, de concesión de la EERSSA, con miras a esta nueva tendencia que ofrece seguridad, confiabilidad además de mejorar el ornato.

## 6. BIBLIOGRAFIA

### LIBROS:

COLOMBIA, Norma Técnico Colombiana, 3era Edición, 2006. INCOTEC. Bogotá. Colombia, pp 2- 50.

ECUADOR, Plan de ordenamiento Territorial, 2007. Municipio del Cantón Saraguro. Saraguro. Loja. Ecuador.

ECUADOR, Normas Técnicas para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales, 2006. Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. Loja. Ecuador.

RAMÍREZ CASTAÑO, Samuel. (1998). *Redes de Distribución, su diseño y construcción*. Colombia, Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. 926 p.

### CATALOGO:

CATALOGO, Conductores Eléctricos, 4ta Edición, 1999. Cablec. Quito. Ecuador.

### PÁGINAS WEB:

MUJAL, Ramón, Cálculo de líneas y regulación de la tensión en redes. 2002. [<http://www.edicionsupc.es>].

FRINO, Luis, *Sistemas de distribución de Energía Eléctrica, Apuntes de Ingeniería Eléctrica*. 1999. [<http://www.frino.com.ar/transformador.htm>]

## **7. ANEXOS**

## TABLAS

- 1/8. Control de estructuras levantamiento de las redes de MV, BV y AP.
- 2/8. Demanda unitaria promedio actual, demanda máxima: inicial, para 30 años de los diferentes abonados.
- 3/8. Desarrollo de la DMUP para 30 años para los diferentes abonados.
- 4/8. Circuitos de BT, AP y cálculo de la potencia del transformador requerido para 30 años.
- 5/8. Cómputo de caída de voltaje para medio voltaje y bajo voltaje.
- 6/8. Balance de carga por circuito.
- 7/8. Estudio luminotécnico.
- 8/8. Presupuesto referencial.