

EDUARDO VARGAS C.

RED DE DISTRIBUCION

P A R A Q U I T O

TESIS DE GRADO DE INGENIERO ELECTROTECNICO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

JULIO DE 1958

El trabajo fue dirigido por

Jacome
Prof. Ing. Jacome

INDICE DE MATERIAS

I P A R T E

Introducción: Objetivo del presente trabajo.- Medios disponibles.- Situación geográfica.- Superficie.- Potencia instalada.- Energía por habitante, comparación con otras naciones latinoamericanas.

II P A R T E

Desarrollo: 1.- Levantamiento de datos e estadísticos:

- a) Selección de sectores
- b) Medición de cargas (verano e invierno)
- c) Resultados: Superficies, cargas, valores unitarios.

2.- a) Clasificación de los sectores en tres categorías por el tipo de construcción con los valores unitarios.

- b) Clasificación de los sectores en orden descendente por sus valores unitarios.

3.- Factores de mayoración:

- a) de seguridad
- b) crecimiento del consumo, etapa 10 años

4.- Red de baja tensión

- a) Trifásica Mallada

Clase A: Ciud. Méjico con calibres Nos: 6, 4 y 2 AWG.

B: Ciud. América con calibres Nos: 6, 4 y 2 AWG.

C: Ciud. Mariscal con calibres Nos: 6, 4 y 2 AWG.

Lista de materiales y presupuesto

b) Monofásica radial

Clase A: Ciud. Méjico con calibres Nos:
6, 4 y 2 AWG.

B: Ciud. Amé rica con calibres Nos:
6, 4, 2 y 0 AWG.

C: Ciud. Mariscal con calibres Nos:
6, 4 y 2 AWG.

Lista de materiales y presupuesto

c) Cuadros comparativos de costos de la red
trifásica mallada.

d) Cuadros comparativos de costos de la red
monofásica radial.

e) Cuadro general de costos por Km. de red.

III P A R T E

- Apéndice:
- 1.- Explicación y breve resumen del tablero analizador de redes.
 - 2.- Comparación de los sistemas estudiados: Monofásico Radial con 3 conductores y el Trifásico Mallado con 4 conductores
 - 3.- Conclusión
 - 4.- Bibliografía
-

I N D I C E D E P L A N O S

- A Quito con las nuevas urbanizaciones.+ Escala 1:20.000
Superficie total
Superficie de la zona servida por la red aérea
" de la zona servida por la red subterránea
" de la zona no edificada
- B2 Quito, limitación de los sectores censados.- Escala 1:10.000
- C3, C4.....C36 Sectores censados.- Escala 1:2.500
Superficie censada.-
Longitud total de frentes.
Número de frentes
Frente medio.
- D37 Ciudadela Méjico.- Ubicación de postes y diagrama de acometidas.-
Escala 1:1000
- D38 Ciudadela Méjico.- Red mallada.- Concentración de cargas en los
nudos.- Escala 1:1000.
- D39 Ciudadela Méjico.- Red mallada.- Impedancias Zpu - base 20 KVA.
Escala 1:1000
- D40 Ciudadela Méjico.- Red mallada.- Diagrama de cajas.- Escala 1:1000
- D41 Ciudadela Méjico.- Red mallada.- Resultado del analizador; conduc-
tor AWG No. 6.
- D42 Ciudadela Méjico.- Red mallada.- Resultado del analizador; conduc-
tor AWG No. 4.
- D43 Ciudadela Méjico.- Red mallada.- Resultado del analizador; con-
ductor AWG No.2.
(D41, D42 y D43, Escala 1:1000)
- D44 Ciudadela Méjico.- Red monofásica; Ruta de la línea y localiza-
ción de transformadores; Conductor AWG No.6; Escala 1:1000.

- D45 idem al D44 Conductor AWG No 4; Escala 1:1000
- D46 idem..... Conductor AWG No 2; Escala 1:1000
- E47 Ciudadela América.- Ubicación de postes y diagrama de acometidas.- Escala 1:1000
- E48 Ciudadela América.- Red mallada. Concentración de cargas en los nudos Escala: 1:1000
- E49 Ciudadela América.- Red mallada.- Resultado del analizador. Conductor AWG No 6; Escala 1:1000
- E50 Idem..... Conductor AWG No.4; Escala 1:1000
- E51 Idem..... Conductor AWG No.2; Escala 1:1000
- E52 Ciudadela América.- Red monofásica radial.- Recorrido de la línea y localización de transformadores.- Conductor AWG No. 6; Escala 1:1000
- E53 Idem..... Conductor AWG No.4 Escala 1:1000
- E54 Idem..... Conductor AWG No.2 Escala 1:1000
- R55 Ciudadela Mariscal Ubicación de postes y diagrama de acometidas
- R56 Ciudadela Mariscal.- Red mallada.- Concentración de cargas en los nudos, Escala 1:1000
- R57 Ciudadela Mariscal.- Red mallada.- Localización de transformadores.- Escala 1:1000 Conductor AWG No 6.
- R58 Idem..... Conductor AWG No 4, Escala 1:1000
- F59 Idem..... Conductor AWG No 2, Escala 1:1000
- R60 Ciudadela Mariscal.- Red monofásica radial .- Conductor AWG No 6; Escala 1:1000
- R61 Ciudadela Mariscal.- Red monofásica radial.- Conductor AWG No 4; Escala 1:1000
- G62 Analizador de redes.- Diagrama eléctrico.

I P A R T E

INTRODUCCION:

OBJETIVO DEL PRESENTE TRABAJO.- Diseñar la red de baja tensión en tres ciudades de los tipos:

- Clase A: Ciudadela Méjico
- Clase B: Ciudadela América
- Clase C: Ciudadela Mariscal Sucre

En cada clase se ha estudiado el sistema monofásico radial con tres conductores, y el trifásico mallado con cuatro conductores; con calibres No 6, No 4 y No 2 AWG, para hacer una comparación de costos por kilómetro de red.

Los datos para el diseño he tomado de la Empresa Eléctrica "Quito" S.A.

El sistema monofásico radial lo he diseñado íntegramente.

En el sistema trifásico mallado, prepararé los datos: concentración de cargas a los nudos, impedancias de conductores y transformadores, para que sea estudiado en el tablero analizador de redes por los ingenieros de la Empresa Eléctrica "Quito" S.A.

MEDIOS DISPONIBLES.- Dejo constancia, que la finalización del presente trabajo se debe al apoyo decidido y eficiente de lo que constituye Empresa Eléctrica "Quito" S.A.

En Julio de 1.957 se iniciaron los trabajos preliminares de los estudios sobre una nueva red de distribución de energía eléctrica para la ciudad de Quito, con un valioso cuerpo de Ingenieros electricistas nacionales. En dichos trabajos tuve oportunidad de colaborar.

SITUACION GEOGRAFICA.- La ciudad de Quito, capital de la república del Ecuador, se halla situada en América del Sur; sus coordenadas geográficas

son; longitud $78^{\circ}29'57''$ E. y $0^{\circ}12'58''$ de latitud S (corresponden a las del Observatorio Astronómico, con relación a Greenwich).

SUPERFICIE.— En el plano Al, se halla la planimetría de la ciudad de Quito, incluyendo las nuevas urbanizaciones a Diciembre de 1.956, cuyo levantamiento es de Obras Públicas Municipales; en este plano ubique lo siguiente:

- 1o Zona servida por red aérea
- 2o Zona servida por red subterránea
- 3o Zona no edificada

Para determinar las dos primeras zonas, consulté los planos de redes eléctricas de la Empresa Eléctrica "Quito" S.A., la zona no edificada corresponde a la diferencia de la superficie total.

En esta forma obtuve los siguientes resultados: superficie total 28 Km², longitud 11,5 Km. (orientación Sur a Norte) ancho medio 2,5 Km. aproximadamente.

El 63% de la superficie total está servida por red aérea; 10% por red subterránea y el 27% corresponde a la zona no edificada.

La mayor parte de la red subterránea se halla en el centro histórico de la ciudad, que se extiende de Norte a Sur, desde el Parque Alameda, hacia la recoleta en una longitud de 1.7 Km. y con un ancho medio de 1.2 Km.

El centro de gravedad estaría situado en el Parque de la Independencia, y una superficie de 0,6 Km². que corresponde a tres pequeñas zonas situadas al Norte de la ciudad.

POTENCIA INSTALADA.— Al 31 de Diciembre de 1.957, la Empresa Eléctrica "Quito" S.A. disponía de 14.460 Kw. para el suministro de energía a la ciudad; correspondiendo 12.160 Kw de origen hídrico y 2.300 Kw, de

origen térmico, potencia que resultaba insuficiente para llenar las necesidades de sus clientes; en Febrero del presente año se suman 1.800 KW arrendados de Ma chachi, dando un total de 16.260 KW. Sin embargo esta potencia durante el presente año resultará reducida, debido a la gran demanda de energía ya sea para el consumo residencial, edificios comerciales e industrias.

ENERGIA POR HABITANTE, COMPARACION CON LAS DEMAS NACIONES LATINOAMERICANAS.- El consumo de energía eléctrica, da una visión clara del progreso económico y social de un país . El desarrollo industrial, la mecanización en general y el progreso urbano son prácticamente función de la oferta de electricidad.

En el cuadro I, los países Latinoamericanos están divididos en tres grupos de acuerdo al consumo total de energía referidos al año 1.954.

Al 1o. pertenecen los consumos desde 1.950 hasta 11.680 millones de KWH.

Al 2o. desde 927 hasta 1.775 millones de KWH y al 3o. a consumos inferiores a 900.

Ecuador dispuso para su consumo de 135 millones de KWH. de origen térmico y 95 de origen hidráulico, que suman 230 millones de KWH colocándose con estas cifras, en penúltimo lugar entre los países Sudamericanos.

En consumo de energía por habitante: Chile se encuentra en primer lugar, con 557 KWH/habitante y Ecuador tiene 64 KWH/habitante, o sea el 1/9 de lo que se consume en Chile.

CUADRO I

CONSUMO DE ENERGIA DE LOS PAISES LATINOAMERICANOS 1.954

	Origen Millons. KWH.	Térmico % Def. al Total	Origen Millons. KWH.	Hidrául. % Def. al Total	Total Millons. KWH.	KWH/ha sit.
<u>Grupo I</u>						
Chile	1.563	43	2.974	57	3.637	557
Argentina	6.019	95	333	5	6.352	319
Méjico	3.527	56	2.755	44	6.282	224
Brasil	2.300	20	9.389	80	11.689	205
Colombia	633	33	1.315	67	1.958	157
SUBTOTAL	14.044	47	15.357	63	29.901	242
<u>Grupo II</u>						
Uruguay	250	27	677	73	927	361
Venezuela	1.357	80	333	20	1.690	302
Cuba	1.756	99	19	1	1.775	297
Pará	82	7	1.271	93	1.353	148
SUBTOTAL	3.465	66	2.300	46	5.765	346
<u>Grupo III</u>						
Costa Rica	35	16	185	84	220	240
Panamá	135	100	-	-	135	182
Bolivia	88	25	202	75	380	102
Guatemala	89	42	121	58	210	67
Ecuador	135	59	95	51	230	64
Rep. Dominic.	130	100	-	-	130	55
Honduras	48	67	24	33	72	45
Paraguay	47	87	7	13	54	45
Paraguay	50	100	-	-	50	33
Haití	30	100	-	-	30	9
SUBTOTAL	802	51	763	49	1.565	64
TOTAL	18.301	49	18.820	51	37.221	216

II P A R T E

D E S A R R O L L O

1.- LEVANTAMIENTO DE DATOS ESTADISTICOS

a) Selección de sectores.- Este trabajo lo efectué juntamente con un Ingéniero de la Empresa; efectuamos recorridos por la ciudad de Quito, observándose áreas de construcción similares, limitándolas en la siguiente forma: (Plano No B-2)

- 1.- MARISCAL SUCRE : Norte calle Veintimilla
Sur Aven. Patria
Este Aven. 12 de Octubre
Oeste Aven. 10 de Agosto
- 2.- SIMON BOLIVAR : Norte Aven. Colón
Sur calle Veintimilla
Este Aven. 12 de Octubre
Oeste Aven. Colón
- 3.- COLON : Norte Aven. Orellana
Sur Aven. Colón
Este Aven. 12 de Octubre
Oeste Aven. 10 de Agosto
- 4.- ZALDUMBIDE : Norte Aven. 12 de Octubre y Camino Escénico
Sur calle Salazar
Este Camino Escénico
Oeste Aven. 12 de Octubre y Salazar
- 5.- FLORESTA : Norte Aven. 12 de Octubre y Salazar
Sur Ladrón de Guevara y Camino a Guápulo
Este Límite urbano
Oeste Aven. 12 de Octubre

- 6.- BELISARIO QUEVEDO: Norte N. Murgeón
Sur Veintimilla y Ampudia
Este Aven. 10 de Agosto
Oeste Aven. 12 de Octubre
- 7.- BONIFAZ PANIZO : Norte Ramírez Dávalos
Sur entre J. de Velasco y Bolivia
Este Aven. 10 de Agosto
Oeste Aven. América
- 8.- SANTIAGO : Norte entre 18 de Setiembre y Portoviejo
y Ciudadela Universitaria
Sur Río de Janeiro y Aven. Occidental
Este Aven. 10 de Agosto y Aven. América
Oeste Aven. América y Límite urbano
- 9.- LARREA : Norte Río de Janeiro
Sur calle Caldas
Este Aven. 10 de Agosto
Oeste calle Vargas
- 10.- AMERICA : Norte entre Asunción y Santiago
Sur Galápagos entre Riofrío y Buenos Aires
Este Vargas y Aven. América
Oeste Nicaragua y Benálcazar
- 11.- SAN JUAN Norte límite urbano y Riofrío
Sur Galápagos y Caldas
Este Benalcázar, EE.UU. y Nicaragua
Oeste límite urbano

- 12.- VICENTINA : Norte Floresta y Ladrón de Guevara
Sur límite urbano
Este límite urbano
Oeste La Condamine
- 13.- AGUARICO : Norte calle Mideros
Sur San Diego
Este calle Chimborazo
Oeste límite urbano
- 14.- TUMBEZ : Norte Barahona y Ambato, límite subterráneo
Sur calle Necochea
Este Aven. 5 de Junio y Ambato, límite subt.
Oeste calle Bahía
- 15.- CHIMBORAZO : Norte San Diego
Sur La Mascota
Este calle Bahía
Oeste límite urbano
- 16.- LA MAGDALENA : Norte paralela a la Caranqui
Sur calle Haynapalcón
Este calle Collahuazo
Oeste límite urbano
- 17.- SAN JOSE : Norte Condorazo
Sur quebrada
Este quebrada
Oeste calle Collahuazo
- 18.- SANTA ANA : Norte Aven. 5 de Junio y Terá n
Sur quebrada

- Este río Machángara
Oeste Aven. 5 de Junio
- 19.- VILLA FLORA : Norte quebrada
Sur finca El Recreo
Este calle Maldonado
Oeste Aven. 5 de Junio
- 20.- YAGUACHI : Norte Mascota y Necochea
Sur prolongación Caranqui
Este Aven. 5 de Junio
Oeste límite urbano
- 21.- LOS ANDES : Norte Sangay y Alpahuasi
Sur Camal y Chiriacu
Este línea del FE.CC.
Oeste calle Maldonado
- 22.- CHIRIACU : Norte línea férrea y Alpahuasi
Sur camino a los Chillos y G. Pérez
Este línea férrea y G. Pérez
Oeste Alpahuasi
- 23.- MEJICO : Norte límite urbano
Sur Alpa huasi y Napo
Este Napo y límite urbano
Oeste Maldonado
- 24.- LA LOMA : Norte quebrada
Sur Río Manchángara
Este río Machángara
Oeste Rocafuerte y Salinas (límite subt.)

- 25.- LA CHILENA : Norte calle Galápagos
Sur Imbabura y Mideros
Este Imbabura y Benalcázar
Oeste límite urbano
- 26.- LA TOLA : Norte calle Chile (Límite subterráneo)
Sur Troya y General Silva
Este Lavayen, Aguirre
Oeste Montúfar, Almeida (límite subterráneo)
- 27.- ARGENTINA : Norte Aven. Colombia y Hospital E. Espejo
Sur Ichimbia y Fray Jodoco Riki
Este Hospital E. Espejo e Ichimbia
Oeste Aven. Colombia y Caldas (límite subt.)
- 28.- MONTALVO : Norte El Ejido
Sur Aven. Colombia y Alameda
Este Estadio y Aven. 12 de Octubre
Oeste Aven. 10 de Agosto y Alameda
- 29.- EL DORADO : Norte Aven. 12 de Octubre
Sur límite urbano
Este La Condamine
Oeste Hospital E. Espejo, calle Sodiro

De los cuales se ha elegido dos o tres manzanas para la medición de cargas.

b) Medición de cargas.- Para este trabajo colaboré con el personal de la Empresa, intentamos hacer un censo que consistía en averiguar el número de medidores que disponían; al final se descartaron estos datos, debido a que resultaban inciertos ya sea por encontrar en cada sector, algunas casas cerradas o, por negligencia de la persona infor-

mante.

El censo diurno facilitó el trabajo de medición de cargas, por la sencilla razón de que se ubicaron en los croquis los números de las casas y el sitio de las acometidas. Además, se determinó el frente medio del sector, que resulta de la media aritmética de los frentes del sector (planos C3——C36).

La medición de cargas se realizó de 7 a 8 de la noche y hubo que considerar los siguientes casos:

- a: Casas con una sola acometida
- b: " " varias acometidas
- c: " " acometidas bifurcadas a las vecinas.

El caso "a" se encontró en su mayoría por los sectores residenciales, como la ciudadela Colón, Mariscal, Zaldumbide. La medida del voltaje y corriente se hizo desde el poste, anotando la fase respectiva.

El caso "b" para determinar la carga se sumó las cargas parciales, las medidas se efectuaron como en el caso anterior.

El caso "c", la medida se hizo a la entrada de cada casa, evitando en esta forma la influencia de carga extraña.

La primera medición se efectuó en el mes de Agosto, que se podría considerar el consumo correspondiente al verano.

A los valores obtenidos de esta primera medida, se pensó aplicarles un factor de mayoración para determinar la carga en la temporada de invierno, como no se disponía de datos estadísticos se decide repetir la medición en el mes de Octubre, notándose en aumento en la mayor parte de los sectores.

c.- RESULTADOS.- Los sectores censados son los siguientes:

1.- <u>MARISCAL:</u>	Calle 9 de Octubre entre Robles y Roca	
	" Mera	" " "
	" Robles	" 9 de Octubre y Mera
	" Roca	" " "
2.- <u>BOLIVAR:</u>	" Calama	" Mera y Almagro
	" García	" " "
	" Mera	" Calama y García
	" Almagro	" " "
3.- <u>COLON:</u>	" Amazonas	" Aven. Colón y Aven. Orellana
	" Almagro	" " "
	" Aven. Colón	" Amazonas y Almagro
	" Aven. Orellana	" " "
5.- <u>ZALDUMBIDE:</u>	" Coruña	" Aven. 12 de Octubre y Valla dolid
6.- <u>FLORESTA:</u>	" Pontovedra	" Madrid y Vizcaya
	" Lugo	" " "
	" Madrid	" Pontovedra y Lugo
	" Viscaya	" " "
6' - <u>FLORESTA:</u>	" Andalucía	" Rívoli y Cepeda
	" Valladolid	" " "
	" Rívoli	" Andalucía y Valladolid
	" Cepeda	" " "
7 - <u>BELISARIO:</u>	" Ulloa	" Andagoya y Cuero y Caicedo
	" Montes	" " "
	" Andagoya	" Ulloa y Montes
	" Cuero y Caicedo	" " "

7 ¹ - <u>PAMBACHUPA:</u>	Calle Munive entre Plazoleta y Lizarazu
7 ² - <u>SELVA ALEGRE:</u>	" Selva Alegre entre Aven. América y Ruiz de Castilla
8 - <u>BONIFAZ PANIZO:</u>	" J. de Velasco " Aven. 10 de Agosto y Aven. América
9 - <u>SANTIAGO:</u>	" Santiago " Aven. 10 de Agosto y Aven. América
10 <u>LARREA:</u>	" Manuel Larrea " Checa y Riofrío
	" Juan Larrea " " "
	" Checa " J.Larrea y M.Larrea
	" Riofrío " " "
11 <u>AMERICA:</u>	" Buenos Aires entre Aven. América y Costa Rica
	" Riofrío " " " "
	" Aven. América " Buenos Aires y Riofrío
	" Costa Rica " " " "
12 <u>SAN JUAN:</u>	" New York " Haití y Montevideo
	" Panamá " " "
	" Haití " New York y Panamá
	" Montevideo " " "
12 ¹ <u>SAN JUAN:</u>	" New York " Haití y Montevideo
	" Panamá " " "
	" Haití " New York y Panamá
	" Montevideo " " "
13 <u>VICENTINA:</u>	" Hidalgo " Albán y Alvarez
14 <u>AGUARICO:</u>	" Ermita " Rumiñahui y Atahualpa
	" Ambato " " "

		Rumiñahui entre Ermita y Ambato
	Atahualpa	" " "
15.- <u>TUMBEZ:</u>	Túmbez	" Chimborazo y Bahía
16 <u>CHIMBORAZO:</u>	Oleary	" Illinworth e Ibarra
	Patate	" Punaés y Farfán
17 <u>LA MAGDALENA:</u>	Puruhá	" Cacha y Collahuazo
	Quituz	" " "
	Cacha	" Puruhá y Quituz
	Collahuazo	" " "
18 <u>SAN JOSE:</u>	Huaynapalcón	" Toa y Epiclachina
	Puruhá	" Toa y "
	Toa	" Huaynapalcón y Puruhá
	Epiclachina	" " "
19 <u>SANTA ANA:</u>	Miller	" Aven. 5 de Junio y Gutiérrez
20 <u>VILLA FLORA:</u>	D. Sandoval	toda
	F. Mora	entre Plazoleta y Quiñonez
21 <u>YAGUACHI:</u>	Arévalo	toda
	Prieto	"
22 <u>LOS ANDES:</u>	Antizana	" Tomebamba y Cayambe
	Iliniza	" Antizana y Yarapurco
23 <u>CHIRIACU:</u>	Martín de la calle	entre Alpahuasi y Murillo
24 <u>CHIRIACU:</u>	J. del Valle	entre Alcázar y Pérez
25 <u>MEJICO:</u>	Jubones	entre Chambo y Daule
	Guayllabamba	" "

	Chambo entre Jubones y Guayllabamba
	Daule " " "
26 <u>LA LOMA:</u>	Francia " Alvarado y Caspicara
	Rocafuerte" " "
	Alvarado " Francia y Rocafuerte
	Caspicara " " "
27 <u>LA CHILENA:</u>	Chile " Imbabura y López
28 <u>LA TOLA:</u>	Valparaiso entre Troya y Manosalvas
	Miño " " "
29 <u>ARGENTINA:</u>	Castro " Rios e Iquique
	Valparaiso " " "
	Rios " Castro y Valparaiso
	Iquique " " "
30 <u>MONTALVO:</u>	Saa " Sodiro y Piedrahita
	Montalvo " " "
31	Hospital Eugenio Espejo.

En los cuadros: IM, LA, LMA, está indicada la forma como se realizarán las mediciones de cargas, que corresponden a las ciudadelas: Méjico, América y Mariscal en su orden, en los cuales constan el número de casas, ubicación, voltaje, corriente, fases, carga calculada y en observaciones se ha indicado con la palabra "Americana" cuando está servida por energía de las plantas conocidas con el nombre de Americana y que son monofásicas, la palabra "cerrada", cuando dicha casa se ha encontrado sin consumir energía.

CUADRO II.— Indica la superficie, número de manzanas, y el número de

lotes de cada uno de los sectores censados.

CUADRO III.- Indica los valores VA/lote tanto en el período de verano como de invierno, fueron calculados así: dividiendo la carga total del sector para el número de casas medidas, y el frente medio de los lotes.

2.- ZONIFICACION

a) Clasificación de sectores en tres categorías por el tipo de construcción con los valores unitarios.

La clasificación efectuada se refiere a la parte aérea, para llegar a ésta, efectuamos varios recorridos de observación por la ciudad, llegando a distinguir tres categorías.

CLASE "A".- Están agrupadas las viviendas de tipo popular, son las más numerosas y tienen una variedad en dimensiones y tiempo de construídas.

CLASE "B".- Corresponden a tipo medio, ya se nota uniformidad.

CLASE "C".- Pertenecen las de tipo residencial, construídas al norte de la ciudad.

Los valores: VA/manzana, VA/lote, VA/m. de frente están referidos a la carga medida en la época de invierno. (Cuadro IV)

b) Clasificación de los sectores en orden descendentes, por sus valores unitarios.

Se encuentra en el cuadro V, y permite tener idea de como varía la densidad de carga en los diferentes sectores.

3.- FACTORES DE MAYORACION

Los estudios de distribución están hechos para una etapa 10 años; tiempo que estimo la duración de conductores y postes de madera.

Después de 10 años, el consumo eléctrico de una población aumentará; para conocer este aumento es de gran utilidad acudir a los datos estadísticos.

Como referencia el cuadro VI, indica las tasas de crecimiento del consumo de energía eléctrica en los países latinoamericanos.

Es natural, que la tasa de crecimiento de las principales ciudades, sea mayor al cómputo del país al que pertenecen, por tal razón tuve que determinar los factores de mayoración para la ciudad de Quito.

a) Factor de Seguridad.- He adoptado el 2 0% como factor de seguridad, para incrementar el valor VA/lote medido en Octubre, por los consumos especiales que se realizan en las fiestas de navidad por ejemplo.

b) Factor de crecimiento del consumo, etapa 10 años.- Después de aumentar el factor de seguridad incrementé el 7% anual, que en 10 años duplica la cantidad inicial.

En realidad, el 7% de crecimiento anual por concepto de consumo de energía corresponde a toda la ciudad, siendo la causa principal la construcción de nuevas ciudadelas; sin embargo, apliqué este factor para las ciudadelas: Méjico, América y Mariscal a pesar de estar construidas, por dos razones:

- 1) Con el tiempo, la gente se acostumbra a utilizar cada vez más artefactos eléctricos en sus casas como por ejemplo, cocinas eléctricas.
- 2) En octubre de 1957, época en que se efectuaron las mediciones de cargas, los clientes trataban de ahorrar energía, por insinuación de la misma Empresa.

Para determinar el factor de crecimiento del consumo, etapa 10 años, tomé los datos de los registros de estadísticas de la Empresa Eléctrica Quito S.A; en 1.947 distribuyó: 32'888.460 KWH, y en 1.957 fué de 67'382.590 KWH, con la fórmula de interés compuesto: $A = a(1+r)^n$ en donde:

A: cantidad final (67,4 millones de KWH)

a: cantidad inicial (32,9 millones de KWH)

n: tiempo expresado en años (11 años)

r: incremento por unidad

$$r = \sqrt[n]{\frac{A}{a}} - 1 = \sqrt[11]{\frac{67,4}{32,9}} - 1$$

$$r = 0,068 \sim 7\%$$

C U A D R O I-M

MEDICION DE CARGAS

CIUDADELA: Méjico

SECTOR No. 25

Fecha: Octubre de 1.947

Hora: 7 a 8 p.m.

Calle: Chambo entre Jubones y Guayllabamba

Casa N o.	Corriente			Voltaje		CARGA VA	OBSERVAC.
	U	Fases V	W	U	Fases V		
1	424		10		105		1050
2	400	2		78			156
3	445	2		80			160
4	437	7		80			560
5	429	7		80			560
6	421		3		105		315
7	411		4		105		420
8	458		5		105		525
9	566		3		105		315
10	444		2		105		210
11	426			2		105	210
.....							
Calle Guayllabamba entre Chambo y Quinindé :							
12	312		5		105		525
13	314	4		78			312
14	809	12		85			1020
15	319			6		105	630
16	327			3		105	315
.....							
Calle Jubones entre Quinindé y Chambo							
17	221	2		82			164
18	203		2		102		204

CASA No	Corriente Fases			Voltaje Fases			CARGA	OBSERVAC.
	U	V	W	U	V	W	VA	
19 898			1			105	105	

Calle Daulo entre Juhones y Guayllabamba								
20 102	5	4	3	95	105	105	345	
21 150	3			95			285	
22 137	1			95			95	
23 122			5			105	345	
24 115	4			95			300	

Calle Guayllabamba entre Daulo y Panto								
25 S.N.			2			105	210	
26 532			3			105	315	

Calle Daulo entre Juhones y Guayllabamba								
27 242		2				100	300	
28 239		4				100	400	
29 229	1			100			100	
30 208		5				100	300	
31 199		2				100	200	
32 193								Cerrada
33 176			3			85	255	
34 164	2			100			200	
35 154	2			100			200	
36 142			2			85	255	
37 132			1			85	85	
38 119			4			100	400	

Casa No	Corriente Fases			Voltaje Fases			CARGA VA	OBSERVAC.
	U	V	W	U	V	W		
39 108			6			100	600	
.....								
Calle Quinindé entre Jubones y Guayllabamba								
40 371			2			104	208	
41 367		2			104		208	
42 357	2			78			156	
43 347	2			78			156	
44 337	1			78			78	
45 327	2			78			156	
46 315		1			104		104	
47 368	4			78			312	
48 358			1			104	104	
49 348	2			78			156	
50 338			2			104	208	
51 330			1			104	104	
52 316	4			78			312	
53 304	2			78			156	
.....								
Calle Guayllabamba entre Quinindé y Paute								
54 420		3			104		312	
55 422		8			104		832	
56 408	1			78			78	
57 417	0			78				
58 423		2			104		208	
59 422	3			78			234	
.....								
Calle Guayllabamba entre Daule y Paute								

Casa No	Corriente Fases			Voltaje Fases			CARGA VA.	OBSERVAC.
	U	V	W	U	V	W		
60 516			11			105	1155	
61 518		2			100		200	
.....								
Calle Paute entre Guayllabamba y Jubones:								
62 301		4			100		400	
63 315		4			100		400	
64 323		8			100		800	
65 339		3			100		300	
66 353			1			105	105	
67 375			2			105	210	
68 383			3			105	315	
69 389		3			100		300	
70 326	3			75			225	
71 338	2			75			150	
72 358		2			100		200	
73 362		2			100		200	
74 380		3			100		300	
75 384		3			100		300	
76 398		0			100			
.....								
Calle Jubones entre Paute y Daule								
77 S.N.	1			75			75	
78 420		3			100		300	
.....								
79 415	3			75			225	
.....								
CARGA TOTAL DEL SECTOR.							24763 V.A	
NUMERO DE CASAS MEDIDAS							79	

C U A D R O 1 A

MEDICION DE CARGAS

CIUDADELA: América

SECTOR No 11

Fecha: Octubre de 1.957

Hora: 7 a 8 p.m.

Calle: Río de Janeiro entre Costa Rica y Avenida América

Casa No	U	Corriente Fases		Voltaje Fases			CARGA VA	OBSERVAC.
		V	W	U	V	W		
1	14 7		3			85	255	
2	735		2			85	1700	
3	725		14			85	1190	
4	713		4	5		85 85	765	
5	740		8			85	680	
6	726		4			85	340	
7	724	9			70		630	Ame ricana
8	706			5			697	
9	704			3			255	
10	658	3			80		240	
11	644		7			85	595	
12	618			4			340	
13	65 7		8			85	680	
14	651		5			85	425	
15	641		4			85	340	
16	629	3			80		240	
.....								
Calle Costa Rica entre Buenos Aires y Río de Janeiro								
17	531	6	6	5	85	90 86	1479	
18	511		13			90	1170	

Casa No	Corriente Fases			Voltaje Fases			CARGA VA	OBSERV.
	U	V	W	U	V	W		
Calle Río de Janeiro entre Costa Rica y Avenida América								
19	763	11	4		86	90	1320	
20	762	6			63		378	Americana
21	748		12			90	1080	
Calle Buenos Aires entre Uruguay y Costa Rica								
22	714		7	3		86	85	855
23	730	5			80		400	Americana
24	734	9	8	10	80	86	85	M.
"	"	6			80		2721	Americana
25	748			5			85	425
26	762		4	4		86	85	684
Calle Costa Rica entre Buenos Aires y Río de Janeiro								
27	518			11			85	935
28	526		2			90		180
29	536		8	7		90	85	1305
30	546	5			85			425
31	558	2			85			170
32	561		4	6		90	85	875
33	547	3			85			255
Calle Buenos Aires entre Avenida América y Uruguay								
34	604	9			65			585
35	620	8			60			480 Americana
36	642	2			65			130

Ca sa No	Corriente Fases			Voltaje Fases			CARGA VA.	OBSERVAC.
	U	V	W	U	V	W		
37 662	4	10	10	65	70	70	1632	
.....								
Calle Avenida América entre Río de Janeiro y Buenos Aires								
38 276		3			75		225	
39 268	5	6	16	75	75	85	2106	
40 258	2			75			150	
41 252	6			81			486	
42 230	2			81			162	
43 218	4			75			---	Americana
" "		4			68		572	
44 271			7			70	490	
45 269	1			75			75	
46 259	1	0	0	81	75	85	81	
47 251	9			81			---	
" "	0			81			729	
48 24 1	13			81			1053	
49 231	5	0		81	75		405	
50 211		8			68		544	
.....								
Calle Buenos Aires entre Avenida América y Uruguay								
51 611	6			75			450	Americana
52 627	0	0		75	85		---	
53 643	5			75			375	Americana
54 S.N	6			80			640	
55 S.N	0			80			---	
.....								

Casa No	Corriente		Voltaje		CARGA VA.	OBSERVAC.
	U	Fases V	W	U		
Calle Uruguay entre Buenos Aires y Río de Janeiro						
56	208	3		85	255	
57	248		4		336	
58	256		3		252	
59	264	10		80	800	
.....						
60	217		2		168	
61	225		5		420	
62	241	2	1	85	254	
63	251	3	2	85	423	
64	261	3		80	240	
65	723	20	0	80	1600	
.....						
Calle Buenos Aires entre Uruguay y Costa Rica						
66	706	6		75	450	
.....						
CARGA TOTAL DEL SECTOR.					39067	
N UMERO DE CASAS MEDIDAS.					66	

001485

C U A D R O 1 Ma.

MEDICION DE CARGAS

CIUDADELA: Mariscal

SECTOR No 1

Fecha: Octubre de 1.957

Horas: 7 a 8 p.m.

Calle: Roca entre Juan León Mera y 9 de Octubre

Casa No.	Corriente Fases			Voltaje Fase s			CARGA VA.	OBSERVAC..
	U	V	W	U	V	W		
1 643	2	5	2	90	85	95	795	
2 641	4	3	2	90	85	95	805	
3 660	14	6		90	85		1770	
4 710	1	1	3	90	85	90	445	
5 736			6			90	540	
6 750			2			90	180	
.....								
Calle 9 de Octubre entre Roca y Robles.								
7 487	1	4		80			400	Americana
8 457			11			90	990	
.....								
Calle Robles entre 9 de Octubre y Juan León Mera								
9 800	5	3		95		90	74 5	
10 S.N	8			80			640	
11 751		11				90	990	
12 404	7			90			630	
13 434	38	20	10	90	89	90	6100	
14 456	8			90			720	
15 467		9				92	828	

CasaaNo	Corriente Fases			Voltaje Fases			CARGA VA.	OBSERVAC.	
	U	V	W	U	V	W			
16 453	3			89			267		
17 431	3			89			267		
.....									
Calle Roble s entre Juan León Mera y Amazonas									
18 620			5			90	450		
19 630	6	15		90	88		1860		
20 640	6			90			540		
21 654	2	2	7	88	88	92	996		
22 364	10	4	12	88	88	92	2372		
23 653	14	22	7	88	88	92	3812		
2 4 625	7			82			574		
25 420		4			90		360		
26 458			8			97	776		
27 466			1			92	92		
.....									
Calle Amazonas entre Robles y Roca									
Mercado	20	3		90	85		2055		
Calle 9 de Octubre entre Robles y Roca									
Convento d. las Carmelit.	8	6		95	95		1330		
.....									
CARGA TOTAL DEL SECTOR							28944	VA.	
NUMERO DE CASAS MEDIDAS.							27		

C U A D R O II

LEVANTAMIENTO DE DATOS ESTADISTICOS

RESULTADOS

<u>N o</u> SECTOR	<u>No de</u> <u>manza-</u> <u>nas.</u>	<u>Superficie</u>	<u>No</u> <u>Lote s</u>
1 Mariscal	2	25.800	37
2 Simón Bolívar	3	26.220	49
3-4 Cristóbal Colón	18	140.460	163
5 Zaldumbide	2	35.160	22
6 Floresta	6	70.260	108
7 Belisario	4	59.100	76
8 Bonifaz Panizo	2	24.720	15
9 Santiago	2	22.800	36
10 Ciudadela Larrea	2	18.660	41
11 Ciudadela América	3	29.640	72
12 San Juan	6	55.160	151
13 Vicentina	1	10.440	24
14 Aguarico	3	14.340	52
15 Túmbez	2	11.580	28
16 Chimborazo	2	28.800	66
17 Magdalena	2	25.200	40
18 San José	2	9.400	36
19 Santa Ana	2	33.600	57
20 Villa Flora	2	33.900	55

No	SECTOR	No de manzanas	Superficie	No Lotes
21	Ciudad. Yagua chi	3	32.100	54
22	Los Andes	2	22.800	47
24	Chiriacu	3	35.000	56
25	Ciud. Méjico	4	28.300	89
26	La Loma	4	12.400	63
27	La Chilena	2	18.000	25
28	La Tola	2	23.400	68
29	Ciud. Argentina	3	33.300	76
30	Montalvo y Saa	2	24.100	21
31	Hospital E. Espejo	1	101.760	1

C U A D R O III

LEVANTAMIENTO DE DATOS ESTADISTICOS

RESULTADOS

Croquis No	SECTOR	VA/Lote		Frente Medio m.
		Verano	Invierno	
1	Mariscal Sucre	803	1.072	21
2	Simón Bolívar	486	571	18
3-4	Cristóbal Colón	613	860	25
5	Zaldumbide	465	772	20
6	Floresta	647	666	18
7	Belisario	406	456	14
8	Bonifaz Panizo	1.757	1.327	37
9	Santiago	842	812	15
10	Ciudadela Larrea	461	359	13
11	Ciudadela América	598	592	12
12	San Juan	264	268	12
13	Vicentina	411	342	9
14	Aguarico	400	431	11
15	Túmbez	501	601	11
16	Chimborazo	244	293	12
17	La Magdalena	157	160	15
18	San José	364	281	15
19	Santa Ana	213	241	13
20	Villa Flora	251	257	11
21	Ciudadela Yaguachi	149	178	14

Croquis N o	SECTOR	VA/Lote		Frente Medio m.
		Verano	Invierno	
22	Los Andes	421	317	13
24	Chiriacu	238	199	18
25	Cind. Méjico	289	313	12
26	La Loma	254	268	11
27	La Chilena	949	825	15
28	La Tola	224	160	15
29	Ciudadela Argentina	542	460	13
30	Mentalvo y Saa	1.152	1.237	25
31	Hospital E. Espejo	4.890	—	—

C U A D R O IV

Clasificación de los sectores por el tipo de vivienda con valores unitarios.

Cla se	SECTOR	VA/manzanas	VA/Lote	VA/m. de frente	VA/m2. incluido calles
A	Calle Chile	9.483	825	55	1,1
	Calle Túmbez	8.118	601	55	1,4
	Vicentina	5.125	342	38	,,5
	Aguarico	6.903	431	40	2.0
	Méjico	6.191	313	26	0,9
	Andes	6.823	317	24	0,6
	La Loma	4.090	268	24	1,3
	Chimborazo	7.326	293	24	0,5
	Villa Flora	5.135	257	23	0,3
	San Juan	4.638	268	22	0,9
	Santa Ana	4.694	241	19	0,3
	Yaguachi	1.606	178	13	0,2
	La Magdalena	2.877	160	11	0,2
	La Tola	3.202	160	11	0,3
	Chiriacu	2.258	199	11	0,2
B	América	13.022	592	49	1,3
	Flores ta	9.432	666	37	0,8
	Argentina	9.664	460	35	0,9
	Belisario	8.784	456	33	0,6

Clase	SECTOR	VA/manzanas	VA/Lote	VA/m.de frente	VA/m2. incluido calles
	Larrea	6.640	359	28	1,2
	San José	4.917	281	19	1,0
C	Calle Santiago	12.182	812	54	1,1
	Mariscal	14.472	1.072	51	1,1
	Montalvo	10.516	237	49	0,9
	Zaldumbide	5.789	772	39	0,3
	Colón	7.317	860	34	0,8
	Bolívar	7.235	571	32	0,9

NOTA: Valores unitarios son calculados con las mediciones efectuadas en Invierno.

C U A D R O V

Clasificación de los sectores en orden descendente por sus valores unitarios

SECTOR	VA/manzana	SECTOR	VA/Lote
Mariscal	14.472	Rbnifaz Panizo	1.327
América	13.022	Mariscal Sucre	1.072
Calle Santiago	12.182	Colón	860
Montalvo	10.516	Calle Chile	825
Argentina	9.664	Calle Santiago	812
Calle Chile	9.483	Zaldumbide	772
Floresta	9.432	Floresta	666
Belisario	8.784	Calle Túmbez	601
Calle Túmbe z	8.118	América	592
Chimborazo	7.326	Bolívar	571
Colón	7.317	Argentina	460
Bolívar	7.235	Belisario	4 56
Aguarico	6.903	Aguarico	431
Andes	6.823	Larrea	359
Larrea	6.640	Vicentina	342
Méjico	6.191	Andes	317
Zaldumbide	5.789	Méjico	313
Villa Flora	5.135	Chimborazo	293
Vicentina	5.125	San José	281

SECTOR	VA/manzana	SECTOR	VA/lote
San José	4.917	San Juan	268
Santa Ana	4.694	La Loma	268
La Loma	4.090	Santa Ana	241
San Juan	4.638	Villa Flora	257
Bonifaz Panizo	3.317	Montalvo	237
La Tola	3.202	Chiriacu	199
La Magdalena	2.877	Yaguachi	178
Chiriacu	2.258	La Magdalena	160
Yaguachi	1.606	La Tola	160

C U A D R O V

Clasificación de los sectores en orden descendente por sus valores unitarios.

SECTOR	VA/m.de frente	SECTOR	VA/m2. incluido calles
Calle Chile	55	Aguarico	2,0
Calle Tumbéz	55	Calle Tumbéz	1,4
Calle Santia go	54	América	1,3
Mariscal	51	La Loma	1,3
América	49	Larrea	1,2
Montalvo	49	Calle Chile	1,1
Aguarico	40	Mariscal	1,1
Zaldumbide	39	Santiago	1,1
Vicentina	38	San José	1,0
Floresta	37	San Juan	0,9
Bonifaz Panizo	36	Méjico	0,9
Argentina	35	Bolívar	0,9
Colón	34	Montalvo	0,9
Belisario	33	Argentina	0,9
Bolívar	32	Floresta	0,8
Larr ea	28	Colón	0,8
Méjico	26	Belisario	0,6
Chimborazo	24	Los Andes	0,6

SECTOR	VA/m. de	SECTOR	VA/m2. Incluido calles
Calle Andes	24	Vicentina	0,5
La Loma	24	Chimborazo	0,5
Villa Flora	23	Zaldumbide	0,3
San Juan	22	Bonifaz Panizo	0,3
San José	19	La Tola	0,3
Santa Ana	19	Villa Flora	0,3
Yaguachi	13	Santa Ana	0,3
La Tola	11	La Magdalena	0,2
Chiriacu	11	Chiriacu	0,2

C U A D R O V H

América Latina: Consumo de electricidad por habitante.

País	Años	Consumo total KWH/habitante		TASA de crecimiento ANUAL %
		A	B	
Argentina	1939-50	148	227	4,0
Brasil	1939-52	67	164	7,1
Colombia	1939-52	34	105	9,6
Costa Rica	1947-51	115	147	6,3
Cuba	1943-50	71	132	9,3
Chile	1939-50	110	213	6,2
Ecuador	1939-52	21	44	5,9
Guatemala	1945-52	13	27	10,4
San Salvador	1949-51	17	22	13,8
Méjico	1939-52	92	184	5,5
Nicaragua	1949-52	17	21	7,3
Paraguay	1940-53	10	23	6,6
Perú	1940-52	17	39	7,3
Uruguay	1946-52	143	239	8,9
Venezuela	1938-52	27	127	11,7

A= Preguerra

B= Años recientes

Fuente: CEPAL, a base de datos oficiales

4. RED DE BAJA TENSION

Para el estudio de la red de baja tensión etapa 19 años, elegí una ciudadela, por cada tipo de vivienda, según la clasificación que realicé y consta en el cuadro IV; por la clase A: Ciudadela México, por la B: Ciudadela América y por la C: Ciudadela Mariscal.

En cada ciudadela utilicé los sistemas: Trifásico Mallado cuatro hilos y el Monofásico Radial tres hilos, con calibres N o 6, No 4, No 2, AWG. en cada sistema y también el No 1/0 AWG. en la ciudadela América para el Monofásico; con el objeto de determinar la solución más económica.

El estudio de 1 Km. de red en un caso teórico, para decidir la solución más conveniente, resultaría asimilable a otro de iguales condiciones; y como la configuración topográfica de la ciudad es heterogénea decidí hacer los cálculos en las mismas ciudadelas.

Las características adoptadas para el estudio son las siguientes:

Caída máxima de tensión: 3%

Distancia aproximada entre apoyos: 40 mts.

Toma de acometidas: postes

Excluido la carga de alumbrado público

Sistema de protección para los transformadores:

pararrayos, fusibles en alta y baja tensión.

Con los fusibles en alta y baja tensión para los transformadores, el sistema monofásico radial queda bien protegido contra los fallos que pudieran ocurrir, cosa que no sucede con el sistema mallado. Por lo tanto, el sistema monofásico tiene por esta razón, una ventaja frente al mallado.

Sistema trifásico balanceado, 4 conductores. - Preparé los datos, para que sean estudiadas las ciudadelas en el Analizador de redes, los cálculos que hice fueron concentración de las cargas a los nodos, impedancia de cables y transformadores, y luego convertí en Zpu (impedancias por unidad) con base 20 KVA. los valores enunciados; los estudios en el Analizador lo efectuaron los Ingenieros de la Empresa.

Como la ciudadela Méjico, no alcanzará a ser estudiada en una sola parada en el Analizador, lo hicieron aparte; los límites del sector estudiado son Norte calle Faute, Sur calle Napo, Este calle Chota y al Oeste calle Alpuhassi. De esta parte estudiada deduje los valores de precios por Km. de red.

La ciudadela América fue estudiada totalmente en el analizador.

La ciudadela Mariacal fue asimilada de la ciudadela América, por tener resultados de concentración de cargas y de impedancias aproximadamente iguales (ver planos Nos. E48 y F56).

Tensión de servicio 210/121 V. 60 c/s.

Transformadores usados AEG.

Otros datos específicos de cada caso constan en la parte de cálculos.

Sistema monofásico radial, 3 conductores. - El diseño lo hice íntegramente.

Tensión de servicio 230/115 V., 60 c/s.

Transformadores usados Westinghouse (OTSC)

Método de cálculo: conociendo la carga y calibre de conductor, encontré el número de vanos en que puede tenderse la red a partir del

transformador, con el límite de caída de voltaje impuesta.

Lista de materiales y presupuestos.- Los precios de transformadores Westinghouse (monofásicos) corresponden al catálogo de esa casa, fechado el 15 de Julio de 1.955, para los AEG (trifásicos) son los proporcionados por la "Empresa Ecuatoriana" de Quito, los demás precios son los que utilizó la Empresa Eléctrica "Quito" S.A. a Enero de 1958.

CUADROS.- Son los resúmenes de los presupuestos en los cuales se indican costos por Km. y total, de los estudios realizados.

El cuadro No XII es el resumen general de costos por Km. de red, en el cual se puede apreciar la solución más económica en cada una de las ciudades.

CALCULOS

Ciudadela Leticia

Fronte medio de cada lote: 12 mts.

VA/lote : 813 (carga medida en Octubre/57)

VA/lote : 575 (incrementado 20% por seguridad ad)

VA/lote : 750 (mayorada 7% anual para 10 años)

Ebapa 10 años: 0,75 KVA.

Consideración: 4 acometidas por c/poste

3 KVA c/poste

Distancia aproximada de entre apoyos: 40 mts.

Límites:

N.	calle Piagner	entre	calle Alpuhasi	y	calle "38"	
S.	calle Napo	"	"	"	"	
E.	calle "24"	"	"	Piagner	"	Napo
O.	calle Alpuhasi	"	"	Piagner	"	Napo

Superficie: 13,7 Hectáreas.

Tendido de red sobre crucetas.

CIUDADELA AMERICA

Frente medio de cada lote: 12 mts.

VA/lote: 5 92 (carga medido en Octubre/57)

VA/lote: 710 (incrementado 20% por seguridad)

VA/lote: 1.420 (mayorado 7% anual para 10 años)

Etapa 10 años 1,42 KVA

Consideración: 4 acometidas por c/poste

5,7 KVA. c/poste

Distancia aproximada entre apoyos: 40 mts.

Límites:

N. calle Bogotá entre calle Estados Unidos y aven. América

S. calle Riofrío " " " " " "

E. Aven. América " " Riofrío y Bogotá

O. Estados Unidos " " " "

Superficie: 13.1 Hctm².

Tendido de red sobre racks.

CIUDADANELA BARRICAL

Frete medio de cada lote: 21 mts.

VA/lote: 1.072 (carga no dada en Octubre/57)

VA/lote: 1.286 (incrementado 20% por seguridad)

VA/lote : 2.573 (mayorado 7% anual para 10 años)

Etapa 10 años: 2,573 KVA

Acostadas por poste : de acuerdo al diagrama respectivo, plano
No 855

Distancia aproximada entre apoyos: 40 mts.

Límites:

N. calle Boca	entre	calle	Pérez	y	Mera
S. Avda. Patria	"	"	"	"	"
E. calle Mera	"	Avda.	Patria	y	Boca
O. Calle Pérez	"	"	"	"	"

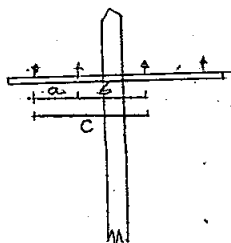
Superficie: 14,9 Hectá.

Tendido de red sobre racks.

a) TRIFASICA MALLADA

CIUDADELA MEXICO

IMPEDANCIA DE CONDUCTORES



a= 30
b= 44

D: distancia equivalente

$$D = \frac{3}{\sqrt{a \cdot b \cdot c}}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{30 \cdot 44 \cdot 74}}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{97680}}$$

D= 46 ct. ~ 1' 6"

Conductores AWG - Cobre 97.8% Conductividad - 50° C. Tens.

Cal. No	No hilos	R /milla	X /milla	R /Km.	X /Km.	Capac. Cond. A
6	3	2,41	0,6772	1,4973	0,4207	130
4	3	1,518	0,6482	0,9431	0,4027	180
2	7	0,964	0,6232	0,5989	0,3872	230

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ por Km.}$$

$$\text{No 6 } Z = \sqrt{1.4973^2 + .4207^2} = \sqrt{2.4189} = 1,55$$

$$4 \quad Z = \sqrt{.9431^2 + .4027^2} = \sqrt{1.0516} = 1,02$$

$$2 \quad Z = \sqrt{.5989^2 + .3872^2} = \sqrt{.5086} = 0,71$$

Impedancia por 100 mts. de conductor

No 6 _____ 0,155

4 _____ 0,102

2 _____ 0,071

Cálculos de Z_{pu} - Base 20 KVA

CARGAS: $Z_{pu} = \frac{KVAb}{KVAn} \cdot 0,97 = \frac{20}{KVAn} \cdot 0,97 = \frac{19,4}{KVAn}$

$Z_{pu} = \frac{19,4}{KVAn}$

Z_{pu} : impedancia por unidad de las cargas

KVAb: base elegida

KVAn: carga en los nodos

0,97: factor que resulta al disminuir el 3% por la caída de tensión.

CABLES: c/100 mtg.

$Z_{pu} = Z \frac{KVAb}{KV \times 1000} = Z \frac{20}{0,21 \times 1000} = Z \times 0,453$

$Z_{pu} = 0,453 Z$

Z_{pu} : impedancia por unidad de los cables

KV : tensión entre fases (0,21 KV)

El Z_{pu} de los cables a cada 100 metros:

Para el No 6 $Z_{pu} = 0,453 \times 0,155 = 0,0702$

4 $= 0,453 \times 0,102 = 0,0462$

2 $= 0,453 \times 0,453 = 0,0322$

TRANSFORMADORES $Z_{pu} = Z \frac{KVAb}{KVAt}$

Z_{pu} : impedancia por unidad del transformador

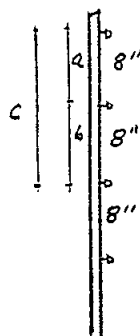
Z : impedancia del transformador en su propia capacidad

KVAb : base elegida

KVAt : capacidad del transformador

Zpu de los transformadores utilizados en las 3 ciudades

Capacidad del Transformador KVA	Impedancia en su propia capac. ciudad. Z_{Ω}	Impedancia por unidad base elegida (20KVA)
60	3,3%	$Z_{pu} = Z_{\Omega} \frac{KVAb}{KVA}$ $Z_{pu} = 0,33 \frac{20}{60} = 0,11$
50	4,4%	$Z_{pu} = 0,44 \frac{20}{50} = 0,0176$
37,5	4%	$Z_{pu} = 0,4 \frac{20}{37,5} = 0,0214$
25	8%	$Z_{pu} = 0,8 \frac{20}{50} = 0,032$
24	4%	$Z_{pu} = 0,4 \frac{20}{24} = 0,0334$
15	3,7%	$Z_{pu} = 0,37 \frac{20}{15} = 0,0492$



RACKS

CIUDADELA AMERICA

IMPEDANCIA DE CONDUCTORES

D: distancia equivalente

$$D = \frac{8}{\sqrt{3 \cdot b \cdot c}} = \frac{8}{\sqrt{3 \cdot 8 \cdot 16}} = \frac{8}{\sqrt{1024}}$$

$$D = 10.1''$$

Conductores AWG: cobre 97.6% conductividad
50°C. temperatura

Cal.	No hilos	R Ω /milla	X Ω /milla	R Ω /Km.	Capac. Corr. μ F/M
6	3	2,41	0,6089	1,497	130
4	3	1.518	0,5709	0,9431	180
2	7	0,964	0,5619	0,5939	230

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \text{ por Km}$$

$$\text{No 6 } Z = \sqrt{1,497^2 + 0,6089^2} = \sqrt{2,3826} = 1,541 \text{ /Km.}$$

$$4 \quad Z = \sqrt{0,9431^2 + 0,5584^2} = \sqrt{1,0179} = 1,01$$

$$2 \quad Z = \sqrt{0,5939^2 + 0,5619^2} = \sqrt{0,4762} = 0,69$$

Impedancia por 100 mts.

$$\text{No 6 : } 0,1541$$

$$4 : 0,101$$

$$2 : 0,069$$

Zpu

CARGAS $Z_{pu} = \frac{KVA^2}{KVA^2} \times 0,97$
 $= \frac{20}{KVA^2} \times 0,97$
 $Z_{pu} = \frac{19,4}{KVA^2}$

Base 20 KVA

CABLES $Z_{pu} \text{ a/100 mts.}$

Base 20 KVA

$$Z_{pu} = Z \frac{KVA}{KV 1000} = Z \frac{20}{0,21^2 \times 1000} = Z_{\Omega} 0,458$$

$$\text{No } 6 \quad 0,1541 \times 0,458 = 0,0698$$

$$4 \quad 0,101 \times 0,458 = 0,0458$$

$$2 \quad 0,069 \times 0,458 = 0,0313$$

$$\text{No } 6 \quad 0,0698$$

$$4 \quad 0,0458$$

$$2 \quad 0,0313$$

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA MEXICO

RED TRIFASICA MALLADA

CALIBRE No 6 (3 x 6 + 6)

MATERIAL

10,8	km. de conductor de cobre, desnudo No 6	a	2.181,50 c/km. \$	94.360,20
60	postes de 10 mts.	"	70,00 c/u	4.200,00
8	postes de 11 mts. (para montaje de transf. y red)	"	80,00 c/u	640,00
68	crucetas	"	7,50	510,00
68	abrazaderas	"	9,00	612,00
272	aisladores de baja tensión	"	5,45	1482,40
272	pernos para aisladores	"	12,50	3.400,00
24	fusibles de alta tensión	"	197,23	4.733,52
24	fusibles de baja tensión	"	90,00	2.160,00
24	pararrayos	"	317,91	7.629,84
6	transformadores de 25 KVA	"	13.600,00	81.600,00
2	transformadores de 15 "	"	12.400,00	24.800,00

MANO DE OBRA

2.700	mts. tendida de red	"	1,045	2.821,50
8	Montajes de transformadores	"	229,54 c/u	1.836,32
68	Montajes de postes	"	150,45 "	<u>10.230,00</u>
				\$ 181.618,38

LISTA DE MATERIALES Y SERVICIOS

CIUDAD DE MEXICO

RED TRIFASICA MALLADA

CALIBRE No 4 (3 x 4 + 5)

MATERIAL

8.1 Km	conductor de cobre desnudo No 4	m	4,545.00 c/km.	Σ 35,814.50
2.7 "	conductor de cobre desnudo No 6	"	3,181.50 "	8,590.05
61	postes de 18 metros	"	75.00 c/c	4,575.00
7	postes de 1 metro (para montaje de transformadores y red)	"	50.00 "	350.00
66	crucetas	"	7.50 "	510.00
66	abrazaderas	"	9.00 "	513.00
272	aisladores de baja tensión	"	5.15 "	1,482.40
272	pernos para aisladores	"	12.50 "	9,400.00
21	flexible s de alta tensión	"	197.23 "	4,141.83
21	flexible s de baja tensión	"	90.10 "	1,800.00
21	pararrayos	"	317.91 "	6,676.11
7	transformadores de 25 KVA	"	18,800.10 "	35,200.00

MANO DE OBRA

2,700 metros	tensión de red	"	1,045 "	2,821.50
7	montajes de transformadores	"	250.50 "	1,753.75
66	montajes de postes	"	180.4 5 "	11,926.50
				Σ 179,895.77

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA MEJICO

RED TRIFASICA MALLADA

CALIBRE No 2 (3 x 2 + 4)

MATERIAL

8.1 Km.	conductor de cobre desnudo No 2	a	5.120,70	c/Km.	\$/ 41.477,67
2.7	conductor de cobre desnudo No 4	"	4.545,00	"	12.271,50
64	postes de 10 metros	"	70,00	\$/u	4.480,00
7	postes de 11 metros (para monta- je de transformadores y red)	"	80,00	"	560,00
77	cruce tas	"	7,50	"	577,50
80	abrazaderas	"	9,00	"	720,00
284	aisladores de baja tensión	"	5,45	"	1.547,80
284	pernos para aisla dor	"	12,50	"	3.550,00
12	fusibles de alta tensión	"	197,23	"	2.366,76
12	fusibles de baja tensión	"	90,00	"	1.080,00
12	pararrayos	"	317,91	"	3.814,92
3	transformadores de 50 KVA	"	17.100,00	"	51.300,00
1	transformador de 25 KVA	"	13.600,00	"	13.600,00

MANO DE OBRA

2.700 metros	tendido de línea	"	1,045	c/m.	2.821,50
4	montajes de transformadores	"	229,59		918,16
71	" de postes	"	150,45		10.681,95
					<u>\$/ 151.767,76</u>

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO.

CIUDADELA AMERICA

RED TRIFASICA MALLADA

CALIBRE No 6 (3 x 6 + 6)

MATERIAL

13.2 Km. conductor de cobre desnudo No 6	m	2.181,50 c/km.	\$ 41.995,80
61 postes de 10 metros	"	70,00 c/a	4.270,00
21 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red)	"	80,00 "	1.680,00
82 racks 4 x 4"	"	95,00 "	7.790,00
164 pernos para los racks	"	7,00 "	1.148,00
42 fusibles de alta tensión	"	197,23 "	8.283,70
42 fusibles de baja tensión	"	90,00 "	3.780,00
42 pararrayos	"	317,91 "	13.352,22
7 transformadores de 37,5	"	15.800,00 "	110.600,00
7 transformadores de 24	"	13.600,00 "	95.200,00

MANO DE OBRA

3.300 metros tendido de línea a.	"	1,045 "	3.448,50
14 montajes de transformadores	"	229,54 "	3.213,66
82 montajes de postes	"	150,45 "	<u>12.336,90</u>
			\$ 307.698,72

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA AMERICA

RED TRIFASICA MALLADA

CALIBRE No 4 (3 x 4 + 6)

MATERIAL

9.9 Km. conductor de cobre despudo No 4	a	4.545,00 c/Km.	\$ 44.995,50
3.3 " conductor de cobre de gudo N o 6	"	3.181,50 "	10.498,90
84 postes a de 10 metros	"	70,00 c/a	4.480,00
22 postes de 11 metros (para monta- je de transformadores y red)	"	80,00 "	1.760,00
86 racks 4 x 4"	"	95,00 "	8.170,00
172 pernos para los racks	"	7,00 "	1.204,00
88 fusibles de alta tension	"	197,28 "	6.508,60
88 fusibles de baja tension	"	90,00 "	2.970,00
33 pararrayos	"	317,91 "	10.491,00
11 transformadores de 37.5 KVA	"	15.800,00 "	173.800,00

MANO DE OBRA

3.300 me tros tendido de linea	"	1.045 "	3.448,50
11 montajes de transformadores	"	229,54 "	2.524,00
86 Montajes de postes	"	150,45 "	<u>12.938,70</u>
			\$ 283.799,10

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA AMERICA

RED TRIFASICA MALLADA

CALIBRE No 2 (3 x 2 + 4)

MATERIAL

9.0 Km. conductor d e cobre desnudo No 2	a	5.120,70 c/Km.	¥ 50.694,00
3.3 Km. conductor de cobre desnudo No 4	"	4.544,90 "	14.988,30
87 poste n de 10 metros	"	70,70 c/u	4.600,00
18 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red)	"	80,00 "	1.280,00
83 racks 4 x 4	"	95,30 "	7.885,00
168 pernos para los racks	"	7,00 "	1.162,00
24 fusibles de alta tensión	"	197,50 "	4.738,00
24 fusible n de baja tensión	"	90,00 "	2.160,00
24 pararrayos	"	317,91 "	7.629,80
6 transformadores de 80 KVA	"	18.500,00 "	111.000,00
2 transformadores de 37. 5 KVA	"	15.800,00 "	31.600,00

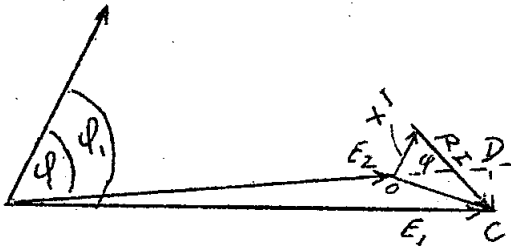
MANO DE OBRA

3.200 metros tendido de línea n	"	1,045 "	3.448,00
8 montajes de transformadores	"	220,54 "	1.830,30
83 montajes de postes	"	150,45 "	12.487,40
			<u>¥ 255.605,00</u>

b) SISTEMA MONOFASICO RADIAL

Caída de tensión

El diagrama vectorial de la caída de tensión es el siguiente:



\overline{OC} : es la caída de tensión

$$\overline{OC} = \Delta e$$

$$e = IZ$$

$$I = (I \cos \varphi - j \text{sen } \varphi)$$

$$Z = (R + j X)$$

$$\Delta e = (I \cos \varphi - j \text{sen } \varphi) (R + j X)$$

$$\Delta e = RI \cos \varphi + IX \text{sen } \varphi + j (I \cos \varphi - I \text{sen } \varphi R)$$

En valor absoluto sería

$$\Delta e = \sqrt{(RI \cos \varphi + IX \text{sen } \varphi)^2 + (XI \cos \varphi - IR \text{sen } \varphi)^2}$$

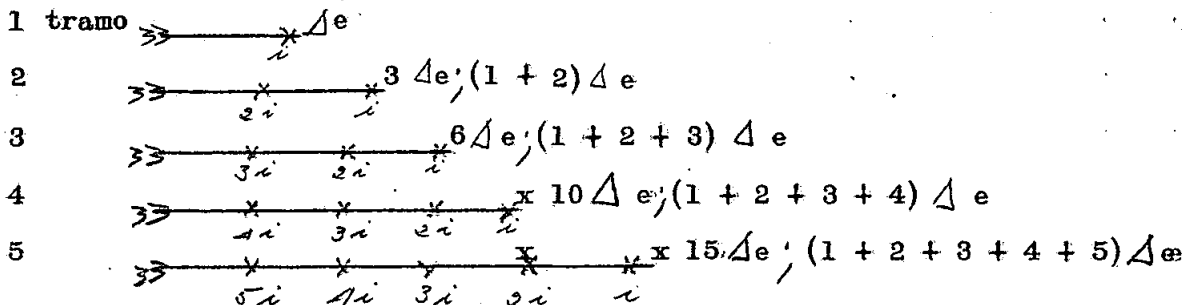
El término $(XI \cos \varphi - IR \text{sen } \varphi)$ es muy pequeño por lo tanto se puede despreciar

$$e = RI \cos \varphi + IX \text{sen } \varphi$$

Δe_r para "n" tramos

Considerando vanos iguales, calibre de conductor constante y las cargas homogéneas en cada parte.

$$\Delta e = IZ$$



Δe en "n" tramos

$$e = (1 + 2 + 3 + \dots + n) \Delta e$$

Δe : caída de tensión de un tramo

CIUDADELA MEJICO

Tensión de servicio 230/115 V.

Distancia entre conductores 20 ct. "a"

Cos = 0,9 Sen = 0,435 f = 60 c/s

distancia entre postes 40 mts.

KVA c/poste: 3

CONDUCTOR No 6 3 hilos AWG

r = 2,06 m.m. radio del conductor

S = 13,3 m.m² Sección "

$$e = IR \cos \varphi - IX \sin \varphi$$

$$R = \frac{2 \cdot 2,40}{K \cdot S} = \frac{2 \cdot 2,40}{56 \cdot 13,3} = 0,107$$

$$X = 2 fL = 2 \cdot 60L = 377L$$

$$X = 377L$$

$$L = 2 \left(4,605 \log \frac{a}{n} + 0,5 \right) 10^{-4} \text{ Hen./Km.}$$

$$= 2 \left(4,605 \log \frac{20}{0,206} + 0,5 \right) 10^{-4}$$

$$= 2 \left(4,605 \log 97 + 0,5 \right) 10^{-4}$$

$$L = 19,3 \times 10^{-4} \text{ Hen./Km.}$$

Para un vano de 40 mts.

$$L = 0,00193 \times 0,04$$

$$L = 0,0000772$$

$$X = 377L = 377 \times 7,72 \times 10^{-5}$$

$$X = 2,91 \times 10^{-2}$$

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{2.000}{230} = 13A$$

$$\Delta e = IR \cos \phi - IX \sin \phi$$

$$= 13 \times 0,07 \times 0,9 + 13 \times 0,029 \times 0,436$$

$$= 1,25 + 0,165$$

$$\Delta e = 1,42 \text{ V. para un vano de 40 mts.}$$

$$1 \text{ vano } \Delta e = 1,42 \text{ V} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,62\%$$

$$2 \text{ vanos } \Delta e = (1 + 2) \Delta e = 4,26 - 1,86\%$$

$$3 \text{ vanos } \Delta e = (1 + 2 + 3) \Delta e = 8,52 - 3,72\%$$

$$\text{Elección: 2 tramos cada } \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1,86\%$$

CONDUCTOR No. 4 ACG 3 HILOS

$$R = 2,09 \text{ ms.}$$

$$S = 21,15 \text{ mm}^2.$$

$$R = \frac{2l}{KS} = \frac{2 \cdot 40}{58 \cdot 21,15} = 0,0676$$

$$X = 377 L$$

$$L = 2 \left(4,605 \log \frac{r}{n} + 0,5 \right) 10^{-4}$$

$$= 2 \left(4,605 \log \frac{20}{0,209} + 0,5 \right) 10^{-4}$$

$$= 2 \left(4,605 \times 1,981 + 0,5 \right) 10^{-4}$$

$$L = 19,245 \times 10^{-4} \text{ Ha./Km.}$$

L para 40 mts.

$$L = 0,00192 \times 0,04$$

$$L = 0,0000768$$

$$X = 377 L = 377 \times 7,68 \times 10^{-5}$$

$$X = 2,895 \times 10^{-2}$$

$$\begin{aligned} \Delta e &= III \cos + IX \text{ Sen} \\ &= 13 \times 0,0078 \times 0,9 + 13 \times 0,0289 \times 0,435 \\ &= 0,79 + 0,16 \end{aligned}$$

$$\Delta e = 0,95 \text{ V. para un vano de 40 mts.}$$

1 vano	$\Delta e_T = 0,95 \text{ V.}$	<u>0,41%</u>
2 "	$\Delta e_T = 3 \Delta e = 3 \times 0,95 = 2,85 \text{ V.}$	1,24
3 "	$\Delta e_T = 6 \Delta e = 6 \times 0,95 = 5,70 \text{ V.}$	2,48
4 "	$\Delta e_T = 10 \Delta e = 10 \times 0,95 = 9,50 \text{ V.}$	4,12
Elección:	$\Delta e_T = 5,70 \text{ V.}$	<u>2,48%</u> (3 tramos)

CONDUCTOR No 2 AVG 7 Hilos

$$r = 3,66 \text{ mm}$$

$$s = 38,63 \text{ mm}^2$$

$$R = \frac{2,40}{58,38,63} = 0,0425 \text{ } \Omega$$

$$X = 377 L$$

$$L = \frac{2 (4,605 \log \frac{20}{0,5} + 0,5)}{0,3853} 10^{-4}$$

$$= \frac{2 (4,605 \times 1,738 - 0,5)}{0,3853} 10^{-4}$$

$$L = 17,00898 \times 10^{-4}$$

$$L = \text{para 40 metros}$$

$$L = 0,0017 \times 0,64$$

$$L = 0,00068$$

$$X = 377L = 377 \times 0,64 \times 10^{-5}$$

$$X = 2,564 \times 10^{-2}$$

$$\begin{aligned}
e &= IR \cos \phi - IX \sin \phi \\
&= 13 \times 0,0425 \times 0,9 - 13 \times 0,02564 \times 0,435 \\
&= 0,50 - 0,15 \\
e &= 0,65 \text{ V.}
\end{aligned}$$

1 vano	e = 0,65 V.	_____	0,28%
2 "	e = 3 x 0,65 = 1,95	_____	0,85%
3 "	e = 10 x 0,65 = 6,5	_____	2,80%
Elección e : 6,5 V _____ 2,8% (4 vanos)			

CIUDADELA AMERICA

Tensión de servicio 230/115 V. Racks
 distancia entre conductores: 10,16 ct "a"
 Cos = 0,9 sen = 0.435 f = 60 c/s
 distancia entre postes 40 mts.
 KVA c/poste : 5,7



CONDUCTOR No 6 3 hilos RWG

r = 2,06 mm.

s = 13,3 mm².

$$R = \frac{2.1}{K.S.} = \frac{2.40}{56.13,3} = 0,107$$

X = 2 fL = 377L

X = 377L

$$\begin{aligned}
L &= 2(4,605 \log \frac{a}{r} + 0,5) 10^{-4} \\
&= 2(4,605 \log 10,16 - 0,5) 10^{-4} \\
&= 2(4,605 \log 49,3 + 0,5) 10^{-4} \\
&= 2(4,605 \times 1,693 + 0,5) 10^{-4} \\
L &= 16,592 \times 10^{-4} \text{ H/Km.}
\end{aligned}$$

L para 40 mts. $L = 16,592 \times 0,04 \times 10^{-4}$

$L = 0,0000664$

$X = 377 \times 6,64 \times 10^{-5} = 2.503,28 \times 10^{-5}$

$X = 2,5 \times 10^2$

$I = \frac{VA}{V} = \frac{5700}{230} = 24,8$

$\Delta e = IR \cos + IX \text{ sen}$

$= 24,8 \times 0,107 \times 0,9 + 24,8 \times 0,025 \times 0,435$

$= 2,4 + 0,3$

$\Delta e = 2,7 \text{ V. para un vano de 40 mts.}$

1 vano $\Delta e_r = 2,7 \text{ V. } \frac{\quad}{\quad} 1,17\%$

2 vanos $\Delta e_r = 3 \times 2,7 = 8,1 \text{ V. } \frac{\quad}{\quad} 3,52\%$

Elección $\Delta e_r = 2,7 \text{ V. } 1,2\%$

CONDUCTOR No 4 3 hilos AWG

$R = 0,0676$

$X = 377 L$

$L = 2(4,605 \log \frac{10,16}{0,29} - 0,5) 10^{-4}$

$= 2(4,605 \log 1,686 + 0,5) 10^{-4}$

$L = 16,528 \times 10^{-4} \text{ Hm./Km.}$

para 40 mts. $L = 0,00165 \times 0,04 = 0,000066$

$L = 6,6 \times 10^{-5}$

$X = 377 L = 377 \times 6,6 \times 10^{-5} = 2488 \times 10^{-5}$

$X = 2,488 \times 10^{-2}$

$I = 24,8$

$\Delta e = 24,8 \times 0,676 \times 0,9 + 24,8 \times 0,025 \times 0,435$

$= 1,152 + 0,27$

$\Delta e = 1,79$

2 vanos $\Delta e_r = 3 \times 1,79 = 3,37 \frac{\quad}{\quad} 2,3\%$

CONDUCTOR No 2 7 Hilos AWG

R = 0,0425

X = 377 L

$$L = 2(4,605 \log \frac{a}{n} + 0,5) 10^{-4}$$

a = 10,16 ct.

n = 0,366 ct.

$$L = 2(4,605 \log \frac{10,16}{0,366} + 0,5) 10^{-4}$$

$$L = 2(4,605 \log 27,8 + 0,5) 10^{-4}$$

$$L = 14,3 \times 10^{-4}$$

para 40 mts. L = 14,3 x 10⁻⁴ x 0,04

$$L = 0,0000572$$

$$X = 377 \times 5,72 \times 10^{-5} = 2158 \times 10^{-5}$$

$$X = 2,158 \times 10^{-2}$$

I = 24.8

$$\Delta e = IR \cos \varphi + IX \operatorname{sen} \varphi$$

$$= 24,8 \times 0,0425 \times 0,9 + 24,8 \times 0,0216 \times 0,435$$

$$= 0,949 + 0,233$$

$$\Delta e = 1,2 \text{ V.}$$

1 va no $\Delta e_r = e = 1,2 \text{ V} \quad \underline{\quad 0,5\%}$

2 vanos $\Delta e_r = 3 \times 1,2 = 3,6 \quad \underline{\quad 1,5\%}$

3 vanos $\Delta e_r = 6 \times 1,2 = 7,2 \quad \underline{\quad 3,1\%}$

Elección: $\Delta e_r = 7,2 \text{ v.} \quad \underline{\quad 3,1\%}$

CONDUCTOR No 1/0 7 hilos

R = 0,0268

X = 377L

$$L = 2(4,605 \log \frac{10,16}{0,4125} + 0,5) 10^{-4}$$

$$L = 2(4,605 \log 24,6 + 0,5) 10^{-4}$$

$$L = 13,9 \times 10^{-4}$$

Para 40 mts. X = 377 x 0,00139 x 0,004

$$X = 0,021$$

$$\begin{aligned}\Delta e &= IR \cos \varphi + IX \sin \varphi \\ &= 24,8 \times 0,0268 \times 0,9 + 24,8 \times 0,021 \times 0,435 \\ &= 0,599 + 0,227\end{aligned}$$

$$\Delta e = 0,826 \text{ V.}$$

$$3 \text{ vanos } \Delta e_T = 6 \times 0,826 = 4,95 \text{ V} \quad \underline{\quad} \quad 2,16\%$$

$$4 \quad \Delta e_T = 10 \times 0,826 = 8,26 \text{ V} \quad \underline{\quad} \quad 3,60\%$$

Elección: 3 vanos, o sea, los mismos que se eligió para el calibre No 2.

CIUDADELA MARISCAL SUCRE

Tensión de servicio 230/115 V.

distancia entre conductores: 10,16 ct. "a"

$$\cos \varphi = 0,9 \quad \text{Sen } \varphi = 0,435$$

distancia entre postes 40 mts.

KVA c/poste: 7,8 (tomando 3 tomos o sea los casos más desfavorables)

CONDUCTOR No 6 3 hilos AWG

$$R = 0,017 \quad \text{c/40 mts.}$$

$$X = 0,025$$

$$I = \frac{7800}{230} = 33.9 \text{ A.}$$

$$\begin{aligned} \Delta e &= IR \cos \varphi + IX \text{ Sen } \varphi \\ &= 33,9 \times 0,017 \times 0,9 + 33,9 \times 0,025 \times 0,435 \\ &= 3,26 + 0,37 \end{aligned}$$

$$\Delta e = 3,6 \text{ V.}$$

$$1 \text{ vano } \Delta e_r = \Delta e = 3,6 \text{ V. } \underline{\quad 1,6\%}$$

$$2 \text{ vanos } \Delta e_r = 3 \times 3,6 = 10,8 \text{ V. } \underline{\quad 4,7\%}$$

$$\text{Elección: } \Delta e_r = \underline{\quad 3,6 \text{ V. } 1,6\%}$$

CONDUCTOR No 4 3 hilos AWG

$$R = 0,0676 \quad \text{c/mts.}$$

$$X = 0,025$$

$$\begin{aligned} I = 33,9 \text{ A. } \Delta e &= 33,9 \times 0,0676 \times 0,9 + 33,9 \times 0,025 \times 0,435 \\ &= 2,06 + 0,37 \end{aligned}$$

$$\Delta e = 2,43 \text{ V.}$$

$$1 \text{ vano } \Delta e = 2,4 \text{ V. } \underline{\quad 1\%} \quad \underline{\quad 1\%}$$

$$2 \text{ vanos } \Delta e_r = 3 \times 2,4 = 7,2 \text{ V } \underline{\quad 3\%}$$

$$\text{Elección: } \Delta e_r = \underline{\quad 7,2 \text{ V } 3\%}$$

CONDUCTOR No 2 7 hilos AWG

$R = 0,0425 \quad c/40 \text{ mts.}$

$X = 0,0216$

$I = 33,9 \text{ A.}$

$$\Delta e = 33,9 \times 0,0425 \times 0,9 + 33,9 \times 0,022 \times 0,435$$

$$= 1,30 + 0,32$$

$$e = 1,62 \text{ V.}$$

1 vano $\Delta e_T = \Delta e = 1,6 \text{ V.} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,69\%$

2 vanos $\Delta e_T = 3 \times 1,6 = 4,8 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2,07\%$

3 vanos $\Delta e_T = 6 \times 1,6 = 9,6 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 4,17\%$

Elección $\Delta e_T = 4,8 \text{ V.} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2,07\%$

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA MEJICO

RED MONOFASICA RADIAL

CALIBRE No 6 (2 x 6 + 6)

13,8 Km. conductor de cobre desnudo				
	No.6	a	3.181,50 c	\$/ 43.904,70
83 postes de 10 metros		"	79,00	5.810,00
21 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red)		"	80,00	1.680,00
104 crucetas		"	6,50	676,00
104 abrazaderas		"	9,00	936,00
312 aisladores de baja tensión		"	5,45	1.700,40
312 pernos para aisladores		"	12,50	3.900,00
42 fusibles de alta tensión		"	197,23	8.283,66
42 fusibles de baja tensión		"	90,00	3.780,00
42 fusibles de baja tensión		"	317,91	13.352,22
2 transformadores de 10 KVA		"	6.000,00	12.000,00
19 transformadores de 15 KVA		"	7.575,00	143.925,00
MANO DE OBRA				
4.600 metros tendido de línea		"	0,86	3.956,00
21 transformadores (montaje)		E	105,44	2.214,24
104 postes		"	150,45	<u>15.646,80</u>
				\$/ 261.765,02

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA MEJICO

RED MONOFASICA RADIAL

CALIBRE No 4 (2 x 4 + 6)

MATERIAL

9,2 Km. conductor d e cobre desnudo			
	No.4	a	4.545,00
			\$/ 41.814,00
4,6 Km. conductor de cobre desnudo			
	No.6	"	3.181,50
			14.634,90
90 postes de 10 m.		"	70,00
			6,300,00
14 poste s de llm.(para montaje de transformadores y red)		"	80,00
			1.120,00
104 crucetas		"	6,50
			676,00
104 abrazaderas		"	9,00
			936,00
312 aisladores de baja tensión		"	5,45
			1.700,40
312 pernos de aislador		"	12,50
			3.900,00
28 fusibles de alta tensión		"	197,23
			5.522,44
28 fusibles de baja tensión		"	90,00
			2.520,00
28 pararrayos		"	317,91
			8.901,48
7 transformadores de 15 KVA.		"	7.575,00
			53.025,00
7 tra nsforma dores 25 KVA		"	10.696,00
			74.872,00

MANO DE OBRA

4.600 metros de línea		"	0,86
			3.956,00
14 transformadores (montaje)		"	105,44
			1.476,16
104 postes (montaje)		"	150,45
			<u>15.646,80</u>

\$/ 237.001,18

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA MEJICO

RED MONOFASICA RADIAL

CALIBRE No 2 (2 x 2 + 4)

9,2 Km. conductor de cobre de snudo	No 2	a	5.120,70	\$/ 47.120,44
4,6 Km. conductor de cobre desnudo	No 4	"	4.545,00	20.907,00
92 postes de 10 metros		"	70,00	6.440,00
14 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red)		"	80,00	1.120,00
110 crucetas		"	6,50	715,00
318 aisladores de baja tensión		"	5,45	1.733,10
318 aisladores (pernos p. aislad.)		"	12,50	3.975,00
24 fusibles de alta tensión		"	197,23	4.733,52
24 fusibles de baja tensión		"	90,00	2.160,00
24 pararrayos		"	317,91	7.629,84
4 transformadores de 15 KVA		"	9.090,00	36.360,00
6 transformadores de 25 KVA		"	10.696,00	64.176,00
2 transformadores de 37 l.2		"	13.877,00	27.754,00
 MANO DE OBRA				
4.600 metros tendido de línea		"	0,86	3.956,00
12 transformadores (montaje)		"	105,44	1.265,28
106 postes (montaje)		"	150,45	<u>15.947,70</u>
				\$/ 24 5.982,95

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA AMERICA

RED MONOFASICA RADIAL

CONDUCTOR No 6 (2 x 6 + 6)

MATERIAL

9,9 Km. conductor de cobre desnudo No 6	a	3.181,50	\$/ 31.496,85
50 postes de 10 metros		70,00	3.500,00
25 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red)	"	80,00	2.000,00
75 racks	"	51,00	3.825,00
150 pernos	"	7,00	1.050,00
50 fusible s de alta tensión	"	197,23	9.861,50
50 fusibles de baja tensión	"	90,00	4.500,00
50 pa ra rra yos	"	317,91	15.895,50
25 transformadores d e 15 KVA	"	7.575,00	189.375,00

MANO DE OBRA

3.300 metros tendido de línea a	"	0,86	2.838,00
25 transforma dores (montaje)	"	105,44	2.636,00
75 postes (montaje)	"	150,45	11.283,75
			<u>11.283,75</u>
			\$/ 278.261,60

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA AMERICA

RED MONOFASICA RADIAL

CONDUCTOR No 4 (2 x 4 + 6)

MATERIAL

6,6 Km. conductor de cobre desnudo			
	No 4	a.	4.545,00
			\$/ 29.997,00
3,3 Km. conductor de cobre desnudo			
	No 6	"	3.181,50,
			10.498,95
57 postes de 10 metros		"	70,00
			3.990,00
18 pos tes de 11 metros (para		"	80,00
montaje de transformadores y r.)		"	1.440,00
75 racks		"	51,00
			3.825,00
150 pernos para racks		"	7,00
			1.050,00
36 fusibles de alta tensión		"	197,23
			7.100,28
36 fusibles de bā ja tensión		"	90,00
			3.240,00
36 pararrayos		"	317,91
			11.444,76
5 transformadores de 10 KVA		"	6.000,00
			30.000,00
13 transformadores de 25 KVA		"	10.696,00
			139.048,00

MANO DE OBRA

3.300 metros tendido de línea		"	0,86	2.838,00
18 transformadores (montaje)		"	105,44	1.897,92
75 postes (montaje)		"	150,45	<u>11.283,75</u>
				\$/ 257.653,66

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA AMERICA

RED MONOFASICA RADIAL

CONDUCTOR No 2 (2 x 2 + 4)

MATERIAL

6,6 Km. conductor de cobre desnudo			
	No 2	a	5.120,70
			\$/ 33.796,62
3,3 Km. conductor de cobre desnudo			
	No 4	"	4.545,00
			14.998,50
62 postes de 10 metros		"	70,00
			4.340,00
22 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red		"	80,00
			1.760,00
84 racks		"	51,00
			4.284,00
164 pernos para racks		"	7,00
			1.148,00
18 crucetas para las torres		"	6,50
			117,00
36 abrazaderas		"	9,00
			324,00
26 fusibles de alta tensión		"	197,23
			5.127,98
26 fusibles de baja tensión		"	90,00
			2.340,00
26 pararrayos		"	317,91
			8.265,66
4 transformadores de 15 KVA		"	7.575,00
			30.300,00
9 transformadores de 37 1/2"		"	13.877,00
			124.893,00

MANO DE OBRA

3.300 metros tendido de línea		"	0,86	2.838,00
13 transformadores (montaje)		"	105,44	1.370,72
84 postes (montaje)		"	150,45	12.637,80

\$/ 248.541,28

NOTA: Para el conductor No 1/0 no elaboré lista de materiales y presupuesto, por tener caídas de tensión aproximadamente iguales a los del No 2. En el cuadro X consta el sobre precio por mayor calibre.

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA MARISCAL SUCRE

RED MONOFASICA RADIAL

CONDUCTOR No 6 (2x 6 + 6)

MATERIAL

10,5 Km. conductor de cobre desnudo No 6	a	3.181,50	S/ 38.405,75
54 postes de 10 metros	"	70,00	3.780,00
27 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red)	"	80,00	2.160,00
82 racks	"	51,00	4.182,00
164 pernos	"	7,00	1.148,00
54 fusibles de alta tensión	"	197,23	10.650,42
54 fusibles de baja tensión	"	90,00	4.830,00
54 pararrayos	"	317,91	17.167,14
27 transformadores de 25 KVA	"	10.696,00	288.792,00

MANO DE OBRA

3.500 metros tendido de línea	"	0,86	3.010,00
27 transformadores (montaje)	"	105,44	2.846,88
81 postes (montaje)	"	150,45	<u>12.136,45</u>
			S/ 384.188,61

LISTA DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

CIUDADELA MARISCAL SUCRE

RED MONOFASICA RADIAL

CONDUCTOR No 4 (2 x 4 + 6)

MATERIAL

7,0 Km. conductor de cobre desnudo No 4	4.545,00	\$/ 31.815,00
3,5 Km. conductor de cobre desnudo No 2	3.181,50	11.135,25
65 postes de 10 metros	70,00	4.550,00
32 postes de 11 metros (para montaje de transformadores y red)	80,00	2.560,00
97 racks	51,00	4.947,00
194 pernos	7,00	1.358,00
32 crucetas para torres	6,50	2.080,00
64 abrazaderas	9,00	576,00
32 fusibles de alta tensión	197,23	6.311,36
32 fusibles de baja tensión	90,00	2.880,00
32 pararrayos	317,91	10.173,12
16 transformadores de 37 1/2 KVA	13.877,00	222.032,00

MANO DE OBRA

3.500 metros tendido de línea	0,86	3.010,00
16 transformadores (montaje)	105,44	1.687,04
97 postes (montaje)	150,45	<u>14.593,65</u>

\$/ 319.708,42

NOTA: Para el conductor No 2 no elaboré lista de materiales y presupuesto por tener caídas de tensión aproximadamente iguales que las del No 4. En el cuadro XI consta el sobre precio de los conductores por mayor calibre.

C U A D R O VII

RED AEREA PARA QUITO

RED TRIFASICA MALLADA: CIUDADELA MEJICO

COSTO POR Km. DE LINEA

Calibre AWG	P R E C I O S			Total
	Conductores	Postes Y Accesorios	Mano de Ob.	
3x6+6	S/ 12.726	S/ 4 .024	S/ 4.826	21.576
3x4+6	16.816	4.024	4.826	25.666
3x4+4	19.907	4.235	5.001	29.143

COSTO TOTAL DE LA LINEA: Long. 2.7 Km.

Calibre AWG	COSTO DE LIN EA		Sobre costo por Transform.				TOTAL
	1 Km.	2.7 Km.	No Trans.	cap. KVA.	c/Transform.	Total	
3x6+6	21.576	58.256	2	15	14.445	28.890	131.016
			6	25	15.645	93.870	
						122.760	
3x4+6	25.666	69.290	7	25	15.645	109.515	178.805
3x2+4	29.143	78.688	1	25	15.645	15.645	151.768
			3	50	19.145	57.435	
						73.080	

C U A D R O VIII

RED AEREA DE QUITO

RED TRIFASICA MALLADA: CIUDADELA AMERICA

COSTO POR Km. DE LINEA

Calibre AVG	P R E C I O S			TOTAL
	conductores	Postes y Accesorios	Mano de ob.	
3x6+6	S/ 12.726	S/ 4.493	S/ 4.783	S/ 22.002
3x4+6	16.816	4.731	4.966	26.513
3x2+4	19.907	4.551	4.829	29.287

COSTO TOTAL DE LA LINEA: Long: 3,3 Km

Calibre	COSTO DE LINEA		sobre costo por transformador				T O T A L
	1 Km.	3.3 Km.	No Trans.	cap. KVA.	c/transf.	Total	
3x6+6	22.002	72.619	7	24	15.645	109.515	307.099
			7	37.5	17.845	124.915	
						234.480	
3x4+6	26.513	87.495	11	37.5	17.845	196.295	283.790
3x2+4	29.287	96.646	2	37.5	17.845	35.690	255.606
			6	60	20.545	123.270	
						158.960	

C U A D R O IX

RED AEREA PARA GUITO

RED MONOFASICA RADIAL: CIUDADELA MEJICO

COSTO POR Km. DE LINEA

Calibre AUG	P R E C I O S			
	Conductores	Postes y accesorios	Mano de obra	TOTAL
2x6+6	\$/ 9,544	\$/ 3.195	\$/ 4.261	17.000
2x4+6	12.272	3.280	4.261	19.713
2x2+4	14.786	4.356	4.327	23.469

COSTO TOTAL DE LA LINEA: Long. 4.6 Km.

Calibre AUG	COSTO DE LINEA		Sobre costo por transformador				TOTAL
	1 Km.	4.6 Km.	No. Trans.	cap. KVA	c/transf.	Total	
2x6+6	17.000	78.204	2	10	7.316	14.632	261.765
			19	15	8.891	168.929	
						183.561	
2x4+6	19.713	90.680	7	15	8.891	62.237	237.001
			7	25	12.012	84.084	
						146.321	
2x2+4	23.469	107.960	4	15	8.891	35.564	245.982
			6	25	12.012	72.072	
			2	37.5	15.193	30.386	
					138.022		

C U A D R O X

RED AEREA PARA QUITO

RED MONOFASICA RADIAL: CIUDADELA AMERICA

COSTO POR Km. DE LINEA

Calibre AWG	P R E C I O S			
	Conductores	Postes y accesorios	Mano de obra	TOTAL
2x6+6	\$/ 9.544	\$/ 3.142	\$/ 4.279	16.965
2x4+6	12.272	3.123	4.279	19.674
2x2+4	14.786	3.628	4.689	23.103
2x0+2	21.612	3.628	4.689	29.929

COSTO TOTAL DE LA LINEA: Long. 3.3 Km.

COSTO DE LINEA			Sobre costo por transformador				TOTAL
Calibre AVG	1 Km.	3.3 Km.	No. Trans.	cap. KVA	c/trans.	Total	
2x6+5	16.965	55.986	25	15	8.891	222.275	278.261
2x4+6	19.674	64.924	5	10	7.316	36.580	
			13	25	12.012	156.156	257.660
						192.736	
2x2+4	23.103	76.240	4	15	8.891	35.564	248.541
			9	37.5	15.193	136.737	
						172.301	
2x0+2	29.929	98.765	4	15	8.891;	35.564	271.068
			9	37.5	15.193	136.737	
						172.301	

C U A D R O X I

RED AEREA PARA QUITO

RED MONOFASICA RADIAL: MARISCAL SUCRE

COSTO POR Km. DE LINEA

Calibre AWG	P R E C I O S			Total
	Conductores	Postes y Accesorios	Mano de Ob.	
2x6+6	S/ 9.544	S/ 3.219	S/ 4.341	17.104
2x4+6	12.272	5.449	4.170	21.891
2x2+4	14.786	5.449	4.170	24.405

COSTO TOTAL DE LA LINEA: Long: 3.5 Km.

Calibre AWG	COSTO DE LINEA		Sobre costo por Transform.				T O T A L
	1 Km.	3.5 Km.	No Trans.	cap. KVA.	c/trans.	Total	
2x6+6	17.104	59.864	27	25	12.012	324.324	384.188
2x4+6	21.891	76.620	16	37.5	15.193	243.088	319.708
2x2+4	24.405	85.417	16	37.5	15.193	243.088	328.505

C U A D R O - X I I -

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS POR KILOMETRO DE RED

(EN MILES DE DOLARES)

CLASE	Ciudad de la	L I N E A		Sobrecosto		por Transform.		T O T A L					
		MALLA	RADIAL	MALLA	RADIAL	MALLA	RADIAL	MALLA	RADIAL				
A	MEJICO	3x6+6	21,6	2x6+6	17,0	3x6+6	46,5	2x6+6	39,9	3x6+6	67,1	2x6+6	66,9
		3x4+6	25,7	2x4+6	19,7	3x4+6	40,5	2x4+6	36,8	3x4+6	66,2	2x4+6	51,5
		3x2+4	29,1	2x2+4	23,5	3x2+4	27,1	2x2+4	30,0	3x2+4	56,2	2x2+4	53,5
B	AMERICA	3x6+6	22,0	2x6+6	17,0	3x6+6	71,0	2x6+6	67,2	3x6+6	93,0	2x6+6	87,2
		3x4+6	26,5	2x4+6	19,7	3x4+6	59,5	2x4+6	58,4	3x4+6	86,0	2x4+6	78,1
		3x2+4	29,3	2x2+4	23,1	3x2+4	48,2	2x2+4	62,2	3x2+4	77,5	2x2+4	75,5
C	MARISCAL	3x6+6	22,0	2x6+6	17,1	3x6+6	71,0	2x6+6	64,7	3x6+6	93,0	2x6+6	109,8
		3x4+6	26,5	2x4+6	21,9	3x4+6	59,5	2x4+6	69,4	3x4+6	86,0	2x4+6	91,5
		3x2+4	29,3	2x2+4	24,4	3x2+4	48,2	2x2+4	69,4	3x2+4	77,5	2x2+4	93,8

• SOLUCION MAS ECONOMICA

C. MEJICO: Tendido de linea sobre crucetas.

C. AMERICA Y MARISCAL: Linea sobre racks.

III PARTE

APENDICE

1.- EXPLICACION Y BREVE RESUMEN DEL TABLERO ANALIZADOR DE REDES

Es una herramienta muy útil para planear sistemas de redes eléctricas, con este aparato es posible resolver el sistema de red mallada en un tiempo relativamente corto y con suficiente exactitud.

ELEMENTOS.— En el diagrama eléctrico del analizador, se demuestran los principales elementos. (Plano No G-62)

- 1.— Una alimentación de corriente continua compuesta de un estabilizador de voltaje, un rectificador de onda completa y un transformador.
- 2.— Un reóstato y un tablero de cajas de resistencias.
- 3.— Instrumentos de medida: voltímetro y amperímetro.
- 4.— Cables flexibles para conectar los elementos de resistencias.

SUMINISTRO DE ENERGIA.— La energía se toma de una fuente de corriente alterna: 115 V. y 60 c/s.

PREPARACION DE DATOS.— Como los elementos de resistencia e instrumentos del analizador se encuentran calibrados en magnitudes por unidad; también las impedancias de la red mallada a estudiarse, se deberá convertir en impedancias por unidad (Zpu), tomando una base adecuada, de tal manera que sea posible representarse en el analizador con todos sus elementos de impedancias disponibles.

En la ciudadela México por ejemplo, el procedimiento que se siguió para obtener los datos para el analizador fue:

Ubicación de postes y diagrama de acometidas. (Plano No D-37). En el plano de la ciudadela escala 1:1000 ubiqué los lotes con el frente medio del sector censado y con una flecha dejé indicado el sitio de las acometidas.

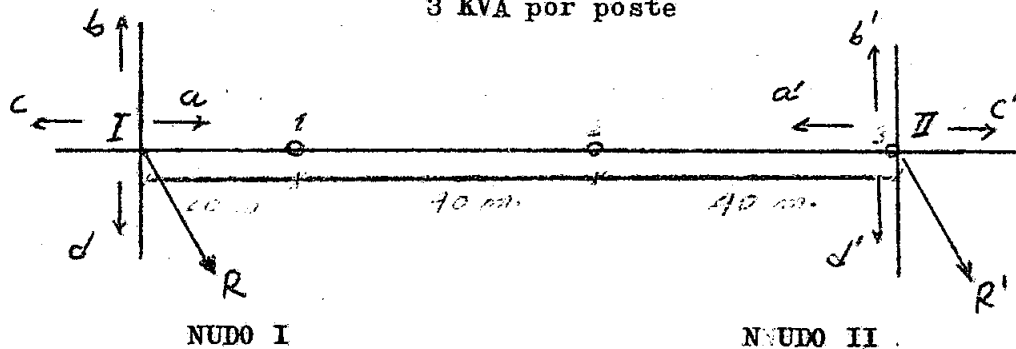
Para el trazado de la red mallada primeramente se ubicó los postes en los sitios más convenientes, este trabajo lo realicé juntamente con un técnico de la Empresa.

Concentración de las cargas en los nudos. (Plano No D-38) De cada poste se alimenta a cuatro lotes multiplicado por 0.75 KVA. correspondiente a cada lote, resulta 3 KVA., valor que se concentra en los nudos, inversamente proporcional a sus distancias.

Esquemáticamente indico a continuación un tramo de red mallada, donde se encuentran los nudos: I y II los cuales tienen sus componentes a, b, c, d y a', b', c', d'.

Cálculo de a y a'

3 KVA por poste



NUDO I

NUDO II

Componente a

Componente a'

$$\text{Poste 1 } \frac{80 \text{ m} \times 3 \text{ KVA}}{100 \text{ m.}} = 2,4 \text{ KVA}$$

$$\frac{20 \text{ m} \times 3 \text{ KVA}}{100} = 0,6 \text{ KVA}$$

$$\text{Poste 2 } \frac{40 \times 3}{100} = 1,2$$

$$\frac{60 \times 3}{100} = 1,8$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Poste 3} & \frac{0 \times 3}{100} & = 0.0 & \frac{100 \times 3}{100} & = 3.0 \\
 \text{Suma n} & & \underline{3,6 \text{ KVA.}} & & \underline{5,4 \text{ KVA}} \\
 a & = & 3,6 \text{ KVA} & & a' = 5,4 \text{ KVA}
 \end{array}$$

La suma de a más a' debe dar la carga de los postes comprendidos en este tramo

$$\begin{aligned}
 3.6 + 5.4 &= 3 \times 3 \\
 9 \text{ KVA} &= 9 \text{ KVA.}
 \end{aligned}$$

En igual forma se calculó para las otras componentes que sumados estos valores se obtiene la resultante .

$$\begin{aligned}
 R &= a + b + c + d \\
 R' &= a' + b' + c' + d'
 \end{aligned}$$

Impedancias por unidad (Zpu). Es la impedancia expresada en unidades de 5, 10, 20 etc; según la base elegida.

Se utiliza Zpu. con el fin de reducir proporcionalmente los valores de impedancia del circuito eléctrico y puedan presentarse en el analizador, debido a que 5 ohmios es el mayor valor entre sus elementos de resistencia.

Base elegida 20 KVA

Cargas $Z = \frac{\text{KVA}}{\text{KVAn}} \times 0,97$

Z: impedancia por unidad

KVA : Base elegida

KVAn: Carga en los nudos

0,97: factor que resulta disminuyendo el 3%

por caída de tensión que adopté.

$$Z = Z_{\Omega} \frac{\text{KVA}}{\text{KV 1000}}$$

Z: impedancia por unidad

Z : impedancia de los conductores

ZVA : Base elegida

KV : tensión entre fases $-(0,21 \text{ KV})$

Para facilitar los cálculos obtuve el valor de impedancia de 100 mts. de conductor y luego convertí Z_{pu} .

Supongamos las siguientes distancias entre nudos: 110m., 80 m. y 70 m.

La impedancia por unidad con la base elegida en 100 mts. de conductor, para el calibre # 2 AWG = 0,0322

Z_{pu} para 110 m. = $1,1 \times 0,0322 = 0,03542$

" " 80 m. = $0,8 \times 0,0322 = 0,02576$

" " 70 m. = $0,7 \times 0,0322 = 0,02254$

Transformadores $Z = Z_T \frac{KVA}{KVA}$

Z : impedancia por unidad

Z_T : impedancia del transformador

KVA : Base elegida

KVA : Capacidad del transformador

Sea un transformador trifásico AEG de 25 KVA, cuya impedancia es 4%.

$$Z_{pu} = 0,32$$

Los valores de impedancias por unidad, base 20 KVA están compilados en el plano No D39. Con lo que queda terminado la preparación de datos para que sea estudiada la ciudadela en el analizador de redes.

En el diagrama de cajas, plano No. D-40, se indica los números correspondientes de las resistencias y barras colectoras utilizadas, del analizador.

Por último, en los planos: D-41, D-42 y D-43 se han anotado los resultados del analizador: ubicación y capacidad de transformadores

y las caídas de tensión, para los conductores Nos. 6, 4, 2 AWG.

2.- COMPARACION DE LOS SISTEMAS ESTUDIADOS: MONOFASICOS RADIAL CON TRES CONDUCTORES Y EL TRIFASICO MALLADO CON CUATRO CONDUCTORES.

DISEÑO.- El monofásico es más simple que el trifásico.

MONTAJE.- El monofásico es más fácil, porque se ahorra en el tendido de la red un conductor y también se simplifican las conexiones en los transformadores.

LIMITACION DE CARGAS.- En el sistema monofásico radial, conforme se aumenta la densidad de carga, las caídas de tensión crecen en forma apreciable, así por ejemplo en la ciudadela Méjico con 0,75 KVA/Lote, utilizando conductores No 2 AWG., la máxima caída de tensión a 160 mts. del transformador es de 2,8%, mientras que en la ciudadela Mariscal con 2,6 KVA/Lote se tiene una caída máxima de voltaje de 2,1% a sólo 80 mts. del transformador, utilizando los mismos conductores que en la ciudadela Méjico; debido a que la corriente circula por un solo ramal, en cambio, en el sistema trifásico mallado no sucede este fenómeno ya que la corriente se bifurca por los ramales componentes de la malla, disminuyendo por lo tanto la caída del voltaje.

COSTOS.- Refiriéndome a las soluciones más económicas, del cuadro comparativo de costos por Km. de red. (cuadro No XII pa g. 79)

El sistema radial es más barato con \$/ 2.700,00 que el mallado para una densidad de carga de 62,5 VA/m. de frente medio; corresponde a la ciudadela Méjico.

El sistema radial es más barato con \$/ 2.200,00 para una densidad de 116,7 VA/m. de frente medio; corresponde a la ciudadela América.

El sistema mallado es más barato con \$/ 13.800,00 para una densidad de 123,8 VA/m. de frente medio; corresponde a la ciudadela Mariscal.

3.- CONCLUSION. - La configuración topográfica del sector y las clases de carga a servirse, son los factores determinantes para el diseño de la red de distribución.

Cuando se tenga una densidad de carga superior a 120 VA/m. de frente medio, será muy conveniente diseñar la red trifásica mallada.

4.- BIBLIOGRAFIA

REDES ELECTRICAS -G. ZOPPETTI

Transmission and Distribution - Westinghouse

Escuela del Técnico Electricista, Tomos: I-II-III-VII-X.

Manual del Ing. Electricista - E.L. SINGER

Manual Standard del Ing. Electricista - A.E.KNOWLTON

Manual AEG - 7a. Edición

Electrotecnia - GRAY WALLACE

Poligrafados sobre Distribución de Energía Eléctrica Ing. JACOME

Instruction Manual 1 - Network Analyzer - G.E.

Archivos de Estadística - Empresa Eléctrica "Quito" S.A.

Archivos de Estadística - Ministerio de Economía

La Energía en América Latina - Publicación de la ONU, Diciembre/1956.