

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Eléctrica y
Electrónica



"PROTECCION DE REDES TELEFONICAS"

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRONICO

ANDRES HERMOGENES MANRIQUE PALOMINO

Promoción 1990 - 1

Lima - Perú
1994

SUMARIO

La red de Energía Eléctrica y la Red Telefónica de la CPTSA se aproximan y cruzan en innumerables lugares, produciéndose inducciones de las líneas de transmisión de alto voltaje, así como contacto directo con las líneas de distribución eléctrica de baja tensión, causando quemaduras en las tarjetas de línea de las CC así como peligro en la vida del personal.

Por consiguiente, era esencial adoptar medidas protectoras, las cuales darían un grado adecuado de seguridad no solo en la planta recién instalada, sino también en la ya colocada; por lo que presenté cuatro proyectos de norma técnica: "Estudio del Proyecto de Protección Eléctrica", en la que se establece los conceptos básicos en la elaboración de proyectos de Protección Eléctrica; "Diseño de Protección Eléctrica de Planta Externa", en la que se describe los procedimientos para la protección desde el distribuidor principal (MDF) hasta el aparato de abonado; para la instalación de los elementos de protección.

Se formó un comité especial para este fin, conformado por las áreas de Mantenimiento de Planta Externa, Ingeniería de Planta Externa y Planta interna, Ingeniería de Red y Construcción; los proyectos fueron revisados por el Comité y aprobados por la Alta Administración.

PROTECCION DE REDES
TELEFONICAS

EXTRACTO

TITULO : "PROTECCION DE REDES TELEFONICAS"

AUTOR : ANDRES HERMOGENES MANRIQUE PALOMINO

FACULTAD INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ESPECIALIDAD: INGENIERIA ELECTRONICA

LIMA-PERU

El Capítulo I "Protección contra efectos ambientales" establece que los elementos constitutivos de Planta Externa están protegidos de las degradaciones o daños producidos por fenómenos naturales: Temperatura, humedad, salinidad ambiental, lluvia, viento, sol, aguas alcalinas, pájaros, roedores, terremotos deslizamiento; o fenómenos artificiales como: vibraciones, inducción por línea de energía eléctrica, corrosión. El diseñador determinará si la zona del proyecto está expuesta a alguna o varias de las causas mencionadas; si detectase con casos afirmativos deberá analizar su incidencia desde el punto de vista estadístico.

El capítulo II "Protección Eléctrica: fenómenos perturbadores" considera que, para hacer que una protección adecuada a una red telefónica sea definido, será necesario

tener un conocimiento previo de cuales son los distribuidos que podrían perjudicar la red, así como sus características. Se explica que las perturbaciones sobre nuestra red son provenientes de descargas atmosféricas y de líneas de energía eléctrica en la proximidad.

El capítulo II "Medios y elementos de protección" hace una explicación de los medios y elementos de protección como fusibles, bobinas térmicas, módulos protectores, blindaje, vinculación y sistemas de toma a tierra.

El capítulo IV "Localización de la protección" indican como los factores de selección y localización de los medios y elementos de protección dependen de las condiciones atmosféricas, técnicas y económicas. La protección eléctrica a ser aplicada al sistema telefonico no debe tener por finalidad solo la protección contra el peligro de daños, sino también la eliminación de interferencias que aún no siendo peligrosas, perjudican la calidad del servicio.

El capítulo V "Puesta a tierra y mediciones" explica los objetivos de una puesta a tierra como son los de protección y de servicio, así como los equipos de medida y recomendaciones generales a fin de ejecutar las mediciones.

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
CAPITULO I:	
PROTECCION CONTRA EFECTOS AMBIENTALES	3
1.1 Temperatura	4
1.2 Humedad, lluvia	6
1.3 Inundaciones, desprendimientos	6
1.4 Salinidad	7
1.5 Rayos ultravioletas	8
1.6 Vientos	8
1.7 Nieve	10
1.8 Vibraciones subterráneas	10
1.9 Excavación por terceros	11
1.10 Roedores, insectos, pájaros	12
1.11 Rayos	12
1.12 Zonas de carga	13
1.12.1 Zona pesada	14
1.12.2 Zona mediana	14
1.12.3 Zona liviana	14
1.13 Interferencias de ondas radioeléctricas	14
CAPITULO II:	
PROTECCION ELECTRICA, FENOMENOS PERTURBADORES	16
2.1 Perturbaciones	16
2.2 Descargas atmosféricas	16
2.2.1 Descargas directas	20

2.2.2	Sobretensión inducida	21
2.2.3	Elevación de potencial de suelo	22
2.3	Líneas de energía eléctrica	22
2.3.1	Contacto directo	22
2.3.2	Sobretensión inducida	23
2.3.3	Elevación de potencial del suelo	33
2.4	Líneas de tracción eléctrica	33
2.5	Instalaciones rectificadoras	34
2.6	Circuitos de telecomunicaciones	34
CAPITULO III:		
MEDIOS Y ELEMENTOS DE PROTECCION		35
3.1	Fusibles	35
3.2	Bobinas térmicas	35
3.3	Módulos protectores	35
3.4	Blindaje	36
3.5	Vinculaciones	37
3.6	Sistemas de tomas a tierra	37
3.6.1	Resistividad del suelo	38
3.6.2	Resistencia a tierra de un electrodo	39
3.6.3	Mejora de la resistencia a tierra	40
CAPITULO IV:		
LOCALIZACION DE LA PROTECCION		43
4.1	Protección en las oficinas centrales y equipos de transmisión	44
4.1.1	Necesidad de protección externa al equipo	44
4.1.2	Necesidad de que los equipos tengan un nivel de robustez eléctrica	46
4.2	Protección de cables telefónicos aéreos	46

4.2.1	Continuidad eléctrica	46
4.2.2	Aterramiento	47
4.2.3	Vinculación	47
4.2.4	Cables telefónicos aéreos paralelos a líneas de energía eléctrica en estructura propia	49
4.2.5	Cables telefónicos aéreos en cruce con líneas de energía eléctrica	50
4.2.6	Canalización subterránea	51
4.3	Protección en la unión de cables telefónicos aéreos y subterráneos	51
4.4	Protección en la unión de cable telefónico aéreo con línea de acometida	51
4.5	Protección de cables telefónicos subterráneos y enterrados	51
4.5.1	Cables telefónicos subterráneos y enterrados próximos a cables subterráneos de Energía Eléctrica	52
4.6	Protección de los equipos terminales de abonado	52
4.6.1	Grado de exposición	53
4.6.2	Utilización de dispositivos de protección	53
4.6.3	Punto de unión común	54
CAPITULO V:		
PUESTAS A TIERRA Y MEDICIONES		55
5.1	Partes de una puesta a tierra	56
5.1.1	Toma a tierra	56
5.1.2	Conductor de tierra	56
5.1.3	Varilla de tierra	56
5.1.4	Sistema de distribución de tierra	56

5.1.5	Instalación de tierra	56
5.2	Equipos de medida	57
5.3	Recomendaciones generales	57
5.4	Medición de resistividad de suelos	57
5.5	Medición de resistencia a tierra	58
5.6	Valor de referencia	60
CONCLUSION		61
BIBLIOGRAFIA		67

INTRODUCCION

Las telecomunicaciones son un elemento fundamental en el desarrollo de las naciones, ya sea en su rol de soporte básico a la infraestructura de desarrollo industrial, o en su rol de medio de comunicación e integración; bajo este contexto, la necesidad de protección eléctrica de la red de Planta Externa de la Compañía Peruana de Teléfonos, ha sido reconocida.

En los actuales documentos del Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT), se señala que el rayo y las averías de instalaciones eléctricas próximas son fuentes de peligrosas perturbaciones en las líneas telefónicas, que pueden causar daños que acarreen la interrupción del servicio y la necesidad de efectuar reparaciones, constituyendo incluso un peligro para el personal.

El presente trabajo tiene por objeto sentar los principios que permitan limitar la frecuencia y gravedad de tales perturbaciones a niveles que tengan en cuenta la calidad del servicio, los costos de explotación y la seguridad del personal; estos principios son aplicables a todas las partes de un sistema de telecomunicaciones; incluyéndose información sobre los fenómenos perturbadores y técnicas de protección.

Los principios de protección de equipos electromecánicos y digitales son los mismos, sin embargo

existen algunas diferencias importantes que hacen que la protección de equipo digital sea más exigente. Los relés y conmutadores electromecánicos son dispositivos bastante robustos y poseen una masa considerable, ello les permite actuar como disipadores de calor con capacidad para absorber y disipar cantidades de energía sin que se dañen.

Por otro lado, los sistemas digitales emplean componentes semiconductores en miniatura que no tienen una masa apreciable para absorber o disipar energía; además, ellos son extremadamente sensibles a daños debido a crestas de sobretensiones de muy corta duración, como a las corrientes furtivas prolongadas debido a voltajes bajos.

Las sobretensiones transitorias y sobrecorrientes furtivas moderadas que no dañarían a los sistemas de conmutación electromecánicos, pueden causar daños extensos a los sistemas digitales, por lo tanto, un mayor cuidado es requerido para efectos de protección en los sistemas digitales con el objetivo de poder asegurar una protección eficaz.

Por último, si bien en los circuitos por cable subterráneo no se observan interferencias inducidas por las ondas radioeléctricas, este fenómeno puede presentarse en los circuitos del alambre de acometida o cable de interiores. La interferencia en los circuitos de frecuencias vocales aparece porque la onda radioeléctrica inducida es detectada y demodulada por los componentes no lineales de un aparato telefónico o por la capa de óxido metálico que se forma en los empalmes del conductor.

CAPITULO I PROTECCION CONTRA EFECTOS AMBIENTALES

Todos los elementos constitutivos de la Planta Externa deberán estar sobreprotegidos de las degradaciones o los daños producidos por fenómenos naturales o artificiales.

Esto afectará directamente a la provisión del material que deberá ser especialmente tratado, como a los métodos de construcción y mantenimiento, e indirectamente al diseñador de las redes, que deberá tener en cuenta ambas consideraciones.

Una revisión de los fenómenos naturales, nos caracterizan a los más importantes, como son:

Temperatura, humedad y salinidad ambiental.

Lluvia, granizo e inundaciones

Viento, sol y rayos

Nieve y agua congelada

Aguas aciduladas y/o alcalinas

Pájaros, roedores e insectos parásitos.

Terremotos, deslizamientos y hundimiento del terreno.

Los fenómenos artificiales más comunes son los referidos a:

Vibraciones por tránsito.

Excavación por causas eléctricas y magnéticas de líneas de energía eléctrica.

Inducción por ondas electromagnéticas de líneas de energía eléctrica.

Corrosión por líneas eléctricas de tracción.

El diseñador determinará si la zona del proyecto está expuesta a alguna o varias de las causas mencionadas. Si detectase casos afirmativos deberá de analizar su incidencia desde el punto de vista estadístico.

Por ejemplo en casos de nieve o inundación verificar la cota máxima en un período histórico amplio.

En caso de fuertes vientos categorizar el área, en áreas de terremotos su frecuencia y grado. Para los fenómenos artificiales se intentará tomar contacto con los diseñadores de las instalaciones de los otros servicios, y coordinar con ellos las separaciones, datos técnicos y protecciones o medidas a llevar.

1.1 Temperatura

Las variaciones de la temperatura ambiente, como también las temperaturas altas y bajas extremas, dañan fundamentalmente a los cables, empalmes y ductos.

Los cables aéreos pueden estar expuestos a temperatura solar de 80 °C o frío de varias decenas de grados bajo cero.

Las contracciones y dilataciones longitudinales producen desplazamientos de las aislaciones de los conductores y de la cubierta en los cables. Para ello se dejan flojos los cables cerca de los empalmes y se mantiene una flecha acorde a las temperaturas máximas de la zona, en verano e invierno, de día y de noche.

Las canalizaciones sobre todo las tendidas en puentes sufren grandes variaciones en su longitud por lo que se proveerán empalmes o uniones flexibles en sus extremos. Su sujeción será libre, para no provocar curvaturas entre soportes o hacer trabajar innecesariamente a estos.

El agua congelada, condensada por efecto las temperaturas inferiores a 0 °C, forman capas de hielo alrededor de los cables aéreos y sobremanera de hielo colgante en su parte inferior creando grandes sobrepesos que deberán tenerse en cuenta.

Los plásticos, el polietileno y el policloruro de vinilo (PVC) sufren resquebrajamientos a baja temperatura. Se deberán proveer cables con materiales acordes a estas temperaturas.

En los ductos de concreto o barro vitrificado, el agua estanca en su interior, al congelarse produce rajaduras, para evitar esto se deberá utilizar tubos de plástico. En el caso de poste de madera, el agua acumulada en las grietas de la madera al congelarse forman hielo que se expande rajando postes y aumentando los gastos de mantenimiento.

Los armarios de subrepartición deberán estar ventilados naturalmente, permitiendo la circulación libre interna del aire para su ventilación en las altas temperaturas ambientes. Se dispondrán aberturas provistas de malla tejida, para evitar la entrada de insectos y polvos.

1.2 Humedad, lluvia

La humedad relativa en galería de cables, cámaras y en zonas de cables aéreos, deberá asumirse como en un 100 %.

Por efecto de la respiración del cable o difusión a través de su cubierta, tendremos agua dentro del cable, afectando sobremanera en los empalmes de conectores.

Debido a que los cables estén sumergidos en agua y maltratados por efectos de las tormentas, será mayor la probabilidad de entrada del agua por cajas terminales de fácil acceso o empalmes, y acelerará la corrosión de los metales o de la madera. Aumentará los casos de contacto con cables de energía eléctrica.

Los circuitos de alambre desnudo tendrán inducciones y mal aislamiento a tierra en sus aisladores de soporte. También en las instalaciones aéreas aumentarán las inducciones produciendo ruido en las comunicaciones.

1.3 Inundaciones, desprendimientos

Las inundaciones y desprendimientos de tierra debido a las lluvias intensas son otros causales de estos fenómenos atmosféricos, se deberá por ello prever su ocurrencia y ubicar las instalaciones de manera que se eviten las averías por estas circunstancias. Se estudiará la ubicación de las cámaras para que no se llenen de agua o queden tapadas de tierra. Los ramales aéreos no deberán ser expuestos a futuras corrientes

de agua. Los ductos de las canalizaciones deberán tener en su parte superior e inferior capas de arena o tierra seleccionada que drene el agua y no permita la acumulación de agua limpia o contaminada.

Las aguas aciduladas podrán con el tiempo degradar las cañerías y cables subterráneos.

En las galerías de cables y cámaras especiales se deberá proveer la colocación de bombas extractoras, pozos sumideros, fosas de acumulación del agua o bajos niveles (2 plantas).

En terrenos donde la capa freática está muy alta en épocas del año, se deberán prever anclajes en cámaras, piso-plataforma y en ductos con cubos de cemento, ambos se comportan como elementos flotantes dentro del agua subterránea.

Las medidas a tomar como previsión son el uso de presurización, cables rellenos, cubiertas especiales, etc.

El Proyectista deberá tomar en cuenta estos efectos.

1.4 Salinidad

Las zonas cercanas al mar o en zonas industriales están expuestas a partículas cargadas en la atmósfera como: sal, sulfuros, amoníacos, etc, que corroen las cajas terminales, sus bornes, anclas, cables mensajeros, soportes etc.

Para solucionarlo se utilizarán tratamientos galvánicos especiales, recubrimientos plásticos, pinturas protectoras, alambres o elementos recubiertos

con cobre, (coperwelt) etc.

El daño causado por la sal nos arroja un porcentaje de ocurrencia del 72 % dentro de los 500 m de la grilla del mar y casi del 100 % dentro de los 100 m.

1.5 Rayos ultravioletas

Los rayos solares están compuestos por ultravioletas, rayos visibles y rayos infrarrojos. Los visibles e infrarrojos producen calor térmico, pero también los ultravioletas, aunque en menos grado. Sin embargo su acción destructiva se relaciona con oxidaciones del polietileno que degrada el mismo hasta descomponer su constitución de cadena molecular, debida a efectos de los rayos ultravioletas.

Este efecto se produce tanto en las cubiertas de los cables aéreos como en los ductos tendidos en puentes. Por ello los primeros deberán de contener negro de humo que estabilice el material. Los ductos en puentes deberán estar recubiertos de tubos de aluminio para protegerlos de los rayos solares.

El total de las cubiertas plásticas cambian de color debido a la degradación térmica, mientras que en los casos de degradaciones debidas a rayos ultravioletas el color toma lugar en un área determinada extendiéndose luego a su totalidad.

1.6 Vientos

La influencia del viento en las instalaciones de planta externa son principalmente, la carga transversal en los postes y cables aéreos, como las fuertes

vibraciones producidas por sus variaciones. Los ramales telefónicos aéreos pueden ser dañados por caídas de árboles u otro elemento desprendido por el viento.

Podremos fijar áreas de carga, según estadísticas de ocurrencia de los vientos y sus velocidades. Su clasificación será por ejemplo: del grupo A, B y C.

Los distritos dentro de la clasificación C serán afectados por fuertes vientos o tormentas (80 Km/h) generalmente en campos abiertos y altas montañas. Sus planteles deberán tener especial cuidado por el proyectista, el que deberá proveer vanos cortos de 40 m, y postes más gruesos y pequeños, materiales de sujección y suspensión calculados para cargas pesadas y preparados para la abrasión.

También se deberán diseñar anclajes transversales contra tormenta. Estos arriostajes se proyectarán en ubicaciones, según una cantidad de vanos rectos normales y en lugares de ángulos que pudieran estar afectados por sus efectos, consolidándolos como finales de ruta. En áreas no protegidas y de fuertes vientos se alternarán secciones con riendas laterales dobles y secciones con laterales y en línea dobles (cuatro riendas en un poste).

Los grupos A serán asignados a las áreas suburbanas y urbanas donde los ramales se hallan semi y protegidos por las edificaciones.

Los cables figura 8, autosoportados, deberán efectuar torcimiento en todos los vanos, sobre si mismo, para

evitar presentar una pared mayor al viento transversal y disminuir también las fallas por vibraciones en su unión al cable mensajero en el soporte del poste, que producirá su corte y desprendimiento.

1.7 Nieve

La acumulación de nieve en sobrecapas sobre el terreno y las instalaciones de planta externa, son factores determinantes con influencias negativas para el servicio de telecomunicaciones.

El peso de la nieve sobre los cables, postes y alambres hacen necesario sobredimensionar los soportes y mensajeros de sujección y anclajes.

Los daños por cubrimiento completo hace necesario establecer las alturas suficientes de las instalaciones y su señalamiento efectivo.

1.8 Vibraciones subterráneas

Las vibraciones causadas por el tránsito de vehículos afecta a los cables directamente enterrados, cables subterráneos y canalizaciones.

En zonas de tierras no compactadas (flojas) se deberá proteger los cables directamente enterrados con ductos, protecciones superiores o inferiores. Para ello se proveen canaletas redondas que se aplican a los cables.

En cruces de puentes se podrán proveer amortiguadores de goma, topes o planchas elásticas en los soportes de sujección a ductos o cámaras terminales en ambos lados del puente.

Los efectos de terremoto pueden disminuirse

construyendo ramales aéreos en reemplazo de canalizaciones, con ello también se facilita la localización de averías. Los postes no deberán ser altos, los vanos serán cortos, se proyectarán mayores anclajes y soportes de sujección mas robustos. Los enlaces entre centrales se diseñarán con radioenlaces.

En caso de canalizaciones, las cañerías serán flexibles de PVC, acondicionadas en camas de arena para permitir libre desplazamiento. Las cámaras serán construidas de hormigón armado monolíticas.

1.9 Excavación por terceros

El mantenimiento de la red se hace oneroso en ciertas áreas debido a roturas de los cables enterrados o subterráneos por contratistas de otros servicios. Ello se puede disminuir con acuerdos establecidos entre las distintas administraciones donde se prevé un intercambio de información y planos que indique la ubicación de cada instalación telefónica, gas, electricidad y agua.

Muchas administraciones de telecomunicaciones especifican en sus planos los obstáculos por instalaciones ajenas.

En cables directamente enterrados, se acostumbra colocar en su parte superior, separada del cable, una cinta amarilla donde prevenga a cualquier operario que efectúe su ubicación.

En canalizaciones de PVC sin protección de hormigón, se coloca en su parte superior una hilera de ladrillos

transversales que hace suponer su ubicación.

Otro método utilizado es la utilización de letreros indicadores, de cables enterrados sobre las instalaciones en campos, carreteras.

1.10 Roedores, insectos, pájaros

En determinadas regiones los daños causados por animales puede ser importante. Interesa identificar el tipo de roedor, larva, hormiga, pájaro, etc. responsable de tales daños ya que bien cabe aplicar distintos métodos a fin de evitar su accionar.

Los roedores y hormigas producen perforaciones en las cubiertas de los cables enterrados o subterráneos, deberán considerarse cubiertas protectoras especiales para cada caso. Los cables provistos con láminas de acero o cobre acerado son útiles en algunos casos. Las cubiertas de plástico y plomo atraen a ciertos tipos de roedores y al intervenir en ellas desgastan sus dientes caninos.

Variando la profundidad del tendido podremos quizás resolver el caso. Los venenos no han dado en general resultados; sí, los repelentes, pero encarecen su instalación.

1.11 Rayos

La naturaleza e importancia de los desperfectos producidos en la red de telecomunicaciones si cae un rayo sobre sí o en sus proximidades, depende de la energía liberada por éste. Su naturaleza, por la topología del suelo y por la proximidad de otras

estructuras conductoras en su cercanía como ser edificios, rieles de ferrocarril, cañerías, pararrayos, antenas, etc. y además principalmente por la conformación, propiedades físicas y según el número y eficacia de los medios de protección utilizados.

En áreas metropolitanas sus efectos son casi nulos, y las podremos denominar áreas protegidas, no así en áreas suburbanas, campo y zonas montañosas. La descarga producida en sus proximidades crean un campo eléctrico en la atmósfera, que podrá "picar" toda la cubierta de un cable.

Puestas a tierra cada 500 m del cable mensajero, los anclajes y terminaciones del cable aéreo mediante varillas de tierra y el tratamiento conductor de esta tierra, hacen disminuir estos efectos. También protectores primarios en las OO.CC. y descargadores en el domicilio del abonado protegen a la red, a los operarios y usuarios del servicio.

1.12 Zonas de carga

No sólo el efecto del viento podrá crear zonas a considerar en particular. El efecto combinado de éste, mas las bajas temperaturas, que formarán capas radiales de hielo en los cables y el peso de la nieve, en áreas donde ello es frecuente, hace la necesidad de clasificarla para el tratamiento del diseño como especiales.

Las designaremos como de carga pesada, mediana o liviana.

1.12.1 Zona pesada

Son las comprendidas, en donde la carga máxima del viento provoca una presión horizontal de 39 Kg/m perpendicular, sobre la superficie de los cables, cuando estos se hallan recubiertos de una acumulación radial de 1,27 cm.

1.12.2 Zona mediana

Con una presión de 39 Kg/m, sobre 0,63 cm de hielo acumulado en forma radial sobre los cables.

1.12.3 Zona liviana

Con una presión de 59 Kg/m, sobre la superficie lateral de los cables.

1.13 Interferencias de ondas radioeléctricas

La longitud de onda perturbadora se igualan con las longitudes de las acometidas siendo esto un factor importante para la introducción de las inducciones en las líneas de telecomunicaciones.

Rara vez se observaron interferencias inducidas por ondas radioeléctricas en circuitos de cables enterrados o subterráneos.

Interferencias inducidas por la Onda Radioeléctrica y medidas para contrarrestarlas.

Inserción de un condensador de 0,01 μ F a 0,05 μ F entre los conductores y la tierra del terminal de entrada o entre conductores en el circuito del terminal de entrada o del aparato telefónico.

La interferencia causada a los sistemas de transmisión de portadoras se reduce mediante la

incorporación de una pantalla metálica de aluminio que rodee los empalmes y terminales del cable; esta pantalla debe colocarse a tierra en ambos extremos. En las secciones susceptibles de verse afectadas por interferencias de ondas radioeléctricas, debieran instalarse cables subterráneos o emplearse diferentes encaminamientos para el cable.

Para conseguir una relación señal-ruido (S/R) aceptable para el sistema, debiera reducirse la distancia entre repetidores.

Mejorar el desequilibrio de admitancia con respecto a la tierra del equipo terminal y de los repetidores a la frecuencia de la onda radioeléctrica.

CAPITULO II PROTECCION ELECTRICA FENOMENOS PERTURBADORES

2.1 Perturbaciones

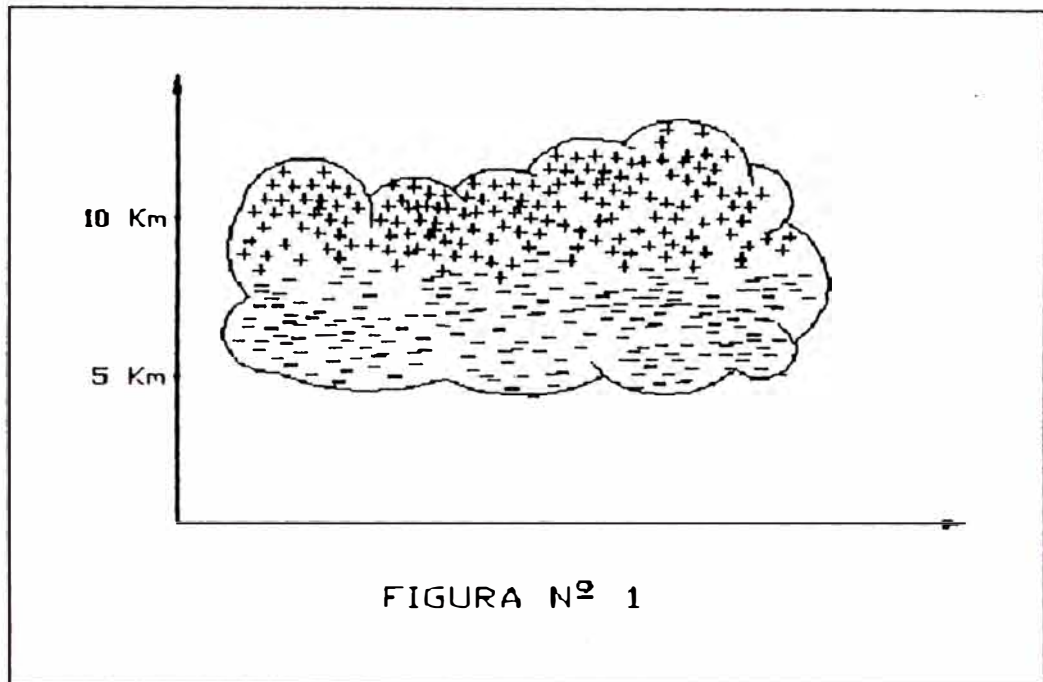
Para que una protección adecuada a una red telefónica sea definida, será necesario tener un conocimiento previo de cuales son los disturbios que podrían perjudicar la red, así como sus características. La mayoría de las perturbaciones eléctricas en las redes telefónicas son provenientes de descargas atmosféricas y de líneas de energía eléctrica en las proximidades.

Sin embargo, un circuito telefónico es expuesto a otras perturbaciones: señales de voz en circuitos adyacentes, señales radioeléctricas, tránsito de relés, etc.

2.2 Descargas atmosféricas

Varias son las teorías existentes para explicar el principio de descargas atmosféricas, siendo una de las mas aceptables el rozamiento de las gotas en las nubes cargadas eléctricamente.

Estas gotas son separadas de modo que la parte inferior de la nube permanece eléctricamente negativa, en cuanto la parte superior adquiere una carga eléctrica predominantemente positiva (Fig. 1).



La separación de cargas da origen a la aparición de campos eléctricos entre las nubes y tierra, y entre las propias nubes, los cuales pueden tornarse tan intensos a tal punto de romper el dieléctrico que separa las cargas, a través de una chispa denominada rayo o descarga atmosférica.

Esto podría explicarse de la siguiente forma:

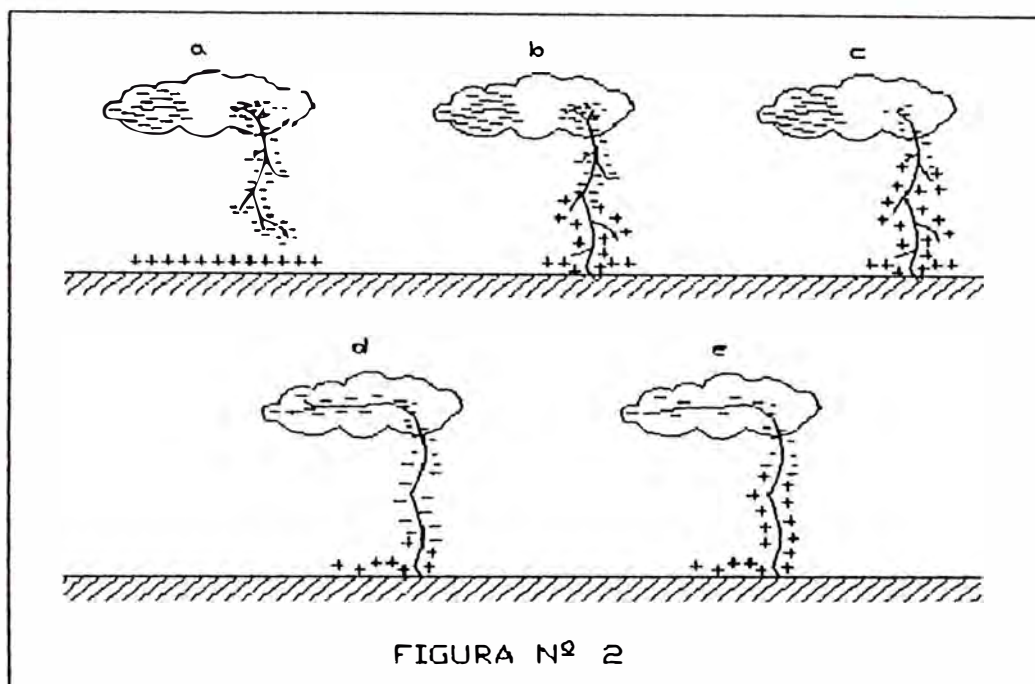
- a) El fenómeno tiene inicio con la formación de una descarga guía de la nube hacia tierra (Fig. 2a). Esta descarga no es continua, se procesa sinuosamente en etapas de 50 a 100 metros, con intervalos de aproximadamente 100 μ s entre ellas.

Es una descarga de poca luminosidad de velocidad en el orden de 1500 Km/seg y duración en torno de 20 ms.

- b) A medida que la descarga guía se aproxima a tierra, se verifican algunas veces pequeñas descargas que se originan en tierra y suben a su encuentro (Fig. 2b).
- c) Cuando la descarga guía alcanza el suelo, se forma una descarga de retorno de tierra hacia la nube (Fig. 2c) con velocidad del orden de 30,000 Km/s. Esta descarga es de gran luminosidad y está asociada a corrientes elevadas, variando de 10 a 200 A, su duración es de 100 μ s.
- d) Cuando la descarga de retorno alcanza la nube, un camino para la descarga principal (Fig. 2d), con la respectiva descarga de retorno (Fig. 2c) está preparado. Esta descarga no es intermitente y es por esto llamada descarga continua.

Cuando las descargas en las nubes presentan valores elevados que no son neutralizados por la descarga principal, ésta es seguida por otras conocidas por descargas flechas que también tienen sus descargas de retorno, y el rayo es llamado rayo múltiple. Las descargas flechas continúan hasta alcanzar un equilibrio eléctrico satisfactorio entre nube y tierra.

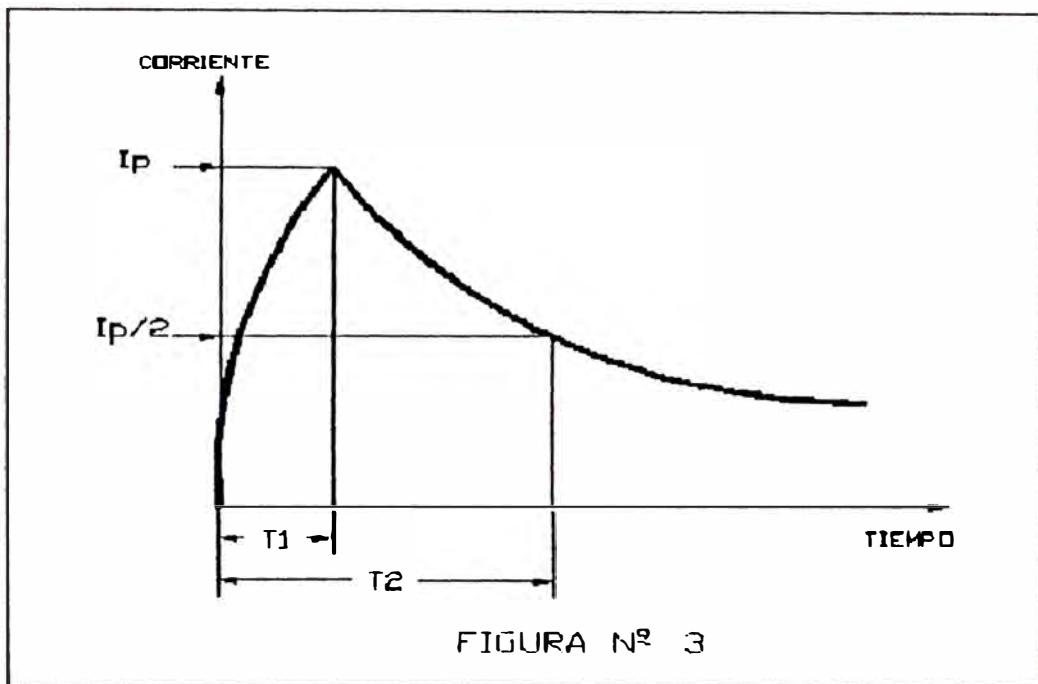
El potencial que produce una descarga atmosférica es del orden de 100 MV, pudiendo estar encima de 1000 MV y la corriente de descarga es mas elevada comúnmente entre 20 a 30 KA; cerca de 10% de los casos la corriente excede de 100 KA.



La corriente de una descarga típica, en función del tiempo es ilustrada en la Fig. 3; la mayoría de las descargas tienen un tiempo de subida t_1 desde cero hasta un valor pico (rise time) en la banda de 1 a 10 μs ; y el tiempo t_2 para una corriente de caída hasta la mitad de su valor pico, entre 10 y 100 μs .

Para estimar la probabilidad de peligro de una descarga atmosférica en la red telefónica, deberán ser considerados: frecuencia de descargas, resistividad de suelo y experiencia local

La probabilidad de peligro de descargas es mayor en una región con alta resistividad de suelo y de moderada incidencia de tempestades que en otra región con baja resistividad y mayor incidencia.



Una red telefónica, situada en una región poco poblada pero de bajo peligro de descargas; podrá requerir mayor protección que en redes de ciudades con gran densidad demográfica localizadas en zonas de alta resistividad de suelo y descargas frecuentes.

Las redes telefónicas están sujetas a los efectos destructivos de las descargas atmosféricas por:

Descarga directa en la red

Inducción de descargas hacia tierra próximas a la red

Elevación de potencial de suelo

2.2.1 Descargas directas

Un circuito telefónico es alcanzado directamente por la descarga atmosférica cuando un campo eléctrico existente entre nube y tierra, se descarga a través de este circuito por los postes

y mensajero.

Una descarga atmosférica, no obstante de corta duración (100 μ s); presenta corrientes y potenciales tan elevados que usualmente causan daños a la instalación telefónica.

Práctica y económicamente es imposible protegerlas contra las descargas directas, que entre tanto, no ocurren con frecuencia.

2.2.2 Sobretensión inducida

Las redes telefónicas también son alcanzadas por la inducción electrostática o electromagnética de las descargas atmosféricas. Estas sobretensiones son más comunes que aquellas debido a las descargas directas y, por ese motivo, las protecciones son de gran importancia.

La descarga atmosférica produce una onda de tensión que se propaga a lo largo de la línea y cuya amplitud depende de la intensidad de descarga y de la distancia de la línea al local donde la misma ocurre, pudiendo alcanzar a centenas de kilovoltios.

Las sobretensiones inducidas asumen aproximadamente un mismo valor hacia tierra en todos los conductores de ruta no habiendo, por tanto, peligro de romper el dieléctrico entre los conductores.

Pueden ocurrir altas corrientes en las instalaciones telefónicas, como resultado de la inducción debido a descargas atmosféricas próximas.

2.2.3 Elevación de potencial de suelo

Descargas atmosféricas a tierra pueden tornar un potencial peligrosamente alto, principalmente en regiones de alta resistividad, a punto de romper el dieléctrico entre la capa metálica y los conductores de cables enterrados, subterráneos o con puntos de sistemas de tierra en la región.

2.3 Líneas de energía eléctrica

Las líneas de energía eléctrica pueden perturbar el servicio telefónico por contacto directo o por inducción; resultado de la alta tensión aplicada, de la intensidad de los campos electrostáticos y electromagnéticos por las proximidades de ambas redes.

Estas perturbaciones se presentan bajo formas de ruido que son inducidos por las armónicas de frecuencia fundamental de la línea de energía (principalmente la tercera armónica que posee amplitud mayor que la frecuencia fundamental).

2.3.1 Contacto directo

Un contacto directo puede ocurrir en caso de accidente con la línea de energía eléctrica, en cruces o uso conjunto de

postes. En este caso, la línea de energía ofrece peligro de daños a los cables y equipos ligados a estos y las personas que de alguna forma estén en contacto con los mismos, pues la tensión total del sistema de energía puede ser transferido hacia el sistema telefónico.

2.3.2 Sobretensión inducida

Los valores de tensión y corriente generados por la inducción de líneas de energía eléctrica sobre una red telefónica, situada en los radios de acción de sus campos eléctrico y magnético, pueden ser peligrosos, además de inducir ruido en la línea telefónica.

La inducción depende básicamente de:

- a) Características de líneas de energía eléctrica, con valores de tensión y corriente, su equilibrio en relación a tierra y frecuencia.
- b) Características de línea telefónica como frecuencia, intensidad de la señal transmitida, equilibrio de conductores y su configuración.
- c) Acoplamiento entre las dos líneas debido a la distancia entre ellas, existencia de pantallas o estructuras metálicas próximas, resistividad de suelo, equilibrio mutuo y longitud de paralelismo.

Las tensiones inducidas aparecen en la forma de tensión mas o menos constante y también como sobretensiones de corta duración. Debido a la interferencia entre las frecuencias de redes telefónicas y las armónicas de frecuencia fundamental de la línea de energía, puede surgir por efecto de inducción, ruido en la red telefónica.

Sobretensiones debido a la maniobra de llaves ocurren en todos los cambios de operación de las líneas de energía eléctrica; aunque breves, sus amplitudes dependen de la distancia entre líneas, pudiendo alcanzar valores del orden de cuatro veces la tensión hacia tierra bajo condiciones normales.

Sobretensiones debidas a cortocircuitos en líneas de energía de alta tensión son más serias y pueden alcanzar valores de 10 a 20 KV que comparadas con las sobretensiones provenientes de descargas atmosféricas son pequeñas, pero de larga duración que continua hasta que el sistema de energía eléctrica sea desenergizado.

2.3.2.1 Sobretensión magnéticamente inducida

La inducción magnética es causada por el campo magnético creado por la corriente de línea de energía eléctrica.

En un sistema trifásico balanceado, las corrientes de frecuencia fundamental de la línea de energía eléctrica son iguales y desfasadas en 120° , no circulando corriente por el neutro. Cada corriente de fase creará su campo magnético mas un camino de retorno de cada corriente en los otros dos conductores de fase, de modo que los campos magnéticos son neutralizados a una distancia relativamente pequeña de la línea de energía eléctrica.

En el caso de un sistema trifásico desbalanceado, o un circuito monofásico con neutro a tierra, la corriente de frecuencia fundamental podrá retornar por la tierra.

Un camino de retorno estará debajo de la superficie del suelo, a una distancia que depende de la frecuencia y resistividad del suelo. La neutralización del campo magnético será incompleta para una gran distancia alrededor de la línea de energía eléctrica.

Despreciando el campo magnético debido a la corriente de retorno, el campo magnético creado por la corriente en una línea de energía eléctrica, paralela a una línea telefónica, se ilustra en la Fig. 4.

La tensión magnéticamente inducida en la línea telefónica es determinada por la expresión:

$$e = \omega l M I k$$

donde:

e : tensión inducida en línea telefónica, volts

$$\omega = 2 \pi f$$

f : frecuencia de corriente en la línea de energía eléctrica, Hz

M : inductancia mutua, Henry/Km

l longitud de exposición, Km

I : corriente inductora, Amp

K : factor de blindaje

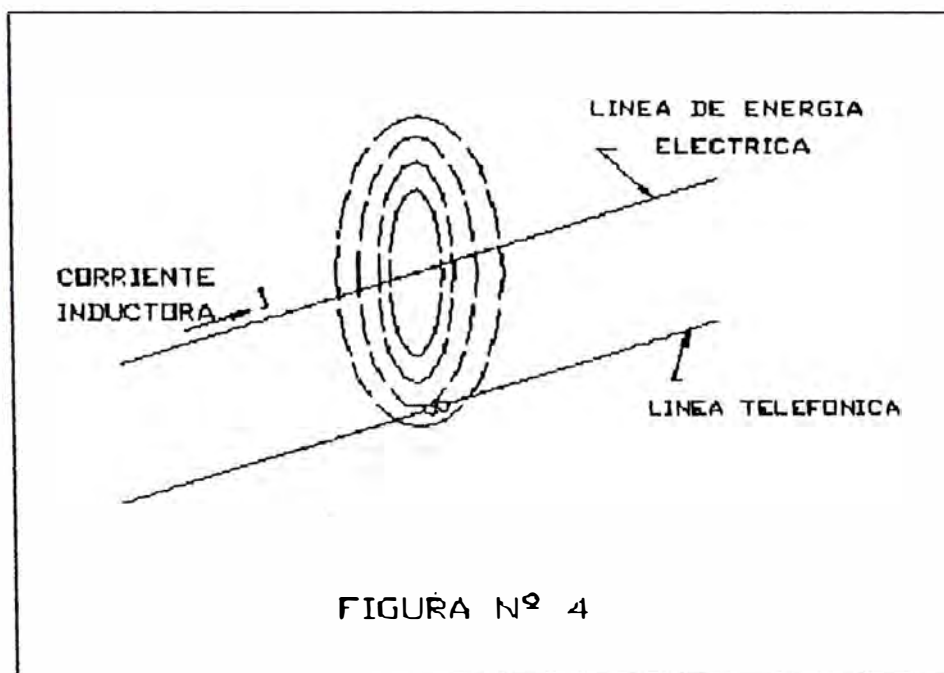
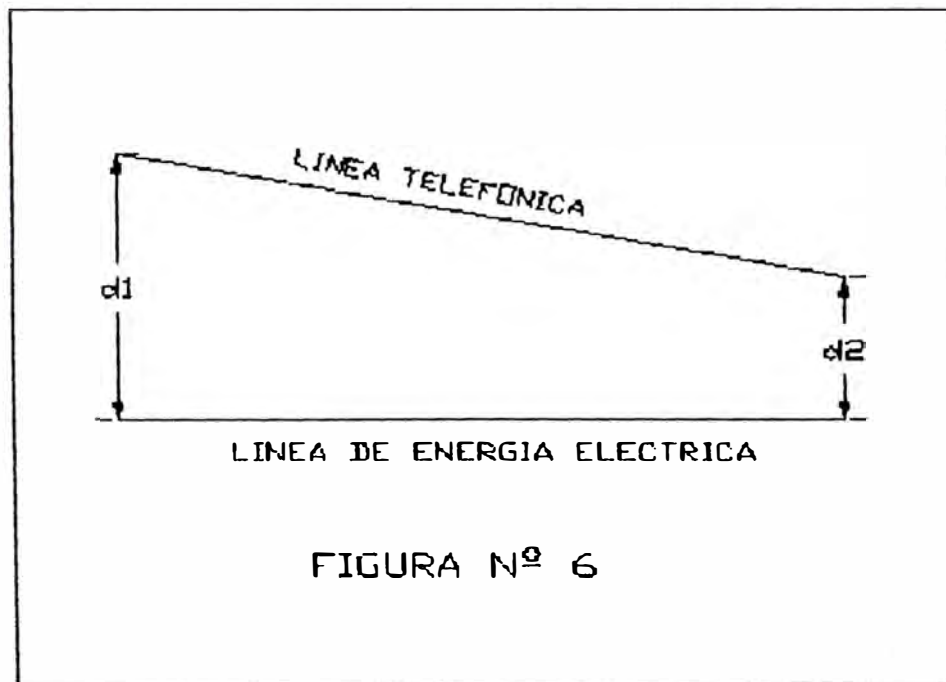
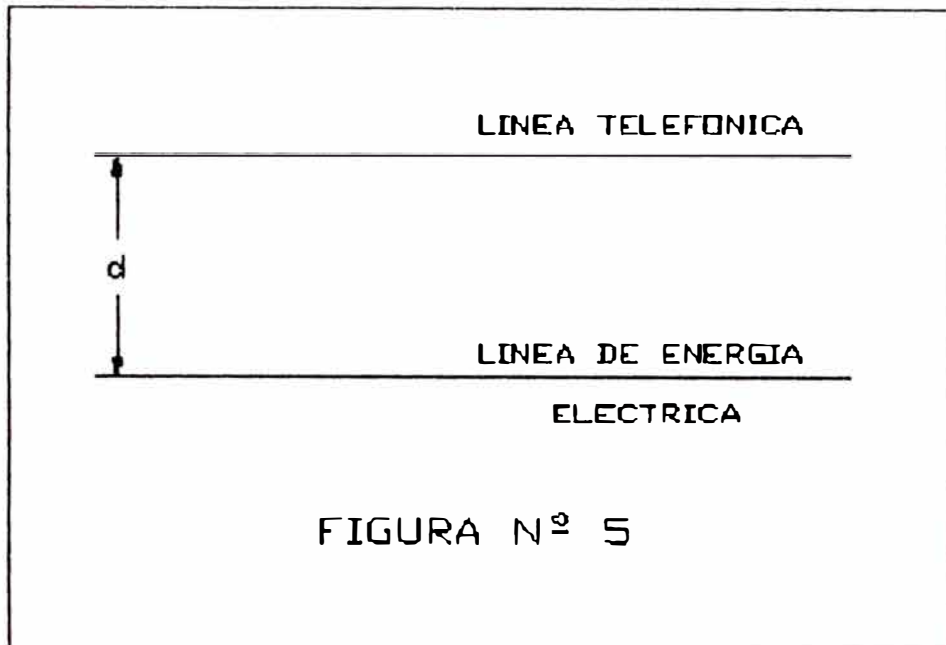


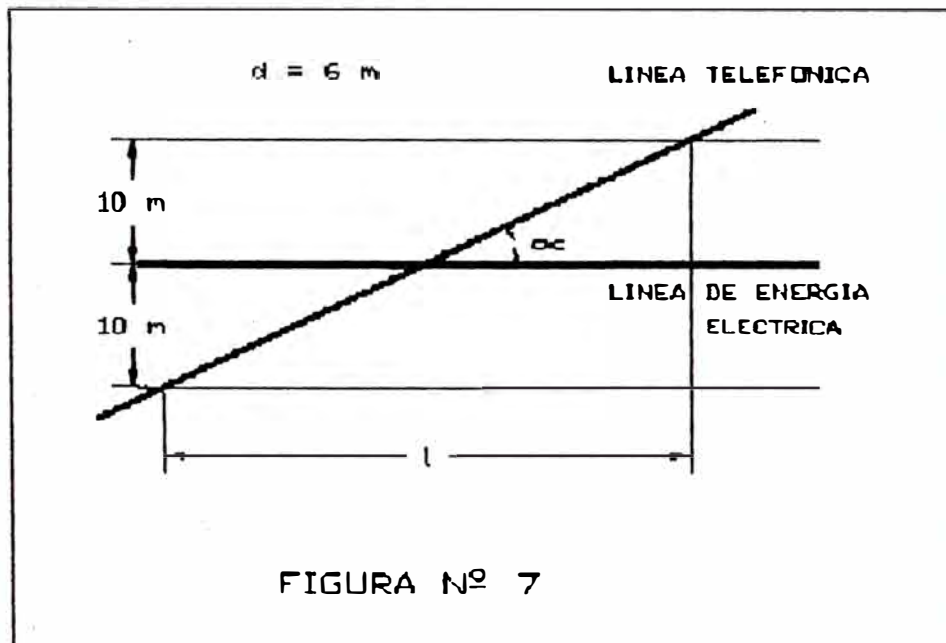
FIGURA Nº 4



La inductancia mutua 'M' es función de la resistividad del suelo ' ρ ' y de la separación 'd' entre las líneas de energía eléctrica y telefónica; para la frecuencia de 60 Hz, está dada en la figura del Anexo I.

La separación 'd' depende del tipo de exposición: paralela, ver Fig. 5; y oblicua, ver Fig. 6.

En el caso de cruces entre ambas líneas, Fig. 7, se considera:



- a) Si $45^\circ < \alpha < 135^\circ$: El efecto inductivo puede ser despreciado
- b) Si $\alpha \leq 45^\circ$ La distancia y/o separación 'd', se considera como $d = 6 \text{ m}$

La longitud de exposición l' es determinada por la proyección sobre la línea de energía eléctrica, de la sección de línea telefónica situada a 10 m de la línea de energía eléctrica, ver Fig. 7.

El factor de blindaje K para la frecuencia de 60

Hz es estimado conforme a la Tabla Nº 1.

TABLA Nº 1

FACTOR DE BLINDAJE

1A.- Relativo a la Línea Inductora

Alambres de tierra sobre Líneas de Potencia de Alta Tensión	K	
	Alambre de Tierra Unico	Doble Alambre de Tierra
- Resistencia DC de Alambre de Tierra menores que 0.1 ohm/km	0.55 - 0.70	0.40 - 0.50
- Resistencia DC de Alambre de Tierra menores que 0.5 ohm/km	0.65 - 0.75	0.65 - 0.75
- Resistencia DC de Alambre de Tierra menores que 1.0 ohm/km	0.80 - 0.90	0.80 - 0.90
CABLES ELECTRICOS	Cubierta de Pb	Cubierta Al
30 - 75 Kv, Cable 240 mm ²	0.20 - 0.40	0.10 - 0.20
110 - 150 Kv, Cable 240 mm ²	0.15 - 0.30	0.075 - 0.15
275 Kv, Cable 600 mm ²	0.10 - 0.25	0.04 - 0.10
400 Kv, Cable 1000 mm ²	< 0.2	< 0.05

1B. Relativo a la Línea Telefónica

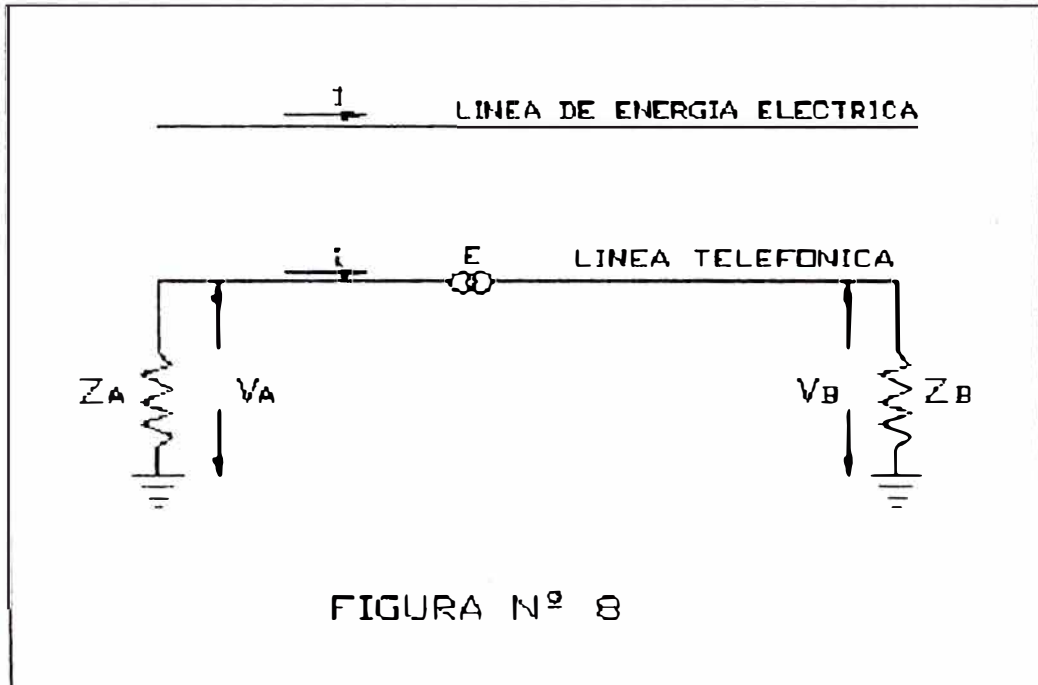
CABLES TELEFONICOS	K	
	Cubierta Pb	Cubierta Al
Diámetro 20 mm	0.85 - 0.95	0.20 - 0.60
Diámetro 40 mm	0.60 - 0.85	0.10 - 0.40

1C.- Otros Factores

LÍNEAS DE TRACCION ELECTRICA	k
Uno o dos carriles	Aprox. 0.80
Tres carriles o más	Aprox. 0.70
Estaciones largas	Aprox. 0.60

La Figura 8, muestra como una tensión hacia

tierra en cada terminal, depende de la impedancia final y del total de la tensión magnéticamente inducida.



2.3.2.2 Sobretensión eléctricamente inducida

Cuando un circuito telefónico está próximo a una línea de energía eléctrica, una tensión denominada electrostática aparece en la línea telefónica como resultado del campo eléctrico, circundante al conductor de energía eléctrica.

La amplitud de tensión eléctricamente inducida en una línea telefónica de admitancia despreciable a tierra, ver Figura 9, depende de la relación:

$$E_t = V_p \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

donde:

E_t : tensión inducida línea telefónica, volts

V_D : tensión residual línea energía eléctrica a tierra (suma de tensiones en todos los hilos a tierra), volts.

C_1 : Capacitancia entre líneas, Farad/km.

C_2 : Capacitancia línea telefónica y tierra, Farad/km

Bajo condiciones normales, la tensión eléctricamente inducida en los conductores de un cable telefónico es limitada en un valor muy bajo, debido a los drenajes provistos por la pantalla del cable.

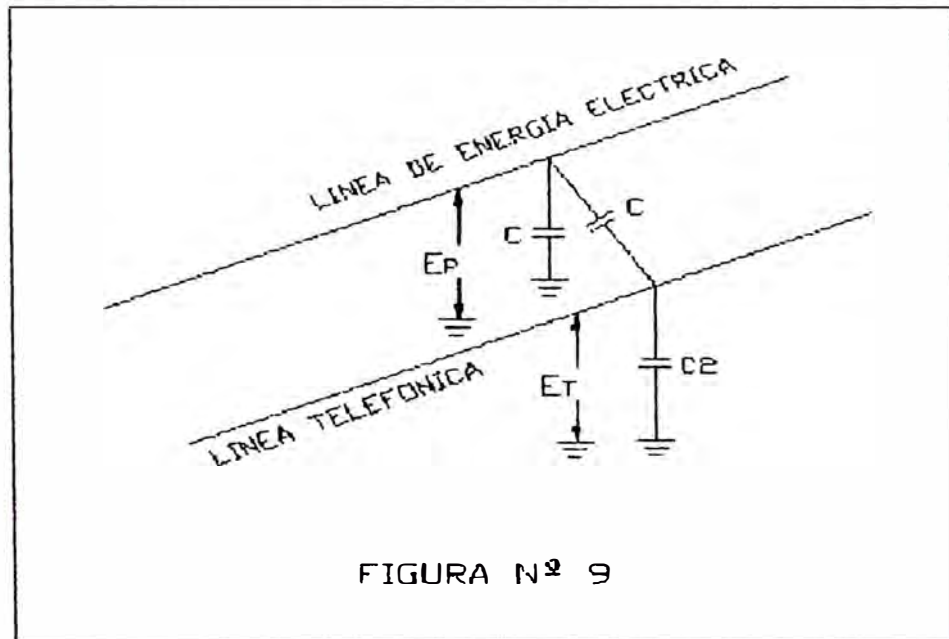
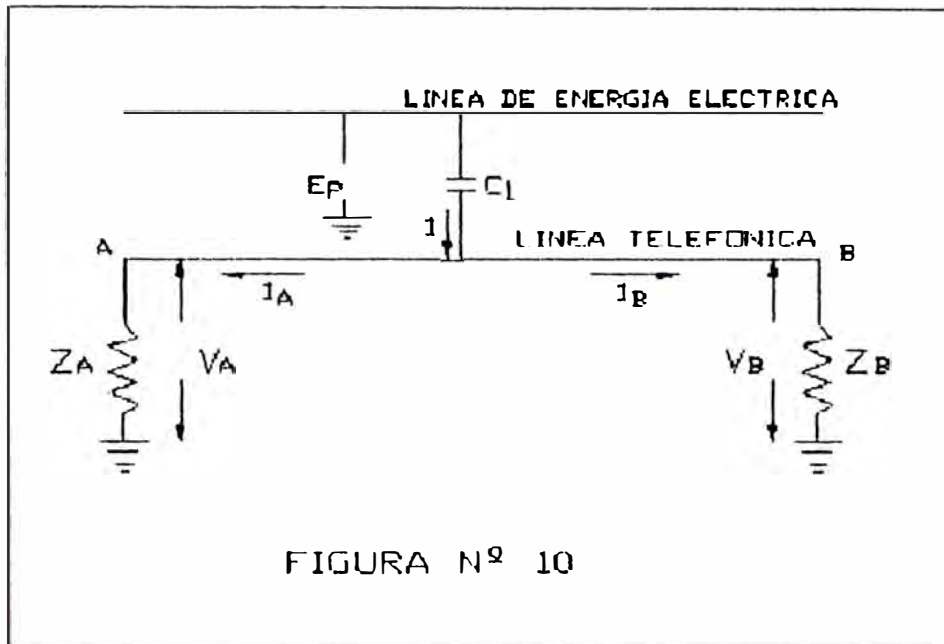


FIGURA N° 9

En la realidad, una línea telefónica está expuesta en toda su extensión, teniendo una admitancia a tierra en sus extremos, ver Fig. 10.

La tensión en una línea telefónica está determinada por la corriente que puede a ella ser transferida por la admitancia total de la misma a tierra. Como la impedancia capacitiva entre las líneas de energía eléctrica y telefónica es mucho mayor que la impedancia de terminaciones de la



línea telefónica, la corriente inducida es prácticamente independiente de estas impedancias de terminaciones.

La tensión inducida es dada por la expresión:

$$i = V_p \omega C_1 l$$

donde:

i : corriente inducida, Amp.

V_p : tensión residual de línea energía eléctrica, volts

$$\omega = 2 \pi f$$

f : frecuencia de línea energía eléctrica, Hz

C_1 : Capacitancia entre líneas, Farad/km

l : longitud de exposición, Km.

La posibilidad de peligro a las personas en contacto con la línea sujeta a tensión inducida no depende de la tensión de la línea, sino de la corriente circulante a través del circuito.

Esta corriente es también pequeña debido al pequeño acoplamiento capacitivo entre ambas

líneas, y no produce serio peligro por choques eléctricos. La tensión inducida podrá causar daños al equipo, falsa señalización o ruidos.

2.3.3 Elevación de potencial del suelo

Cuando un conductor de energía eléctrica cae sobre el suelo, el potencial de esa región puede tornarse peligrosamente alto principalmente en suelo de alta resistividad, a punto de romper el dieléctrico entre la capa metálica y los conductores de cables subterráneos o enterrados.

Si un corto a tierra ocurre próximo a los sistemas de tierra de la red telefónica, podrá circular corriente inversa del suelo al sistema.

2.4 Líneas de tracción eléctrica

Las líneas de tracción eléctrica, que conducen energía para el traccionamiento de vehículos como trenes, ómnibus eléctrico, metros, etc.; pueden ser de corriente alterna monofásica o de corriente continua.

Las subestaciones de las líneas de tracción de corriente monofásica son en general alimentadas por líneas trifásicas, las cuales son solo susceptibles de ofrecer peligro al ocurrir un defecto.

El suministro de corrientes monofásicas con retorno por los carriles es muy peligroso, pues no hay ninguna compensación en el paralelismo de algunos kilómetros, y es suficiente para que una corriente inducida exceda los límites de proyecto para un cable telefónico.

La corriente continua de tracción si es peligrosa cuando ocurre un cortocircuito; por otro lado los disturbios causados por las armónicas originadas por los rectificadores crean graves problemas.

El mayor peligro, sin embargo, viene de la corrosión de la capa de los cables subterráneos, causada por las corrientes de retorno por tierra de la línea de tracción. Como la unión de los carriles no siempre es

perfecta, la corriente eléctrica podrá abandonar el carril, procurando un camino mas fácil hasta la subestación.

2.5 Instalaciones rectificadoras

Una corriente rectificada tiene una infinidad de armónicas de frecuencia fundamental que pueden interferir los circuitos telefónicos próximos a las líneas que conducen aquella corriente.

2.6 Circuitos de telecomunicaciones

Puede haber interferencia mutua entre dos circuitos de telecomunicaciones próximos y que operan en la misma faja de frecuencia o en bandas de frecuencias próximas.

A través del acoplamiento capacitivo e inductivo, la energía circulante en un circuito bajo la forma de corriente telefónica se transfiere hacia el circuito vecino provocando una perturbación conocida como diafonía.

CAPITULO III MEDIOS Y ELEMENTOS DE PROTECCION

La mejor protección para un sistema telefónico que se podría obtener, sería a través de su instalación lo suficientemente lejos de los elementos perturbadores que pueden causar peligros e interferencias.

Como esto no siempre es posible, se deberán usar medios y elementos de protección, conservar una separación mínima permisible entre el sistema telefónico y el factor perturbador.

3.1 Fusibles

Dispositivos que tienen por finalidad impedir la circulación de corrientes que puedan causar daños por efecto térmico a los circuitos telefónicos.

Son elementos colocados en serie al circuito, está constituido de metales de bajo punto de fusión que se calientan debido a la circulación de altas corrientes y se funden abriendo el circuito e interrumpiendo la corriente.

3.2 Bobinas térmicas

Dispositivos que colocados en serie al sistema telefónico, colocan una línea a tierra, impidiendo una circulación de corriente excesiva cuando ésta dura un tiempo considerable.

3.3 Módulos protectores

Dispositivos que proporcionan protección contra sobretensiones y/o contra sobrecorrientes. Existen

diversos módulos, que serán escogidos de acuerdo con los disturbios a que el circuito telefónico está sujeto y que deberán ser eliminados o minimizados.

Se conectan normalmente entre cada hilo de una línea y tierra o como unidades de tres electrodos, entre un par y tierra. Sus características de funcionamiento pueden especificarse hasta límites precisos para satisfacer las exigencias del sistema; estos dispositivos son compactos y pueden funcionar frecuentemente sin necesidad de atención alguna.

3.4 Blindaje

El revestimiento metálico de un cable le provee de una pantalla electrostática y en cierto grado magnética. La cubierta de plástico no tiene propiedades intrínsecas de pantalla. Algunos cables de cubierta de plástico (por ejemplo, los de núcleo con aislamiento de papel) llevan una pantalla metálica como barrera antihumedad, que generalmente tiene la forma de una cinta de aluminio dispuesta longitudinalmente, y tiene las mismas propiedades de apantallamiento que un blindaje de metal no férreo, de igual conductividad longitudinal.

Sin embargo, la cinta tiene que estar conectada en sus extremos a los sistemas de toma de tierra de la central telefónica y/o puntos de toma de tierra convenientemente situados, como por ejemplo, a las cubiertas metálicas de los cables, en toda su longitud. También es importante, que en los puntos de empalme, la cinta se prolongue mediante conexiones de muy baja resistencia.

Aunque el efecto de apantallamiento de la cinta, sea quizá reducido a 60 Hz, puede ser importante en las frecuencias que originan ruidos interferentes. La presencia en el cable de una pantalla reduce así mismo la inducción causada por las componentes de alta frecuencia de las corrientes transitorias originadas por la conmutación en las líneas eléctricas.

3.5 Vinculaciones

Ligaciones de baja resistencia entre dos partes metálicas de la red telefónica y a tierra, se realiza para evitar diferencias de potencial que pueden resultar peligrosas.

Se facilita un trayecto de baja impedancia a tierra para las corrientes extrañas.

3.6 Sistemas de tomas a tierra

Tienen como función desviar a tierra las corrientes indeseables; el valor de resistencia de las ligaciones a tierra debe ser lo mas baja posible, para ofrecer un camino mas fácil a las corrientes extrañas al circuito evitando así mismo que ellas recorran otros caminos, por los cuales podrían causar daños.

Siendo el elemento de protección mas importante, las solicitudes de exigencia para el sistema de toma a tierra es grande; y a fin de que pueda haber una gran reducción de las sobretensiones que ocurren en la línea telefónica, la resistencia de toma a tierra debe ser lo mas baja posible, siendo aceptable a lo largo de la red hasta 25 ohms.

La construcción de un sistema de toma a tierra consiste en instalar un electrodo metálico a una profundidad dada del suelo y conectarlo por medio de conductores al punto de la red telefónica donde se desea obtener la unión a tierra.

3.6.1 Resistividad del suelo

La resistividad del suelo es un elemento esencial para la eficiencia de la ligación a tierra y depende de la naturaleza geológica, química (cantidad de sales u otros electrólitos disueltos), humedad y temperatura del terreno.

La resistividad, en función de la naturaleza del terreno está dada por la Tabla Nº 2.

La humedad es un factor de gran importancia en el valor de resistencia a tierra, pues una pequeña reducción en su valor puede provocar un gran aumento en el valor de resistividad, al igual que la temperatura.

TABLA Nº 2
RESISTIVIDAD DEL SUELO

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD ohm - m
Agua de mar	2
Arcilla	40
Agua subterránea	50
Arcilla - arena	100
Lodo	150
Arena	2,000
Grava de morena	3,000
Grava marítima	15,000
Granito	25,000
Hielo	100,000

Existe sin embargo una expresión analítica aproximada debida a Albrecht, que indica la influencia de humedad y temperatura en la resistividad:

$$\rho = \frac{1,3 \times 10^4}{(0,73w^2 + 1)(1 + 0.03t)} \text{ } \Omega m$$

donde:

w humedad del suelo en % de peso

t temperatura en °C (t > 0 °C)

Otro factor de gran influencia en el valor de resistencia a tierra es el porcentaje de sales contenido en el suelo, cuanto mayor es este porcentaje menor será la resistencia obtenida.

Para determinar la resistividad del suelo, lo mas usual es medir por el método de los cuatro bastones de Wenner.

El instrumento recomendado es el MEGGER, determinándose la resistividad del suelo por la ecuación:

$$\rho = 2\pi a \cdot \frac{V}{I}$$

donde:

ρ resistividad del suelo, ohm - metro

a separación entre electrodos de prueba, metros

I : corriente de prueba, Amperios

V tensión entre electrodos de potencial, volts.

3.6.2 Resistencia a tierra de un electrodo

La resistencia a tierra de un electrodo tipo barra cilíndrica está dada por la expresión:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$$

donde:

R : resistencia deseada, ohm

ρ : resistividad del suelo, ohm - m

l : longitud de varilla, m

d : diámetro varilla, m

3.6.3 Mejora de la resistencia a tierra

Frecuentemente, no es fácil obtener suelos que presenten una baja resistencia, es necesario recurrir a recursos especiales para llegar a un resultado aceptable.

Los recursos mas usados serán:

a) Acción de dos o mas electrodos en paralelo.

Si r_1, r_2, r_3, \dots , forman las resistencias individuales de varios electrodos en paralelo, la resistencia resultante está dada por:

$$\frac{1}{R} = k \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right)$$

simplificando:

$$n = \left(\frac{1}{k} \right) \left(\frac{r_1}{r} \right)$$

donde:

n : número de electrodos

k : grado de eficiencia

r : resistencia a tierra deseada

r_1 : resistencia a tierra de un electrodo

El factor k, siempre es menor de 1, depende del número de electrodos y la distancia entre ellos. Si los electrodos estuvieran muy próximos uno de otro, habrá influencia mutua entre los mismos disminuyendo su eficiencia.

La Tabla N° 3 suministra para varillas de cobre con alma de acero un valor de grado de eficiencia k en función del número de electrodos

espaciados entre si una distancia igual a dos veces su longitud (mínima).

TABLA Nº 3
GRADO DE EFICIENCIA EN VARILLAS DE COBRE CON ALMA DE ACERO

NUMERO DE VARILLAS	GRADO DE EFICIENCIA
2	0.60
3	0.40
4	0.33

La Tabla Nº 4 suministra un grado de eficiencia, en función del número de varillas de acero galvanizado colocados a 1.5 m una de otra en forma simétrica (3 varillas formarían un triángulo equilátero y 4 varillas un cuadrado).

- b) **Añadidura de sustancias eléctricamente Conductoras** en el terreno circundante al electrodo.

TABLA Nº 4
GRADO DE EFICIENCIA EN VARILLAS DE ACERO GALVANIZADO

NUMERO DE VARILLAS	GRADO DE EFICIENCIA
2	0.91
3	0.83
4	0.71
5	0.65
6	0.60

Rodear los electrodos con carbón vegetal, viruta de fierro o polvo metálico puede ser considerado como un aumento de la superficie de los electrodos y generalmente presenta buenos resultados, sin embargo el método no es económico debido al costo de material, de transporte y de trabajo suplementario de excavación.

También se emplea otro procedimiento que consiste en mejorar el área del electrodo con algunos electrólitos como cloruro de sodio, cloruro de calcio, sulfato de magnesio y sulfato de cobre.

Como estas sales son lavadas por el agua del subsuelo, el tratamiento es poco duradero y es necesario renovarlo cada dos años; algunos de ellos son además corrosivos.

Otro método para reducir la resistencia a tierra es tratar el suelo circundante del electrodo con un electrólito de buena conductividad eléctrica e insoluble, obteniéndose así mismo todas las ventajas de tratamiento con sales. El método consiste en tratar sucesivamente el terreno con soluciones salinas que actuando entre sí producen un preparado bajo la forma de "gel" estable que se distribuye en el suelo en numerosas ramificaciones capilares a modo de absorber grandes cantidades de agua, obteniéndose una reducción significativa de resistencia de tierra.

CAPITULO IV LOCALIZACION DE LA PROTECCION

Los factores que afectan la selección y localización de los medios y elementos de protección, dependen de las condiciones atmosféricas, técnicas y económicas. Los elementos protectores podrán ser usados tanto aisladamente como en combinaciones, de acuerdo con las condiciones locales y acciones protectoras deseadas.

La protección eléctrica, a ser aplicada al sistema telefónico no debe tener por finalidad solo la protección contra peligro de daños, sino también la eliminación de interferencias que aún no siendo peligrosas, perjudican la calidad del servicio telefónico.

Los dispositivos de protección a ser utilizados deberán poseer sensibilidades para operar en las condiciones reales de defecto, no deberán causar interrupciones innecesarias en el servicio.

En los raros casos de descarga directa en la red, las corrientes y tensiones son tan elevadas que los daños no pueden ser evitados aunque existan protectores en la línea telefónica.

Por eso, no hay razón en procurar proteger la red contra descargas atmosféricas directas.

4.1 Protección en las oficinas centrales y equipos de transmisión

4.1.1 Necesidad de protección externa al equipo

Se debe tener en cuenta la posible necesidad de instalar dispositivos de protección externa al equipo, habida cuenta de las siguientes consideraciones:

a) Una línea de telecomunicaciones puede ofrecer cierta protección al equipo en determinadas condiciones, por ejemplo:

Puede fundirse un conductor y desconectarse ante una corriente excesiva;

Puede perforarse un aislamiento de conductor y reducir una sobretensión

Puede producirse un cebado a nivel de los dispositivos de conexión y reducir las sobretensiones.

b) El hecho de que los cables con aislamiento de plástico sean robustos tiene por efecto un aumento de los niveles de las sobretensiones y sobre-corrientes que pueden circular por las líneas y ser aplicados al equipo. El uso de componentes electrónicos miniaturizados en centrales y equipos de transmisión tiende a aumentar su vulnerabilidad a las perturbaciones eléctricas.

Por esos motivos en zonas expuestas a

perturbaciones frecuentes e importantes (caída de rayos, líneas de energía, suelo de baja conductividad) suele ser necesario intercalar dispositivos de protección de los descritos en el Módulo III, entre los conductores de cables y equipos a los que se conectan, preferiblemente en el repartidor principal.

Los dispositivos de protección se instalan del lado del repartidor principal para evitar que las corrientes de descarga pasen necesariamente por el bastidor de hilos volantes del repartidor principal, y a fin de exponer lo menos posible el cableado y las cintas terminales del repartidor a la tensión de red, ante la eventualidad de que un contacto con la línea de alimentación de energía dé lugar a que un dispositivo de protección en serie desconecte la línea.

- c) En lugares menos expuestos, puede suceder que las perturbaciones tengan características de nivel y frecuencia tan bajos, que en la práctica, los riesgos no sean superiores a los resultados de los efectos residuales para zonas expuestas. En tal caso, los dispositivos de protección no tienen ninguna finalidad, y su instalación representa un gasto innecesario.

4.1.2 Necesidad de que los equipos tengan un nivel de robustez eléctrica

En lugares donde las líneas están expuestas y se instalan dispositivos de protección, los efectos residuales puede dar lugar a que aparezcan sobretensiones y sobrecorrientes en los equipos.

En entornos menores expuestos, las perturbaciones pueden lugar a efectos similares, es necesario que los equipos estén concebidos para soportar tales condiciones.

A fin de eliminar las diferencias de potencial en todos los cables que entran a una central, deberán ser vinculados entre sí y ligados al sistema de tierra de la misma. En los cables de cubierta plástica, la vinculación será hecha en los empalmes.

Cables troncales totalmente subterráneos, no necesitan de otra protección en los centros, solo el sistema de tierra en los extremos, salvo en zonas donde la experiencia ha demostrado la necesidad de protegerlos.

4.2 Protección de cables telefónicos aéreos

4.2.1 Continuidad eléctrica

La continuidad eléctrica de la pantalla de los cables será mantenida a fin de proveer un trayecto a tierra para los corrientes y también como protección contra inducciones.

4.2.2 Aterramiento

Con la finalidad de limitar la tensión en la cubierta del cable provenientes de fuentes externas tales como contactos con líneas de energía eléctrica ó descargas atmosféricas y asegurar una pronta desenergización, deberán realizarse aterramientos al mensajero a intervalos regulares de 300 a 500 metros, dependiendo de la resistividad del suelo, incidencia de descargas atmosféricas, posibles contactos con líneas de energía eléctrica de alta tensión y de la corriente máxima que podrá circular por la cubierta del cable.

Los aterramientos serán construidos lo mas próximo posible a suelo de baja resistividad para que la resistencia a tierra sea mínima sin que haya necesidad de utilizar recursos para reducir la resistencia a tierra. Por lo tanto será necesario una coordinación entre la distancia de separación y el tipo de suelo para que se realice una selección adecuada de los puntos de aterramiento.

4.2.3 Vinculación

La finalidad de la vinculación es reducir la total resistencia a tierra, igualar potenciales, mantener la continuidad de un camino a tierra próximo a la zona donde ocurre el disturbio y reducir la probabilidad de arco y quema de la

cubierta del cable. Las vinculaciones serán realizadas de preferencia en los empalmes y la continuidad del mensajero será mantenido.

La pantalla del cable será vinculada al mensajero en los siguientes casos:

- a) En postes metálicos
- b) En postes donde existen conductores de tierra
- c) En postes con equipos de energía eléctrica, como transformadores.
- d) En subidas de cable (lateral)
- e) En los extremos de los cables aéreos

Si más de un cable telefónico es instalado en la misma estructura, soportados por mensajeros distintos, las pantallas de los cables telefónicos y los mensajeros serán unidas en una única vinculación, al inicio y al término de paralelismo y las situaciones mencionadas.

Los mensajeros que sostienen cables aéreos que se cruzan, serán vinculados entre sí.

En los postes metálicos, con equipos de energía eléctrica, el mensajero estará eléctricamente aislada.

Las redes de cables telefónicos aéreos serán protegidos contra disturbios provenientes de descargas atmosféricas y de líneas de energía eléctrica, conforme la localización de sus instalaciones.

4.2.4 Cables telefónicos aéreos paralelos a líneas de energía eléctrica en estructura propia

El paralelismo entre líneas de energía eléctrica trifásica y cables telefónicos sólo constituyen problema de peligro e interferencias en el caso de defectos ocurridos en las líneas de energía eléctrica cuando presentan desequilibrio en sus fases.

El paralelismo con líneas de tracción eléctrica, que usan corrientes y tensiones monofásicas, pueden en pocos kilómetros inducir en los cables telefónicos tensiones y corrientes de valores superiores a los del proyecto, y este problema se agrava en el caso de cortocircuito en la línea de tracción. Un medio eficiente de protección, inclusive contra interferencias de las armónicas de corriente de tracción, es el uso de transformadores aisladores o neutralizadores y de cables con cubierta metálica que presentan sustancial efecto del blindaje.

Cuando las líneas de tracción son alimentadas por corriente continua, el paralelismo sólo es peligroso para un cable telefónico en la ocurrencia de corto circuito. Las armónicas originadas en los rectificadores de las líneas de tracción crean problemas de interferencia en los cables.

Desde el punto de vista de seguridad personal,

durante una operación normal de la línea de energía eléctrica, la tensión longitudinal inducida en un cable telefónico no excederá de 60 volts., si el personal utiliza protecciones especiales, se permitirá 120 volts.

En el caso de una falla en la línea de energía eléctrica, la tensión longitudinal inducida sobre los cables telefónicos no excederá de 430 volts.

Desde el punto de vista de ruido, la tensión sofométrica inducida no será mayor a 1 mV para cables.

Si las líneas telefónicas no pueden ser construidas cumpliendo éstas recomendaciones, debido a potencia transmitida por una línea de energía eléctrica, deberán tomarse medidas protectoras, o sea, el factor de blindaje del cable será mejorado por la adición de conductores metálicos, colocados entre la línea de energía eléctrica y el cable telefónico.

4.2.5 Cables telefónicos aéreos en cruce con líneas de energía eléctrica

Cuando exista cruce de redes de cables telefónicos con conductores de alta tensión, se efectuará una canalización subterránea para el cable telefónico.

Si esto no fuera posible, el cable telefónico será vinculado al mensajero en ambos postes donde ocurra el cruce, y al menos uno de estos postes

será aterrado.

4.2.6 Canalización subterránea

La pantalla del cable telefónico será vinculado al mensajero y la continuidad eléctrica del mensajero será mantenida.

4.3 Protección en la unión de cables telefónicos aéreos y subterráneos

En la unión de cables aéreos y subterráneos, las pantallas de los cables deberán ser eléctricamente vinculadas y aterradas.

4.4 Protección en la unión de cable telefónico aéreo con línea de acometida

En la unión cable telefónico línea de acometida, no será necesario la instalación de protectores, excepto cuando la distancia de la línea de acometida exceda de 400 metros. En este caso se utilizará en la unión, protectores de baja tensión.

4.5 Protección de cables telefónicos subterráneos y enterrados

Los cables telefónicos subterráneos y enterrados deberán tener sus pantallas aterradas al inicio y al fin del tendido, aterramientos adicionales podrán ser realizados para reducir el ruido.

En las cámaras subterráneas, donde pasan varios cables, las pantallas de los mismos serán vinculadas entre sí en un máximo de cada seis (6) empalmes.

En el caso de constatar la presencia de corrientes extrañas, la vinculación deberá ser aterrada.

4.5.1 Cables telefónicos subterráneos y enterrados próximos a cables subterráneos de Energía Eléctrica

En general, cuando un cable telefónico subterráneo o enterrado es colocado en las proximidades de un cable de energía eléctrica subterráneo, la pantalla de ambos cables es suficiente contra inducciones de campo eléctrico evitando sobretensiones y ruidos.

Sin embargo, en caso de accidentes en los cables de energía eléctrica, la corriente inducida puede ser peligrosa; por eso, deberá estudiarse una distancia mínima entre cables de acuerdo con la tensión del cable de energía eléctrica.

Para tensiones hasta 30 KV, se empleará una distancia mínima de 15 cm en concreto, o de 30 cm en tierra batida entre las paredes de los ductos.

Para tensiones mas elevadas, será necesario una distancia del orden de 1 m.

4.6 Protección de los equipos terminales de abonado

Los métodos de protección ya especificados para los equipos de la central pueden a menudo aplicarse con provecho a los equipos de abonado, conviene también

examinar los aspectos concretos que seguidamente se describen.

4.6.1 Grado de exposición

Las líneas que van a instalaciones próximas de centrales en zonas urbanas o industriales suelen estar poco expuestas a descargas gracias al efecto de apantallamiento de las numerosas estructuras metálicas cercanas.

Por otra parte, las líneas que van a instalaciones alejadas de zonas construidas pueden estar muy expuestas dada su longitud, la ausencia de un entorno protector, líneas aéreas hacia el terminal de abonado y alta resistividad de suelo.

La robustez mecánica de los cables aéreos en el terminal de abonado hace que el efecto de las descargas sea tanto mas grave, dado que por la propia línea pueden propagarse elevadas tensiones y corrientes.

4.6.2 Utilización de dispositivos de protección

Cuando las líneas están expuestas a perturbaciones frecuentes e importantes debidas a averías en las líneas de distribución de energía, puede limitarse la tensión de las líneas con relación al potencial de tierra local conectando dispositivos de protección entre los conductores de la línea y el terminal de toma de tierra.

4.6.3 Punto de unión común

Puede ocurrir que con las instalaciones del equipo terminal de abonado no se disponga de una toma de tierra de baja resistencia para los dispositivos de protección contra las sobretensiones, o que los costos de instalación de una toma de tierra apropiada de baja resistencia sean excesivos frente a los costos de otras instalaciones; por otra parte, el equipo terminal puede ubicarse junto a sistemas enterrados, como son las tuberías de agua, o ser alimentado en energía a partir de una red eléctrica.

CAPITULO V PUESTAS A TIERRA Y MEDICIONES

Una puesta a tierra es definida como un conjunto de elementos que permiten un contacto conductivo y permanente entre el medio y materiales, equipos, estructuras, instalados fuera de este medio; que permite dispersar las corrientes eléctricas por el terreno.

Los objetivos de una Puesta a Tierra son:

a) DE PROTECCION

- Proteger a personas evitando los voltajes peligrosos (diferencias de potencial) entre estructuras, equipos y el terreno, durante fallas o condiciones normales de operación.
- Limitar la tensión que con respecto a tierra pueda aparecer en cualquier elemento conductor de una instalación mediante un camino de baja impedancia de falla a fin de lograr la operación óptima de los dispositivos de protección.
- Facilitar el paso a tierra de las corrientes de defecto y de las descargas de origen atmosférico, conduciendo a tierra las corrientes provenientes de descargas atmosféricas.

b) DE SERVICIO

- En corriente alterna; servir como conductor de retorno a ciertas instalaciones, equipos como: instalaciones de energía eléctrica, puesta a tierra

del neutro en instalaciones de distribución.

- En corriente continua y señal; la puesta a tierra de tierra equipo de rectificación, tierra del equipo de conmutación, servicio comprende: del tierra del equipo de transmisión, tierra del equipo de medición, tierra de cables y continuidad de pantalla.

5.1 Partes de una puesta a tierra

5.1.1 Toma a tierra

Cuerpo conductor o conjunto de cuerpos conductores, en contacto eléctrico con tierra, utilizado para dispersar las corrientes eléctricas por el terreno.

5.1.2 Conductor de tierra

Conductor que enlaza la toma de tierra.

5.1.3 Varilla de tierra

Conductor en forma de barra al que están conectados, por un lado, el conductor de tierra y, por otro, el sistema de distribución de tierra.

5.1.4 Sistema de distribución de tierra

Conjunto de conductores que enlazan al colector de tierra las distintas partes que han de ponerse a tierra.

5.1.5 Instalación de tierra

Conjunto formado por la toma de tierra, conductor de tierra, varilla de tierra y el Sistema de Distribución de Tierra.

5.2 Equipos de medida

Los instrumentos utilizados y accesorios serán:

5.2.1 Medidor de resistencia a tierra VIBROGROUND, Modelo 251; o equivalente.

5.2.2 Equipo SPECIFIT EARTH RESISTENCE TESTER tipo 3244 YEW LTD, con sus respectivos accesorios, 5 electrodos de prueba; o equivalente

5.2.3 Conductores de enlace.

5.3 Recomendaciones generales

5.3.1 Elegir, cuanto sea posible, una zona plana o aproximadamente, representativa del terreno cuyas características se desconocen.

5.3.2 En el lugar de medición no existirán objetos metálicos enterrados que abarquen una zona grande; por ejemplo, tuberías, mallas de tierra, etc.

5.3.3 Si existen tuberías metálicas cuyo recorrido se conoce, la medición se efectuará en una línea perpendicular a la línea de tuberías.

5.3.4 Para la medición de las distancias, no se usarán winchas metálicas; en el caso de usarlas, levantarlas del suelo durante la medición.

5.3.5 Verificar la alimentación de los instrumentos.

5.4 Medición de resistividad de suelos

5.4.1 Se determinará la resistividad del suelo, mediante el método de los cuatro bastones de Wenner.

5.4.2 Ubicar los cuatro electrodos en línea recta,

separados una distancia "a"; generalmente 20 metros.

5.4.3 Introducir los electrodos los 2/3 de su longitud.

5.4.4 Se usará el equipo SPECIFIT EARTH RESISTENCE TESTER, tipo 3244, YEW LTD; o equivalente.

5.4.5 Se obtendrá la resistividad media del terreno, por medio de la fórmula

$$\rho = 2\pi aR$$

donde:

ρ : Resistividad del terreno, ohm-m

a Distancia entre electrodos, m

R Lectura del instrumento, ohm

5.4.6 Efectuar mediciones de resistividad del terreno en diferentes épocas, ya que depende fuertemente de la humedad y temperatura.

5.4.7 La disposición del instrumento y varillas se muestra en la Fig.11

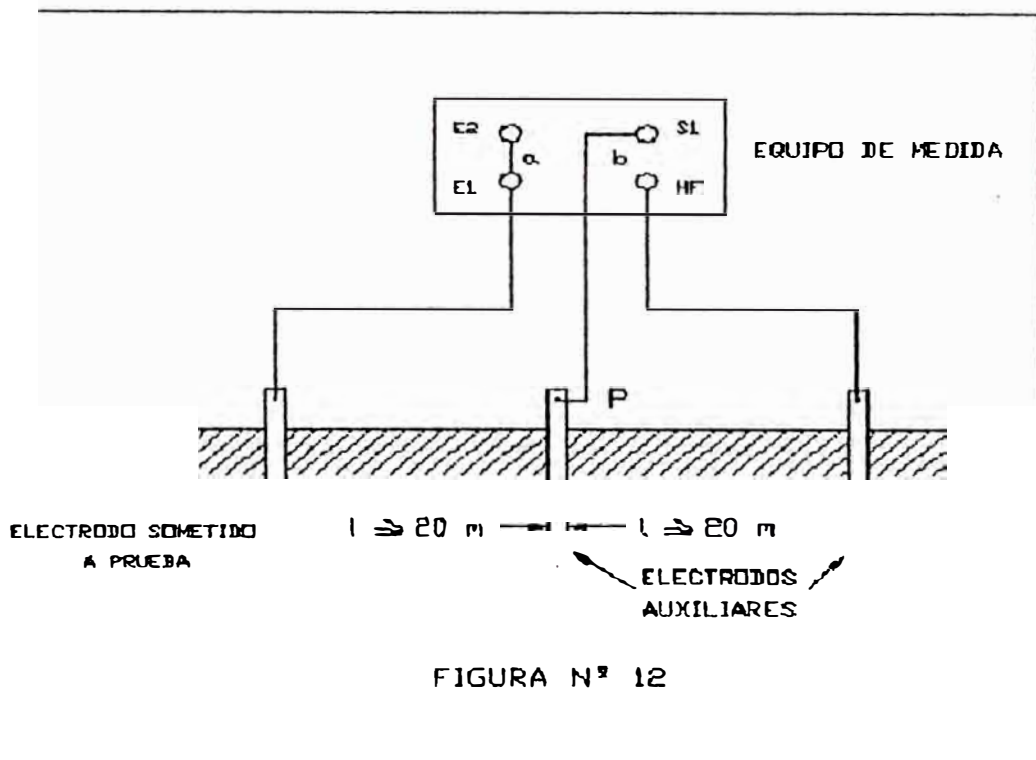
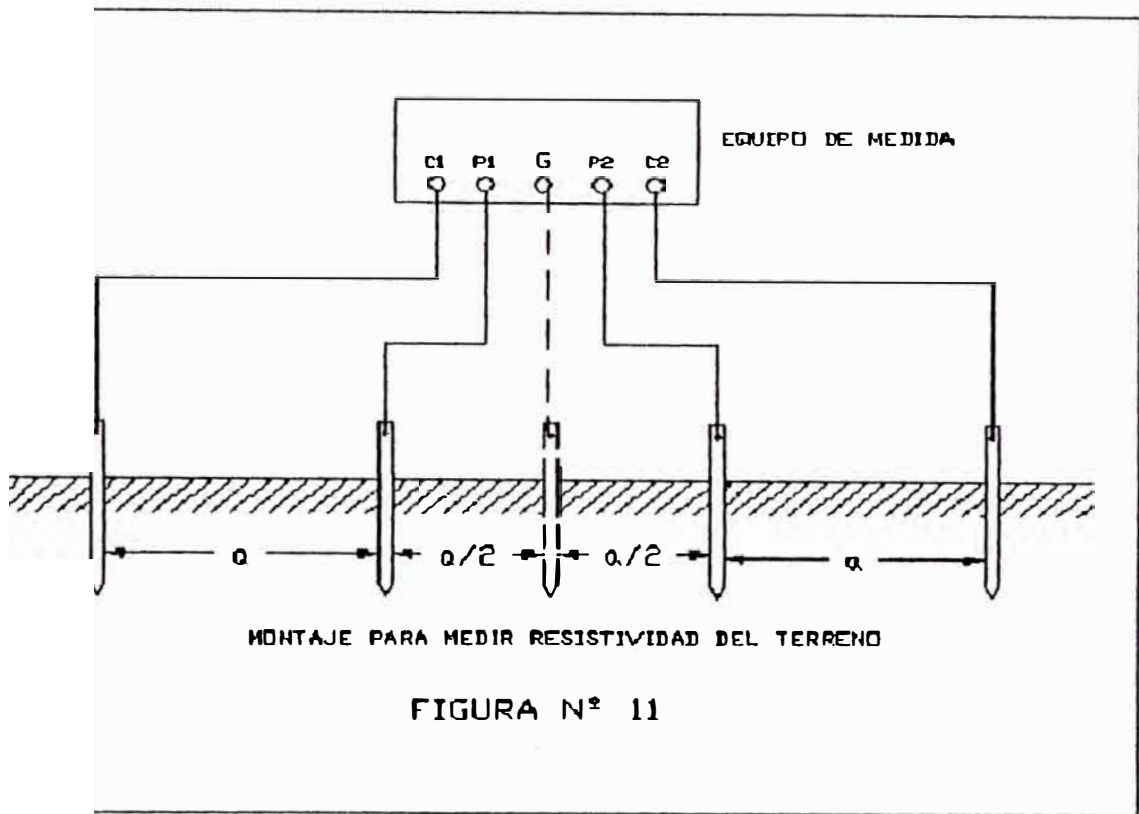
5.5 Medición de resistencia a tierra

5.5.1 En los postes de red aérea, desconectar el cable mensajero del sistema de tierra del cable.

En las cámaras, no se requiere de ninguna condición especial.

5.5.2 Ejecutar el montaje de la Fig. 12.

5.5.3 Manipular según instructivo de funcionamiento del equipo que se llegue a utilizar para esta medida.



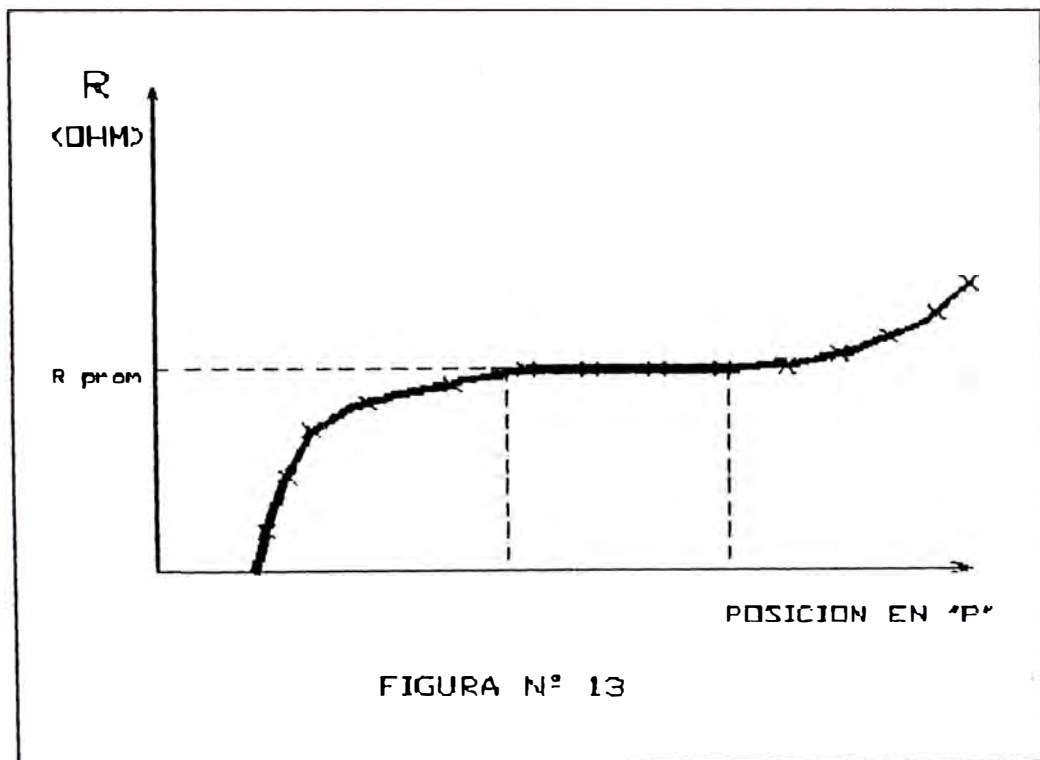
5.5.4 Tomar varias lecturas de resistencia para diferentes posiciones del electrodo "P". Ninguno

de los dos electrodos quedará dentro de su zona de influencia; recomendándose un mínimo de tres veces la longitud del electrodo bajo prueba.

5.5.5 Se tomará como valor para la resistencia, el que se obtiene en la zona más plana de la curva mostrada en la fig. 13

5.6 Valor de referencia

La Resistencia a Tierra tendrá un objetivo de 25 ohmios como máximo.



CONCLUSIONES

1. Siendo necesario la aplicación de una protección adecuada para nuestra Planta, presenté cuatro proyectos de Norma Técnica referentes al tema, que fueron aprobadas por la Alta Dirección de la empresa:
 - a) N-101-1005 "Estudio para el Proyecto de Protección Eléctrica"
 - b) N-101-3000 "Diseño de Protección Eléctrica de Planta Externa"
 - c) N-102-1005 "Instalación de Protección Eléctrica de Planta Externa"
 - d) N-102-3008 "Mediciones de Resistencia a Tierra"
2. La Norma Técnica N-101-1005 es un estudio que establece los conceptos básicos de protección a ser observados por la Compañía Peruana de Teléfonos en la elaboración de Proyectos de Protección Eléctrica; los procedimientos que se explican como la protección de cables subterráneos, cables aéreos y aparatos de abonado, son aplicados a los proyectos de Redes Telefónicas a ser implantadas, reformadas o ampliadas.
3. La Norma Técnica N-101-3000 describe los procedimientos y métodos para la realización de la protección eléctrica de la red de Planta Externa, y es aplicada por el personal del Area de Ingeniería de Planta Externa, Departamento de Construcción y Mantenimiento de Red.

La protección se efectuará desde el distribuidor principal (MDF) hasta la instalación del aparato de abonado, también involucra al personal que labora en nuestra Planta.

Protección en Oficinas Centrales

- a) Instalación de protectores primarios de estado sólido conectados a los bloques terminales verticales del distribuidor general.
- b) La estructura del distribuidor general estará solidamente puesta a tierra.
- c) Vincular entre sí los cables que entran a la OO.CC. y conectarlos al sistema de tierra.
- d) Los bloques terminales verticales serán vinculados entre sí y conectados a la platina de tierra del distribuidor general.

Protección de Cable Subterráneo

- a) Respetar las siguientes distancias de separación de los cables de energía eléctrica en caso de paralelismo:

8 700 V	0,30 m
> 8 700 V	0,60 m
- b) Interponer entre ambos cables, una pantalla construida de ladrillos o losetas de hormigón.
- c) Conectar a tierra la pantalla de los cables cada 500 m al inicio y final del tendido.
- d) En las cámaras, vincular la pantalla de los distintos cables.
- e) Asegurar la continuidad de pantalla.

- f) Alejar la puesta a tierra de los cables telefónicos de los sistemas de tierra de los cables de energía.

Protección de Cable Aéreo

- a) En todos los puntos de empalme, asegurar la continuidad de pantalla. Además, asegurar la continuidad de mensajero.
- b) Vincular la pantalla del cable y el mensajero en postes de subida, postes finales y tramos intermedios, donde se supere la distancia de 500 m y conectar a tierra.
- c) Evitar los cruces y/o paralelismo de las instalaciones de los cables de energía con los cables telefónicos.
- d) Respetar las siguientes distancias de separación de los cables de energía eléctrica en caso de paralelismo:

750 V	2,00 m
750 a 8 700 V	2,50 m
> 8 700 V	10,00 m
- e) Los cables telefónicos no se aterraran en postes donde haya aterramiento de red de energía eléctrica.

Protección de Armarios

- a) Conectar a tierra las estructuras metálicas del cuerpo del armario.
- b) Conectar a tierra las pantallas de los cables primarios y secundarios.

Protección de Cajas Terminales

- a) Los bornes terminales serán protegidos con descargadores de sobretensión y se agregará un retorno a tierra para la descarga de cada hilo.
- b) La pantalla de las colas de las cajas terminales, se conectará al terminal de tierra de la caja.
- c) Se vinculará el mensajero y la pantalla.

Protección del Alambre de Acometida

En caso de paralelismo y cruce con cables de energía, se tomarán en cuenta las distancias de separación mínima contenida en la protección de cables aéreos.

Protección del Aparato de Abonado

Colocar en el block de conexión descargadores de sobretensión con retorno a tierra y fusibles.

- 4. La Norma Técnica N-102-1005 establece los procedimientos a seguir para la instalación de los elementos de protección eléctrica en la Planta Externa y será aplicada por el personal encargado de la Construcción, Mantenimiento, Supervisión y Recepción de Obras.

Los valores de Resistencia a Tierra recomendados son:

Plantel Subterráneo	25 Ω
Plantel Aéreo	25 Ω
Armarios	25 Ω
Central Rotary y Pentaconta	3 Ω

- Central Digital 1 Ω

5. La Norma Técnica N-102-3000 establece los procedimientos a seguir para efectuar las mediciones de Resistencia a Tierra y verificar que ésta se encuentre dentro de los límites que proporcionen una adecuada protección de la red y del personal. Estas mediciones serán efectuadas por el personal de Construcción y Mantenimiento.
6. Los riesgos de sobretensiones y sobrecorrientes sólo pueden evaluarse debidamente en base a la experiencia. Se recomienda llevar las estadísticas de averías de una forma adecuada para ésa finalidad.
7. Hay que tener en cuenta que el comportamiento de un sistema de telecomunicaciones en lo que respecta a sobretensiones depende de
 - a) el entorno, es decir, magnitud y probabilidad de las sobretensiones que se producen en la red de líneas asociadas con el sistema,
 - b) los métodos de construcción utilizados en la red,
 - c) la insensibilidad a las sobretensiones de los equipos del sistema,
 - d) la instalación de dispositivos de protección,
 - e) la calidad del sistema de puesta a tierra previsto para el funcionamiento de los dispositivos de protección.
8. Cuando se examina el grado en que la red telefónica ha de soportar las sobretensiones, cabe distinguir dos tipos de fallos:

- a) fallos leves que sólo afectan a pequeñas partes del sistema
 - b) averías importantes, incendios, averías de centrales, que en la medida de lo posible, deben evitarse.
9. Se hace observar que una protección excesiva, mediante la instalación de dispositivos de protección innecesarios no sólo es antieconómica sino que puede afectar al comportamiento del sistema ya que los propios dispositivos de protección pudieran ocasionar averías.
10. La inducción provocada por líneas de transporte de energía puede minimizarse coordinando los trabajos de instalación de las líneas de energía y telefónicas.
11. Para reducir las interferencias de las ondas radioeléctricas sobre los sistemas de transmisión por portadoras; se solicitan cables con pantalla de aluminio, y colocando los extremos a tierra. En los empalmes, rodear los conductores con la misma pantalla.
12. En el caso de frecuencias vocales, se exige que los aparatos telefónicos tengan un circuito de protección para frecuencias radioeléctricas.

BIBLIOGRAFIA

1. Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico. Libro Rojo - Tomo IX
Protección contra las perturbaciones. Recomendación de la Serie K. Ginebra, UIT 1985
2. Sección Diseño Civil y Electromecánico. Dirección de Ingeniería de Telecomunicaciones. Instituto Costarricense de Electricidad.
Normas para Diseño de Mallas de Tierra.
Costa Rica, 1979
3. Norma TELEBRAS 224-3111-01/01. Serie Redes
Procedimiento para el Proyecto de Protección Eléctrica.
Principios Generales
Brasil, TELEBRAS, 1977
4. Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones INICTEL. División de Planta Externa.
Curso de Protección de Redes Telefónicas.
Lima, INICTEL, 1989
5. SINTEL. Manuales de información
Tomas de Tierra
Madrid, SINTEL SA, 1978
6. Administración de Electrificación Rural. Manual de Construcción e Ingeniería Telefónica. Sección 815
Protección Eléctrica del Cable Aéreo. Ed. IV 1969
7. Administración de Electrificación Rural. Manual de

Construcción e Ingeniería Telefónica. Sección 816
Protección Eléctrica del Cable Subterráneo. Ed. III
1972

8. LM Ericsson

Sobretensiones en las Redes de Telecomunicaciones
Estocolmo, 1980

DETERMINACION DE INDUCTANCIA MUTUA ENTRE LINEA DE ENERGIA ELECTRICA Y LINEA TELEFONICA

