

13  
2dy



**Universidad Nacional Autónoma de México**

Facultad de Ingeniería

**OPTIMIZACION TECNICA Y ECONOMICA  
DE LA OPERACION DE UN SISTEMA  
DE DISTRIBUCION**

**Tesis Profesional**

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P r e s e n t a n :**

- Gabriel Alvarado Fajardo**
- Carlos H. Arellano Gutiérrez**
- Alejandro Bujanos Alonso**
- Francisco Javier Pérez Hernández**
- José Carlos Robles Trujillo**
- Miguel Angel Vázquez Colín**

Director: Ing. Juan Vicente Le-Duc Rubio



México, D. F.

1987



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

		PAG.
	INTRODUCCION -----	2
CAPITULO I.	DESCRIPCION DE LAS REDES DE DISTRIBUCION Y COMPONENTES -----	5
CAPITULO II.	FACTORES CAUSALES DE FALLAS EN UNA RED AEREA Y UNA SUBTERRANEA -----	17
CAPITULO III.	EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO PARA AISLAR Y LOCALIZAR FALLAS, MANUALES Y AUTOMATICOS -----	37
CAPITULO IV.	RESULTADOS EN LA OPERACION DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION, UTILIZANDO DISPOSITIVOS DE SECCIONAMIENTO MANUALES Y AUTOMATICOS -----	58
CAPITULO V.	COMPARACION EN LA OPERACION DE UN SISTEMA ACTUAL TRADICIONAL Y UNO CON DISPOSITIVOS AUTOMATICOS -----	78
CAPITULO VI.	COMPARACION ECONOMICA DE UN SISTEMA AEREO CON UNO SUBTERRANEO DE MISMAS CARACTERISTICAS (LONGITUD Y CARGA) -----	85
	CONCLUSIONES -----	105
	BIBLIOGRAFIA -----	109

## INTRODUCCION

Es agradable de trabajar en equipo es que siempre tenemos a otras personas de nuestra parte.

Benjamin Disraeli

LA ENERGIA ELECTRICA ES UNA PARTE INTEGRANTE DE LA VIDA MODERNA. EL APROVECHAMIENTO DE LA ELECTRICIDAD DATA DE UNA EPOCA RELATIVAMENTE RECIENTE SI SE COMPARA CON LA EDAD DEL HOMBRE SOBRE EL PLANETA. SIN EMBARGO, HA TENIDO UN DESARROLLO EXTRAORDINARIO, PARTICULARMENTE, EN LAS ULTIMAS DECADAS.

TAL HA LLEGADO A SER EL GRADO DE PENETRACION DE LA ELECTRICIDAD, QUE EN LA ACTUALIDAD NO SE PUEDE CONCEBIR EL NO DISPONER DE ESTA FORMA DE ENERGIA PARA UNA VIDA NORMAL.

ESTE HECHO ES DEBIDO A LAS YA COMPROBADAS VENTAJAS DE LA ELECTRICIDAD EN COMPARACION CON OTRAS FORMAS DE ENERGIA, PUESTO QUE: ES FACIL DE PRODUCIR, DE TRANSPORTAR, DE USAR Y DE CONTROLAR; LO QUE PERMITE PREVER QUE SEGUIRA SIENDO LA FORMA IDEAL DE ENERGIA UTILIZABLE POR MUCHO TIEMPO.

PARA PODER PROVEER A TODOS LOS HABITANTES Y A TODOS LOS SECTORES RESIDENCIALES, COMERCIALES E INDUSTRIALES, LAS EMPRESAS SUMINISTRADORAS DEBEN PLANEAR, DISEÑAR, PROYECTAR, CONSTRUIR Y EXPLOTAR LAS INSTALACIONES NECESARIAS PARA SATISFACER LAS DEMANDAS.

ES POR ELLO QUE SE HACE NECESARIO CONTAR CON UN SISTEMA DE DISTRIBUCION QUE PERMITA SATISFACER LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA, EN FORMA TAL QUE SE GARANTICE LA CONTINUIDAD EN EL SUMINISTRO DE ESTA VITAL ENERGIA.

DENTRO DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION SE PUEDEN CLASIFI--

CAR DOS RAMAS IMPORTANTES, COMO SON LA UTILIZACION DE LINEAS AEREAS Y CABLES SUBTERRANEOS; CADA UNA DE ELLAS CON SUS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

POR LO QUE ES NECESARIO, QUE EL INGENIERO ELECTRICISTA DEHOY EN DIA, BASE SU PLANEACION EN LA CONFIABILIDAD Y CALIDAD DEL SISTEMA, ASI COMO EN SU ECONOMIA A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.

CON ESTOS TRES FACTORES EN MENTE, SE PUEDE ASEGURAR QUE EL SISTEMA ELEGIDO, YA SEA, LINEA AEREA O CABLE SUBTERRANEO CUMPLA CON EL OBJETIVO DESEADO DE UNA BUENA PLANEACION: LA OPTIMIZACION.

LA PRESENTE TESIS TIENE COMO FINALIDAD INTRODUCIR AL INGENIERO ELECTRICISTA A LA BUSQUEDA DE UNA BUENA PLANEACION PARA EL MEJOR APROVECHAMIENTO Y UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

ESTAMOS CONSCIENTES DE QUE TODO TRABAJO SIEMPRE SERA SUSCEPTIBLE DE MEJORARSE A TRAVES DE LAS OPINIONES DE LOS EXPERTOS, POR LO TANTO ESTA OBRA SE ENCONTRARA ABIERTA PARA PODER AMPLIARSE EN CUALQUIERA DE SUS CAPITULOS EN QUE SE ENCUENTREN IDEAS NO VEDOSAS QUE AYUDEN A MEJORAR LOS SISTEMAS ACTUALES.

## C A P I T U L O I

### DESCRIPCION DE LAS REDES DE DISTRIBUCION (COMPONENTES)

**Estar consciente de que se es  
ignorante, constituye un gran  
paso hacia el saber.**

**Benjamin Disraeli**

UN SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICO, ES EL CONJUNTO DE ELEMENTOS ENCARGADOS DE SUMINISTRAR LA ENERGIA DESDE UNA SUBSTACION DE POTENCIA HASTA EL USUARIO. SIENDO LA FUNCION DE LA RED DE DISTRIBUCION EL TOMAR DE LA FUENTE ELECTRICA EN BLOQUE Y DISTRIBUIRLA A LOS USUARIOS A LOS NIVELES DE TENSION NORMALIZADOS Y EN LAS CONDICIONES EXIGIDAS POR LOS REGLAMENTOS.

LA RED DE DISTRIBUCION DEBE PROYECTARSE DE MODO QUE PUEDA -- SER AMPLIADA PROGRESIVAMENTE CON POCOS CAMBIOS EN SU CONSTRUCCION BASICA, CON EL FIN DE ASEGURAR UN SERVICIO ADECUADO Y CONTINUO PARA LA CARGA PRESENTE Y FUTURA AL MISMO COSTO DE OPERACION.

LAS REDES DE DISTRIBUCION EN FUNCION DE SU INSTALACION SE -- CLASIFICAN EN:

- SISTEMAS AEREOS
- SISTEMAS SUBTERRANEOS
- SISTEMAS MIXTOS

SIENDO LOS PRINCIPALES ELEMENTOS QUE LOS CONSTITUYEN:

- LINEAS PRIMARIAS
- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION
- LINEAS SECUNDARIAS
- ACOMETIDAS
- EQUIPOS DE MEDICION Y PROTECCION

#### LINEAS PRIMARIAS

LAS LINEAS PRIMARIAS SON LAS ENCARGADAS DE LLEVAR LA ENERGIA



DESDE LAS SUBESTACIONES DE POTENCIA HASTA LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. LOS CONDUCTORES VAN SOPORTADOS EN POSTES CUANDO - SE TRATA DE INSTALACIONES AEREAS Y EN DUCTOS O DIRECTAMENTE ENTE RRADOS CUANDO SE TRATA DE INSTALACIONES SUBTERRANEAS. LOS COMPO NENTES DE ESTAS LINEAS SON:

A) TRONCAL: ES EL TRAMO DEL ALIMENTADOR DE MAYOR CAPACI-- DAD QUE TRANSMITE LA ENERGIA DESDE LA SUBESTACION DE POTENCIA A LOS RAMALES. EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION, ESTOS CONDUCTORES SON DE CALIBRES GRUESOS (336, 556 Y HASTA 795 MCM, ACSR) DEPEN-- DIENDO DEL VALOR DE LA CARGA.

B) RAMAL: ES LA PARTE DEL ALIMENTADOR PRIMARIO ENERGIZADO A TRAVES DE UN TRONCAL, EN LA CUAL VAN CONECTADOS LOS TRANSFORMADA DORES DE DISTRIBUCION Y SERVICIOS PARTICULARES; SIENDO NORMALMENTE DE CALIBRES MENORES QUE LOS DEL TRONCAL.

LAS REDES PRIMARIAS POR EL NUMERO DE FASES E HILOS SE PUE-- DEN CLASIFICAR EN:

- TRIFASICAS DE TRES HILOS
- TRIFASICAS DE CUATRO HILOS
- MONOFASICAS DE DOS HILOS
- MONOFASICAS DE UN HILO

LAS REDES PRIMARIAS TRIFASICAS CON TRES HILOS REQUIEREN UNA MENOR INVERSION INICIAL, EN LO QUE A MATERIALES DE LA LINEA SE - REFIERE; SIN EMBARGO, DEBIDO A QUE ESTOS SISTEMAS TIENEN UN COE-

FICIENTE DE ATERRIZAMIENTO MAYOR QUE UNO TRIFASICO DE CUATRO HILOS, DAN COMO RESULTADO QUE LOS EQUIPOS QUE SE INSTALEN EN ESTOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION TENGAN NIVELES DE AISLAMIENTO MAYORES, - INCREMENTANDO POR LO TANTO SU COSTO.

UNA CARACTERISTICA ADICIONAL DE ESTOS SISTEMAS, ES QUE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION CONECTADOS A ESTAS LINEAS, SON - DE NEUTRO FLOTANTE EN EL LADO DEL PRIMARIO. POR LO QUE SE REFIE RE A LA DETECCION DE FALLAS DE FASE A TIERRA, ES MAS DIFICIL DE- TECTAR LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN ESTE SISTEMA, QUE EN- UN SISTEMA TRIFASICO DE CUATRO HILOS, YA QUE AL SER MAYOR LA IM- PENDANCIA DE SECUENCIA CERO, LAS CORRIENTES DE FALLA SON MENORES. ESTAS REDES SE UTILIZAN EN ZONAS URBANAS CON TENSIONES DE 23 Y 6 KV.

LAS REDES PRIMARIAS TRIFASICAS CON CUATRO HILOS REQUIEREN - UNA MAYOR INVERSION INICIAL, YA QUE EL COSTO DEL CUARTO HILO (NEU TRO) INCREMENTA EL COSTO TOTAL DEL SISTEMA; SIN EMBARGO, DEBIDO- A QUE SE TIENE UN COEFICIENTE DE ATERRIZAMIENTO MENOR QUE LA UNI DAD, LOS EQUIPOS QUE SE CONECTAN A ESTAS LINEAS REQUIEREN DE UN- MENOR NIVEL DE AISLAMIENTO, CON MENOR COSTO DE INVERSION. ESTOS SISTEMAS SE CARACTERIZAN PORQUE A ELLOS SE CONECTAN TRANSFORMADO RES CON EL NEUTRO ATERRIZADO EN EL DEVANADO PRIMARIO Y TRANSFOR- MADORES MONOFASICOS CUYA TENSION PRIMARIA ES LA DE FASE A NEUTRO. ESTAS REDES SON UTILIZADAS EN ZONAS URBANAS PARA TENSIONES DE -- 220 VOLTS ENTRE FASES.

LAS REDES PRIMARIAS MONOFASICAS DE DOS HILOS SE ORIGINAN DE

DERIVACIONES DE LINEAS TRIFASICAS DE TRES HILOS, QUE SIRVEN PARA ALIMENTAR TRANSFORMADORES QUE RECIBEN LA TENSION ENTRE FASES EN EL DEVANADO PRIMARIO. ESTE SISTEMA ES UTILIZADO EN ZONAS DE BAJA DENSIDAD DE CARGA Y TENSIONES DE 127 VOLTS.

LAS REDES MONOFASICAS DE UN HILO, SON DERIVACIONES DE REDES TRIFASICAS QUE PERMITEN ALIMENTAR TRANSFORMADORES MONOFASICOS, - USANDOSE ESTE SISTEMA EN ZONAS RURALES, DEBIDO A LA ECONOMIA QUE SE TIENE EN EL COSTO. LAS TENSIONES USADAS PUEDEN SER DE 220 - VOLTS ENTRE FASES O 127 VOLTS ENTRE FASE Y TIERRA.

#### TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION, SON LOS EQUIPOS ENCARGADOS DE TRANSFORMAR LA TENSION PRIMARIA A UN VALOR MENOR, DE -- TAL MANERA, QUE EL USUARIO PUEDA UTILIZARLA SIN NECESIDAD DE EQUIPOS E INSTALACIONES COSTOSAS Y A SU VEZ PELIGROSAS. EN SI EL -- TRANSFORMADOR ES LA LIGA ENTRE LA RED PRIMARIA Y LA RED SECUNDARIA. EL NUMERO DE FASES DEL TRANSFORMADOR ES FUNCION DEL NUMERO DE FASES DE LA ALIMENTACION PRIMARIA Y DEL NUMERO DE FASES QUE - COMPOEN LA CARGA.

PARA LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION AEREOS, LOS TRANSFORMADORES USADOS SON DEL TIPO POSTE, CON ENFRIAMIENTO NATURAL OA Y CAPACIDADES DESDE 25 KVA HASTA 225 KVA, Y VOLTAJES DE 23 KV-220 -- VOLTS. PARA LOS SISTEMAS SUBTERRANEOS LOS TRANSFORMADORES UTILIZADOS PUEDEN SER DEL TIPO PEDESTAL O DEL TIPO POZO; ESTOS ULTIMOS SE INSTALAN EN SUBESTACIONES O BOVEDAS QUE OCASIONALMENTE SE

INUNDAN CUANDO SE BLOQUEA SU DRENAJE. CABE MENCIONAR QUE EN ESTE TIPO DE INSTALACIONES SE TOMA LA PRECAUCION DE INSTALAR EQUIPO A PRUEBA DE AGUA.

### LINEAS SECUNDARIAS

LAS LINEAS SECUNDARIAS, DISTRIBUYEN LA ENERGIA DESDE LOS -- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION HASTA LAS ACOMETIDAS A LOS USUARIOS. EN LA MAYOR PARTE DE LOS CASOS, ESTOS CIRCUITOS SON DE TIPO RADIAL, SALVO EN LAS REDES SUBTERRANEAS (COMUNMENTE LLAMADAS REDES AUTOMATICAS) EN LAS QUE EL FLUJO DE ENERGIA NO SIEMPRE ES EN LA MISMA DIRECCION.

PARA LAS LINEAS AEREAS CON VOLTAJES DE 6 O 23 KV, SE UTILIZAN CABLES ALD 336 EN LOS PRIMEROS TRAMOS DE BAJA TENSION, DE -- LOS TRANSFORMADORES DE 50, 75 Y 100 KVA, Y PARA EL CASO DEL ALIMENTADOR DE 23 KV SE UTILIZA CABLE ALD 556.

PARA SISTEMAS SUBTERRANEOS SE UTILIZAN CABLES CON AISLAMIENTO DE POLIETILENO DE CADENA CRUZADA (TC), DIRECTAMENTE ENTERRADOS; TAMBIEN PUEDEN UTILIZARSE CABLES CON CUBIERTAS DE PLOMO Y - CUBIERTA EXTERIOR DE TERMOPLASTICO (PT).

### ACOMETIDA Y MEDICION

LAS ACOMETIDAS JUNTO CON EL EQUIPO DE MEDICION, SON LAS PARTES QUE LIGAN AL SISTEMA ELECTRICO DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA

CON LAS INSTALACIONES DEL USUARIO.

LAS ACOMETIDAS SE PUEDEN PROPORCIONAR A LA TENSION PRIMARIA O A LA TENSION SECUNDARIA, ESTO DEPENDE DE LA MAGNITUD DE LA CARGA DEL CLIENTE.

ENTRE LOS ELEMENTOS COMPONENTES SECUNDARIOS DE UNA RED DE DISTRIBUCION SE TIENEN:

- FUSIBLES
- APARTARRAYOS
- HILOS DE GUARDA
- CUCHILLAS
- SECCIONADORES
- RESTAURADORES
- CAPACITORES
- SISTEMA DE TIERRAS
- RELEVADORES \*
- INTERRUPTORES \*

\* ESTOS EQUIPOS PERTENECEN A LOS ALIMENTADORES DE LA SUBESTACION.

LOS TRANSFORMADORES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION ESTAN PROTEGIDOS CON FUSIBLES PARA EVITAR LA SOBRECORRIENTE EN LA LINEA, QUE ES PRODUCIDA POR CONDICIONES DE FALLA O SOBRECARGA; ESTOS FUSIBLES, SON DEL TIPO EXPULSION O LIMITADORES DE CORRIENTE.

COMO PROTECCION DEL EQUIPO DE DISTRIBUCION Y LA LINEA EN GENERAL CONTRA SOBRETENSIONES, ES NECESARIO COLOCAR UNOS DISPOSITIVOS LLAMADOS APARTARRAYOS, CUYA FUNCION ES PROTEGER LAS INSTALACIONES ELECTRICAS CUANDO EN LA LINEA SE PRODUCE UNA SOBRETENSION QUE PUEDE SER DEBIDA A DESCARGAS ATMOSFERICAS (PARA EL CASO DE LINEAS AEREAS), O BIEN A EFECTOS TRANSITORIOS TALES COMO OPERACIONES DE INTERRUPTORES, CORTOS CIRCUITOS, ETC. QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN AMBOS SISTEMAS (AEREO Y SUBTERRANEOS).

EXISTEN VARIOS TIPOS DE APARTARRAYOS, DE IMPULSO O CUERNOS-DE ARQUEO, AUTOVALVULARES Y DE OXIDOS METALICOS.

EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION AEREO, LOS CONDUCTORES SE ENCUENTRAN EXPUESTOS A DESCARGAS DIRECTAS DE LOS RAYOS, Y PARA PROTEGER A LA LINEA SE COLOCAN CABLES DE GUARDA CONECTADOS A TIERRA EN CADA TORRE. LA PRINCIPAL FUNCION DE ESTOS CABLES, ES LA DE DESCARGAR LOS RAYOS A TIERRA A TRAVES DE LAS TORRES. LOS CABLES DE GUARDA, SON UTILIZADOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE 23 KV. EN ADELANTE, TENIENDO ESTOS, CALIBRES NO MENORES A 4/0 AWG.

CUANDO SE REQUIERA CONECTAR O DESCONECTAR DIVERSAS PARTES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION, PARA EFECTUAR MANIOBRAS DE OPERACION, O BIEN PARA DESCONECTAR ALGUN EQUIPO QUE NECESITE MANTENIMIENTO SE EMPLEAN LAS CUCHILLAS. ESTAS SON OPERADAS EN FORMA INDIVIDUAL PARA TENSIONES HASTA 20 KV. Y EN GRUPO PARA TENSIONES MAYORES. ESTA OPERACION PUEDE EFECTUARSE EN FORMA MANUAL O BIEN EN FORMA MOTORIZADA.

LAS CUCHILLAS PUEDEN SER DE OPERACION SIN CARGA O BIEN DE OPERACION CON CARGA, ESTAS ULTIMAS POSEEN EXPLOSORES QUE EXTINGUEN EL ARCO QUE SE PRODUCE EN EL MOMENTO DE INTERRUMPIR LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO.

LOS SECCIONADORES SON ELEMENTOS QUE SIRVEN PARA ABRIR CIRCUITOS EN FORMA AUTOMATICA DESPUES DE CONTAR Y RESPONDER A UN NUMERO PREDETERMINADO DE IMPULSOS DE CORRIENTE DE IGUAL O MAYOR VALOR QUE LA MAGNITUD PREVIAMENTE DETERMINADA. CABE HACER LA Aclaracion que dichos dispositivos no estan disenados para interrumpir corrientes de corto circuito.

EN CIERTO MODO EL SECCIONADOR PERMITE AISLAR SECTORES DE LA RED DE DISTRIBUCION, LLEVANDO UN CONTEO DE LAS OPERACIONES DE SOBRECORRIENTE DEL DISPOSITIVO DE RESPALDO. ES IMPORTANTE HACER NOTAR QUE DEBIDO A QUE NO INTERRUMPEN CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO, NO POSEEN UNA CURVA CARACTERISTICA TIEMPO-CORRIENTE, POR LO QUE NO INTERVIENEN EN LA COORDINACION DE PROTECCIONES, PUDIENDOSE INSTALAR ENTRE DOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION.

DEBIDO A QUE EN LAS REDES DE DISTRIBUCION AEREA EL 80% DE LAS FALLAS SON DE NATURALEZA TEMPORAL, ES CONVENIENTE RESTABLECER EL SERVICIO EN LA FORMA MAS RAPIDA POSIBLE, PARA EVITAR INTERRUPTIONES LARGAS E INNECESARIAS; EN ESTE CASO SE REQUIERE DE UN DISPOSITIVO QUE TENGA LA POSIBILIDAD DE DESCONECTAR UN CIRCUITO Y RECONECTARLO EN FRACCIONES DE SEGUNDO; ESTO PUEDE SER LOGRADO POR MEDIO DEL RESTAURADOR, QUE ES UN DISPOSITIVO AUTOCONTROLADO-

QUE PERMITE ABRIR Y CERRAR EN FORMA AUTOMATICA UN CIRCUITO DE CO  
RRIENTE ALTERNA. ESTOS DISPOSITIVOS GENERALMENTE FUNCIONAN REA-  
LIZANDO CUATRO APERTURAS Y TRES RECIERRES. CABE MENCIONAR QUE -  
ESTOS DISPOSITIVOS NO SE RECOMIENDAN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION  
SUBTERRANEOS, YA QUE LAS FALLAS EN SU MAYORIA SON DE CARACTER --  
PERMANENTE, Y AL MANDAR UN RECIERRE SE PROVOCARIA UN DAÑO MAYOR-  
EN EL CABLE O EN LA INSTALACION EN GENERAL.

EL SUMINISTRO DE LA ENERGIA DEBE REALIZARSE CON UNA CALIDAD  
ADECUADA, DE MANERA QUE LOS APARATOS QUE UTILIZAN LA ENERGIA ELEC  
TRICA FUNCIONEN CORRECTAMENTE; UNA PARTE IMPORTANTE DE LA CALI--  
DAD DEL SERVICIO ES LA REGULACION DE VOLTAJE, LOGRADA MEDIANTE -  
CAPACITORES ESTATICOS CONECTADOS AL SISTEMA DE DISTRIBUCION, LOS  
CUALES DEBEN PERMITIR COMO MAXIMO UNA VARIACION DE VOLTAJE DE UN  
10% CON RESPECTO AL VOLTAJE NOMINAL. ADEMAS LOS CAPACITORES TAM  
BIEN TIENEN LA FUNCION DE CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.

LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION DEBEN CONTAR CON UN ADECUADO -  
SISTEMA DE TIERRAS, AL CUAL SE DEBEN CONECTAR, TODAS LAS PARTES-  
METALICAS POR DONDE PASAN CONDUCTORES ENERGIZADOS, CHAROLAS, CA-  
BLES CON ARMADURA METALICA, CAJAS DE CONEXIONES, CARCAZAS DE - -  
TRANSFORMADORES, ETC.

ALGUNAS DE LAS FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS DE TIE  
RRA SON LAS SIGUIENTES:

A) PROPORCIONAR UN CIRCUITO DE MUY BAJA IMPEDANCIA PARA LA



CIRCULACION DE CORRIENTE DE TIERRA, YA SEAN DEBIDAS A UNA FALLA O A LA OPERACION DE UN APARTARRAYOS.

B) FACILITAR MEDIANTE LA OPERACION DE RELEVADORES U OTROS ELEMENTOS ADECUADOS, LA ELIMINACION DE FALLAS A TIERRA.

C) DAR MAYOR CONFIABILIDAD Y CONTINUIDAD AL SERVICIO ELECTRICO.

LAS CONEXIONES SE HACEN A ELECTRODOS QUE SON CONDUCTORES EMBEBIDOS EN TIERRA A UNA PROFUNDIDAD TAL QUE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO SEA LO MAS PEQUEÑA POSIBLE, PARA PODER DISIPAR TODAS LAS CORRIENTES CONDUCCIDAS A TIERRA, LOS ELECTRODOS SON VARIAS QUE PUEDEN SER DE FIERRO GALVANIZADO O COPPERWELD. EL CALIBRE DEL CONDUCTOR SE RECOMIENDA QUE SEA MAYOR AL 3/0 AWG, Y ES GENERALMENTE DE COBRE DESNUDO.

EN LAS SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION SE ENCUENTRAN DISPOSITIVOS QUE MANTIENEN PERMANENTE VIGILANCIA, CUYA FUNCION ES ELIMINAR O DISMINUIR EL DAÑO QUE PUEDA RECIBIR EL EQUIPO ELECTRICO, CUANDO SE PRESENTA UNA FALLA EN ALGUN ALIMENTADOR, ESTOS DISPOSITIVOS SON LOS LLAMADOS RELEVADORES, LOS CUALES PUEDEN SER DE SOBRECORRIENTE, DIFERENCIALES O DE DISTANCIA, SIENDO DEL TIPO DE ATRACCION ELECTROMAGNETICA, INDUCCION MAGNETICA O DE ESTADO SOLIDO.

LOS INTERRUPTORES SON PARTE DEL EQUIPO DE PROTECCION DE --

LOS ALIMENTADORES DESDE LA SUBESTACION, SON DISPOSITIVOS DE CIERRE O APERTURA DE LA CONTINUIDAD DE UN CIRCUITO ELECTRICO BAJO - CARGA EN CONDICIONES NORMALES, ASI COMO EN CONDICIONES DE CORTOCIRCUITO. LOS TIPOS DE INTERRUPTORES SON: DE GRAN VOLUMEN DE -- ACEITE, PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE, NEUMATICOS, DE HEXAFLORURO DE AZUFRE Y EN VACIO.

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

### FACTORES CAUSALES DE FALLAS EN UNA RED AEREA Y EN UNA SUBTERRANEA

Si nos quitan la posibilidad  
de equivocarnos, nos quitan  
la posibilidad de acertar.

Aldo Cammarota

PARA LLEVAR A CABO EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA SE -  
TIENEN DOS TIPOS DE INSTALACIONES: AEREA Y SUBTERRANEA.

LAS INSTALACIONES AEREAS GENERALMENTE TIENEN COSTOS INICIALES BAJOS, SIN EMBARGO, SON MUY SUSCEPTIBLES A FALLAS Y SE PRODUCEN INTERRUPCIONES DEL SERVICIO PROLONGADAS, YA QUE TIENEN UNA GRAN EXPOSICION A CONTINGENCIAS FISICAS (CHOQUES DE VEHICULOS Y CUERPOS EXTRAÑOS), AGENTES ATMOSFERICOS (RAYOS, LLUVIA, GRANIZO, POLVOS, SALES Y GASES CONTAMINANTES) Y TEMBLORES.

CUALQUIER COMPONENTE DE UN ALIMENTADOR AEREO, COMO SON - - TRANSFORMADORES, EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO, PARARRAYOS, CONDUCTORES, POSTES, HERRAJES, ETC. ESTAN SUJETOS A FALLAS.

LAS INSTALACIONES SUBTERRANEAS PRESENTAN POR LA FORMA EN - QUE ESTAN REALIZADAS, UNA EXPOSICION MUY REDUCIDA A FALLAS, OFRECIENDO EN FORMA NORMAL UN SERVICIO DE ALTA CONFIABILIDAD Y UN GRADO ELEVADO DE CONTINUIDAD. POSEEN CARACTERISTICAS QUE SON - MUY APRECIADAS PARA LA DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA EN ZONAS URBANAS, SIN EMBARGO, LOS COSTOS INICIALES DE LAS REDES SUBTERRANEAS SON MUY ALTOS Y PARA SU IMPLANTACION SE REQUIERE DE - UNA JUSTIFICACION TECNICA Y ECONOMICA, ADEMAS DE OTROS ASPECTOS COMO LOS DE SEGURIDAD Y ESTETICA.

LA CONFIABILIDAD DISTINGUE TRES TIPOS DE FALLAS:

- A) FALLAS DURANTE EL INICIO DE LA OPERACION (TIPO INFANTIL)
- B) FALLAS POR USO Y DESGASTE.

### C) FALLAS DE TIPO CASUAL

#### FALLAS DE TIPO INFANTIL

SE PRESENTAN AL INICIO DE LA OPERACION DE UN ALIMENTADOR; GENERALMENTE SON DEBIDAS A FALLAS POR PROBLEMAS EN EL DISEÑO, DEFICIENTE MANUFACTURA O MALA CONSTRUCCION. PUEDEN SER ELIMINADAS MEDIANTE PRUEBAS PRELIMINARES A LA OPERACION.

#### FALLAS POR USO O POR DESGASTE

SE PRESENTAN POR DESGASTE DE LOS COMPONENTES. LA OCURREN- CIA DE ESTAS FALLAS SE REDUCEN MEDIANTE APROPIADOS PROGRAMAS - DE MANTENIMIENTO.

#### FALLAS DE TIPO CASUAL

LA OCURRENCIA DE ESTE TIPO DE FALLAS ES ALEATORIA, ES DE- CIR, OCURREN IRREGULAR Y REPENTINAMENTE. POR LO TANTO, NO PUE- DEN SER ELIMINADAS MEDIANTE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVEN- TIVO.

POR OTRO LADO, LOS COMPONENTES FALLAN CUANDO SE LES SOME- TE A ESFUERZOS MECANICOS Y ELECTRICOS MAYORES QUE SU CAPACIDAD DE DISEÑO. EN ALIMENTADORES AEREOS ESTOS ESFUERZOS PUEDEN SER PROVOCADOS POR DIFERENTES CAUSAS TALES COMO CHOQUES, DESCARGAS ATMOSFERICAS, RAMAS DE ARBOL, POR ERRORES DE OPERACION, VIENTO,

POLVO, BALAZO, ETC.

EN CUALQUIER FALLA TOTAL DE UN COMPONENTE EN EL ALIMENTADOR, TRAE COMO CONSECUENCIA LA SALIDA DEL CIRCUITO Y LA INTERRUPCION - DEL SERVICIO.

#### CLASIFICACION DE LAS CAUSAS DE FALLA

EN GENERAL LAS CAUSAS DE FALLA PUEDEN CLASIFICARSE, ATENDIENDO A SU ORIGEN, EN LA SIGUIENTE FORMA:

- 1.- FALLAS OCASIONADAS POR TERCEROS
- 2.- FALLAS DEBIDAS A FENOMENOS CLIMATOLOGICOS
- 3.- FALLAS DEBIDAS AL MEDIO AMBIENTE
- 4.- FALLAS IMPUTABLES AL SISTEMA
- 5.- FALLAS DEBIDAS A GENERACION
- 6.- FALLAS DEBIDAS A OTRAS CAUSAS

#### FALLAS OCASIONADAS POR TERCEROS

ESTE GRUPO DE CAUSAS TIENEN SU ORIGEN EN LA ACCION DIRECTA O ACCIDENTAL DE TERCEROS SOBRE EL ALIMENTADOR; TALES COMO; DAÑOS A LAS LINEAS POR PERSONAL DE COMPANIAS CONSTRUCTORAS, LANZAMIENTO - DE OBJETOS EXTRAÑOS A LAS MISMAS, ACCIDENTAL O DELIBERADAMENTE AC CIDENTES DE TRAFICO ETC.

LAS MAS COMUNES SON:

<u>CLAVE</u>	<u>TIPO</u>
431	CRUZAMIENTO CON OTRAS LINEAS
432	CHOQUES O GOLPES
433	PIQUETE MECANICO
434	TROLAZO
435	PEDRADA O BALAZO
346	ROZAMIENTO ACCIDENTAL
347	PROPAGACION PROVOCADA POR FALLA DE EQUIPO CERCANO
466	ROBO DE MATERIAL Y EQUIPO

NOTA.- EL NUMERO ASIGNADO A CADA CAUSA DE FALLA, CORRESPONDE A LA CLAVE USADA POR EL DEPARTAMENTO DE PROYECTOS Y NORMAS - DE DISTRIBUCION DE LA CIA. DE LUZ Y FUERZA (EN LIQUIDACION) EN SU SISTEMA DE INFORMACION SOBRE ESTUDIOS.

FALLAS DEBIDAS A FENOMENOS CLIMATOLOGICOS

EN ESTE GRUPO, LAS CAUSAS QUE SE PRESENTAN CON MAYOR FRECUENCIA SON EL VIENTO Y DEPOSITO DE ARENAS SALINAS (EN LAS ZONAS DE NETZAHUALCOYOTL Y PANTITLAN) Y DESCARGAS ATMOSFERICAS -- (EN LA ZONA DE CUAJIMALPA, CONTRERAS Y SAN JERONIMO).

CLAVETIPO

420	TORMENTA
421	NIEBLA
422	LLUVIA
423	DESCARGAS ATMOSFERICAS
424	VIENTO

FALLAS DEBIDAS AL MEDIO AMBIENTE

EL MEDIO AMBIENTE DONDE SE INSTALAN LOS ALIMENTADORES AEREOS INFLUYE NEGATIVAMENTE DE VARIAS FORMAS EN LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO. LAS CAUSAS QUE SE PRESENTAN CON MAYOR FRECUENCIA SON: OBJETOS EXTRAÑOS SOBRE LA LINEA, POLVO, RAMAS DE ARBOL Y CONTAMINACION INDUSTRIAL. POR EJEMPLO, LOS OBJETOS EXTRAÑOS SOBRE LA LINEA Y EL POLVO, SON LAS CAUSAS PRINCIPALES DE FALLA EN LAS ZONAS-DE NETZAHUALCOYOTL, PANTITLAN Y TEXCOCO. LA CONTAMINACION INDUSTRIAL ES PROPIA DE LAS ZONAS INDUSTRIALES COMO SANTA CLARA, CERRO GORDO Y XALOSTOC.

LAS CAUSAS MAS COMUNES SON LAS SIGUIENTES:

CLAVETIPO

425	OBJETOS EXTRAÑOS SOBRE LA LINEA
426	LINEA
427	RAMAS DE ARBOL



437 POLVO  
438 CONTAMINACION INDUSTRIAL  
(CORROSION, GASES, ETC.)

IMPUTABLES AL SISTEMA

ESTE GRUPO DE CAUSA SE PRESENTA COMO RESULTADO DEL EMPLEO DE COMPONENTES CON CALIDAD NO ADECUADA EN LAS INSTALACIONES; LAS MAS COMUNES SON LAS SIGUIENTES:

<u>CLAVE</u>	<u>TIPO</u>
410	DISENO INCORRECTO
411	MANUFACTURA DEFECTUOSA
412	EQUIPO O MATERIAL INCOMPLETO
413	EQUIPO O MATERIAL DEFECTUOSO

TAMBIEN ESTE GRUPO LO FORMAN AQUELLAS CAUSAS CUYA PRESENCIA DEPENDE DIRECTAMENTE DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE LAS ACCIONES DEL PERSONAL, AREA DE DISTRIBUCION. LAS MAS COMUNES SON LAS SIGUIENTES:

<u>CLAVE</u>	<u>TIPO</u>
414	MONTAJE DE EQUIPO INCORRECTO
415	MANO DE OBRA DEFECTUOSA
416	OPERACION Y MANIOBRA ERRONEA

430	CRUZAMIENTO POR LINEAS COLGADAS
440	SOBRECARGA
441	CARGA DESEQUILIBRADA
442	VARIACION DE VOLTAJE
450	FALSO CONTACTO
451	CORTO CIRCUITO
452	FLAMAZO
454	FALLA AISLAMIENTO
455	DESAJUSTE EN EL EQUIPO
456	FUNCIONAMIENTO INCORRECTO
457	CRISTALIZACION/VIBRACION

FALLAS DEBIDAS A GENERACION

ESTE GRUPO LO FORMAN AQUELLAS CAUSAS CUYA PRESENCIA DEPENDE DIRECTAMENTE DE LA ESTACION GENERADORA Y DE LAS LINEAS DE TRANSMISION. LAS MAS COMUNES SON LAS SIGUIENTES:

<u>CLAVE</u>	<u>TIPO</u>
443	BAJA FRECUENCIA
444	FALTA DE POTENCIAL
445	FALTA DE ENERGIA
446	FALTA DE ENERGIA POR BANCO FUERA

FALLAS DEBIDAS A OTRAS CAUSAS

EN ESTE GRUPO SE INCLUYEN AQUELLAS EN LAS CUALES SE DESCONO

CE SU ORIGEN O NO ESTAN CLASIFICADAS EN NINGUNO DE LOS GRUPOS ANTERIORES.

CLAVE

TIPO

469

NO CLASIFICADA E IGNORADA

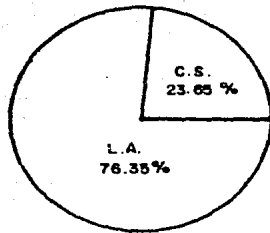
PARA UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LA INFORMACION SOBRE CAUSAS DE DISTURBIO EN LAS REDES DE 23KV Y 6KV, CONVIENE AGRUPAR LAS CAUSAS OCASIONADAS POR TERCEROS, MEDIO AMBIENTE, CLIMATOLOGICAS, DE GENERACION E IGNORADAS EN UN SOLO GRUPO, LLAMANDOLAS CAUSAS EXTERNAS AL AREA DE DISTRIBUCION, YA QUE NO ESTAN BAJO CONTROL. ASI - COMO CAUSAS INTERNAS A LAS IMPUTABLES AL SISTEMA.

EN BASE A LAS CLASIFICACIONES ANTERIORES, SE MUESTRA A CONTINUACION EL ANALISIS COMPARATIVO DE FALLAS TANTO INSTANTANEAS (INS), QUE SON AQUELLAS QUE SU DURACION ES MENOR A 30 SEGUNDOS, COMO MAYORES (MAY) CUYA DURACION ES MAYOR A 30 SEGUNDOS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION AEREOS Y SUBTERRANEOS. DICHO ANALISIS SE ELABORO CON LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y MECANIZACION DE LA COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (EN LIQUIDACION), PARA EL PERIODO DEL 1o. DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 1985.

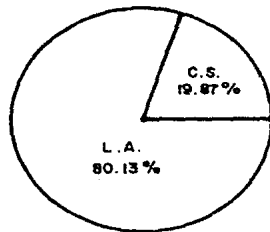
DISTURBIOS DEBIDOS A CAUSAS INTERNAS (6KV)

<u>CAUSA</u>	<u>C. SUBTERRANEOS</u>		<u>L. AREAS</u>		<u>TOTAL</u>	
	<u>INS</u>	<u>MAY</u>	<u>INS</u>	<u>MAY</u>	<u>INS</u>	<u>MAY</u>
412 EQ. O MAT. INCOMPLETO	0	0	0	1	0	1
312 EQ. O MAT. DEFECTUOSO	0	3	1	2	1	5
414 MONTAJE DE EQ. INC.	0	0	0	2	0	2
415 MANO DE OBRA DEFECT.	0	0	0	1	0	1
416 OP/MANIOBRA ERRONEA	6	8	84	40	90	48
430 CRUZ. X LNS. COLGADAS	0	2	2	25	2	27
431 CRUZ C/OTRAS LNS.	0	0	0	7	0	7
440 SOBRECARGA	8	2	25	8	33	10
441 CARGA DESEQUILIBRADA	0	0	1	0	1	0
450 FALSO CONTACTO	2	15	20	78	22	93
451 CORTO CIRCUITO	3	2	4	23	7	25
452 FLAMAZO	0	0	1	0	1	0
454 FALLA DE AISLAMIENTO	29	29	17	54	46	83
455 DESAJUSTE EN EL EQ.	0	0	0	5	0	5
----- TOTAL	48	61	155	246	203	307

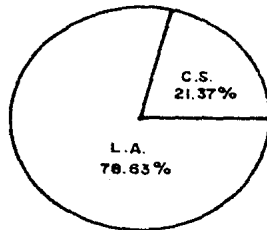
A CONTINUACION SE MUESTRAN LAS GRAFICAS COMPARATIVAS EN POR CENAJE A LA TABULACION ANTERIOR:



FALLAS INTERNAS INSTANTANEAS (6 KV)



FALLAS INTERNAS MAYORES (6 KV)

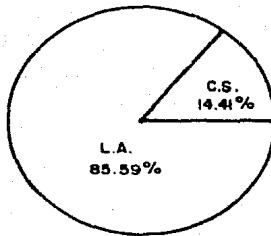


FALLAS INTERNAS TOTALES (6 KV)

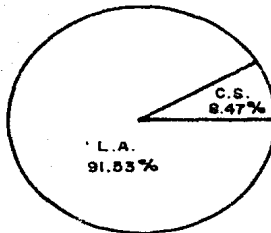
DISTURBIOS DEBIDOS A CAUSAS INTERNAS (23 KV)

CAUSAS	C. SUBTERRANEOS		L. AEREAS		TOTAL	
	INS	MAY	INS	MAY	INS	MAY
411 MANUFACT. DEFECTUOSA	0	0	0	2	0	2
412 EQ. O MAT. INCOMPLETO	0	0	0	2	0	2
413 EQ. O MAT. DEFECTUOSO	0	2	4	27	4	29
414 MONTAJE DE EQ. INC.	0	0	0	10	0	10
415 MANO DE OBRA DEFECT.	0	0	1	3	1	3
416 OP/MANIOBRA ERRONEA	16	4	183	40	199	44
430 CRUZ X LNS. COLGADAS	0	0	4	44	4	44
431 CRUZ C/OTRAS LNS.	0	0	0	9	0	9
440 SOBRECARGA	0	0	13	8	13	8
441 CARGA DESEQUILIBRADA	0	0	2	0	2	0
450 FALSO CONTACTO	5	3	57	245	62	248
451 CORTO CIRCUITO	3	7	15	83	18	90
452 FLAMAZO	0	0	1	2	1	2
453 NEUTRO ABIERTO	0	0	0	3	0	3
454 FALLA DE AISLAMIENTO	27	43	21	164	48	207
455 DESAJUSTE EN EL EQ.	0	2	2	15	2	17
456 FUNCION INCORRECTA	0	0	0	1	0	1
457 CRISTALIZ/VIBRACION	0	0	0	1	0	1
----- TOTAL	51	61	303	659	354	720

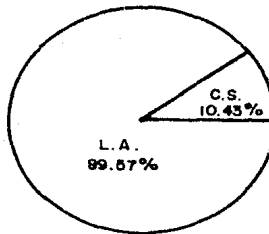
A CONTINUACION SE MUESTRAN LAS GRAFICAS COMPARATIVAS EN POR CENAJE A LA TABULACION ANTERIOR:



FALLAS INTERNAS INSTANTANEAS (23 KV)



FALLAS INTERNAS MAYORES (23 KV)



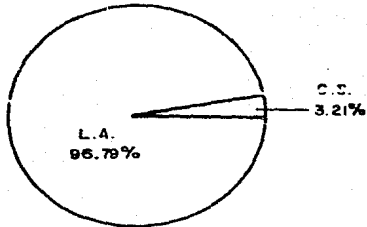
FALLAS INTERNAS TOTALES (23 KV)

DISTURBIOS DEBIDOS A CAUSAS EXTERNAS ( 6 KV )

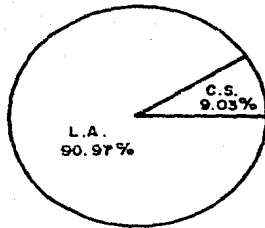
<u>CAUSAS</u>	<u>C. SUBTERRANEOS</u>		<u>L. AEREAS</u>		<u>TOTAL</u>	
	<u>INS.</u>	<u>MAY</u>	<u>INS</u>	<u>MAY</u>	<u>INS</u>	<u>MAY</u>
420 TORMENTA	0	0	8	0	8	0
422 LLUVIA	0	1	276	52	276	53
423 RAYOS	0	0	7	16	7	16
424 VIENTOS	0	2	71	10	71	12
425 OBJ. EXT. S/LINEA	0	1	2	30	2	31
426 RAMAS/ARBOL	0	0	1	27	1	27
428 CORROSION AMBIENTAL	0	0	0	2	0	2
432 CHOQUE/GOLPE	0	0	3	34	3	34
433 PIQUETE MECANICO	0	0	0	2	0	2
436 ROZAMIENTO	0	0	0	1	0	1
437 X FALLA MAT. CERCANO	0	0	11	15	11	15
438 ELECTROLISIS	0	0	0	1	0	1
439 X CHOQUE GOLPE	0	1	0	12	0	13
443 BAJA FRECUENCIA	2	2	53	60	55	62
444 FALTA POTENCIAL	6	18	703	304	709	322
446 FALTA ENERG. BCO. FRA.	17	29	60	79	77	108
461 INCENDIO/EXPLOSION	0	7	0	0	0	7
463 SISMO	0	3	18	206	18	209
464 PERSONAL/EQ. AJENO	1	13	3	12	4	25
469 IGNORADA	36	23	656	145	692	168
----- TOTAL	62	100	1872	1008	1934	1108



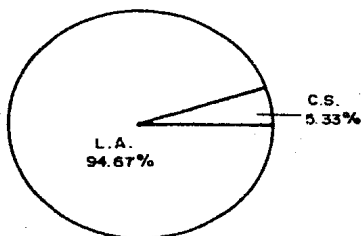
A CONTINUACION SE MUESTRAN LAS GRAFICAS COMPARATIVAS EN POR  
CENTAJE A LA TABULACION ANTERIOR:



FALLAS EXTERNAS INSTANTANEAS (6 KV)



FALLAS EXTERNAS MAYORES (6 KV)



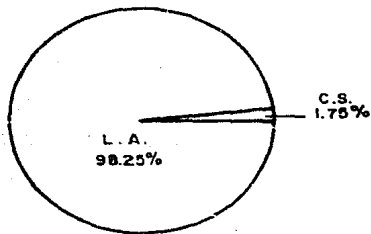
FALLAS EXTERNAS TOTALES (6 KV)

DISTURBIOS DEBIDOS A CAUSAS EXTERNAS (23 KV)

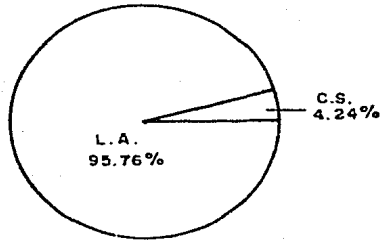
<u>CAUSAS</u>	<u>C. SUBTERRANEOS</u>		<u>L. AEREAS</u>		<u>TOTAL</u>	
	<u>INS</u>	<u>MAY</u>	<u>INS</u>	<u>MAY</u>	<u>INS</u>	<u>MAY</u>
420 TORMENTA	0	0	13	3	13	3
421 NEBLINA	0	0	73	9	73	9
422 LLUVIA	0	0	1924	269	1924	269
423 RAYOS	0	0	63	40	63	40
424 VIENTOS	0	0	382	56	382	56
425 OBJ.EXT S/LINEA	0	2	12	196	12	198
426 RAMAS/ARBOL	0	0	12	152	12	152
428 CORROSION AMBIENTAL	0	0	0	1	0	1
432 CHOQUE/GOLPE	0	0	9	221	9	221
434 TROLAZO	0	0	0	1	0	1
435 PEDRADA O BALAZO	0	0	0	1	0	1
436 ROZAMIENTO	0	0	1	1	1	1
437 X FALLA MAT. CERCANO	2	0	17	15	19	15
438 ELECTROLISIS	0	0	0	3	0	3

439 X CHOQUE GOLPE	0	0	3	16	3	16
443 BAJA FRECUENCIA	3	5	22	41	25	46
444 FALTA POTENCIAL	11	28	291	179	302	207
446 FALTA ENERG.BCO. FRA	9	6	27	119	36	125
463 SISMO	1	22	24	301	25	323
465 FRAUDE	0	0	1	0	1	0
469 IGNORADA	84	16	3504	406	3588	422
----- TOTAL	114	92	6405	2080	6519	2172

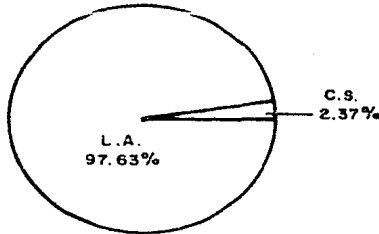
A CONTINUACION SE MUESTRAN LAS GRAFICAS COMPARATIVAS EN POR CENAJE A LA TABULACION ANTERIOR:



FALLAS EXTERNAS INSTANTANEAS (23 KV)



FALLAS EXTERNAS MAYORES (23 KV)



FALLAS EXTERNAS TOTALES (23 KV)

EN BASE A LA TABLA RESUMEN DE TODOS LOS DISTURBIOS OCURRIDOS EN EL AÑO 1985, PROPORCIONADA POR LA COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (EN LIQUIDACION) SE OBTUVO LA SIGUIENTE TABLA SIMPLIFICADA:

SISTEMAS EN 6 KV

DEPTO.	# ALIM (%)	MINUTOS * (%)	INS	MAY	TOT FALLAS (%)
CABLES SUB.	48 (19.43%)	11610 (7.96%)	85	112	197 (8.9%)

LINEA AEREA	199 (80.57%)	134288 (92.04%)	1211	811	2022 (91.1%)
TOTAL	247 (100.0%)	145898 (100.0%)	1296	923	2219 (100.0%)

SISTEMAS EN 23 KV

DEPTO.	# ALIM (%)	MINUTOS * (%)	INS	MAY	TOT FALLAS (%)
CABLES SUB.	79 (19.6%)	9544 (4.75%)	142	114	256 (2.84%)
LINEAS AEREAS	324 (80.4%)	191204 (95.25%)	6368	2400	8768 (97.16%)
TOTAL	403 (100.0%)	200748 (100.0%)	6510	2514	9024 (100.0%)

\* MINUTOS FUERA DEBIDOS A DISTURBIOS MAYORES

POR ULTIMO, ANALIZANDO LOS DATOS ANTERIORES SE LLEGO A LA -  
CONCLUSION DE QUE:

1.- SUPONIENDO QUE EXISTIERAN EL MISMO NUMERO DE ALIMENTADORES --  
SUBTERRANEOS QUE AEREOS SE PUEDE HACER LA SIGUIENTE COMPARA--  
CION.

- PARA 6 KV.

SI 48 ALIMENTADORES SUBTERRANEOS TUVIERAN 197 FALLAS, CUANTAS  
FALLAS HABRIA EN 199 ALIMENTADORES (QUE ES EL NUMERO DE ALI--  
MENTADORES AEREOS)?

$$\frac{48}{197} = \frac{199}{x} \quad \text{POR LO QUE } x = 817$$

ES DECIR, 817 FALLAS EN CABLES SUBTERRANEOS CONTRA 2022 QUE SE PRESENTAN EN LINEAS AEREAS. TENDRIAMOS UN 60% DE FALLAS MENOS SI EL SISTEMA FUERA 100% SUBTERRANEO.

- PARA 23 KV.

SI 79 ALIMENTADORES SUBTERRANEOS TUVIERAN 256 FALLAS, CUANTAS FALLAS HABRIAN EN 324 ALIMENTADORES (QUE ES EL NUMERO DE ALIMENTADORES AEREOS)?

$$\frac{79}{256} = \frac{324}{X} \quad \text{POR LO QUE } X = 1050$$

ES DECIR, 1050 FALLAS EN CABLES SUBTERRANEOS CONTRA 8768 -- QUE SE PRESENTAN EN LINEAS AEREAS. TENDRIAMOS UN 88% DE FALLAS MENOS SI EL SISTEMA FUERA 100% SUBTERRANEO.

## CAPITULO III

### EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO PARA AISLAR Y LOCALIZAR FALLAS, MANUALES Y AUTOMATICOS

El esfuerzo, es lo mínimo por  
realizar para conseguir lo de  
seado.

Carlos Rubles

EL PRESENTE CAPITULO TIENE COMO FIN, MENCIONAR LOS DISPOSITIVOS QUE EXISTEN PARA EL SECCIONAMIENTO, AISLAMIENTO Y LOCALIZACION DE FALLAS, TANTO MANUALES COMO AUTOMATICOS.

SIN EMBARGO, CABE HACER LA ACLARACION DE QUE NO SE PROFUNDIZARA EN LO REFERENTE A LA OPERACION DE CADA UNO DE ESTOS DISPOSITIVOS, YA QUE SERIA TEMA DE CAPITULOS DEDICADOS UNICAMENTE A ELLO. ASI, DE MANERA DESCRIPTIVA SE MENCIONAN CADA UNO DE -- ELLOS.

### INTERRUPTORES

EL INTERRUPTOR ES EL DISPOSITIVO MECANICO QUE CONECTA E INTERRUMPE, UNA O REPETIDAS VECES, EN CONDICIONES NORMALES Y ANORMALES DE TRABAJO UN CIRCUITO ELECTRICO.

ESTA DISEÑADO BASICAMENTE PARA LLEVAR EN FORMA CONTINUA AL TAS CORRIENTES, INTERRUMPIR EN CONDICIONES DE SEGURIDAD LAS CORRIENTES DE FALLA Y SOPORTAR LOS ESFUERZOS ELECTRODINAMICOS DEBIDO A ESTAS.

UNA PARTE MUY IMPORTANTE DE LOS INTERRUPTORES ES SU CIRCUITO DE CONTROL, EL CUAL SE ENCARGA DE:

- A) ABRIR Y CERRAR EL MISMO A TRAVES DE UNA MANIJA, CUANDO UNO LO REQUIERA.



- B) QUE DISPARE INMEDIATAMENTE CUANDO EXISTA UNA FALLA; Y EL EQUIPO DE PROTECCION SE LO INDIQUE.
- C) INDIQUE A TRAVES DE LAMPARAS DE SEÑALIZACION SU ESTADO DE ABIERTO O CERRADO LOCAL Y REMOTAMENTE.
- D) ENVIAR SEÑALES QUE INDIQUEN ALGUNA ANOMALIA COMO FALTA DE PRESION DE AIRE U OTRO GAS QUE SE UTILICE PARA SU OPERACION.
- E) BLOQUEASE EN SU OPERACION SI EXISTE ALGUNA ANOMALIA.

DE ACUERDO AL MEDIO DE INTERRUPCION UTILIZADO LOS INTERRUPTORES SE PUEDEN CLASIFICAR EN:

A) INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE CON CAMARA DE EXTINCION. LOS INTERRUPTORES DE GRANDES CAPACIDADES CON GRAN VOLUMEN DE ACEITE ORIGINAN FUERTES PRESIONES INTERNAS QUE EN ALGUNAS OCASIONES PUEDEN GENERAR EXPLOSIONES. PARA DISMINUIR ESTOS RIESGOS, SE IDEARON DISPOSITIVOS DONDE SE FORMAN BURBUJAS DE -- GAS, REDUCIENDO LAS PRESIONES A UN VOLUMEN MENOR. ESTOS DISPOSITIVOS RECIBEN EL NOMBRE DE CAMARA DE EXTINCION Y DENTRO DE ESTAS CAMARAS SE ELIMINA EL ARCO.

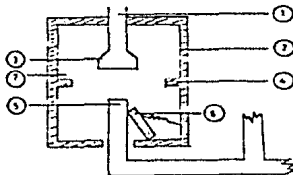
AL OCURRIR UNA FALLA SE SEPARAN LOS CONTACTOS QUE SE ENCUETRAN DENTRO DE LA CAMARA. LOS GASES QUE SE PRODUCEN TIENDEN A ESCAPAR, PERO COMO SE HALLAN DENTRO DE LA CAMARA QUE CONTIENE -

ACEITE, ORIGINAN UNA VIOLENTA CIRCULACION DE ACEITE QUE EXTINGUE EL ARCO. CUANDO EL CONTACTO MOVIL SALE DE LA CAMARA, EL ARCO RESIDUAL ACABA DE EXTINGUIR ENTRANDO NUEVAMENTE ACEITE FRIO A LA CAMARA. CUANDO LOS ARCOS HAN DESAPARECIDO, SE CIERRAN LOS ELEMENTOS DE ADMISION DE LA CAMARA.

LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA CAMARA DE EXTINCION SON LOS SIGUIENTES:

- 1.- PARTE INTERNA DE LA BOQUILLA
- 2.- CUERPO DE LA CAMARA
- 3.- CONTACTO FIJO DENTRO DE LA CAMARA
- 4.- COSTILLAS DE REFUERZO DE LA CAMARA
- 5.- CONTACTO MOVIL
- 6.- ELEMENTO DE CIERRE DE LA CAMARA
- 7.- ACEITE EN EL INTERIOR DE LA CAMARA

ESTOS ELEMENTOS SE PUEDEN APRECIAR EN LA FIGURA QUE A CONTINUACION SE MUESTRA:



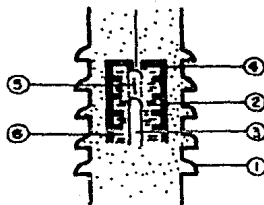
B) INTERRUPTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.- LOS INTERRUPTORES DE REDUCIDO VOLUMEN DE ACEITE RECIBEN ESTE NOMBRE DEBIDO A QUE SU CANTIDAD DE ACEITE ES PEQUEÑA EN COMPARACION CON LOS

DE GRAN VOLUMEN (SU CONTENIDO DE ACEITE VARIA ENTRE 1.5% Y 2.5% DEL DE GRAN VOLUMEN).

SE CONSTRUYE PARA DIFERENTES CAPACIDADES Y VOLTAJES DE OPERACION, Y SU CONSTRUCCION ES BASICAMENTE UNA CAMARA DE EXTINCION MODIFICADA QUE PERMITE MAYOR FACILIDAD DE OPERACION.

EN ESTE INTERRUPTOR LA CAMARA DE EXTINCION DEL ARCO CONSISTE FUNDAMENTALMENTE DE LAS SIGUIENTES PARTES:

- 1.- PARTE EXTERNA
- 2.- CUERPO DE LA CAMARA
- 3.- CONTACTO MOVIL
- 4.- CONTACTO FIJO
- 5.- ARCO ELECTRICO
- 6.- ACEITE

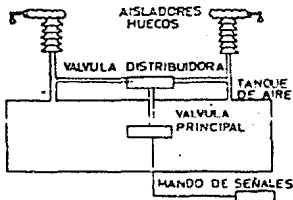


EL FUNCIONAMIENTO DE ESE INTERRUPTOR ES BASICAMENTE IGUAL - AL DE LOS ANTERIORES.

C) INTERRUPTORES NEUMATICOS.- DEBIDO AL PELIGRO DE EXPLOSION E INCENDIO QUE PRESENTAN LOS INTERRUPTORES DE ACEITE, SE FABRICAN LOS INTERRUPTORES NEUMATICOS, EN LOS CUALES LA EXTINCION DEL ARCO SE EFECTUA POR MEDIO DE UN CHORRO DE AIRE A PRESION, EL CUAL SE OBTIENE DE UN SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO QUE INCLUYE UNA O VARIAS COMPRESORAS, UN TANQUE PRINCIPAL, UNO DE RESERVA Y UN SISTEMA DE DISTRIBUCION EN CASO DE QUE SEAN VARIOS INTERRUPTORES.

ESTOS SE FABRICAN TANTO MONOFASICOS COMO TRIFASICOS Y PUEDEN SER DE USO INTERIOR O EXTERIOR.

A CONTINUACION SE MUESTRA UN PEQUEÑO ESQUEMA QUE MUESTRA -- DOS INTERRUPTORES EN AIRE:



D) INTERRUPTORES EN HEXAFLORURO DE AZUFE (SF<sub>6</sub>). LA UTILIZACION DE ESTE INTERRUPTOR SE DIO AL PRINCIPIO DE LA DECADA DE -- LOS 60'S; SU FUNCIONAMIENTO ES MUY SIMILAR A LOS DE ACEITE, LA -- DIFERENCIA FUNDAMENTAL ES QUE LOS CONTACTOS SE ENCUENTRAN CONTE-- NIDOS EN UN MEDIO QUE OFRECE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

- LA RIGIDEZ DIELECTRICA DEL SF<sub>6</sub> ES TRES VECES MAYOR QUE -- LA DEL AIRE, A LA MISMA PRESION.
- ES UN GAS ESTABLE; INHERTE Y NO TOXICO.
- EXPUESTO AL ARCO ELECTRICO SE DISOCIA EN SF<sub>4</sub> Y SF<sub>2</sub>.

LAS CARACTERISTICAS ANTERIORES PERMITEN QUE ESTOS INTERRUPT-- TORES OFREZCAN ALGUNAS VENTAJAS TALES COMO:

- LA PRESION UTILIZADA EN UNA FRACCION DE LA DEL AIRE PARA LA INTERRUPCION DE LA CORRIENTE.

- LOS GASES IONIZADOS NO ESCAPAN A LA ATMOSFERA, POR LO -  
QUE EL INTERRUPTOR NO HACE RUIDO.
- SON DE VOLUMEN REDUCIDO.

LA DESVENTAJA PRINCIPAL ES QUE AL EXTINGUIRSE EL ARCO LOS GASES PRODUCIDOS POR ESTE, SON TOXICOS Y AL COMBINARSE CON LA HUMEDAD PRODUCE ACIDO FLUORHIDRICO QUE ATACA A LOS AISLANTES Y LOS CEMENTOS.

E) INTERRUPTORES EN VACIO. ESTE TIPO DE INTERRUPTOR TIENE COMO MEDIO DE INTERRUPCION EL VACIO; TEORICAMENTE ABREN EN UN CICLO DEBIDO A LA PEQUEÑA INERCIA Y DISTANCIA DE SUS CONTACTOS. POR LA RAPIDEZ DE OPERACION, LA TENSION EN LOS CONTACTOS ES MUY ELEVADA, GENERANDO RADIACIONES X QUE PUEDEN SER PELIGROSAS PARA EL PERSONAL, POR LO QUE EN NUESTRO PAIS SON DE POCA -- UTILIZACION.

### FUSIBLES

EL FUSIBLE ES UN ELEMENTO ELECTRICO DE PROTECCION O SEGURIDAD, DE FUNCIONAMIENTO TERMICO, DISEÑADO PARA INTERRUMPIR UN -- CIRCUITO ELECTRICO CUANDO POR EL CIRCULA UNA SOBRECORRIENTE QUE PUEDA DAÑAR A LOS CONDUCTORES Y DISPOSITIVOS CONECTADOS AL MISMO.

EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION LOS FUSIBLES MAS USADOS -- SON LOS DE TIPO LIMITADOR DE CORRIENTE Y LOS DE EXPULSION; A --

CONTINUACION SE DESCRIBE DE MANERA GENERAL EL FUNCIONAMIENTO DE CADA UNO DE ELLOS.

#### FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE

SE DESIGNA ASI AL FUSIBLE QUE INTERRUMPE UNA SOBRECORRIENTE, LIMITANDO LA CORRIENTE DE FALLA A VALORES INFERIORES QUE EL VALOR PICO QUE CIRCULARIA POR EL CIRCUITO SI EL FUSIBLE NO SE INSTALARA, EN UN TIEMPO MENOR A LA DURACION DEL PRIMER SEMICICLO DE LA ONDA DE CORRIENTE DE FALLA.

EL FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE ESTA INTEGRADO POR UNO O MAS ELEMENTOS DE CINTAS METALICAS PERFORADAS O CON DETERMINADA CONFIGURACION DENTRO DE UN TUBO AISLANTE, RESISTENTE A GRANDES PRESIONES PROVOCADAS POR LAS ENERGIAS TERMICAS GENERADAS DURANTE EL ARQUEO. LAS CINTAS METALICAS (COMUNMENTE DE PLATA) O ELEMENTOS SENSIBLES A LA CORRIENTE ESTAN RODEADOS INTIMAMENTE POR ARENA SILICA ( $SiO_2$ ) O DE CUARZO, CON LA FINALIDAD DE EXTINGUIR EL ARCO ELECTRICO PRODUCIDO POR ALGUNA FALLA Y SOPORTAR LA ALTA PRESION DURANTE SU OPERACION.

EN CONDICIONES DE CORTO CIRCUITO, CON VALORES DE CORRIENTE COMPRENDIDOS ENTRE SU RANGO LIMITADOR DE CORRIENTE, EL FUSIBLE OPERARA SIMULTANEAMENTE EN TODAS LAS ZONAS QUE SE DISEÑEN PARA ESTA FINALIDAD (PERFORACIONES O SECCIONES TRANSVERSALES REDUCIDAS) GENERANDO TENSIONES DE ARCO, EN CADA UNA DE ESTAS SECCIONES REDUCIDAS, DE APROXIMADAMENTE 50 VOLTS (PLATA) QUE AL REACCIONAR

CON LA ARENA SILICA QUE LO RODEA SE FORMAN FULGORITAS, DANDO LUGAR A LA INSERCIÓN DE UNA TENSION DE ARCO CUASI-INSTANTANEA A TRAVES DEL FUSIBLE DE MAGNITUD APRECIABLEMENTE MAYOR A LA TENSION NORMAL DEL SISTEMA. PUESTO QUE LA MAGNITUD DE RESISTENCIA OHMICA DEL FUSIBLE, DURANTE EL ARQUEO Y POSTERIOR A ESTE, ES MUY GRANDE, ORIGINA EN EL CIRCUITO ELECTRICO UN FACTOR DE POTENCIA CERCANO A LA UNIDAD (DURANTE EL TIEMPO QUE TOMA EL FUSIBLE PARA INTERRUMPIR LA FALLA) Y MOTIVA A LA CORRIENTE A ALCANZAR LA TENSION, LOGRANDOSE LA EXTINSION TOTAL MUY CERCA DEL CERO DE TENSION.

#### FUSIBLE TIPO EXPULSION

ESTA FORMADO POR UN PEQUEÑO ESLABON FUSIBLE, EL CUAL AL FUNDIR PROVOCA QUE EL ARQUEO PRODUCIDO, GENERE GASES DES-IONIZANTES DEL MATERIAL VECINO (ACIDO BORICO, MELANINA, RESINAS FENOLICAS, FIBRA VULCANIZADA, RESINAS TERMOPLASTICAS, TETRACLORURO DE CARBONO, HEXAFLUORURO DE AZUFRE Y OTRAS), PROVOCANDO UNA GRAN TURBULENCIA ALREDEDOR DEL ARCO, DE MANERA QUE CUANDO LA CORRIENTE PASA POR UN VALOR NATURAL CERO, EL CANAL DEL ARCO SE REDUCE A UN MINIMO, QUEDANDO INTERRUMPIDO EL FLUJO DE CORRIENTE, PUDIENDOSE EXPULSAR LOS GASES HACIA EL EXTERIOR DEL FUSIBLE.

EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION LOS FUSIBLES TIENEN SU PRINCIPAL FUNCION EN LA PROTECCION DE TRANSFORMADORES REALIZANDO LA DESCONEXION DE ESTOS, REDUCIENDO LOS DAÑOS Y DISTURBIOS AL MINIMO.

EL CRITERIO DE SELECCION DE UN FUSIBLE ESTA DADO EN FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE SUMINISTRO COMO SON: TIPO DE RED (AREA O SUBTERRANEA), TENSION NOMINAL, NIVEL BASICO DE IM PULSO Y CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN EL PUNTO DE ALIMENTACION.

### CUCHILLAS

LA CUCHILLA ES UN DISPOSITIVO QUE SIRVE PARA CONECTAR Y DES CONECTAR DIVERSAS PARTES DE UNA RED DE DISTRIBUCION, YA SEA, PARA EFECTUAR MANIOBRAS DE OPERACION, O BIEN PARA LA DESCONEXION DE EQUIPO QUE REQUIERA MANTENIMIENTO.

LA CÚCHILLA BASICAMENTE ESTA COMPUESTA POR UNA BASE METALICA DE LAMINA GALVANIZADA, DOS O TRES COLUMNAS DE AISLADORES QUE DAN EL NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO ADECUADO Y SOBRE ESTOS, PRO-- PIAMENTE LA NAVAJA O CUCHILLA QUE CIERRA O ABRE EL CIRCUITO.

CABE MENCIONAR QUE LAS CUCHILLAS PUEDEN SER DE OPERACION -- CON CARGA O SIN ELLA, Y DE ACCIONAMIENTO MANUAL O MOTORIZADO.

LAS CUCHILLAS POR SU FORMA DE DESCONEXION SE PUEDEN CLASIFI CI CAR EN:

A) HORIZONTAL O DE DOBLE ARCO.- ESTAS CUCHILLAS SE EMPLEAN SOBRE TODO EN SUBESTACIONES TIPO INTEMPERIE CON CORRIENTES ELEVA DAS Y TENSIONES HASTA DEL ORDEN DE 34.5 KV; SON GENERALMENTE OPE RADAS EN GRUPO POR MANDO ELECTRICO. NO PRESENTAN PELIGRO PARA -

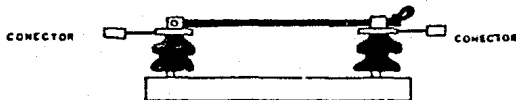


EL OPERARIO, YA QUE ES GRANDE LA SEPARACION QUE EXISTE ENTRE LOS POLOS.

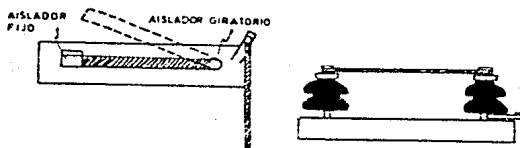
A CONTINUACION SE MUESTRA UN ESQUEMA DE ESTE TIPO DE CUCHILLA, PUDIENDOSE APRECIAR QUE CUENTA CON TRES AISLADORES, DE LOS CUALES DOS SON FIJOS (EXTREMOS) Y EL TERCERO (CENTRO) ES GIRATORIO.



B) VERTICAL.- COMO SE PUEDE APRECIAR EN LA SIGUIENTE FIGURA ESTE TIPO DE CUCHILLAS ES DE LAS MAS USUALES POR SU OPERACION TAN SIMPLE, PUEDE EMPLEARSE EN INSTALACIONES INTERIORES O A LA INTEMPERIE. PARA USOS INTERIORES SE RECOMIENDA USARLA PARA TENSIONES NO MAYORES DE 23 KV, Y ES ACCIONADA POR MEDIO DE PERTIGA. EN MONTAJES A LA INTEMPERIE PUEDE USARSE EN CUALQUIERA DE LAS TENSIONES NORMALES DE OPERACION, CON MANDO POR BARRA O MOTOR ELECTRICO.



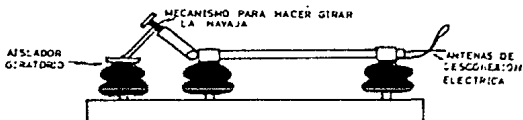
C) CUCHILLAS CON DOS AISLADORES. UNO ES FIJO Y OTRO GIRATORIO EN EL PLANO HORIZONTAL, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA SIGUIENTE:



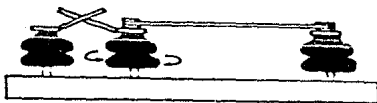
ESTE TIPO DE CUCHILLAS ES DE USO INTEMPERIE, GENERALMENTE - PRESENTAN MUCHAS VENTAJAS CUANDO SON ACCIONADAS NEUMATICAMENTE; POR TAL RAZON, ES CONVENIENTE EMPLEARLAS CUANDO SE DISPONGA DE AIRE COMPRIMIDO.

SE USAN PARA CUALQUIERA DE LAS TENSIONES NORMALES DE OPERACION. PUEDEN ACCIONARSE POR BARRA O MOTOR ELECTRICO. TIENEN - EL INCONVENIENTE DE QUE LA HOJA DE DESCONEXION SE DESAJUSTA DES PUES DE VARIAS OPERACIONES.

D) CUCHILLAS CON TRES AISLADORES DE DOBLE ARCO (TIPO "AV"). ESTAS CUCHILLAS SE EMPLEAN EN INSTALACIONES DE CORRIENTES ELEVADAS Y TENSIONES MEDIAS; SE OPERAN GENERALMENTE PARA BARRA O MOTOR ELECTRICO, PUDIENDOSE TAMBIEN ACCIONARLAS CON AIRE COMPRIMIDO. EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE 34.5KV Y 23KV SE USAN PARA - INTERCONEXION DE LINEAS. ESTE TIPO DE CUCHILLA SE MUESTRA A CONTINUACION:



E) CUCHILLA DE TRES AISLADORES, CON EL AISLADOR CENTRAL - DESPLAZABLE POR CREMALLERA. EL RANGO DE APLICACION DE ESTAS CUCHILLAS ES SEMEJANTE AL DE LAS CUCHILLAS DE OPERACION VERTICAL, DEBIDO A SU TAMAÑO, GENERALMENTE SON ACCIONADAS POR MOTOR ELECTRICO, AUNQUE SE PUEDEN ACCIONAR POR BARRA O AIRE COMPRIMIDO. - ESTE TIPO DE CUCHILLA SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE FIGURA:



F) CUCHILLAS ALDUTTI.- LA VERSION MAS RECIENTE DE UNA CUCHILLA QUE OPERA CON CARGA, ES LA DEL TIPO ALDUTTI, LA CUAL, INTERRUMPE EL ARCO DENTRO DE UN TUBO DE FIBRA, ESTE TUBO PRODUCE UN GAS QUE AYUDA A CONFINAR EL ARCO Y LO EXTINGUE.

EL ELEMENTO IMPORTANTE EN LAS CUCHILLAS ALDUTTI, ES LA UNIDAD INTERRUPTIVA (EXPLOSOR), NATURALMENTE EL CORAZON DE LA UNIDAD, SIENDO ESTA LA SECCION EXTINGUIDORA DEL ARCO, LA CUAL CONSISTE EN UN PAR DE CONTACTOS DE ARCO (UNO FIJO Y OTRO MOVIL) Y UN REMOLQUE, QUE OPERA DENTRO DE UN CILINDRO DE FIBRA; EL REMOLQUE QUE ESTA HECHO DE RESINA ACRILICA SIGUE EL CONTACTO A TRAVES DEL CILINDRO.

#### RELEVADORES

LOS RELEVADORES SON DISPOSITIVOS QUE DETECTAN LAS FALLAS EN

LINEAS O APARATOS, E INICIAN O PERMITEN LA DESCONEXION DE LA FULLA AL ENVIAR LA SEÑAL DE DISPARO AL INTERRUPTOR.

LA FUNCION DE LA PROTECCION POR RELEVADORES ES ORIGINAR EL RETIRO RAPIDO DEL SERVICIO DE CUALQUIER ELEMENTO DE UN SISTEMA DE POTENCIA, CUANDO ESTE SUFRE UN CORTO CIRCUITO O CUANDO EMPIEZA A FUNCIONAR EN CUALQUIER FORMA ANORMAL QUE PUEDA ORIGINAR DANO O INTERFIERA DE OTRA MANERA CON EL FUNCIONAMIENTO EFICAZ DEL RESTO DEL SISTEMA. EL EQUIPO DE PROTECCION ESTA AYUDADO. EN ESTA TAREA, POR INTERRUPTORES QUE SON CAPACES DE DESCONECTAR EL - ELEMENTO DEFECTUOSO CUANDO EL EQUIPO DE PROTECCION SE LOS MANDA.

TODOS LOS RELEVADORES FUNCIONAN EN RESPUESTA A UNA O MAS - MAGNITUDES ELECTRICAS, YA SEA PARA CERRAR O PARA ABRIR CONTAC--TOS. EN REALIDAD SOLO HAY DOS PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO FUNDAMENTALMENTE DIFERENTES: (1) ATRACCION ELECTROMAGNETICA, Y (2) INDUCCION ELECTROMAGNETICA. LOS PRIMEROS FUNCIONAN EN VIRTUD - DE UN EMBOLO QUE ES ATRAIDO DENTRO DE UN SOLENOIDE, O UNA ARMADURA QUE ES ATRAIDA POR LOS POLOS DE UN ELECTROIMAN. DICHS RELEVADORES PUEDEN SER ACCIONADOS POR MAGNITUDES DE CORRIENTE DIRECTA O CORRIENTE ALTERNA. LOS RELEVADORES DE INDUCCION ELECTROMAGNETICA UTILIZAN EL PRINCIPIO DEL MOTOR DE INDUCCION POR MEDIO - DEL CUAL EL PAR SE DESARROLLA POR INDUCCION EN UN ROTOR; ESTE - PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO SE APLICA SOLO A RELEVADORES ACCIONADOS POR CORRIENTE ALTERNA.

AUN CUANDO EXISTEN MUCHOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION DE TIU

PO ESTATICO, SOLO SE DESCRIBIRAN LOS MAS USADOS EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION PARA PROTECCIONES DE BANCO Y ALIMENTADORES.

#### RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE

EL USO DE RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE NO DIRECCIONALES ES MUY EXTENTIDO EN NUESTRAS SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION, COMO -- PROTECCION DE ALIMENTADORES ASI COMO PROTECCION DE RESPALDO PARA BANCOS DE TRANSFORMACION. ESTO ES DEBIDO A SUS CARACTERISTICAS DE VELOCIDAD, SEGURIDAD SIMPLICIDAD Y CONFIABILIDAD.

SIN EMBARGO, SU APLICACION, AJUSTES Y MANTENIMIENTO COMO TO DO EQUIPO REQUIERE DE ALGUNOS LINEAMIENTOS BASICOS QUE ASEGUEN LAS CARACTERISTICAS INDICADAS ANTERIORMENTE.

#### RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE INSTANTANEO

ES UN RELEVADOR QUE FUNCIONA INSTANTANEAMENTE PARA UN EXCESIVO VALOR DE CORRIENTE E INDICA UNA FALLA EN EL APARATO O CIRCUITO PROTEGIDO (0.05 SEGUNDOS O MENOR).

#### RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE CON RETRASO DE TIEMPO

ES UN RELEVADOR CON UNA CARACTERISTICA DE TIEMPO DEFINIDA O INVERSA, QUE FUNCIONA CUANDO LA CORRIENTE EN EL CIRCUITO EXCEDE UN VALOR PREDETERMINADO, A MAYOR CORRIENTE, MENOR TIEMPO EN LA CARACTERISTICA INVERSA.

### RELEVADOR DIFERENCIAL

COMO LO INDICA SU NOMBRE, ESTOS RELEVADORES OPERAN BAJO UNA DIFERENCIA DE CORRIENTE. SU PRINCIPIO DE OPERACION ES SIMILAR A LA DE UN RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE INDUCCION. ESTOS DISPOSITIVOS BRINDAN LA PROTECCION MAS SELECTIVA YA QUE SU ZONA DE OPERACION ESTA RESTRINGIDA AL AREA DEFINIDA POR LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE UBICADOS EN LOS EXTREMOS DEL EQUIPO PROTEGIDO. COMPARAN LAS CORRIENTES DE ENTRADA Y SALIDA SIN INVOLUCRAR CONDICIONES EXTERNAS.

### RELEVADORES DE RECIERRE

LOS RELEVADORES DE RECIERRE SON DEL TIPO DE RELEVADORES DE PROGRAMA QUE SUPERVISAN LA POSICION DE UN INTERRUPTOR PERMITIENDO SU REENERGIZACION YA SEA INSTANTANEA O CON TIEMPO, POSTERIOR A UNA APERTURA DEL MISMO POR ACCION DE SU SISTEMA DE PROTECCION.

HACEMOS LA OBSERVACION DE QUE TIENE UNA SECUENCIA DE OPERACION DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DE APLICACION Y POR DISEÑO DEL MISMO, QUE LO BLOQUEAN UNA VEZ QUE SE CUMPLIERON EL NUMERO DESIGNADO DE INTENTOS DE CIERRE SOBRE UNA FALLA PERMANENTE, ASI COMOTAMBIEN SU REPOSICION UNA VEZ QUE NO ES CUMPLIDO SU CICLO COMPLETO, EL INTERRUPTOR CIERRA DEFINITIVAMENTE, ES DECIR, SI LA FALLA ES TEMPORAL.

## RESTAURADORES

UN RESTAURADOR ES UN DISPOSITIVO ELECTROMAGNETICO HABILITADO PARA SENSIBILIZAR E INTERRUMPIR EN DETERMINADO TIEMPO, SOBRE CORRIENTES EN UN CIRCUITO DEBIDAS A LA EVENTUALIDAD DE UNA FALLA, ASI COMO DE HACER RECIERRES AUTOMATICAMENTE Y REENERGIZAR EL CIRCUITO.

EN CASO DE PERSISTIR LA FALLA, VUELVE A ABRIR, RECERRANDO NUEVAMENTE, ESTA SECUENCIA DE OPERACION SE LLEVA A CABO HASTA CUATRO OPERACIONES DE APERTURA AL FINAL DE LAS CUALES QUEDARA BLOQUEADO.

LA SECUENCIA REALIZA DOS IMPORTANTES FUNCIONES:

- 1.- PRUEBA LA LINEA PARA DETERMINAR SI LA CONDICION DE FALLA HA DESAPARECIDO.
- 2.- DISCRIMINA LAS FALLAS TEMPORALES DE LAS PERMANENTES.

## TEORIA DE OPERACION

INDEPENDIENTEMENTE QUE EFECTUEN LA MISMA FUNCION, EXISTEN DIFERENTES CARACTERISTICAS DE RESTAURADORES COMO SON:

- A) NUMERO DE FASES.- EN NUESTRO PAIS, EN SU MAYORIA SON -

TRIFASICOS, POR LO QUE SOLAMENTE EN LOS CASOS DE DISTRIBUCION MONOFASICA SE UTILIZARAN RESTAURADORES MONOFASICOS.

B) MEDIO INTERRUPTIVO.- EN ACEITE O EN VACIO, SE ESTAN UTILIZANDO DE LOS DOS TIPOS EN LA ACTUALIDAD, AUN CUANDO EL TIPO DE CAMARAS EN VACIO ES MAS MODERNO.

C) TIPO DE CONTROL.- HIDRAULICO O ELECTRONICO, ES TAMBIEN MAS MODERNO EL TIPO ELECTRONICO Y UTILIZA PARA SU OPERACION SEÑALES DE TC (TRANSFORMADORES DE CORRIENTE) QUE SON SENSADAS CONVENIENTEMENTE A TRAVES DE RELEVADORES ELECTRONICOS, REQUIEREN DE UNA FUENTE DE POLARIZACION PARA QUE EL RESTAURADOR LOGRE SU OPERACION.

EN EL CASO DE LOS HIDRAULICOS EXISTEN DISTINTOS TIPOS DE -  
DISPARO, COMO SON:

1.- DISPARO SERIE.- ESTE TIPO DE DISPARO UTILIZA LA ENERGIA ELECTROMECHANICA GENERADA POR LA ACCION DE LA SOBRECORRIENTE A -- TRAVES DE UNA BOBINA, ABRIENDO LOS CONTACTOS DEL RESTAURADOR Y - CARGANDO UN RESORTE AL MISMO TIEMPO.

DESPUES DE UN TIEMPO PREDETERMINADO QUE USUALMENTE ES DE 90 A 120 CICLOS, LIBERA EL RESORTE S CERRANDO NUEVAMENTE EL CIRCUITO.

2.- DISPARO SERIE CON RELEVADORES.- EL ARREGLO ES SIMILAR -



AL ANTERIOR, SOLO QUE LA BOBINA DE OPERACION "A" ES ENERGIZADA - UNICAMENTE AL LLEGAR LA CORRIENTE AL VALOR DE "PICK-UP" DE LA BOBINA AUXILIAR "B", ANTES DE ESTE VALOR, "A" ESTA PUENTEADA A TRAVES DE UN CONTACTO N.C. PROPIO DE LA BOBINA "B".

3.- DISPARO SERIE PILOTO.- DIFIERE DE LOS DOS TIPOS ANTERIORES DEBIDO A QUE SU OPERACION DE APERTURA Y CIERRE LA EFECTUA -- CON BOBINAS DIFERENTES, LO QUE HACE QUE REQUIERA MENOS ENERGIA - PARA OPERAR.

EL PRINCIPIO DE APERTURA ES UTILIZANDO UNA BOBINA A VOLTAJE PLENO FASE A TIERRA O ENTRE FASES DEL LADO FUENTE, LA CUAL ES -- ENERGIZADA POR MEDIO DE UN CONTACTO N.C. DE LA PROPIA BOBINA DE OPERACION "A", UNA VEZ QUE EL RESTAURADOR ABRE, SE ENERGIZA LA BOBINA "B" YA QUE SE CIERRA EL CONTACTO "A", ESTO HACE QUE SE - CARGUE EL RESORTE "S" Y QUEDE PREPARADO DE ESTA FORMA EL RECIBRE.

### SECCIONALIZADORES

ES UN DISPOSITIVO DE CARACTERISTICAS SIMILARES A LAS DEL RESTAURADOR, ES DECIR, A TRAVES DE UN CONTROL HIDRAULICO Y BOBINAS - SERIE O ELECTRONICO Y TC, SENSALA LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO SUPERIOR A LA MINIMA PREESTABLECIDA PARA ACTUAR Y CUENTA EL NUMERO DE VECES QUE ESTA ES INTERRUPTIDA POR UN DISPOSITIVO DE RESPALDO, QUE ES GENERALMENTE UN RESTAURADOR.

DESPUES DE UNA CANTIDAD ESPECIFICA DE RECUENTOS, EL SECCIONALIZADOR ABRE SUS CONTACTOS CUANDO LA LINEA ESTA DESENERGIZADA. ESTO NOS PERMITE PREVER PUNTOS DE SECCIONAMIENTO AUTOMATICO A BAJO COSTO YA QUE NO CUENTAN CON CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA CORRIENTE DE FALLA NI, POR LO TANTO, CURVAS CARACTERISTICAS DE OPERACION TIEMPO-CORRIENTE. AUNQUE SI TIENEN LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA SUFICIENTE PARA LA CORRIENTE DE CARGA.

#### PRINCIPIO DE OPERACION

LOS SECCIONALIZADORES HIDRAULICOS TIENEN UN PISTON QUE LEVANTA UNA VARILLA LA CUAL ACCIONARA LA BARRA DE APERTURA DE CONTACTOS DEL DISPOSITIVO PREVIAMENTE CARGADA AL MOMENTO DEL CIERRE.

EL SECCIONALIZADOR PUEDE SER COLOCADO PARA UNO, DOS O TRES RECUENTOS HASTA LA APERTURA, SIMPLEMENTE CAMBIANDO LA ALTURA DE LA VARILLA DE CORTE. DADO QUE LA CORRIENTE MINIMA DE CUENTA ES 160% DE LA CAPACIDAD DE LA BOBINA SOLENOIDE, SE OBTIENEN DIFERENTES VALORES DE CORRIENTE MINIMA DE RECUENTO CAMBIANDO LA BOBINA.

SI LA FALLA ES TEMPORAL, EL PISTON DE CORTE SE REPONE LENTAMENTE A SU POSICION ORIGINAL, "OLVIDANDO" DE ESTA MANERA LOS RECUENTOS. EL TIEMPO DE REPOSICION PARA LOS SECCIONALIZADORES CON CONTROL HIDRAULICO ES APROXIMADAMENTE DE UN MINUTO POR RECUENTO. DESPUES QUE EL SECCIONALIZADOR QUEDA ABIERTO CUMPLIENDO LA CANTIDAD SELECCIONADA DE RECUENTOS DEBE SER CERRADO MANUALMENTE.

SIN CAPACIDAD DE RUPTURA, ESTOS DISPOSITIVOS CUESTAN CONSIDERABLEMENTE MENOS QUE LOS RESTAURADORES O LOS INTERRUPTORES CON LA MISMA CAPACIDAD DE CORRIENTE NOMINAL.

LOS SECCIONALIZADORES CON CONTROL HIDRAULICO TIENEN CAPACIDADES EN 14.4 KV EN LOS MONOFASICOS DE 140 AMPERES O TRIFASICOS DE 200 AMPERES. PUEDEN SER FACILMENTE MONTADOS SOBRE POSTES Y OPERADOS CON UNA PERTIGA COMUN.

LOS SECCIONALIZADORES CON CONTROL ELECTRONICO EFECTUAN EL MISMO TRABAJO SOLO QUE A TRAVES DE TARJETAS Y TC'S, REQUIEREN DE FUENTE DE ALIMENTACION EXTERNA QUE PUEDA POLARIZAR SUS CIRCUITOS. ESTAN DISPONIBLES PARA 14.4 KV HASTA 34.5 KV Y 400 AMPERES NOM. CON ESTA CAPACIDAD, PUEDEN APLICARSE PARA MUCHOS USOS QUE NO PODIAN SER RESUELTOS EN EL PASADO. ADEMAS, SE DISPONE DE ACCESORIOS ESPECIALES PARA AMPLIAR EL USO DE LOS SECCIONALIZADORES ELECTRONICOS.

LA ECONOMIA ES LA PRINCIPAL VENTAJA QUE SE OBTIENE DEL USO DE LOS SECCIONALIZADORES AUTOMATICOS.

## C A P I T U L O   I V

### RESULTADOS EN LA OPERACION DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION UTILIZANDO DISPOSITIVOS DE SECCIONAMIENTO, MANUALES Y AUTOMATICOS.

¡Acepta los riesgos; toda la vida  
no es sino una oportunidad. El -  
hombre que llega más lejos es, -  
generalmente, el que quiere y se  
atreve a hacerlo.

Dale Carnegie.

LA SELECCION DE LA ESTRUCTURA ADECUADA PARA EL DESARROLLO - DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE, YA QUE INFLUIRA NO SOLO EN LA OPERACION SINO EN SU COSTO Y CONFIABILIDAD A TRAVES DE LA VIDA UTIL DE LA RED.

EL CONOCIMIENTO VERAZ DE LA MAYOR CANTIDAD DE PARAMETROS POSIBLES QUE SE DEBEN HACER INTERVENIR EN LA PLANEACION DE ESTE TIPO DE REDES, FACILITARA LA SELECCION DE LA ESTRUCTURA ADECUADA. - ALGUNOS DE ESTOS PARAMETROS SON:

- DENSIDAD DE CARGA
- TIPO DE CARGA: RESIDENCIAL, COMERCIAL, INDUSTRIAL O MIXTA
- LOCALIZACION GEOGRAFICA
- AREA O FORMA GEOMETRICA DE LA EXPANSION DE LA CARGA
- COSTO
- CONTINUIDAD O CONFIABILIDAD REQUERIDA POR LOS CONSUMIDORES
- OPERACION
- TASA DE CRECIMIENTO
- MANO DE OBRA DISPONIBLE TANTO PARA LA CONSTRUCCION COMO PARA OPERACION DE LA RED.

EN CUANTO A SU OPERACION, EXISTEN SOLO DOS TIPOS FUNDAMENTALES DE REDES DE DISTRIBUCION: RADIAL Y PARALELO.

POR DEFINICION UN SISTEMA DE OPERACION RADIAL ES AQUEL EN EL QUE EL FLUJO DE ENERGIA TIENE UNA SOLA TRAYECTORIA DE LA FUENTE

TE A LA CARGA, DE TAL MANERA QUE UNA FALLA EN CUALQUIER COMPONENTE DE LA RED PRODUCE UNA INTERRUPCION EN O LOS SERVICIOS.

LOS SISTEMAS DE OPERACION EN PARALELO CUENTAN CON MAS DE UNA TRAYECTORIA DEL FLUJO DE ENERGIA QUE ALIMENTA A LOS CONSUMIDORES; LA OPERACION EN PARALELO ES SOBRETUDO UTILIZADA EN REDES DE BAJA TENSION EN NUESTRO PAIS, DEBIDO A SU COMPLEJIDAD EN SU OPERACION Y COSTO.

### ESTRUCTURAS DE MEDIANA TENSION

EN FORMA GENERAL PODEMOS ENUMERAR LAS ESTRUCTURAS DE MEDIANA TENSION (CONSIDERANDO LA MEDIANA TENSION DE 1KV A 35KV) EMPLEADAS EN NUESTRO PAIS COMO SIGUE:

- RADIAL
- ANILLO
- DOBLE ALIMENTACION
- ALIMENTADORES SELECTIVOS

#### RADIAL

ESTA ESTRUCTURA SE CONSTITUYE CON CABLES TRONCALES QUE SALLAN EN FORMA RADIENTE DE LA S.E. Y CON CABLES TRANSVERSALES QUE LIGAN ESTAS TRONCALES. EN GRANDES REDES RADIALES DE M.T. QUE ALIMENTAN ZONAS URBANAS IMPORTANTES, SE DEBE BUSCAR LA POSIBILIDAD DE INTERCONEXION ENTRE LOS TRONCALES DE ESTA RED, CON EL OBJETO

TE A LA CARGA, DE TAL MANERA QUE UNA FALLA EN CUALQUIER COMPONENTE DE LA RED PRODUCE UNA INTERRUPCION EN O LOS SERVICIOS.

LOS SISTEMAS DE OPERACION EN PARALELO CUENTAN CON MAS DE UNA TRAYECTORIA DEL FLUJO DE ENERGIA QUE ALIMENTA A LOS CONSUMIDORES; LA OPERACION EN PARALELO ES SOBRETODU UTILIZADA EN REDES DE BAJA TENSION EN NUESTRO PAIS, DEBIDO A SU COMPLEJIDAD EN SU OPERACION Y COSTO.

### ESTRUCTURAS DE MEDIANA TENSION

EN FORMA GENERAL PODEMOS ENUMERAR LAS ESTRUCTURAS DE MEDIANA TENSION (CONSIDERANDO LA MEDIANA TENSION DE 1KV A 35KV) EMPLEADAS EN NUESTRO PAIS COMO SIGUE:

- RADIAL
- ANILLO
- DOBLE ALIMENTACION
- ALIMENTADORES SELECTIVOS

#### RADIAL

ESTA ESTRUCTURA SE CONSTITUYE CON CABLES TRONCALES QUE SALGAN EN FORMA RADIENTE DE LA S.E. Y CON CABLES TRANSVERSALES QUE LIGAN ESTAS TRONCALES. EN GRANDES REDES RADIALES DE M.T. QUE ALIMENTAN ZONAS URBANAS IMPORTANTES, SE DEBE BUSCAR LA POSIBILIDAD DE INTERCONEXION ENTRE LOS TRONCALES DE ESTA RED, CON EL OBJETO

DE MINIMIZAR EL TIEMPO DE INTERRUPCION DE LOS USUARIOS, FACILITAR LA OPERACION Y POR ENDE DAR FLEXIBILIDAD A LA RED. UN EJEMPLO DE ESTA ESTRUCTURA SE PRESENTA EN LA FIGURA 4.1.

LA APLICACION DE ESTE TIPO DE ESTRUCTURAS ES RECOMENDABLE EN ZONAS EXTENDIDAS CON ALTAS DENSIDADES DE CARGA (15 A 20 MVA/KM<sup>2</sup>) Y TASAS DE CRECIMIENTO IMPORTANTES.

EN OPERACION NORMAL, CADA ALIMENTADOR LLEVA UNA CARGA C FUNCIONANDO EN FORMA RADIAL, OPERANDO NORMALMENTE ABIERTOS LOS ELEMENTOS DE SECCIONAMIENTO CON LOS QUE CUENTA LA ESTRUCTURA. EN CASO DE EMERGENCIA, LOS ALIMENTADORES DEBERAN SOPORTAR CARGAS ADICIONALES.

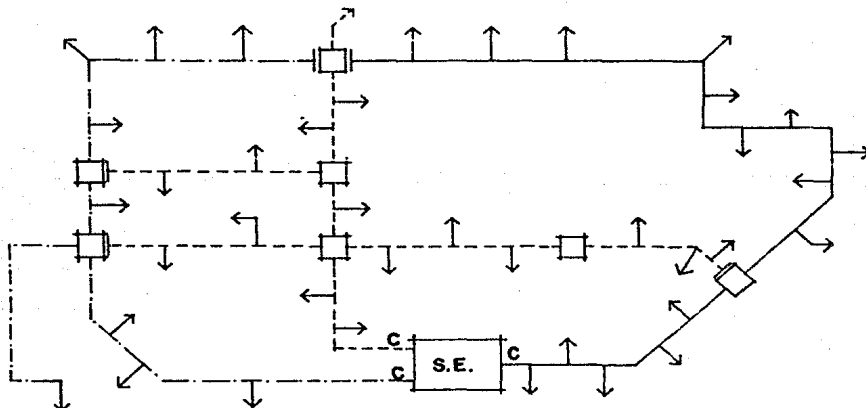


FIG. 4.1.- Seccionamiento de una estructura radial subterránea.



## ANILO

ESTA ESTRUCTURA SE CONSTITUYE COMO SE APRECIA EN LA FIGURA 4.2 A BASE DE BUCLES DE IGUAL SECCION, DERIVADOS DE UNA O MAS - FUENTES DE ALIMENTACION, SIENDO ESTAS GENERALMENTE CIRCUITOS DE LINEAS AEREAS.

LA APLICACION DE ESTE TIPO DE ESTRUCTURA ES RECOMENDABLE EN ZONAS DE DENSIDAD DE CARGA ENTRE 5 A 15 MVA/KM<sup>2</sup> Y EN DONDE EL AUMENTO O TASAS DE CRECIMIENTO ES PEQUEÑO. COMO EJEMPLO DE ESTOS CASOS, SE ENCUENTRAN LAS ELECTRIFICACIONES SUBTERRANEAS DE ZONAS RESIDENCIALES O CONJUNTOS HABITACIONALES.

## DOBLE ALIMENTACION

LA APLICACION DE ESTE TIPO DE ESTRUCTURAS SE LLEVA A CABO - PREFERENTEMENTE EN ZONAS CON GRANDES CARGAS PUNTUALES, TALES COMO; CARGAS INDUSTRIALES, TURISTICAS Y COMERCIALES, LAS CUALES GENERALMENTE PRESENTAN UN AREA DE EXPANSION ALARGADA Y DENSIDADES QUE FLUCTUAN EN UN AMPLIO RANGO QUE VA DESDE 5 A LOS 30 MVA/KM<sup>2</sup>, YA QUE PARA ESTE CASO DE APLICACION MAS QUE LA DENSIDAD DE LA ZONA SE TORNA MAS SIGNIFICATIVA LA CONTINUIDAD O CONFIABILIDAD QUE LA RED DEBE OFRECER AL USUARIO.

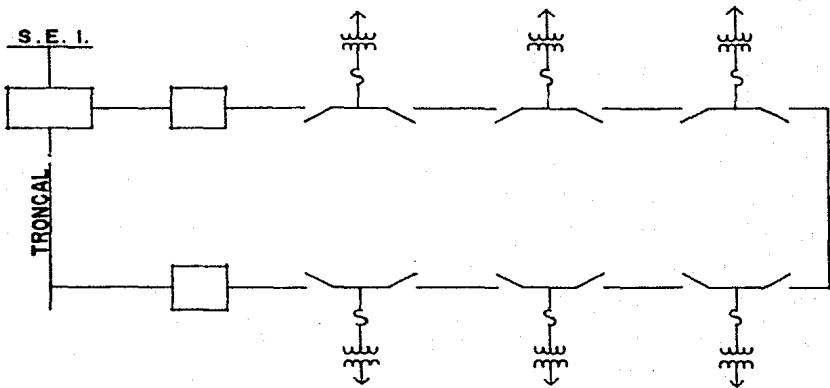
LA OPERACION SE HACE EN BASE DE UN ESQUEMA DE ALIMENTADORES PREFERENTES Y EMERGENTES CON TRANSFERENCIAS MANUALES O AUTOMATICAS SIGUIENDO EL PRINCIPIO DE CAMBIO DE ALIMENTADOR, ES DECIR, -

AL SALIR EL ALIMENTADOR PREFERENTE, LA ENERGIA DEBERA FLUIR POR EL EMERGENTE, TRANSFERENCIA QUE EN EL CASO DE EQUIPO AUTOMATICO SOLO TOMARA UNOS CUANTOS CICLOS EFECTUARLA, PERTURBANDO AL CONSUMIDOR EN FORMA POCO SIGNIFICATIVA.

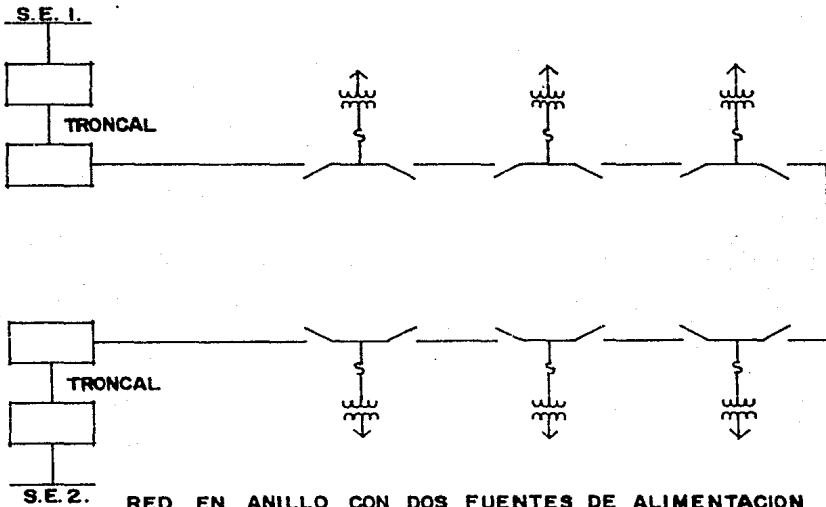
EN LA FIGURA 4.3 SE PRESENTA EL DESARROLLO DE ESTA ESTRUCTURA.

#### ALIMENTADORES SELECTIVOS

LA IMPLANTACION DE ESTE TIPO DE ESTRUCTURAS ES RECOMENDABLE PARA ZONAS DE RAPIDO CRECIMIENTO Y DENSIDADES MAYORES DE 15 MVA/KM2 Y CUYA EXPANSION O AREA SERVIDA ES CONSIDERABLE. EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION, LOS TRANSFORMADORES SON ALIMENTADOS POR LAS SUBTRONCALES CON UN PUNTO NORMALMENTE ABIERTO QUE PERMITE BALANCEAR LA CARGA Y OPERAR LA RED EN FORMA RADIAL. CUANDO OCURRE UNA FALLA EN LA TRONCAL O SUBTRONCAL, LOS DISPOSITIVOS DE SECCIONAMIENTO, INSTALADOS GENERALMENTE EN LOS MISMOS TRANSFORMADORES, PERMITEN EFECTUAR LOS MOVIMIENTOS DE CARGA NECESARIOS, TRANSFIRIENDO LOS TRANSFORMADORES AL ALIMENTADOR TRONCAL ADYACENTE. ESTE TIPO DE ESTRUCTURA, DEBIDO A SU FLEXIBILIDAD Y COSTO, HA TENIDO UNA RAPIDA EXPANSION EN LOS ULTIMOS AÑOS; EN LA FIGURA 4.4 SE PUEDE OBSERVAR UN ESQUEMA SIMPLIFICADO DE ESTA RED.



RED EN ANILLO CON UNA FUENTE DE ALIMENTACION



RED EN ANILLO CON DOS FUENTES DE ALIMENTACION

FIG. 4.2.- ESTRUCTURA EN ANILLO CON UNA O DOS FUENTES DE ALIM.

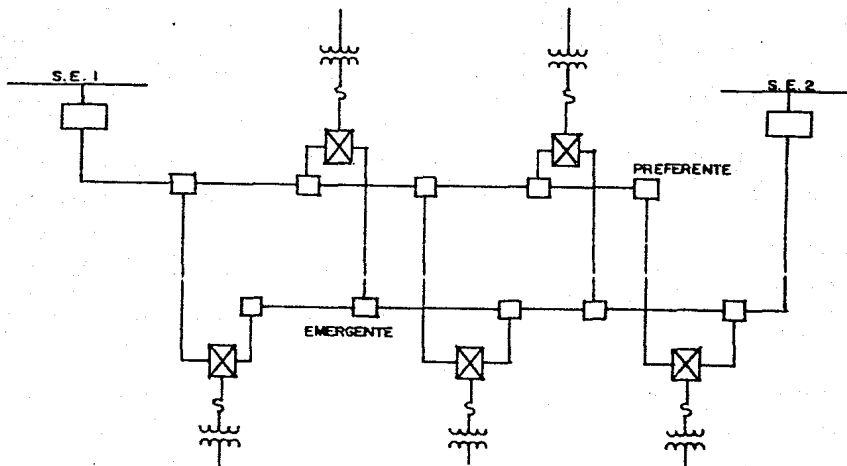


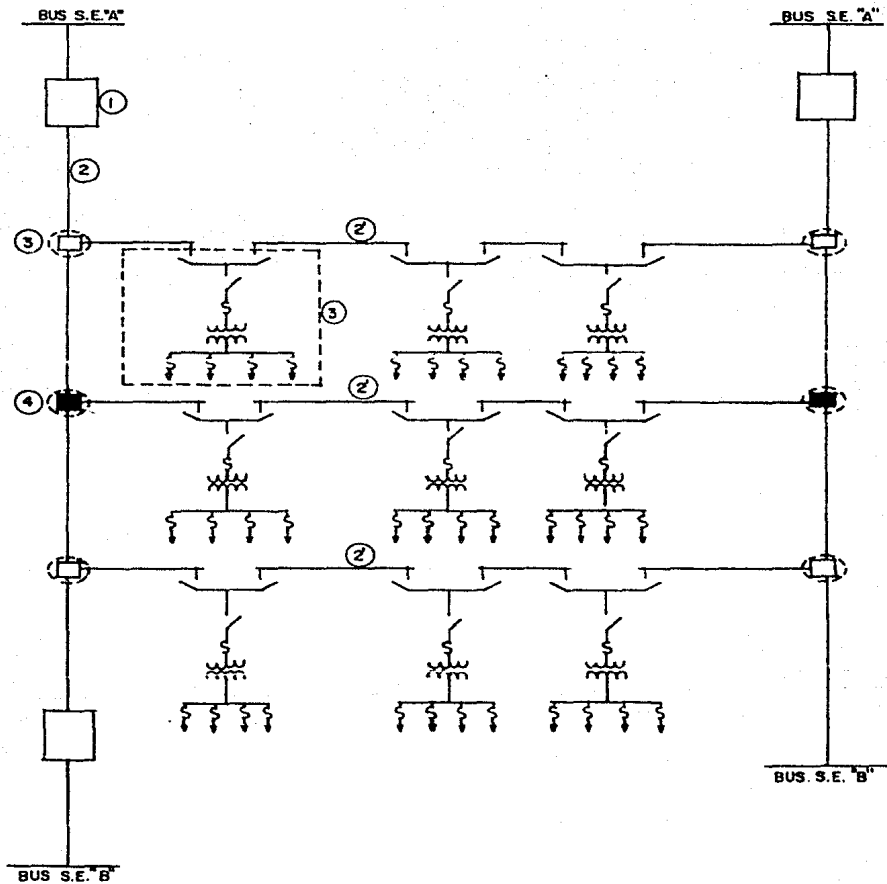
FIG. 4.3.- Estructura en doble alimentación

ESTRUCTURAS EN BAJA TENSION

DE MANERA GENERAL PODEMOS DIVIDIR LAS ESTRUCTURAS DE LAS REDES DE BAJA TENSION EN TRES GRANDES TIPOS:

- RADIAL SIMPLE
- RADIAL INTERCONECTADA
- MALLA O RED AUTOMATICA EN B.T.

AL IGUAL QUE LOS SISTEMAS DE M.T. TAMBIEN ESTAS REDES SIGUEN EN GENERAL MANTENIENDO LOS MISMOS PRINCIPIOS DE OPERACION; SIN EM



- 1- INTERRUPTOR EN LA S.E. DE DISTRIBUCION  
 2- CABLE 23 PT  
 2'- CABLE 23 TC  
 3- INTERRUPTOR TRIPOLAR PARA OPERACION CON CARGA  
 4- DERIVACION DE 3 VIAS DE TIPO MODULAR.

FIG. 4.4.- Alimentadores selectivos

BARGO, EXISTE UNA GRAN DIFERENCIA ENTRE ELLOS, LO CUAL AFECTA - CONSIDERABLEMENTE SU DISEÑO, YA QUE EN ESTOS CIRCUITOS, ES POSIBLE TRABAJAR CON POTENCIAL O ENERGIZADOS, LO CUAL, TENIENDO LAS DEBIDAS PRECAUCIONES DOTA AL SISTEMA DE UNA MAYOR FLEXIBILIDAD.

#### RADIAL SIMPLE

EN ESTA RED CADA SUBESTACION ALIMENTA ZONAS POR SEPARADO, DEBIENDO SER LOS CABLES SECUNDARIOS DE UN CALIBRE ADECUADO A - LA CARGA POR ALIMENTAR, EN ESTE CASO, UNA FALLA EN UN SECUNDARIO AFECTARA A TODOS LOS CONSUMIDORES CNECTADOS A ESTA.

AUN EN ESTE ARREGLO ES POSIBLE TENER UN GRADO DE SECCIONA LIZACION, YA QUE, SI ES POSIBLE TRABAJAR CON POTENCIAL, EL TRA MO DE CABLE DAÑADO PUEDE SER SECCIONADO Y TRATAR, MIENTRAS ES- TE ES REPARADO, DE ALIMENTAR EL RESTO DE LOS CONSUMIDORES. ES TE TIPO DE ESTRUCTURAS ES RECOMENDABLE IMPLANTARLA EN ZONAS HA BITACIONALES O ZONAS COMERCIALES DE POCA IMPORTANCIA.

#### RADIAL INTERCONECTADA

EL DESARROLLO DE ESTE TIPO DE REDES ES SIMILAR AL ANTERIOR, SIN EMBARGO, EN ESTE CASO ES POSIBLE TRANSFERIR POR MEDIO DE - - EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO PARTE O TODA LA CARGA ALIMENTADA POR - UNA S.E. YA SEA POR FALLA, DESBALANCE O SIMPLEMENTE POR MANTENI- MIENTO.

AL EFECTUAR LAS INTERCONEXIONES DEBE TENERSE CUIDADO DE QUE LA SECUENCIA DE FASES EN TODOS LOS TRANSFORMADORES SEA LA MISMA, A FIN DE QUE AL HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA, LA SECUENCIA NO SEA INVERTIDA Y LOS CONSUMIDORES SE VEAN AFECTADOS. EN LA FIGURA 4.5 SE MUESTRA UNA ESTRUCTURA DE ESTE TIPO.

#### MALLA O RED AUTOMATICA EN BAJA TENSION

ESTE SISTEMA DE DISTRIBUCION ES LA SOLUCION ADOPTADA EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL MUNDO, YA QUE OFRECE UNA CONFIABILIDAD MUY ALTA COMPARADA CON TODAS LAS ESTRUCTURAS ANTES MENCIONADAS, YA QUE GARANTIZA UN SERVICIO PRACTICAMENTE CONTINUO A LOS USUARIOS, NO OBSTANTE SE PRESENTEN FALLAS EN M.T. O B.T. DEL SISTEMA.

LA ESTRUCTURA MALLADA DEBE SER IMPLANTADA EN ZONAS CON DENSIDADES MAYORES A LOS 30 MVA/KM<sup>2</sup> Y EN DONDE LA CARGA SE ENCUENTRE UNIFORMEMENTE REPARTIDA A LO LARGO DE LAS CALLES.

LOS COMPONENTES BASICOS DE LA RED SE INDICAN EN EL DIAGRAMA DE LA FIGURA 4.6. UNA SOLA FUENTE DE POTENCIA ES EL PUNTO DE ALIMENTACION DE DOS O MAS ALIMENTADORES RADIALES SIN ENLACE ENTRE ELLOS. ESTOS ALIMENTADORES TRONCALES LLEGAN HASTA LA ZONA DE CARGA DE LA RED, ABRIENDOSE EN FORMA ANULAR POR MEDIO DE SECCIONADORES, EN RAMALES QUE ALIMENTAN DIRECTAMENTE A LOS TRANSFORMADORES.

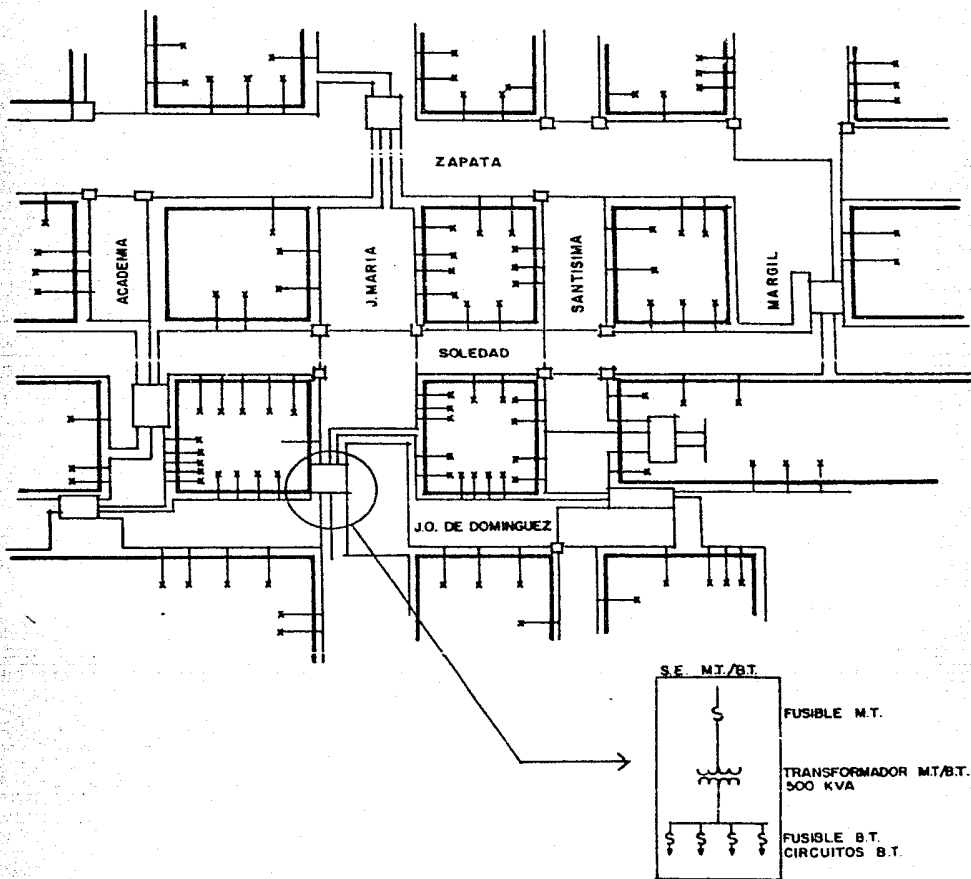


FIG. 4.5.- Estructura de baja tensión con seccionamiento



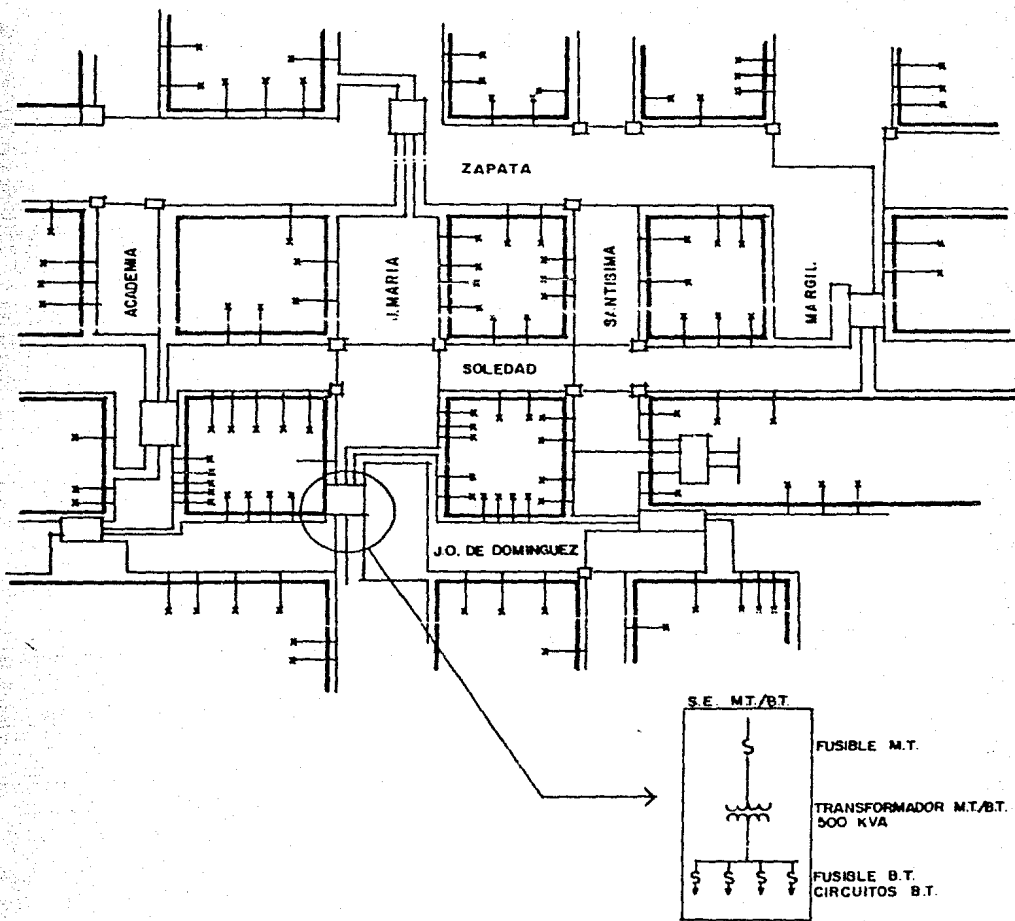


FIG. 4.5.- Estructura de baja tensión con seccionamiento

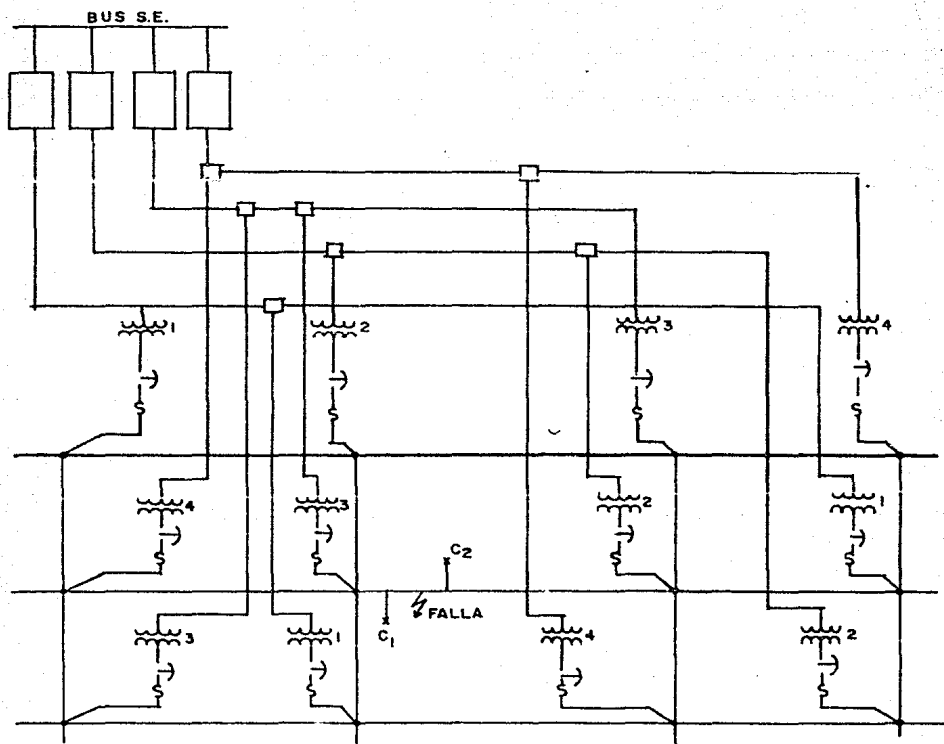


FIG. 4.6.- Red mallada de baja tensión

UN DISPOSITIVO DESCONECTADOR DENOMINADO PROTECTOR DE RED ES INSTALADO EN EL LADO SECUNDARIO DE CADA TRANSFORMADOR. ESTE INTERRUPTOR TIENE COMO FINALIDAD PRINCIPAL; EVITAR EL RETORNO DE ENERGIA DE LA RED DE B.T. EN CASO DE FALLA EN ALGUN RAMAL O TRONCAL DE LADO DE M.T., DESCONECTANDO INMEDIATAMENTE TODOS LOS TRANSFORMADORES CONECTADOS A ESE ALIMENTADOR; UNA VEZ REPARADA LA FALLA, AL ENERGIZAR EL TRONCAL DE ESE ALIMENTADOR A TRAVES DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA DE LA S.E., TODOS LOS PROTECTORES DEBERAN CERRAR AUTOMATICAMENTE REINTEGRANDO LOS TRANSFORMADORES A LA MALLA DE B.T.; ES CONVENIENTE HACER NOTAR AQUI, QUE EN ESTE CASO, NINGUN CONSUMIDOR SE VE AFECTADO POR UNA FALLA EN EL LADO DE M.T. CUANDO OCURRE UNA FALLA EN B.T., EL CORTOCIRCUITO ES ALIMENTADO POR TODOS LOS TRANSFORMADORES DE LA RED DEBIDO A QUE LA MALLA DE B.T. SE ENCUENTRA SOLIDAMENTE CONECTADA, PUDIENDOSE OBTENER VALORES DE CORRIENTE DE FALLA CONSIDERABLE (MAS DE 20,000 AMP.)-SUFICIENTES PARA EVAPORAR EN EL PUNTO DE FALLA EL COBRE DE LOS CONDUCTORES, TROZANDOSE EL CABLE Y AISLANDO LA FALLA SIN PROVOCAR TAMPOCO EN ESTE CASO NINGUNA INTERRUPCION A LOS USUARIOS, ES DECIR, DEBIDO AL PARALELISMO QUE EXISTE EN LA RED, LOS CONSUMIDORES C1 Y C2 QUE SE MUESTRAN EN LA FIGURA 4.6 NO RESULTARAN AFECTADOS.

LA NECESIDAD ACTUAL DE UNA CIUDAD URBANIZADA REQUIERE DE UNA CALIDAD EN LOS SERVICIOS, DE TAL FORMA QUE SE PUEDA CONFIAR EN ELLOS, EN ESTE CASO EL SUMINISTRO DE LA ENERGIA ELECTRICA SE ENFRENTA A UNO DE SUS PRINCIPALES RETOS, COMO ES MANTENER LA ADECUADA CONTINUIDAD DEL SERVICIO, ACORDE CON LA DEMANDA DE LOS

USUARIOS; PARA ESTO ES NECESARIO CONTAR CON EQUIPO MODERNO Y MA  
NO DE OBRA CALIFICADA QUE RESPONDAN A ESTAS NECESIDADES.

ES PROPOSITO DE ESTE CAPITULO, HACER NOTAR LAS VENTAJAS Y  
DESVENTAJAS QUE PRESENTA UN SISTEMA DE DISTRIBUCION CON EQUIPO  
DE SECCIONAMIENTO MANUAL Y AUTOMATICO, POR LO QUE DE MANERA --  
ILUSTRATIVA SE PROPONE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION EN MEDIANA -  
TENSION, EN EL QUE SE INDICA LA FORMA DE SECCIONAR UNA ZONA --  
AFECTADA AL OCURRIR UNA FALLA, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA --  
4.7.

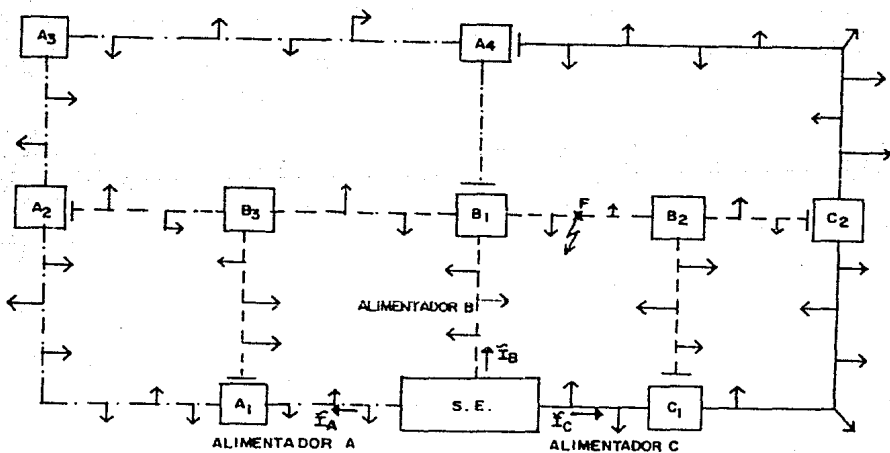


FIG. 4.7.- Diagrama de un sistema radial con dispositivos de seccionamiento en mediana tensión

DE ACUERDO A LA FIGURA ANTERIOR, AL OCURRIR UNA FALLA EN EL PUNTO F, EL SISTEMA DE PROTECCION DE LA SUBESTACION DE DISTRIBUCION PONDRA FUERA DE SERVICIO AL ALIMENTAR B, CON LO QUE SE VERAN AFECTADOS TODOS LOS USUARIOS BENEFICIADOS POR DICHO ALIMENTADOR.

SI EL SISTEMA DE DISTRIBUCION CUENTA CON EQUIPO DE SECCIONAMIENTO MANUAL, LA REPARACION DE LA FALLA Y EL TIEMPO EN REALIZAR LA MISMA DEPENDERA DE VARIOS FACTORES, TANTO DE LA COMPANIA SUMINISTRADORA ASI COMO DE LOS USUARIOS AFECTADOS, POR LO QUE A CONTINUACION SE MENCIONAN ALGUNOS DE ELLOS:

EL OPERADOR DE LA SUBESTACION DE DISTRIBUCION DETECTARA QUE HA OCURRIDO UNA FALLA EN EL ALIMENTADOR B; SI LA FALLA ES TEMPORAL, EL RESTABLECIMIENTO DEL SERVICIO SERA EN UN TIEMPO CORTO, PERO SI LA FALLA ES PERMANENTE TOMARA LA TAREA DE LOCALIZAR LA ZONA DONDE OCURRIO EL DISTURBIO, EN MUCHAS OCASIONES ESTO SE FACILITA MEDIANTE EL REPORTE DE LOS CONSUMIDORES AFECTADOS, INDICANDO EN TERMINOS GENERALES EL TIPO DE FALLA OCURRIDO, CUANDO SE TRATA DE LINEAS AEREAS.

PARA EL RESTABLECIMIENTO DEL SERVICIO SE DEBERA HACER UN ESTUDIO INMEDIATO DE LA CARGA DE CADA UNO DE LOS ALIMENTADORES CERCANOS A LA ZONA, PARA DECIDIR COMO TRANSFERIR LA MISMA Y SECCIONAR EL SITIO AFECTADO, TRATANDO DE DEJAR SIN SERVICIO AL MENOR NUMERO DE USUARIOS. COMO UNA POSIBILIDAD SERIA TOMAR LA CARGA DEL ALIMENTADOR B Y REPARTIRLA A LOS ALIMENTADORES A Y C

DE ACUERDO A SU CAPACIDAD, CERRANDO LOS SECCIONADORES A1, A2, C1 Y C2 Y ABRIENDO B1 Y B2 CON LO QUE SE AFECTARIAN UNICAMENTE LOS USUARIOS COMPRENDIDOS EN LA ZONA SECCIONADA.

EL TIEMPO REQUERIDO PARA REALIZAR LA MANIOBRA ANTES MENCIONADA DEPENDERA DE DIVERSOS FACTORES, DE LOS CUALES SOLO SE MENCIONARAN LOS MAS FRECUENTES.

1.- CONTAR CON LA MANO DE OBRA DISPONIBLE, ES DECIR QUE -- EXISTA PERSONAL CERCANO A LA ZONA AFECTADA QUE PUEDA RECIBIR LAS INSTRUCCIONES NECESARIAS PARA REALIZAR LA MANIOBRA DE SECCIONALIZACION Y POSTERIORMENTE LA REPARACION DE LA FALLA.

2.- HORA DEL DIA: LA HORA EN QUE OCURRA LA FALLA ES UN FACTOR MUY IMPORTANTE, EN UNA CIUDAD COMO EN LA QUE VIVIMOS DEBIDO A LOS CONGESTIONAMIENTOS DE TRAFICO QUE DIFICULTAN EL ACCESO A LA ZONA AFECTADA Y A LA REALIZACION DE LA MANIOBRA, CUANDO SE TRATA DE TRABAJAR EN VIAS MUY TRANSITADAS Y CON EQUIPO PESADO; TAMBIEN CABE MENCIONAR QUE EN MUCHAS OCASIONES CUANDO OCURRE LA FALLA, SE ACERCA UN CAMBIO DE TURNO EN EL PERSONAL, NO PUDIENDO CONTAR CON SUS SERVICIOS EN FORMA INMEDIATA.

3.- SITIO DE LA FALLA: PARA PODER REALIZAR LA OPERACION DEL EQUIPO ELECTRICO, ES NECESARIO CONTAR CON UNA AREA DISPONIBLE QUE OFREZCA LA SEGURIDAD INDISPENSABLE TANTO PARA EL PERSONAL FACULTADO, COMO PARA LAS PERSONAS QUE TRANSITAN EN ELLA.

ESTOS FACTORES Y OTROS MAS HACEN QUE EL TIEMPO DE INTERRUPCION EN MUCHAS OCASIONES SEA PROLONGADO Y A UN MAYOR NUMERO DE USUARIOS, LO QUE REDUNDA EN PERDIDAS ECONOMICAS QUE SE PUEDEN CUANTIFICAR FACILMENTE PARA LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA DE ENERGIA, MEDIANTE LOS KW/HR DEJADOS DE VENDER Y OTRAS PERDIDAS NO FACILMENTE CUANTIFICABLES QUE DEPENDEN DEL TIPO DE CARGA PERJUDICADO (COSTOS DIRECTOS UNICAMENTE). COMO VENTAJA APARENTE DE ESTE SISTEMA DE SECCIONAMIENTO ES EL BAJO COSTO DEL EQUIPO, DE SU OPERACION Y DEL MANTENIMIENTO.

ANALIZANDO EL MISMO SISTEMA PERO AHORA CON EQUIPO DE SECCIONALIZACION AUTOMATICA, SE LLEVARA A CABO EL MISMO PROCESO DE SECCIONAMIENTO DE LA ZONA AFECTADA, CON MENOR TIEMPO DE INTERRUPCION PARA LOS USUARIOS QUE NO SE ENCUENTRAN DIRECTAMENTE EN EL SITIO DEL DISTURBIO, LO CUAL REDUCIRIA LAS PERDIDAS POR VENTA DE ENERGIA.

SI BIEN EL COSTO DEL EQUIPO AUTOMATICO ES MUCHO MAYOR, LA EXIGENCIA DE MANTENER UNA ADECUADA EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION, JUSTIFICA LA INVERSION INICIAL DE UN EQUIPO MODERNO, QUE EN UN CORTO PLAZO AMORTIZARA SU COSTO Y QUE RESPONDE A LAS NECESIDADES DE UNA CIUDAD CON UNA TASA DE CRECIMIENTO SIGNIFICATIVA.

FINALMENTE, CUANDO SE ADOPTE EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE DISTRIBUCION, LAS TRANSFERENCIAS DE CARGA SE EFECTUARAN MEDIANTE ORDENES DE APERTURA Y CIERRE DE LOS INTERRUPTORES, TRANSMI-

TIDAS POR LAS PROPIAS LINEAS PRIMARIAS, MEDIANTE ONDA PORTADORA GENERADA A TRAVES DE UNA MICROCOMPUTADORA, DE ACUERDO A UN PROGRAMA PREESTABLECIDO.

PARA EL CASO QUE EL SISTEMA PROPUESTO SEA POR MEDIO DE CABLES SUBTERRANEOS CORRECTAMENTE INSTALADOS, SIEMPRE TENDRA MENOS FALLAS QUE UN SISTEMA AEREO, AUNQUE NORMALMENTE REQUIERE --MAS TIEMPO LOCALIZAR Y REPARAR UNA FALLA EN UN SISTEMA SUBTERRANEO, QUE EN UNO AEREO. TOMANDO EN CUENTA LO ANTERIOR, ES NECESARIO DISEÑAR LA ESTRUCTURA Y EL ESQUEMA DE PROTECCION DE LOS -SISTEMAS DE DISTRIBUCION, DE TAL MANERA QUE LOS PUNTOS DE FALLA SE LOCALICEN Y SECCIONEN FACILMENTE, RESTABLECIENDO EL SERVICIO EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE.

EN LA FIGURA 4.8 SE PRESENTA CON FINES PURAMENTE COMPARATIVOS EL NUMERO DE FALLAS Y LA INTERRUPCION EN HORAS, DURANTE UN AÑO, DE DOS REDES DE 23 KV, UNA AEREA Y UNA SUBTERRANEA.



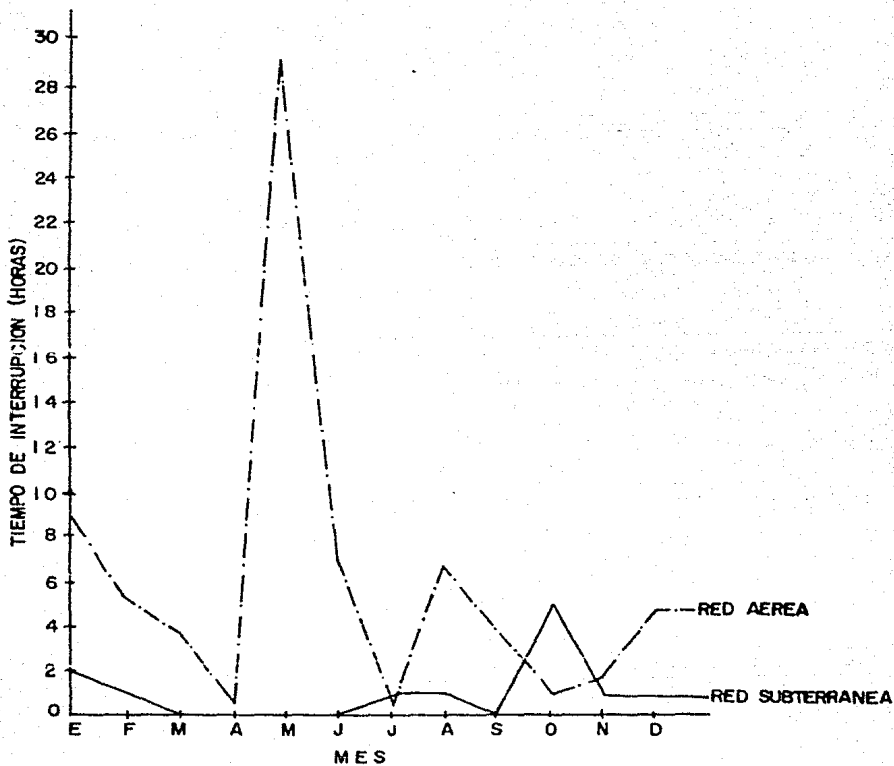


FIG. 4.8.-Gráfica comparativa anual de tiempo de Interrupción

RED	NUMERO DE FALLAS	INTERRUPCION TOTAL (HORAS)
AEREA	33	72
SUBTERRANEA	12	11

## C A P I T U L O V

### COMPARACION EN LA OPERACION DE UN SISTEMA ACTUAL TRADICIONAL Y UNO CON DISPOSITIVOS AUTOMATICOS

La virtud del hombre debería radicar en ser lo bastante fuerte cuando es débil y lo bastante valeroso para enfrentarse consigo mismo cuando siente miedo.

Carlus Rubles

DESDE LOS INICIOS DE LA UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA, LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION FUERON CRECIENDO POR EL RITMO TAN - ACELERADO DE CRECIMIENTO DE LAS GRANDES CIUDADES Y DE LAS ZONAS INDUSTRIALES; ESTO TRAJO COMO CONSECUENCIA UN GRAN AUMENTO DE - CARGA EN LOS SISTEMAS.

SI BIEN, A UN INCREMENTO DE LOS DEMANDANTES DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA CORRESPONDE UN MEJORAMIENTO EN LA EFICIEN-- CIA DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION, LOS INGENIEROS DE LAS COMPAÑIAS SUMINISTRADORAS HAN TENIDO COMO PREOCUPACION PERMANENTE MAN TENER LA CALIDAD EN EL SERVICIO, POR TAL MOTIVO SE HAN VENIDO DE SARROLLANDO METODOS QUE PERMITAN SATISFACER NECESIDADES CADA VEZ MAYORES.

LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION TRADICIONALES GENERALMENTE OPE RAN EN FORMA RADIAL, A PESAR DE QUE EXISTEN ESTRUCTURAS EN ANI-- LLO CON ALGUN PUNTO NORMALMENTE ABIERTO CON DISPOSITIVOS DE SEC-- CIONAMIENTO MANUAL, TENIENDOSE EL INCONVENIENTE DE NO PODER REA-- LIZAR TRANSFERENCIAS AUTOMATICAS DE CARGA O LIMITAR SECCIONES -- DEL ALIMENTADOR LO MAS PEQUEÑAS POSIBLES, CUANDO EXISTA ALGUN -- DISTURBIO.

UNO DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE PRESENTAN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION TRADICIONALES, ES EL TIEMPO DE INTERRUPCION EN - EL SERVICIO CUANDO SE PRESENTA UNA FALLA, YA QUE AL OCURRIR ESTA, LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION INSTALADOS EN LA SUBESTACION DE - DISTRIBUCION, SON LOS UNICOS CAPACES DE DETECTARLA Y HACER OPE-- RAR LOS INTERRUPTORES, CON EL CONSECUENTE RETIRO DE SERVICIO DEL

ALIMENTADOR COMPLETO, NO IMPORTANDO SI EL CARACTER DE LA FALLA -  
ES INSTANTANEO O PERMANENTE, AFECTANDO A TODOS LOS USUARIOS CO--  
NECTADOS A DICHO ALIMENTADOR.

COMO SE HA MENCIONADO EN CAPITULOS ANTERIORES, EN LOS SISTEM  
MAS DE DISTRIBUCION AEREOS, ALREDEDOR DE UN 85% DE LAS VECES EN  
QUE OCURRE UNA FALLA, ESTAS SON INSTANTANEAS, POR TAL MOTIVO A  
ESTOS SISTEMAS TRADICIONALES SE LES HAN IMPLEMENTADO DISPOSITI--  
VOS AUTOMATICOS TALES COMO: RESTAURADORES, SECCIONADORES E INTE-  
RRUPTORES EN AIRE, INSTALADOS DIRECTAMENTE SOBRE LAS LINEAS, LOS  
CUALES REDUCEN ENORMEMENTE EL TIEMPO DE INTERRUPCION Y EL AEREA  
AFECTADA, ASI COMO AL NUMERO DE CONSUMIDORES.

A ESTOS SISTEMAS MEJORADOS POR MEDIO DE DISPOSITIVOS AUTOMAT  
TICOS, SE LES CONOCE COMO RED MODERNA DE DISTRIBUCION Y ES LA S  
LUCION ADOPTADA PARA PROPORCIONAR UN BUEN SERVICIO EN ZONAS DON-  
DE SE REQUIERA UNA ADECUADA CONTINUIDAD.

EL PROCEDIMIENTO NORMAL PARA CORREGIR UNA FALLA EN UN ALIMENT  
TADOR DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION TRADICIONAL, ES COMO A CONTI-  
NUACION SE MUESTRA:

1.- ESTOS SISTEMAS, INDEPENDIEMENTE DEL TIPO DE FALLA DE  
QUE SE TRATE (INSTANTANEA O PERMANENTE), EL ALIMENTADOR QUEDARA  
FUERA DE SERVICIO.

2.- AL DETECTARSE LA FALLA, SE MANDA A UNA CUADRILLA DE MANT  
TENIMIENTO A QUE REALICE UN RECORRIDO DE INSPECCION A LO LARGO -

DEL ALIMENTADOR, CON EL FIN DE PODER LOCALIZAR LA MISMA. EN OCA  
SIONES ESTO NO SUCEDE ASI, YA QUE SE OPTA POR ESPERAR EL REPORTE  
DE ALGUN USUARIO QUE AYUDE A LA LOCALIZACION DE LA FALLA.

3.- UNA VEZ LOCALIZADA LA FALLA, SE AISLA EL SEGMENTO DONDE  
SE ENCUENTRA ESTA, PUDIENDO ASI RESTABLECER EL SERVICIO EN EL --  
ALIMENTADOR PRINCIPAL. SI LA FALLA SE PRESENTA EN EL ALIMENTA--  
DOR PRINCIPAL, TODOS LOS USUARIOS DE DICHO ALIMENTADOR QUEDARIAN  
SIN SERVICIO DURANTE TODO EL TIEMPO QUE DURE LA MISMA.

SI A TODO LO ANTERIOR, LE SUMAMOS LOS TRAMITES ADMINISTRATI  
VOS, TANTO PARA EL MANEJO DE PERSONAL Y DE EQUIPO, COMO LOS QUE  
SE REQUIEREN PARA OBTENER EL PERMISO Y REALIZAR UNA LIBRANZA; --  
LOS TIEMPOS PARA LA REPARACION DE UNA FALLA, POR SENCILLA QUE --  
SEA, TRAE COMO CONSECUENCIA GRANDES PERDIDAS TANTO PARA LA COMPA  
ÑIA SUMINISTRADORA COMO A LOS USUARIOS.

DE AQUI, QUE HALLAN SURGIDO LOS SISTFMAS DE DISTRIBUCION --  
CON DISPOSITIVOS AUTOMATICOS, YA QUE ESTOS GARANTIZAN AISLAR --  
CUALQUIER TIPO DE FALLA CON UNA GRAN RAPIDEZ, Y AISLANDO UNA MI--  
NIMA PORCION DEL SISTEMA EN CONDICIONES DE FALLA, GARANTIZANDO -  
ASI UNA MAXIMA CONFIABILIDAD.

LOS SISTEMAS AUTOMATICOS SURGIERON EN LOS LUGARES DONDE LAS  
DENSIDADES DE CARGA SON MUY ALTAS, YA QUE ESTOS SISTEMAS SE CA--  
RACTERIZAN POR TENER VARIOS PUNTOS DE ALIMENTACION QUE SATISFA--  
CEN LA DEMANDA DE CUALQUIER PUNTO DE LA RED.

ADEMAS POR CONTAR CON UNA EXCELENTE CONTINUIDAD DE SERVICIO, TAMBIEN SE UTILIZAN EN LUGARES DONDE SE DEBE EVITAR AL MAXIMO LA INTERRUPCION DE LA ENERGIA ELECTRICA, TAL ES EL CASO DEL CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO, EN DONDE LA CONCENTRACION DE OFICINAS PUBLICAS Y PRIVADAS HACE A ESTE SISTEMA NECESARIO.

COMO CONSECUENCIA, EN LOS SISTEMAS EN DONDE SE UTILIZAN LOS DISPOSITIVOS AUTOMATICOS, EL NUMERO DE USUARIOS AFECTADOS ES MINIMO, YA QUE SE SECCIONA UNICAMENTE EL LUGAR DONDE SE PRESENTA LA FALLA.

EN ESTOS SISTEMAS, EN COMPARACION CON LOS TRADICIONALES, LA REPARACION DE LAS FALLAS SE EFECTUAN MUCHO MAS RAPIDAMENTE, YA QUE, AL SECCIONARSE LA ZONA DE FALLA, SE HACE MAS RAPIDA SU LOCALIZACION, AHORRANDOSE ASI EL TIEMPO QUE SE PIERDE EN LOS SISTE--MAS TRADICIONALES.

CABE MENCIONAR QUE PARA QUE LOS SISTEMAS AUTOMATICOS LLEVEN A CABO SU MISION, ES NECESARIO QUE EL MANTENIMIENTO A LOS EQUI--POS QUE SE UTILIZAN, SEA LO MEJOR POSIBLE, PARA PODER GARANTIZAR UN SUMINISTRO DE ENERGIA REALMENTE CONFIABLE.

## C A P I T U L O   V I

### COMPARACION ECONOMICA DE UN SISTEMA AEREO CON UNO SUBTERRANEO DE MISMAS CARACTERISTICAS (LONGITUD Y CARGA)

La prueba última de la conciencia  
del hombre acaso sea su disposición  
a sacrificar algo en favor de las  
generaciones futuras cuyas palabras  
de agradecimiento no se oirán.

Gaylord Nelson

EL CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS DE LA CARGA DE UN - SISTEMA DE DISTRIBUCION, ES REQUISITO ESENCIAL PARA DISEÑAR Y - OPERAR UN SISTEMA DE ESTE TIPO; LO ANTERIOR SE DEBE A QUE EXISTE UNA GRAN VARIEDAD DE TIPOS DE CARGA, DEPENDIENDO DEL GIRO DEL SERVICIO SOLICITADO POR EL USUARIO, AUNADO A QUE SU DEMANDA ES INFLUIDA POR SU UBICACION DENTRO DE UNA ZONA, ASI COMO EL AREA QUE CUBRE, LO CUAL VA A DETERMINAR EL TIPO DE ALIMENTACION.

EL PROPOSITO DE LA PLANEACION DE UN SISTEMA ELECTRICO DE - DISTRIBUCION, ES EL DE PROPORCIONAR LA ENERGIA EN FORMA ECONOMICA, CONFIABLE Y SEGURA AL USUARIO, PARA LO CUAL EXISTEN DIFERENTES ARREGLOS QUE PUEDEN SERVIR ADECUADAMENTE, COMO SE VIO EN EL CAPITULO IV, SIN EMBARGO, EL MEJOR DISEÑO PUEDE CONSIDERARSE -- AQUEL QUE ES EL MAS ECONOMICO Y PROPORCIONA LA CALIDAD ESTABLECIDA DEL SERVICIO.

EL CRITERIO DE SELECCION DE UNA ESTRUCTURA SE BASA, COMO SE MENCIONO EN CAPITULOS ANTERIORES (CAP. IV), EN LAS CARACTERISTICAS DE LA CARGA Y EN LA CONFIABILIDAD QUE SE REQUIERE DE ELLA.

EN EL PRESENTE CAPITULO SE HACEN RESALTAR TANTO LAS CARACTERISTICAS TECNICAS COMO LAS ECONOMICAS DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREO O SUBTERRANEO, BAJO LAS MISMAS CONDICIONES EN CUANTO A LONGITUD Y CARGA. DE ESTA MANERA Y PARA EJEMPLIFICAR LO ANTERIOR SE HA PROPUESTO UNA RED DE DISTRIBUCION PARA ALIMENTAR LA ZONA QUE A CONTINUACION SE MUESTRA, (FIG. 6.1).

LA ZONA POR ALIMENTAR, SE ENCUENTRA LOCALIZADAS EN UN AREA



URBANA DE TOPOLOGIA REGULAR Y TERRENO ARENOSO, Y LA CUAL NECESITA QUE SE LE SATISFAGAN LOS SIGUIENTES REQUISITOS ELECTRICOS:

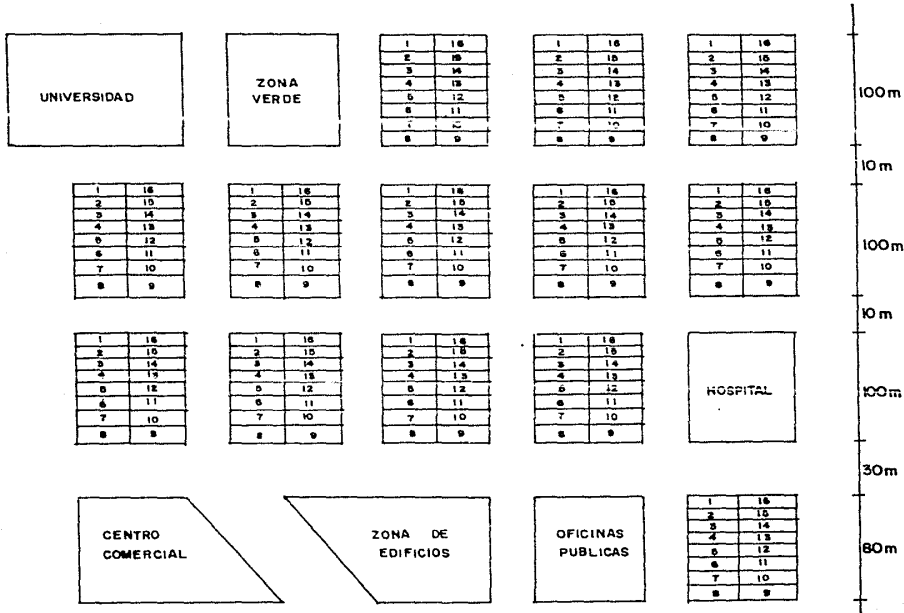
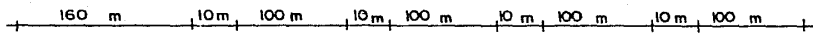
ALIMENTACION ELECTRICA A:

- 1.- CENTRO COMERCIAL.
- 2.- CUATRO EDIFICIOS CON 15 DEPTOS. CADA UNO.
- 3.- TRECE MANZANAS CON 16 LOTES RESIDENCIALES CADA UNO.
- 4.- UN HOSPITAL.
- 5.- UNA UNIVERSIDAD.
- 6.- UNA ZONA VERDE, LA CUAL CONTIENE UN SISTEMA DE BOMBEO.
- 7.- OFICINAS PUBLICAS.
- 8.- SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO.

LA DENSIDAD DE CARGA ES DE 20 MVA/KM<sup>2</sup>, POR LO QUE LA ESTRUCTURA PROPUESTA SERA UNA DE DOBLE ALIMENTACION, DEBIDO A QUE LA CONTINUIDAD Y CONFIABILIDAD DE LOS USUARIOS, EN PARTICULAR, EL HOSPITAL Y EL CENTRO COMERCIAL REQUIEREN DE ESTE SERVICIO.

A CONTINUACION SE MUESTRA LA TABLA 6.1 CON LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS INDIVIDUALES DE CADA UNA DE LAS CARGAS.

CONCEPTO	CARGA (KVA)	F.P.	SERVICIO	FD	DEMANDA MAX. (KVA)
UNIVERSIDAD	1500	0.85	A.T. 3Ø	0.45	675
ZONA VERDE	15	0.90	B.T. 2Ø	0.45	6.75
SIST. BOMBEO	15	0.85	B.T. 2Ø	0.60	9
MANZANAS	600	0.90	B.T. 2Ø	0.4	240



86

FIG. 6.1. Croquis de la Zona por Alimentar

16 LOTES	96	0.90	B.T. 1Ø	0.4	38.4
HOSPITAL	300	0.85	A.T. 3Ø	0.45	135
C. COMERCIAL	2000	0.85	A.T. 3Ø	0.7	1400
CONDOMINIOS	200	0.90	B.T. 3Ø	0.40	80
OFICINAS PBL.	300	0.85	E.T. 3Ø	0.50	150
ALUMBRADO PBL.	200	0.90	B.T. 2Ø	0.50	100
<b>TOTAL</b>	<b>5226</b>				<b>2834.15</b>

TABLA 6.1 RELACION DE CARGA INSTALADA

NOTA: LOS FACTORES DE DEMANDA FUERON OBTENIDOS DE TABLAS DE VALORES TIPICOS PARA DIVERSOS TIPOS DE CARGA.

CALCULO DEL TRONCAL Y DE LOS RAMALES.

DATOS: VOLTAJE DE LA LINEA EN ALTA TENSION: 23 KV

VOLTAJE DE LA LINEA EN BAJA TENSION: 220/127 V

KVA INSTALADOS: 5226 KVA

AREA DE LA ZONA: 0.258 KM2

DENSIDAD DE CARGA:  $\frac{5226 \text{ KVA}}{0.258 \text{ KM}^2} = 20.25 \text{ MVA/KM}^2$

TOMANDO EN CUENTA QUE EL AREA ES RECTANGULAR COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 6.2, DONDE: "a" ES LA LONGITUD DEL TRONCAL, "d" LA DISTANCIA ENTRE RAMALES Y "c" LA LONGITUD DEL RAMAL.

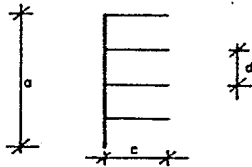


FIG. 6.2 RELACION DE LAS LONGITUDES DE TRONCAL, RAMAL Y ENTRE RAMALES.

SE TIENE QUE LA LONGITUD DEL TRONCAL ES:

$$a = \frac{A}{c}$$

DONDE  $c = 0.35$  KM Y CONSIDERANDO 3 RAMALES, POR LO TANTO:

$$a = \frac{0.258 \text{ KM}^2}{0.35 \text{ KM}} = 0.737 \text{ KM}$$

EL NUMERO DE RAMALES ESTA DADO POR LA ECUACION  $N = \frac{a}{d}$

DE MODO QUE:

$$d = \frac{0.737 \text{ KM}}{3} = 0.245 \text{ KM}$$

DE TABLAS SE HA OBTENIDO QUE PARA UN CONDUCTOR 336 ALD  $Z = 0.186$  OHMS/KM Y PARA UN CONDUCTOR DE 2/0 ALD  $Z = 0.475$  OHMS/KM.

LA CAIDA DE TENSION EN EL TRONCAL Y LOS RAMALES ES:

$$\% \Delta V = \frac{0.1 \text{ DZ1}}{E^2} a^2 c + \frac{0.05 \text{ DZ2}}{E^2} c^2$$

SUSTITUYENDO

$$\% \Delta V = \frac{0.1 \times 20.25 \times 10^3 \times 0.186}{23^2} (0.737)^2 (0.35) + \frac{0.05 \times 0.245 \times 20.25 \times 10^3 \times 0.475}{23^2} (0.35)^2$$

$$\% \Delta V = 0.163$$

VEMOS QUE LA CAIDA DE TENSION QUEDA DENTRO DE LO PERMITIDO POR -  
NORMA (3%).

EN LAS SIGUIENTES DOS FIGURAS, 6.3 Y 6.4, SE MUESTRA LA DIS-  
TRIBUCION DE LOS TRONCALES Y RAMALES, ASI COMO LA RED DE DISTRI-  
BUACION EN BAJA TENSION Y EL DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA, RES--  
PECTIVAMENTE.

EN LA TABLA 6.2 SE INDICA LA RELACION DE CARGAS POR ALIMENTAR  
CON CADA TRANSFORMADOR.

CUANDO EN UN ALMACEN SE CUENTA CON UNA GRAN VARIEDAD EN TAMA-  
ÑOS, CAPACIDADES, TIPOS Y MARCAS DE EQUIPO, SE CORRE EL RIESGO -  
DE TENER UNA INVERSION DESAPROVECHADA AL MANTENER ESE EQUIPO OCIO-  
SO; POR ESTA RAZON PUEDE UBICARSE UN ALMACEN CON EQUIPO ESTANDA-  
RIZADO, CERCANO A LAS ZONAS QUE FRECUENTEMENTE SUFREN FALLAS. -  
SIENDO LO ANTERIORMENTE EXPUESTO, UNA MANERA QUE NOS DETERMINA -  
EL CRITERIO DE UTILIZAR TRANSFORMADORES DE LA CAPACIDAD INDICADA.

LA RELACION DE MATERIAL INSTALADO EN CADA POSTE, ASI COMO EL  
COSTO DEL MISMO SE PRESENTAN A CONTINUACION.

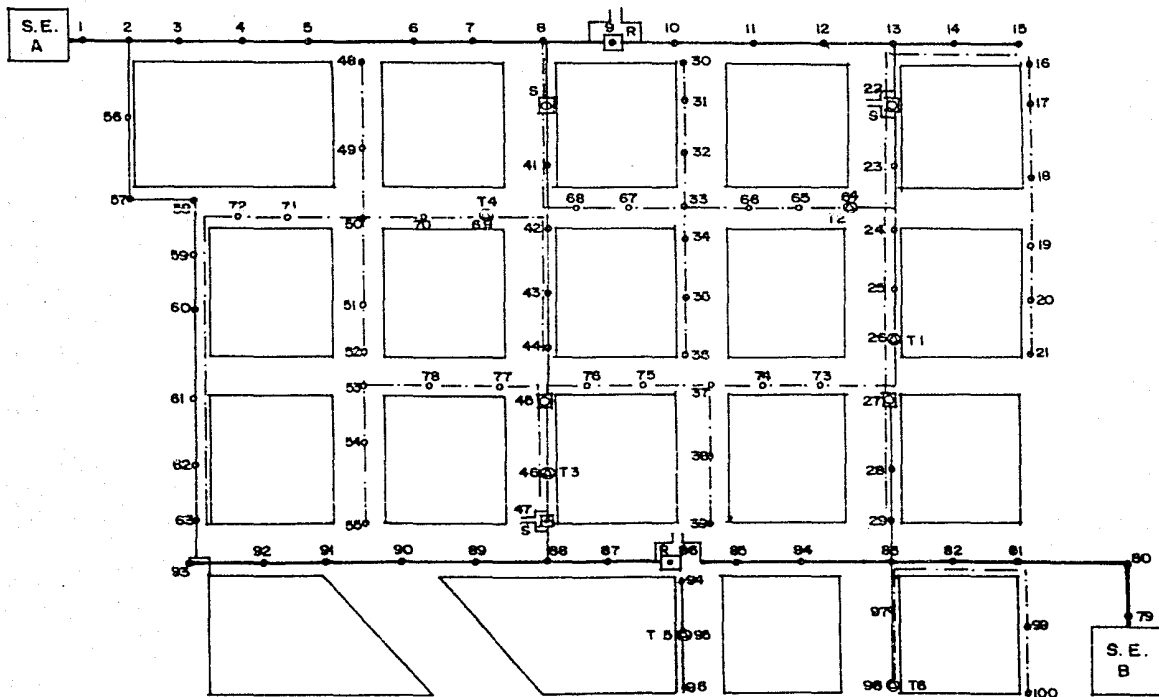


FIG. 6.3. Distribución de Troncales, Ramales y de la Red de Baja Tensión

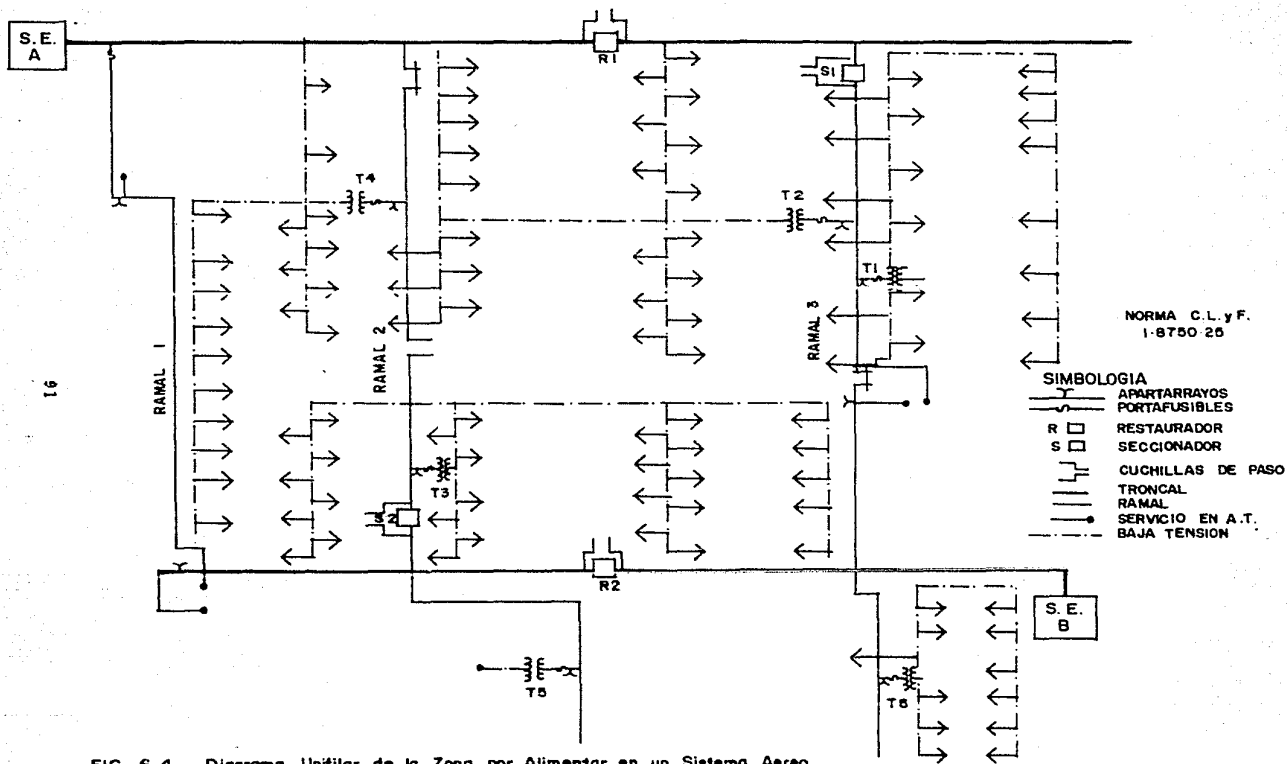


FIG. 6.4. Diagrama Unifilar de la Zona por Alimentar en un Sistema Aereo

NO. DE TRANS.	CONCEPTO	CARGA INST. KVA	F.D.	KVA UTIL.	KVA TOT	KVA TRANS	F.U. %
T1	48 LOTES	150	0.4	60			
	ALUM.PUBL.	50	0.5	25	85	112.5	75.5
T2	56 LOTES	175	0.4	70			
	ALUM.PUBL.	50	0.5	25	95	112.5	84.4
T3	56 LOTES	175	0.4	70			
	ALUM.PUBL.	50	0.5	25	95	112.5	84.4
T4	32 LOTES	100	0.4	40			
	ZONA VERDE	15	0.45	6.75			
	BOMBA	15	0.6	9			
	ALUM.PUBL.	50	0.5	25	80.75	112.5	71.7
T5	ZONA DE EDIFICIOS	200	0.4	80	80	112.5	71.7
	OFIC.PUBL.	300	0.5	150			
T6	16 LOTES	96	0.4	38.4	188.4	225	83.7

TABLA 6.2. RELACION DE CARGAS POR TRANSFORMADOR.



POSTE NO.	TIPO DE POSTE	NORMA DE C.L.Y F.	A.T.	MATERIAL INSTALADO EN CADA UNO DE LOS POSTES																
				RESTAU- RADOR	SECCIO- NADOR	B.T.	ALUMERADO PUBLICO	APARTA- RRAYOS	TRANSF. KVA	MUFA A.T.	MUFA B.T.	CORTE B.T.	CUCHILLAS	PORTA FUSIBLE						
1	CR12	2.0110	X																	
2	CR12	2.0110	X																	
3	CR12	2.0110	X																	X
4	CR12	2.0110	X																	
5	CR12	2.0110	X																	
6	CR12	2.0110	X																	
7	CR12	2.0110	X																	
8	A13	2.0162	X				X										X			
9	A13	2.0162	X		X				X										X	
10	CR12	2.0110	X																	
11	CR12	2.0110	X																	
12	CR12	2.0110	X																	
13	A13	2.0162	X				X		X											
14	CR12	2.0110	X				X		X											
15	A13	2.0162	X				X		X											
16	CR9	2.0110					X		X											
17	CR9	2.0110					X		X											
18	CR9	2.0110					X		X											
19	CR9	2.0110					X		X											
20	CR9	2.0110					X		X											
21	CR9	2.0110					X		X											
22	A13	2.0162	X		X		X		X		X								X	
23	CR12	2.0110	X			X	X		X											
24	CR12	2.0110	X			X	X		X											
25	CR12	2.0110	X			X	X		X											
26	A13	2.0162	X			X	X		X		X	X								

POSTE NO.	TIPO DE POSTE	NORMA DE C.L.Y F.	A.T.	MATERIAL INSTALADO EN CADA UNO DE LOS POSTES												
				RESTAU- RADOR	SECCIO- NADOR	B.T.	ALUMBRADO PUBLICO	⊥	APARTA- RRAYOS	TRANSF. KVA	MUFA A.T.	MUFA B.T.	CORTE B.T.	CUCHILLAS	PORTA FUSIBLE	
27	CRL2	2.0110	X			X	X	X	X		X	X			X	X
28	CRL2	2.0110	X			X	X									
29	CRL2	2.0110	X			X	X						X			
30	CR9	2.0110				X	X						X			
31	CR9	2.0110				X	X									
32	CR9	2.0110				X	X									
33	CR9	2.0110				X	X									
34	CR9	2.0110				X	X									
35	CR9	2.0110				X	X									
36	CR9	2.0110				X	X						X			
37	CR9	2.0110				X	X									
38	CR9	2.0110				X	X									
39	CR9	2.0110				X	X						X			
40	CRL2	2.0110	X			X	X								X	
41	CRL2	2.0110	X			X	X									
42	CRL2	2.0110	X			X	X									
43	CRL2	2.0110	X			X	X									
44	CRL2	2.0110	X			X	X						X			
45	CRL2	2.0110	X			X	X									
46	AL3	2.0162	X			X	X	X	X	112.5					X	X
47	AL3	2.0162	X		X	X	X	X	X						X	
48	CR9	2.0110				X	X						X			
49	CR9	2.0110				X	X					X				
50	CR9	2.0110				X	X									
51	CR9	2.0110				X	X									
52	CR9	2.0110				X	X						X			

POSTE NO.	TIPO DE POSTE	NORMA DE C.L.Y F.	MATERIAL INSTALADO EN CADA UNO DE LOS POSTES											
			A.T.	RESTAU- RADOR	SECCIO- NADOR	B.T.	ALUMBRADO PUBLICO	APARTA- RAYOS	TRANSF. KVA	MUFA A.T.	MUFA B.T.	CORTE B.T.	CUCHILLAS	PORTA FUSIBLE
53	CR9	2.0110				X	X							
54	CR9	2.0110				X	X							
55	CR9	2.0110				X	X					X		
56	CR12	2.0110	X											
57	CR12	2.0110	X					X		X				X
58	CR12	2.0110	X			X	X							
59	CR12	2.0110	X			X	X							
60	CR12	2.0110	X			X	X							
61	CR12	2.0110	X			X	X							
62	CR12	2.0110	X			X	X							
63	CR12	2.0110	X			X	X			X		X		X
64	A13	2.0162	X			X	X	X	X	112.5				X
65	CR9	2.0110				X	X							X
66	CR9	2.0110				X	X							
67	CR9	2.0110				X	X							
68	CR9	2.0110				X	X							
69	A13	2.0162	X			X	X	X	X	112.5				X
70	CR9	2.0110				X	X							
71	CR9	2.0110				X	X							
72	CR9	2.0110				X	X							
73	CR9	2.0110				X	X							
74	CR9	2.0110				X	X							
75	CR9	2.0110				X	X							
76	CR9	2.0110				X	X							
77	CR9	2.0110				X	X							
78	CR9	2.0110				X	X							



PRECIOS DE MATERIALES AL PRIMERO DE JULIO DE 1986

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	NORMA C.L.Y.F.
TRANSF. POSTE 112.5; 23-BT	PZA.	5	0.711	3.55	1.0005
TRANSF. POSTE 225, 23-BT	PZA.	1	1.414	1.414	1.0005
RESTAURADOR AUTOMATICO L.A. 23.560	PZA.	2	5.200	10.400	S/N
SECCIONADOR AUTOMATICO L.A. 23.400	PZA.	2	3.537	7.074	S/N
CUCHILLAS DE PASO 23601	PZA.	21	0.061	1.296	2.0132
FUSIBLES 23SC-SMD20 3K Y 6K	PZA.	33	0.024	0.808	2.0137
PORTAFUSIBLE 23332	PZA.	33	0.211	6.989	2.0052
APARTARRAYOS	PZA.	27	0.018	0.499	2.0489
CRUCETA 63	PZA.	58	0.007	0.444	2.0130
AISLADORES A56S	PZA.	177	0.003	0.543	2.0071
POSTE A13	PZA.	14	0.095	1.334	2.0162
POSTE CR9	PZA.	39	0.017	0.701	2.0110
POSTE CR12	PZA.	47	0.026	1.256	2.0110
CONDUCTOR 336 MCM	MTR.	3660	* 844.0	3.089	2.0109
CONDUCTOR 2/0 AWG	MTR.	3000	* 494.0	1.482	2.0099
CONDUCTOR 1/0 AWG	MTR.	8850	* 321.0	2.840	2.0099
TIERRA	PZA.	10	* 3050.0	0.030	2.0185

MIFAS T 150	PZA.	4	0.010	0.041	2.0050
PLATAFORMA TRANSF. POSTE	PZA.	6	0.040	0.240	2.0509
RETENIDA DE ACOMETIDA	PZA.	16	* 2840.0	0.045	2.0169

T O T A L \$ 44,091,390.00 \*

NOTAS:

- 1) TODAS LAS CANTIDADES ESTAN EN MILLONES DE PESOS, MENOS LAS MARCADAS CON EL ASTERISCO (\*).
- 2) LOS COSTOS DE LOS MATERIALES, FUERON COTIZADOS AL 1 DE JULIO DE 1986 POR LA GERENCIA DE DISTRIBUCION DE LA COMPANIA DE -- LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (EN LIQUIDACION).
- 3) COORDINACION DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION.

ESTUDIOS ESTADISTICOS EFECTUADOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION AEREA, HAN DEMOSTRADO QUE HASTA EL 85% DE LAS FALLAS SON TRANSITORIAS, FALLAS QUE SON OCASIONADAS PRINCIPALMENTE POR TODOS LOS FACTORES QUE SE MENCIONARON EN EL CAPITULO CORRESPONDIENTE DE -- FACTORES CAUSALES DE FALLAS EN UNA RED AEREA Y EN UNA SUBTERRA-- NEA (CAPITULO II).

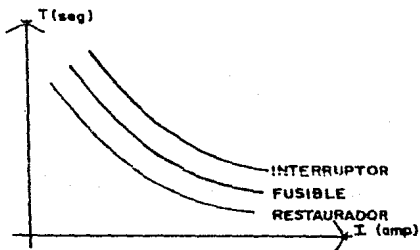
EXISTEN DOS PRINCIPIOS BASICOS QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA EN LA COORDINACION DE PROTECCIONES:

- A) EL DISPOSITIVO DE PROTECCION MAS CERCANO, DEBE ELIMINAR

UNA FALLA PERMANENTE O TRANSITORIA, ANTES QUE EL DISPOSITIVO DE RESPALDO ADYACENTE AL LADO DE ALIMENTACION, INTERRUMPA EL CIRCUITO EN FORMA DEFINITIVA.

B) LAS INTERRUPCIONES DE SERVICIO MOTIVADAS POR FALLAS -- PERMANENTES, DEBEN SER RESTRINGIDAS A UNA SECCION DEL CIRCUITO-LO MAS PEQUEÑA POSIBLE Y EN UN TIEMPO MUY CORTO.

EN FORMA ESQUEMATICA, SE REPRESENTA A CONTINUACION, LA OPE-RACION COORDINADA DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION UTILIZADOS EN LA RED DE DISTRIBUCION PROPUESTA.



LA TENDENCIA ACTUAL EN TODAS LAS GRANDES CIUDADES PARA LA -ELECTRIFICACION EN ZONAS COMERCIALES, RESIDENCIALES Y DE PRIMERA IMPORTANCIA, ES EL EMPLEO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION SUBTERRA--NEOS.

HASTA EL MOMENTO SOLO HEMOS CONSIDERADO EL ANALISIS ECONOMI-  
CO PARA LA ZONA PROPUESTA EN BASE A UN SISTEMA AEREO, POR LO QUE

A CONTINUACION REALIZAREMOS EL MISMO ESTUDIO PERO PARA UN SISTEMA SUBTERRANEO, Y ASI POR MEDIO DE LOS COSTOS OBTENIDOS, HACER UNA COMPARACION ENTRE ESTOS DOS SISTEMAS Y VER CUAL ES EL MAS -- CONVENIENTE EN ESTOS DIAS.

CONSIDERANDO EL MISMO ARREGLO DE DISTRIBUCION DE LA FIGURA 6.3, PERO CON UN SISTEMA SUBTERRANEO, LA CAIDA DE TENSION EN -- LOS ALIMENTADORES TRONCALES Y RAMALES SERA:

$$\% \Delta V = \frac{0.1 \times D \times Z1}{E^2} a^2 c + \frac{0.05 \times d \times D \times Z2}{E^2} c^2$$

DONDE:

- c = 0.35 KM
- a = 0.737 KM
- D = 20.25 MVA/KM<sup>2</sup>
- d = 0.245 KM
- E = 23 KV ENTRE FASES
- Rca = 0.143 OHMS/KM; X = 0.141 OHMS/KM PARA CABLES  
23 TC1 X 150
- Z1 = 0.2008 OHMS/KM
- Rca = 0.32 OHMS/KM; X = 0.23 OHMS/KM PARA CABLES  
23TC1 X 70
- Z2 = 0.40 OHMS/KM

SUSTITUYENDO VALORES:

$$\% \Delta V = \frac{0.1 \times 20.25 \times 10^3 \times 0.2008}{(23)^2} (0.737)^2 (0.35) + \frac{0.05 \times 0.245 \times 20.25 \times 10^3 \times 0.40}{(23)^2} (0.35)^2$$



$$\% \Delta V = 0.169$$

LO CUAL SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS LIMITES DE NORMA (3%)

LA RELACION DE CARGA PARA CADA TRANSFORMADOR ES LA MISMA - QUE SE APLICO PARA LAS LINEAS AEREAS, Y SE ENCUENTRAN EN LA TABLA NO. 6.2.

EN LA FIGURA 6.5 SE MUESTRA EL DIAGRAMA UNIFILAR DE LA ZONA POR ALIMENTAR EN SISTEMA SUBTERRANEO.

AL IGUAL QUE EN LA DISTRIBUCION AEREA, EN LA SIGUIENTE TABLA, MOSTRAMOS LOS COSTOS UNITARIOS Y TOTALES DEL EQUIPO QUE SE ESTA UTILIZANDO EN LA DISTRIBUCION SUBTERRANEA.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	NORMA C.I.Y F.
TRANSF. 3Ø 23 BT 112.5 DRS-POZO	PZA.	5	2.840	14.203	1.0019
TRANSF. 3Ø 23 BT 225 DRS-POZO	PZA.	1	3.441	3.441	1.0019
CABLE 23TC1 X 150	MTR.	3600	0.011	42.040	2.0524
CABLE 23TC1 X 70	MTR.	3300	* 7305.0	24.106	2.0524
CABLE BTP3 X 150	MTR.	1380	0.019	26.611	2.0005
CABLE BTP3 X 70	MTR.	1110	0.010	11.176	2.0005
FUSIBLE 23-3-E SC-4-SM	PZA.	15	0.034	0.520	2.0081
FUSIBLE 23-10- E-SC-4-SM	PZA.	3	0.034	0.104	2.0081

APARTARRAYOS DV-25	PZA.	6	0.018	0.111	2.0489
CAJA CS 23.3.500	PZA.	3	0.276	0.830	2.0263
CAJA CS 23.4.500	PZA.	2	0.898	1.797	2.0264
CAJA B 4.400	PZA.	5	* 7748.0	0.038	S/N
CAJA 2MP	PZA	2	0.242	0.485	2.0362
PORTA- FUSIBLES 23.332	PZA.	18	0.211	3.812	2.0052
CANALIZACION CABLE 23 TC	MTR.	2300	* 1461.0	3.360	S/N
CANALIZACION ETP Y BTC	MTR.	2500	* 947.0	2.367	S/N
REGISTRO CABLE SUB 4500	PZA.	12	* 3476.0	0.041	2.0278
REGISTRO 80 X 80 PARA EQUIPO	PZA.	112	* 2500.0	0.280	2.0561
POZOS DRS	PZA.	6	0.178	1.072	S/N
TAPA 84	PZA.	30	* 3566.0	0.106	2.0338
TAPA 14F	PZA.	112	* 1604.0	0.179	2.0438
MUFA T 150	PZA.	6	0.010	0.062	2.0050
MUFA T 70	PZA.	6	* 9073.0	0.054	2.0050

T O T A L \$136,807,400.00 (\*)

NOTA: TODAS LAS CANTIDADES ESTAN EN MILLONES DE PESOS, MENOS LAS QUE TIENEN EL ASTERISCO (\*).

COMPARANDO EL COSTO DE LA RED EN LINEA AEREA, CON LA RED SUB

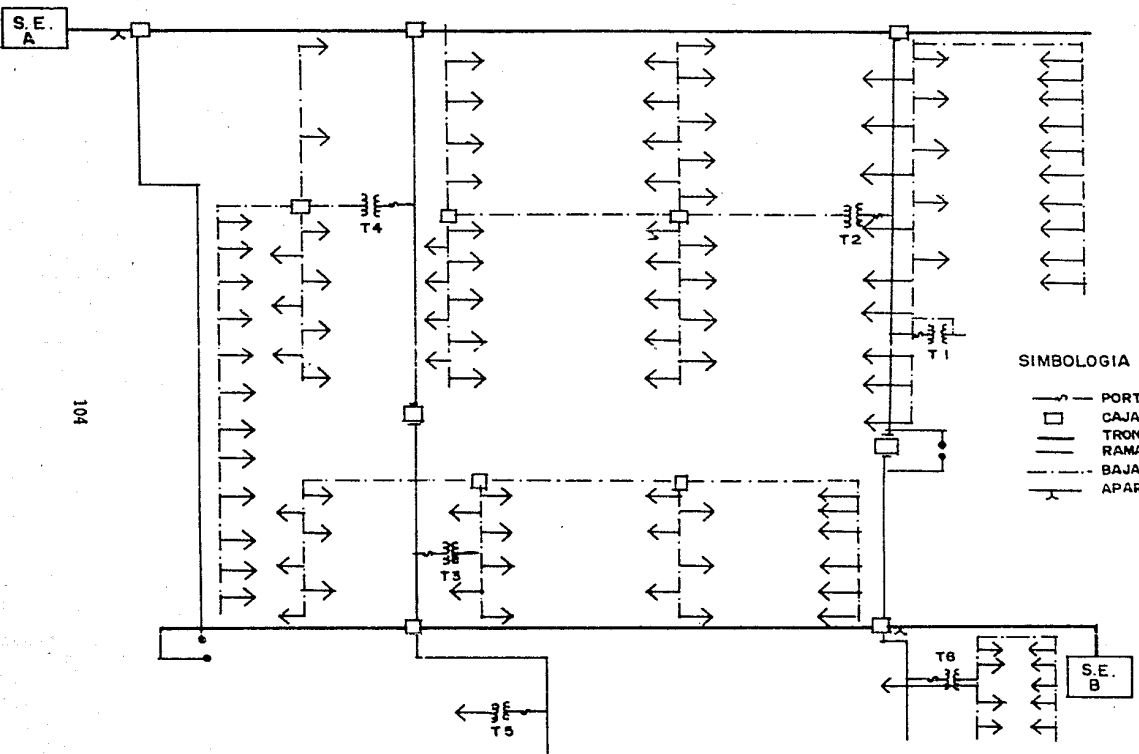
TERRANEA, SE OBSERVA UNA GRAN DIFERENCIA ENTRE ELLOS; CABE MENCIONAR QUE LA COMPARACION INCLUYE UNICAMENTE COSTOS DE MATERIALES, YA QUE LOS SUELDOS DEL PERSONAL, VARIAN ENTRE UN SISTEMA Y OTRO, PERO SE SABE QUE EL SUELDO DE LOS TRABAJADORES DE CABLES SUBTE--RRANEOS ES MAYOR, YA QUE SE TRATA DE UN TRABAJO ESPECIALIZADO, - LO CUAL NOS TRAE COMO CONSECUENCIA, QUE LA DIFERENCIA ECONOMICA ENTRE UNO Y OTRO SE ACRECENTE MAS.

COMO COMPARACION:







LINEA AEREA	CABLE SUBTERRANEO	RELACION
\$44,091,390.00	\$136,807,400.00	1:3

APARENTEMENTE EN ESTE ANALISIS, SE VE QUE EL SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO ES TOTALMENTE ANTIECONOMICO, PERO SI TOMA--MOS EN CUENTA EL COSTO DE LA ENERGIA DEJADA DE VENDER POR LA --COMPANIA SUMINISTRADORA, DEBIDO A FALLAS, A EQUIPOS DEFECTUOSOS O DAÑADOS, (QUE YA VIMOS POR LAS ESTADISTICAS DESALOJADAS EN EL CAPITULO II QUE SON LOS AEREOS LOS QUE MAS FALLAS POSEEN) ESTA -INVERSION, EN UN PLAZO NO MUY LARGO SE COMPENSARA, POR LAS MINI--MAS INTERRUPCIONES QUE TENDREMOS Y POR EL MENOR EQUIPO DAÑADO --QUE HABRA.

104



**SIMBOLOGIA**

-  PORTAFUSIBLES
-  CAJA DE SECCIONAMENT
-  TRONCAL
-  RAMAL
-  BAJA TENSION
-  APARTARRAYOS

## CONCLUSIONES

El triunfo no lo es todo, pero supera cualquier cosa que llegue en segundo lugar.

Paul Bryant

HASTA HACE ALGUNOS AÑOS, EL SUMINISTRO DE LA ENERGIA ELECTRICA SE REALIZABA FUNDAMENTALMENTE A TRAVES DE LINEAS AEREAS.- EN LA ACTUALIDAD, EL SUMINISTRO DE ESTA ENERGIA POR MEDIO DE CABLES SUBTERRANEOS HA IDO EN AUMENTO, DEBIDO A QUE LA DIFERENCIA ENTRE COSTOS HA DISMINUIDO CONSIDERABLEMENTE GRACIAS A LA APLICACION DE NUEVOS EQUIPOS, AISLAMIENTOS Y ACCESORIOS.

ANTES DE DETERMINAR EL METODO A EMPLEAR, YA SEA LINEAS AEREAS O CABLES SUBTERRANEOS, ES NECESARIO REALIZAR UN ESTUDIO -- TECNICO Y ECONOMICO QUE PROPORCIONE UNA VISION COMPLETA, LO CUAL CONLLEVA A REALIZAR UNA TOMA DE DECISION ADECUADA.

LOS SISTEMAS SUBTERRANEOS OFRECEN VENTAJAS QUE NO SE ENCUENTRAN EN LOS SISTEMAS AEREOS; PROBABLEMENTE LA MAS IMPORTANTE ES QUE EL SISTEMA SE ENCUENTRA LIBRE DE INTERRUPCIONES DE SERVICIO, Y DEL CONSIGUIENTE GASTO DE REPARACION A PROBLEMAS EN LA LINEA - ORIGINADOS POR LOS FACTORES CLIMATOLOGICOS, CHOQUES DE VEHICULOS Y OBJETOS EXTRAÑOS SOBRE LA LINEA.

LOS CABLES SUBTERRANEOS TIENEN LA DESVENTAJA DE TENER POCa ACCESIBILIDAD A DIFERENCIA CON LAS LINEAS AEREAS, LO QUE OCASIONA QUE EN CASO DE ALGUNA FALLA, LA INTERRUPCION PUEDE LLEGAR A - TENER UNA DURACION BASTANTE CONSIDERABLE. COMO VENTAJA, LOS CABLES SUBTERRANEOS NOS DAN UNA ESTETICA MUCHO MAS AGRADABLE QUE - LAS LINEAS AEREAS, YA QUE SE ELIMINAN LOS POSTES, ESTRUCTURAS, EQUIPOS Y CONDUCTORES QUE SE ENCUENTRAN A LA VISTA.

EN LAS LINEAS AEREAS LLEGAN A SUCEDER FALLAS, LAS CUALES --

SON DIFICILES DE DETERMINAR POR EL EQUIPO DE PROTECCION, TALES COMO: LA CAIDA DEL CONDUCTOR SOBRE EL PAVIMENTO, LO CUAL TRAE COMO CONSECUENCIA QUE LAS PERSONAS QUE SE ENCUENTRAN POR EL AREA ESTEN EN PELIGRO, PUES PARA EL DISPOSITIVO DE PROTECCION SOLO - EXISTE UNA FLUCTUACION EN LA CARGA, EN CAMBIO ESTE TIPO DE FALLA SE HA ELIMINADO CON EL USO DE CABLES SUBTERRANEOS.

LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE, TELEFONOS, LINEAS DEL METRO Y DRENAJES, DIFICULTAN LA INSTALACION SUBTERRANEA.

CON LA INSTALACION DE CABLES SUBTERRANEOS SE ELIMINAN LAS ZONAS DE FRAUDE QUE PRODUCEN TANTAS SOBRECARGAS O DESBALANCEOS DE FASES. ADEMAS DE QUE REPRESENTAN PERDIDAS ECONOMICAS PARA LA COMPANIA SUMINISTRADORA.

EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA OBLIGA A LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION A UTILIZAR NIVELES DE TENSION CADA VEZ MAS ALTOS, LO QUE OCASIONA QUE EN LINEAS AEREAS SE TENGAN QUE USAR ESTRUCTURAS MUCHO MAS VOLUMINOSAS EN AREAS REDUCIDAS, ESTE INCONVENIENTE SE SOLUCIONA UTILIZANDO CABLES SUBTERRANEOS.

UNA DE LAS RESTRICCIONES TECNICAS EN LA INSTALACION DE CABLES SUBTERRANEOS, ES SU LONGITUD, YA QUE SE ENCUENTRA EN FUNCION DEL EFECTO CAPACITIVO.

LA ELECCION DE UN SISTEMA AEREO AUTOMATICO SE BASE EN LA INVERSION INICIAL, PERO A MEDIANO PLAZO LOS GASTOS DE CAPITAL -

Y DE OPERACION SUPERARIAN A LOS DE UN SISTEMA DE CABLE SUBTERRA  
NEO.

DE AQUI QUE LA UTILIZACION DE UN SISTEMA SUBTERRANEO SE JUS  
TIFIQUE A PESAR DE QUE SU INVERSION INICIAL SEA MAS FUERTE.

ASI PUES, A PESAR DE QUE LOS CABLES SUBTERRANEOS TENGAN IN  
CONVENIENTES, UNA CIUDAD COMO LA NUESTRA EXIGE SISTEMAS ACORDES  
AL CRECIMIENTO Y A LA MODERNIZACION DE LA MISMA, POR LO QUE CON  
LA AYUDA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS COMPARACIONES TECNI  
CAS Y ECONOMICAS DE ESTE ESTUDIO, ESTAMOS SEGUROS QUE LA UTILI-  
ZACION DE SISTEMAS CON CABLES SUBTERRANEOS, ES LO MAS RECOMENDA  
BLE EN UN FUTURO INMEDIATO.



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

El hombre de hoy no es más inteligente que los de la Epoca de Platón, pero sabe más.

1.- REDES ELECTRICAS I Y II

JACINTO VIQUEIRA L.

REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA, S.A.  
1982

2.- ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING

TURAN GONEN

MCGRAW-HILL BOOK COMPANY

UNIVERSITY OF MISSOURI AT COLUMBIA

1986

3.- SISTEMAS DE DISTRIBUCION EN LA CIUDAD DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL (FACULTAD DE INGENIERIA)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1983

- ESTRADA VERGARA SERGIO E.

- FLORES GARCIA ALFREDO

- HERNANDEZ OSNAYA JUAN M.

- LIRA RODRIGUEZ ERNESTO

- LOPEZ SANCHEZ FRANCISCO

- MARTINEZ RICHIA LUIS

- OLMEDO YAÑEZ JOSE M.

- SCIANDRA SANCHEZ RUBEN

4.- FUNDAMENTOS DE PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS POR RELEVA  
DORES

GILBERTO ENRIQUEZ HARPER

LIMUSA

1981

5.- GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS SUBTERRANEOS DE DISTRIBUCION

TESIS PROFESIONAL  
CARLOS ARMANDO GARCIA GAMA  
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
1985

6.- INTRODUCCION A LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION

ROBERTO ESPINOZA LARA  
DEFFI  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
1985

7.- PROCEDIMIENTOS PARA LA COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRE  
CORRIENTE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

GERENCIA DE DISTRIBUCION CFE

8.- PRECIOS DE MATERIALES

JULIO DE 1986  
GERENCIA DE DISTRIBUCION Y TRANSMISION  
COMPANIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (EN LIQUIDACION)

9.- ENTREVISTAS CON PERSONAL DE LA COMPANIA DE  
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (EN LIQUIDACION)