



This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلًا.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

(C.C.I.T.T.)

QUINTA ASAMBLEA PLENARIA

GINEBRA, 4-15 DE DICIEMBRE DE 1972

LIBRO VERDE

TOMO IX

Protección

Parte 1 — Recomendaciones (serie K) y Cuestiones (Comisión V) relativas a la protección contra perturbaciones

Parte 2 — Recomendaciones (serie L) y Cuestiones (Comisión VI) relativas a la protección de las cubiertas de cable y de los postes



Publicado por la
UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

1973

COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

(C.C.I.T.T.)

QUINTA ASAMBLEA PLENARIA

GINEBRA, 4-15 DE DICIEMBRE DE 1972

LIBRO VERDE

TOMO IX

Protección

**Parte 1 — Recomendaciones (serie K) y Cuestiones (Comisión V) relativas a la protección
contra perturbaciones**

**Parte 2 — Recomendaciones (serie L) y Cuestiones (Comisión VI) relativas a la protección
de las cubiertas de cable y de los postes**



Publicado por la
UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

1973

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

**CONTENIDO DE LOS LIBROS DEL C.C.I.T.T.
EN VIGOR DESPUÉS DE LA QUINTA ASAMBLEA PLENARIA (1972)**

LIBRO VERDE

- Tomo I** — Actas e Informes de la Quinta Asamblea Plenaria del C.C.I.T.T.
— Resoluciones y Ruegos formulados por el C.C.I.T.T.
— Cuadro general de las Comisiones de estudio y Grupos de trabajo para el periodo 1973—1976.
— Cuadro recapitulativo de las Cuestiones en estudio durante el periodo 1973—1976.
— Texto de las Recomendaciones (serie A) relativas a la organización de los trabajos del C.C.I.T.T.
— Texto de las Recomendaciones (serie B) relativas a los medios de expresión.
— Texto de las Recomendaciones (serie C) relativas a estadísticas generales de telecomunicaciones.
- Tomo II A** — Recomendaciones (serie D) y Cuestiones (Comisión de estudio III) relativas al arriendo de circuitos.
— Recomendaciones (serie E) y Cuestiones (Comisión de estudio II) relativas a la explotación y tarificación telefónicas.
- Tomo II B** — Recomendaciones (serie F) y Cuestiones (Comisión de estudio I) relativas a la explotación y tarificación telegráficas.
- Tomo III** — Recomendaciones (series G, H y J) y Cuestiones (Comisiones de estudio XV, XVI, especial C y especial D), relativas a la transmisión en línea.
- Tomo IV** — Recomendaciones (series M, N y O) y Cuestiones (Comisión de estudio IV) relativas al mantenimiento de las líneas, circuitos y cadenas de circuitos internacionales
- Tomo V** — Recomendaciones (serie P) y Cuestiones (Comisión de estudio XII) relativas a la calidad de la transmisión telefónica y a los aparatos telefónicos.
- Tomo VI** — Recomendaciones (serie Q) y Cuestiones (Comisiones de estudio XI y XIII) relativas a la señalización y conmutación telefónicas.
- Tomo VII** — Recomendaciones (series R, S, T y U) y Cuestiones (Comisiones de estudio VIII, IX, X y XIV) relativas a la técnica telegráfica.
- Tomo VIII** — Recomendaciones (series V y X) y Cuestiones (Comisiones de estudio VII y especial A) relativas a la transmisión de datos.
- Tomo IX** — Recomendaciones (serie K) y Cuestiones (Comisión de estudio V) relativas a la protección contra las perturbaciones.
— Recomendaciones (serie L) y Cuestiones (Comisión de estudio VI) relativas a la protección de las cubiertas de cable y de los postes.

Cada tomo contiene también, en su caso:

- Definiciones de términos específicos empleados en la materia de que se trata;
- Suplementos informativos y documentales.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

INDICE

Primera parte — Recomendaciones (serie K) y Cuestiones relativas a la protección contra perturbaciones

<i>N.º de la Rec.</i>		<i>Páginas</i>
K. 1	Puesta a tierra de un circuito telefónico a frecuencias vocales en cable	9
K. 2	Protección de los sistemas de telealimentación de los repetidores contra las perturbaciones debidas a las líneas eléctricas próximas	10
K. 3	Perturbaciones provocadas por señales a frecuencias vocales inyectadas en una red de distribución de energía	10
K. 4	Perturbaciones causadas a la señalización	10
K. 5	Utilización de postes comunes para las telecomunicaciones y el suministro de energía eléctrica	11
K. 6	Precauciones que deben tomarse en los cruces	11
K. 7	Dispositivos de protección contra los choques acústicos	13
K. 8	Separación en el suelo de las instalaciones de telecomunicación y de las instalaciones de transporte de energía eléctrica	14
K. 9	Protección del personal y de las instalaciones de telecomunicación contra un gradiente de potencial de tierra elevado debido a una línea de tracción eléctrica vecina	16
K.10	Desequilibrio de las instalaciones de telecomunicación	17
K.11	Utilización de pararrayos de gas enrarecido y de fusibles	17
K.12	Especificaciones sobre las condiciones que deben reunir los pararrayos de tubo de descarga para la protección de instalaciones de telecomunicación	18
K.13	Tensiones inducidas en los conductores de cables aislados por medio de materia plástica	32
K.14	Empleo de un blindaje metálico en cables de cubierta plástica	33
K.15	Protección de las instalaciones de telealimentación y de los repetidores de línea contra las perturbaciones debidas a las líneas eléctricas próximas	34
K.16	Método simplificado de cálculo para evaluar los efectos de inducción magnética de las líneas eléctricas en los repetidores telealimentados de los sistemas de telecomunicación por pares coaxiales	38
	Cuestiones confiadas a la Comisión de estudio V — Texto	76
	— Cuadro recapitulativo	61

Segunda parte — Recomendaciones (serie L) y Cuestiones relativas a la protección de las cubiertas de cable y de los postes

L.1	Protección contra la corrosión	79
L.2	Impregnación de los postes de madera	79
L.3	Armaduras de los cables	80
L.4	Cubiertas de cable de aluminio	82
L.5	Cubiertas de cable fabricadas con metales distintos del plomo y del aluminio	85
	Cuestiones confiadas a la Comisión de estudio VI — Texto	87
	— Cuadro recapitulativo	120

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

PROTECCIÓN

NOTA PRELIMINAR

A fin de facilitar la redacción de las Recomendaciones contenidas en el presente Tomo, la expresión “Administración” se utiliza en las mismas para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa privada de explotación de telecomunicaciones reconocida.

PRIMERA PARTE

RECOMENDACIONES DE LA SERIE K Y CUESTIONES RELATIVAS A LA PROTECCIÓN CONTRA PERTURBACIONES¹

RECOMENDACIONES DE LA SERIE K

Recomendación K.1 (*Nueva Delhi, 1960*)

PUESTA A TIERRA DE UN CIRCUITO TELEFÓNICO FRECUENCIAS VOCALES EN CABLE

Introducción

En el estado actual de la técnica, los cables pueden construirse de modo que las capacidades de los diversos circuitos a frecuencias vocales estén exactamente equilibradas con relación a la cubierta.

Este equilibrio de las capacidades es suficiente cuando se trata de circuitos desprovistos de toda puesta desequilibrada a tierra.

En cambio, cada puesta a tierra, incluso con un equilibrio aparente, puede dar lugar a que influyan los desequilibrios de inductancia y de resistencia de cada uno de los circuitos en los que se hace esta puesta a tierra.

La rigidez dieléctrica entre los conductores de un cable es mucho más reducida que la que existe entre estos conductores y la cubierta y, en consecuencia, la puesta a tierra de algunos de dichos conductores podría ocasionar la ruptura del dieléctrico que separa a los conductores si se somete el cable a una fuerte inducción.

Cuando un cable cargado está sometido a una fuerza electromotriz inducida elevada, la presencia de puestas a tierra permite el paso de corrientes cuya intensidad podría exceder en ciertos casos del límite admisible para la buena conservación de las propiedades magnéticas de las bobinas de carga.

El C.C.I.T.T. *recomienda*, pues, *por unanimidad*:

Que en los circuitos a frecuencias vocales no se hagan puestas a tierra en punto alguno, salvo si todos los bobinados de línea de los transformadores están conectados permanentemente a la cubierta mediante conexiones de poca resistencia en uno o en ambos extremos del cable.

Que, en general, no se efectúe ninguna puesta a tierra en ningún punto de una instalación (telefónica o telegráfica) conectada metálicamente, a una línea de cable de larga distancia.

Que, no obstante, si, por razones especiales, hay que poner a tierra una instalación conectada directamente a circuitos a frecuencias vocales, se tomen las precauciones siguientes:

- a) La puesta a tierra se efectuará de manera que no influya en la simetría del circuito con relación a tierra y a los circuitos próximos.
- b) La tensión de ruptura del conjunto de todos los demás conductores del cable, con relación a los conductores del circuito conectado a tierra, deberá ser muy superior a la tensión más elevada que, como consecuencia de la inducción de las líneas de energía próximas, pudiera existir entre esos conductores y los del circuito conectado a tierra.
- c) Cuando la instalación conectada al cable sea una instalación telegráfica, procederá, además, ajustarse a las Recomendaciones del C.C.I.T.T. sobre las condiciones de coexistencia de la telefonía y de la telegrafía (Recomendaciones de la serie H, tomo III del *Libro Verde*).

¹ Véanse también las *Directrices para la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas eléctricas*.

Recomendación K.2 (Nueva Delhi, 1960)**PROTECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TELEALIMENTACIÓN DE LOS REPETIDORES
CONTRA LAS PERTURBACIONES DEBIDAS A LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS PRÓXIMAS**

Para evitar que el funcionamiento de la telealimentación de los repetidores sea perturbado por la inducción magnética de una línea eléctrica próxima o como consecuencia de un acoplamiento galvánico con una línea eléctrica próxima, el C.C.I.T.T. recomienda que el sistema de telealimentación de los repetidores se establezca siempre que sea posible de forma que el circuito por el que circulen las corrientes de telealimentación, habida cuenta de los órganos a él conectados, se mantenga equilibrado con relación a la cubierta y a tierra.

Recomendación K.3 (Nueva Delhi, 1960)**PERTURBACIONES PROVOCADAS POR SEÑALES A FRECUENCIAS VOCALES
INYECTADAS EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA**

Si los servicios de distribución de energía eléctrica recurren para la explotación de sistemas de telex a la inyección de señales a frecuencias vocales en la red de distribución de energía, estas señales pueden perturbar las líneas de telecomunicación próximas.

Las fórmulas de las *Directrices* permiten calcular estas perturbaciones y determinar el valor de las tensiones y de las corrientes perturbadoras equivalentes de esas señales a frecuencias vocales.

Recomendación K.4 (Ginebra, 1964)**PERTURBACIONES CAUSADAS A LA SEÑALIZACIÓN**

Para disminuir las perturbaciones causadas por la proximidad de líneas eléctricas de corriente continua o alterna a la señalización de corriente continua o alterna de frecuencia industrial en líneas de telecomunicación de hilos aéreos, cables aéreos o enterrados o líneas mixtas, conviene examinar la posibilidad de adoptar, en los casos en que puedan producirse perturbaciones de este tipo, o en todos aquéllos en que hayan sido ya observadas, uno o varios de los métodos siguientes:

- Estudio y aplicación de sistemas: a) que mantenga en todas las circunstancias el equilibrio¹ del circuito de señalización con respecto a la tierra, incluso durante las operaciones de conmutación, y b) que aun estando equilibrados, no sean sensibles a las perturbaciones debidas a las corrientes longitudinales favorecidas por las puestas a tierra, directas o indirectas.
- Elección del emplazamiento de las tomas de tierra de las centrales telefónicas de modo que estén alejadas, en particular, de las líneas de tracción eléctrica y de los electrodos de puesta a tierra de los sistemas de energía eléctrica.
- Adopción de disposiciones que reduzcan las corrientes inducidas (utilización de cables telefónicos con un bajo factor de reducción, de transformadores reguladores en las líneas de tracción monofásicas, etc.) y que faciliten la utilización de los sistemas de señalización existentes.

¹ Véase el capítulo XVI de las *Directrices*, edición de 1963.

- Utilización de transformadores-neutralizadores para compensar en los circuitos de telecomunicación las corrientes producidas por las tensiones inducidas.
- Utilización de circuitos sintonizados para asegurar una impedancia elevada en las frecuencias de la corriente perturbadora.

Observación. — Las *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas eléctricas* mencionan un límite de 60 V para la tensión inducida en las líneas de telecomunicación. Este límite concierne exclusivamente a la seguridad del personal y no tiene por finalidad garantizar que no se producirá perturbación alguna en los sistemas de señalización. En el caso de sistemas de señalización desequilibrados con relación a tierra, tales perturbaciones pueden ser producidas por tensiones mucho más débiles, como se indica en las *Directrices* (edición de 1963, capítulo V, sección 3, N.º 45).

Recomendación K.5 (Ginebra, 1964)

UTILIZACIÓN DE POSTES COMUNES PARA LAS TELECOMUNICACIONES Y EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se invita a las administraciones de telecomunicación que deseen emplear soportes comunes para las líneas de telecomunicación de hilo aéreo o de cable y para las líneas eléctricas, a que tengan en cuenta, cuando las leyes y reglamentos nacionales permitan adoptar tal medida, las siguientes consideraciones de orden general:

1. La utilización conjunta de postes por las administraciones de telecomunicación y las compañías de electricidad puede ser ventajosa desde el punto de vista económico y estético.

2. Aun empleando métodos apropiados, la construcción de soportes comunes implica, comparada con los métodos ordinarios de construcción, mayores riesgos, tanto para el personal que trabaja en las líneas de telecomunicación como para las instalaciones mismas. Es muy conveniente dar una formación especial al personal que trabaje en estas líneas, especialmente si las líneas eléctricas son de alta tensión.

3. Se recomienda que se respeten las disposiciones de las *Directrices* relativas a los riesgos, a las perturbaciones y a la seguridad del personal (véanse los capítulos IV, V y XX de las *Directrices* edición de 1963).

4. Es conveniente que se concierten acuerdos especiales entre las administraciones de telecomunicación y las compañías de electricidad interesadas en la utilización conjunta de los postes, con el fin de definir sus responsabilidades respectivas.

5. En caso de coexistencia en cortas secciones (por ejemplo, del orden de 1 km) bastará casi siempre con tomar algunas precauciones sencillas para que las perturbaciones provocadas por la inducción magnética o la influencia eléctrica sean tolerables.

Recomendación K.6 (Ginebra, 1964)

PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE EN LOS CRUCES

Introducción

Los cruces de líneas aéreas de telecomunicación y líneas eléctricas son peligrosos para el personal y para el equipo.

Los organismos responsables de diversos países han tomado determinadas disposiciones de las que se derivan normas aplicables en el plano nacional. Estas normas son a veces inconsecuentes y las medidas adoptadas no siempre son eficaces.

Habida cuenta del estado actual de la técnica y de la experiencia adquirida en los diferentes países, el C.C.I.T.T. estima posible formular una recomendación sobre las disposiciones que parecen más convenientes.

Los distintos países podrán eventualmente inspirarse en ella para dictar o revisar sus reglamentos nacionales.

Se recomienda, pues, que cuando una línea de telecomunicación deba cruzar una línea eléctrica se utilice un cable subterráneo para la línea de telecomunicación en el lugar del cruce, o se conserve el tendido aéreo.

1. Línea enterrada

Este método no es siempre recomendable, puesto que en caso de ruptura del conductor eléctrico el cable subterráneo puede encontrarse en una zona en la que el potencial de tierra alcance un valor elevado. Si el cable está provisto de una cubierta metálica desnuda, esta situación será tanto más peligrosa cuanto más alta sea la tensión de la línea eléctrica, más corta la sección de cable y más elevada la resistividad del suelo. Esta situación de peligro se presenta igualmente cada vez que en las torres próximas al cable se produce una derivación a tierra.

Si las circunstancias exigen que la línea aérea pase por un cable, se tomarán precauciones especiales en el punto de cruce, por ejemplo:

- Revestimiento con una materia aislante de la cubierta metálica del cable en los cruces, y
- Utilización de un cable cuya cubierta sea totalmente de materia plástica.

2. Tendido aéreo

No puede recomendarse de manera general el método consistente en interponer entre la línea eléctrica y la línea de telecomunicación un hilo de guarda o una red.

De todos modos, y cualesquiera que sean las circunstancias, hay que dejar una separación vertical mínima entre la línea de telecomunicación y la línea eléctrica, de conformidad con las normas nacionales.

Además, se pueden adoptar diversas disposiciones para disminuir los riesgos:

2.1 *Utilización de soportes comunes* en el punto de cruce, a reserva de que los aisladores de la línea de telecomunicación presenten una mayor resistencia a la ruptura.

2.2 *Aislamiento de los conductores*, de preferencia los de telecomunicación, a reserva de que este aislamiento esté realmente adaptado a las condiciones existentes.

2.3 *Refuerzo de la construcción* de la línea eléctrica en el punto de cruce, con el fin de reducir los riesgos de ruptura.

3. Circunstancias en las que pueden aplicarse estas disposiciones (2.1, 2.2, 2.3)

La aplicación de estos métodos depende esencialmente de la tensión de la línea de energía eléctrica. Las distintas tensiones que han de considerarse no están ligadas a la normalización de la Comisión Electrotécnica Internacional (C.E.I.), habida cuenta de las exigencias especiales del problema planteado.

3.1 *Redes que funcionen con tensiones inferiores o iguales a 600 V*

Disposiciones que han de tomarse: las que se indican en 2.1 ó 2.2, o ambas a la vez.

3.2 *Redes que funcionen con tensiones superiores o iguales a 60 kV*

(En especial, las redes llamadas de "gran seguridad de servicio" según las *Directrices* — edición de 1963, capítulo preliminar, punto 3.2.3).

Disposición que ha de tomarse: la que se indica en 2.3, en caso necesario.

3.3 *Redes con tensiones intermedias*

Dada la diversidad de tensiones, de características mecánicas de las líneas y de modos de explotación en la gama comprendida entre 600 V y 60 kV, no es posible formular recomendaciones precisas.

No obstante, podrán aplicarse una o varias de las disposiciones descritas anteriormente; algunos casos particulares requieren un estudio detallado, efectuado en estrecha colaboración con los servicios interesados.

Recomendación K.7 (Ginebra, 1964)**DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LOS CHOQUES ACÚSTICOS**

En circunstancias desfavorables, pueden producirse en los terminales del receptor de un aparato telefónico altas crestas de tensión de corta duración que causen en la cápsula receptora presiones acústicas tan intensas que expongan el oído humano y el sistema nervioso a graves trastornos. Estas crestas de tensión pueden producirse principalmente cuando los pararrayos insertados entre los dos conductores de una línea telefónica no funcionen simultáneamente, lo que hará que recorra el aparato telefónico una corriente de compensación. Por este motivo, el C.C.I.T.T. recomienda el empleo de dispositivos de protección contra los choques acústicos, especialmente en el caso de líneas dotadas de pararrayos de gas enrarecido, para la protección contra tensiones inducidas excesivamente elevadas (véase el capítulo 1/6 de las *Directrices*, página 16).

El montaje del dispositivo que comprende, por ejemplo, dos rectificadores conectados en paralelo y en sentido opuesto, u otros elementos semiconductores, ha demostrado ser un medio eficaz y económico de suprimir choques de tensión de corta duración en el receptor del aparato telefónico y de evitar los riesgos consiguientes para el oído humano. En este caso, los dos rectificadores se conectan directamente en paralelo al receptor telefónico.

Para adaptarse a las condiciones de construcción del resto del equipo, permitir el rápido control de la capacidad de funcionamiento de los dispositivos de protección contra los choques acústicos, y no reducir en un grado inadmisiblemente la calidad de transmisión telefónica, se recomienda que estos dispositivos tengan las siguientes características:

1. Sus dimensiones deben ser tales que ocupen un espacio reducido (y puedan ser colocados, por ejemplo, en un receptor telefónico de operadora o de abonado).
2. Han de ser de construcción robusta. Sus características eléctricas no deben modificarse en las condiciones de temperatura y de humedad que puedan existir en el lugar en que sean utilizados.
3. Deben concebirse en función de las características de los receptores telefónicos con los que hayan de emplearse más frecuentemente, de modo que no se calienten demasiado durante su funcionamiento.
4. Deben concebirse de modo que durante el funcionamiento del dispositivo de protección contra las sobretensiones en las líneas (por ejemplo, cebado y funcionamiento de los pararrayos de gas enrarecido), la amplitud de la presión producida por el diafragma del receptor telefónico no exceda de unos 120 dB por encima de $2 \cdot 10^{-4}$ microbarias en 1000 Hz.

Observación. — Las pruebas han demostrado que el dispositivo de protección del tipo antes mencionado posee propiedades que permiten satisfacer esta condición sin dificultad en presencia de impulsos de sobretensión y no de una sobrecarga de tensión continua.

5. En el cuadro siguiente se indican, para ciertos dispositivos de protección utilizados con un aparato telefónico determinado, los límites de atenuación (medida con una señal sinusoidal de 800 Hz) que conviene respetar para cierto número de niveles de la tensión aplicada a los terminales de ese aparato. Se supone que la impedancia de línea es de 600 ohmios. Para estas mediciones, el receptor se sustituye por una resistencia pura de valor correspondiente al módulo de la impedancia del receptor a 800 Hz y la atenuación se expresa por la relación de las tensiones (en unidades de transmisión) en los terminales de esta resistencia, con y sin dispositivo de protección.

Las mediciones deben hacerse con un instrumento que indique los valores eficaces (o, eventualmente, valores medios rectificados).

Nivel de tensión en los terminales (Nivel de referencia: 0,775 V)	Atenuación
<u>Decibelios</u>	<u>Decibelios</u>
- 17,4	< 0,43
- 8,7	< 0,43
0	≤ 1,7
+ 8,7	> 5,2
+ 17,4	> 10,4
+ 26,1	> 15,6

Cuando se estudie un nuevo tipo de dispositivo, puede ser útil hacer algunas mediciones análogas para cerciorarse de que los valores medios de las atenuaciones de inserción son del mismo orden en las frecuencias comprendidas entre 200 y 4000 Hz.

6. Las administraciones que lo deseen, pueden determinar los límites que han de especificarse para las pruebas de recepción del dispositivo de protección que estimen apropiado para sus aparatos telefónicos y que reúna las condiciones del precedente punto 5 midiendo directamente la atenuación de inserción de un espécimen de este dispositivo entre resistencias que representen el receptor y el circuito asociado de sus aparatos telefónicos y dando los resultados de esas mediciones como valores límite de la atenuación de inserción medida entre los valores de resistencia utilizados.

7. Conviene señalar que las armónicas producidas durante el funcionamiento del dispositivo en la forma indicada en el punto 4 anterior, resultantes de la falta de linealidad de las características del dispositivo, pueden contribuir a la amplitud de presión. No obstante, los efectos perjudiciales de las armónicas no se manifiestan cuando se cumplen las condiciones del punto 5.

Recomendación K.8 (Mar del Plata, 1968)

SEPARACIÓN EN EL SUELO DE LAS INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIÓN, Y DE LAS INSTALACIONES DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El valor posible de las tensiones en el suelo en las inmediaciones de los cables de telecomunicación depende de ciertos factores como la tensión de la red eléctrica, la intensidad de la corriente de pérdida, la resistividad del suelo, la disposición de la red eléctrica y de las instalaciones de telecomunicación, y de otras características locales. No se pueden, pues, sugerir reglas generales para la separación mínima que se ha de recomendar. En principio, la influencia de la red de energía eléctrica en la instalación de telecomunicaciones deberá determinarse mediante pruebas cuando se sospeche que pueden producirse tensiones excesivas. No obstante, a menudo tales pruebas pueden dar lugar a trabajos prohibitivos. La experiencia ha demostrado que no surge la menor dificultad si se supone una distancia de por lo menos 10 metros entre la instalación de telefonía y la base de una torre, a condición de que no sea demasiado alta la resistividad del suelo (algunos cientos de ohmios/metro) y de que no haya ningún factor, conocido o supuesto, que pueda hacer insuficiente esa separación. En efecto, puede ocurrir que en ciertas circunstancias sea necesario aumentar la separación; así, en Suecia ha habido que aumentarla a 50 m cuando los parámetros del suelo tenían valores extremos.

Por otra parte puede ocurrir que no sea necesaria una separación de 10 metros, y en ciertos países se ha comprobado que, en casos bien determinados, basta una separación de dos metros o menos (véase el anexo).

Si las condiciones locales impiden mantener la separación necesaria, se puede proveer al cable de telecomunicación de un aislamiento adecuado en la zona en que la tensión en el suelo puede ser excesiva (por ejemplo, instalándolo en una canalización o empleando un revestimiento aislante).

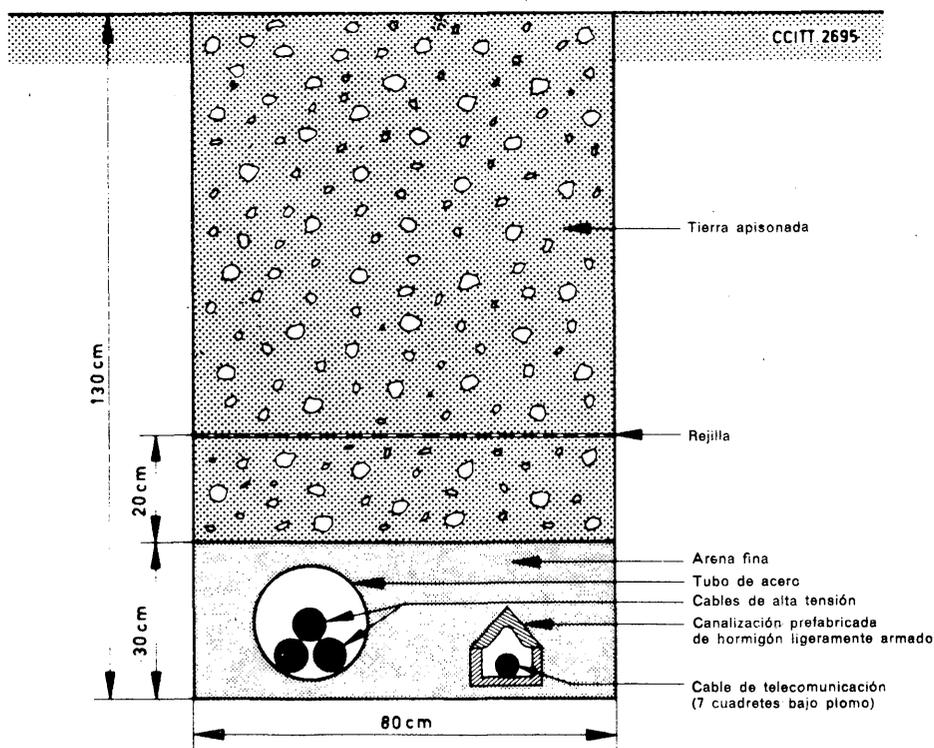
ANEXO
(a la Recomendación K.8)

Información proporcionada por la C.I.G.R.E. (1964–1968)

El croquis que figura a continuación representa un caso práctico realizado en la región parisina, con un cable de telecomunicación tendido en la misma zanja que un cable de alta tensión de 225 kV, a lo largo de 4911 m. Los tres cables monofásicos están dentro de un tubo de acero puesto cuidadosamente a tierra en sus extremos, mientras que el cable de telecomunicación (7 cuadretes bajo plomo) está colocado en una canalización prefabricada de hormigón ligeramento armado.

Las mediciones de inducción hechas para varios valores de corriente de cortocircuito han puesto de manifiesto en la totalidad del circuito de telecomunicación (4911 metros) las siguientes fuerzas electromotrices inducidas:

Corriente de cortocircuito (amperios)	100	200	400
F.e.m. inducida (voltios por amperio)	0,055	0,046	0,036



Zanja común para un cable de alta tensión y un cable de telecomunicación

Recomendación K.9 (Mar del Plata, 1968)**PROTECCIÓN DEL PERSONAL Y DE LAS INSTALACIONES DE
TELECOMUNICACIÓN CONTRA UN GRADIENTE DE
POTENCIAL DE TIERRA ELEVADO DEBIDO A
UNA LÍNEA DE TRACCIÓN ELÉCTRICA VECINA***Consideraciones generales*

Desde el punto de vista técnico, las precauciones tomadas en los ferrocarriles electrificados para proteger al personal y a las instalaciones, pueden diferir en función de diversas particularidades, principalmente de las siguientes:

- valor de la resistividad del suelo;
- equipo eléctrico de la línea ("circuitos de vía"), exigido por las instalaciones ferroviarias de seguridad, que puede oponerse a la conexión sistemática al carril de las estructuras metálicas próximas a la vía;
- en el caso de electrificaciones de corriente alterna, la presencia o la ausencia de transformadores reguladores modifica en cierta medida las características de los dispositivos de protección que se han de utilizar;
- el grado de aislamiento de las líneas de contacto, que puede también influir en la naturaleza de esos dispositivos, sobre todo en el caso de líneas electrificadas con una tensión relativamente baja, como las líneas de corriente continua de 1500 voltios;
- el método que se ha de recomendar para conectar al carril una estructura metálica en caso de sobre-tensión, sin conexión permanente (mediante, por ejemplo, un descargador).

Líneas electrificadas con corriente alterna

Cuando no existan instalaciones de seguridad que impidan conectar al carril las estructuras metálicas próximas a la vía, se recomienda conectar sistemáticamente al carril esas estructuras, por ejemplo, las que se encuentren a menos de determinada distancia de la vía.

De ser imposible conectar esas estructuras al carril, se recomienda ponerlas a tierra mediante un electrodo de resistencia suficientemente baja.

Líneas electrificadas con corriente continua

Las medidas de protección deben también, en su caso, tener en cuenta la necesidad de evitar los riesgos de corrosión electrolytica. Esas medidas pueden consistir en conectar al carril únicamente las estructuras metálicas suficientemente aisladas del suelo, en conectarlas al carril por medio de descargadores o, por último, en no conectar al carril ni poner a tierra las estructuras metálicas que soporten líneas de contacto suficientemente aisladas y para una tensión de servicio lo bastante baja.

Cables de telecomunicación

En las nuevas instalaciones se recomienda que, en las proximidades de los carriles, a la entrada de las subestaciones y al atravesar puentes metálicos se tiendan cables revestidos de materia plástica, eventualmente de gran rigidez dieléctrica, a fin de evitar todo contacto entre los cables y esas estructuras.

No obstante, en el caso de cables con cubierta metálica ya existentes, la conexión de las cubiertas de cable al carril puede ser una buena solución, al menos en las grandes estaciones.

Condiciones que deben reunir las instalaciones de C.T.T. próximas a líneas electrificadas

Las principales precauciones que deben tomarse para su protección son las siguientes:

- ubicación de las instalaciones fuera de la zona de peligro
- instalación de un blindaje protector
- sustitución de los elementos metálicos por elementos aislantes, sobre todo para las vainas o cubiertas de los cables y para los armarios y cajas de repartidores.

Observación. — Las citadas recomendaciones se basan únicamente en consideraciones técnicas que hay que examinar con atención en cada caso. Queda entendido que las Administraciones deberán ajustarse a la reglamentación y a la legislación en vigor en sus respectivos países.

Recomendación K.10 (*Mar del Plata, 1968*)

DESEQUILIBRIO DE LAS INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIÓN

Para mantener un equilibrio satisfactorio de las instalaciones de telecomunicación y de las líneas a ellas conectadas, se recomienda que los valores mínimos admisibles, en lo que concierne al equilibrio, sean de 40 dB (de 300 a 600 Hz) y de 46 dB (de 600 a 3400 Hz). Esta recomendación de carácter general no excluye en modo alguno la posibilidad de indicar, en otras Recomendaciones del C.C.I.T.T.¹ valores mínimos más elevados apropiados para necesidades particulares.

Recomendación K.11 (*Ginebra, 1972*)

UTILIZACIÓN DE PARARRAYOS DE GAS ENRARECIDO Y DE FUSIBLES

Para proteger los equipos contra las sobretensiones de las líneas, se recomienda el empleo de pararrayos de gas enrarecidos con una pequeña tensión de formación de choque por descarga, porque ello permite cierta simplificación en los sistemas de protección descritos a continuación.

En las líneas de telecomunicación los pararrayos deberán ajustarse a las especificaciones de la Recomendación K.12.

Al actuar así, se tomarán las precauciones siguientes:

- a) Los pararrayos estarán conectados por conductores lo más cortos posible a los puntos entre los que se encuentra el aislamiento que hay que proteger contra la perforación. (Ejemplo: en el paso de una línea aérea a un cable, los pararrayos deberán estar conectados entre los conductores y la cubierta metálica del cable.)
- b) Para asegurar la protección contra sobretensiones atmosféricas, en las regiones que no están especialmente expuestas a las tormentas, conviene montar los pararrayos en los extremos de una línea aérea o de un cable aéreo de cubierta de baja conductividad, en el paso de la línea a un cable subterráneo o en la instalación en los edificios.

Los fusibles no contribuyen nada a la protección contra las sobretensiones atmosféricas y disminuyen la seguridad de funcionamiento de las instalaciones.

- c) En las regiones muy expuestas a las tormentas, puede recomendarse también intercalar pararrayos en los puntos de conexión de los aparatos a los cables subterráneos; si existe una diferencia importante entre la rigidez dieléctrica de los aparatos y la del cable.

Esto se aplica en gran medida a los cables previstos de una cubierta de mala conductividad en contacto con el suelo.

¹ Véanse en particular la Recomendación Q.45 y la continuación del estudio por el C.C.I.T.T., en 1973-1976, de su Cuestión 13/V.

- d) Cuando se trata de líneas que pueden entrar en contacto directo con una línea de baja tensión, hay que emplear pararrayos que, en caso de sobrecarga, formen un cortocircuito en una gama de corriente lo más amplia posible.

En el caso de líneas aéreas no aisladas que pueden entrar en contacto directo con una línea de baja tensión, puede ocurrir que el funcionamiento de los pararrayos, dejen pasar corrientes elevadas superiores tal vez a 50 A que podrían circular durante algún tiempo y provocar un calentamiento excesivo de los conductores. En este caso especial, tal vez convenga instalar fusibles en el lado de la línea de los pararrayos. Esos fusibles deben ser capaces de soportar corrientes elevadas (por ejemplo, superiores a 20 A).

Sin embargo, especialmente en el caso en que la tensión de servicio de la red de baja tensión no permita el cebado de los pararrayos, la mejor solución consiste en aislar los conductores en el punto de cruce (véase la Recomendación K.6, Ginebra, 1964).

- e) En las líneas sometidas a los efectos de inducción magnética, la corriente en los conductores de tales líneas, en caso de cebado en los pararrayos, puede alcanzar valores importantes, sobre todo en líneas aéreas muy inducidas en que la resistencia de los conductores sea bastante baja. Esto debe tenerse en cuenta al calcular los parámetros y las tomas de tierra.
- f) La rigidez dieléctrica de los aparatos y cables conectados a las líneas debe coordinarse con la tensión de formación del arco de los pararrayos. Los aparatos cuyos componentes (por ejemplo, semiconductores) son especialmente sensibles, deben tener una protección integrada estando asociados los elementos de protección a dichos componentes.

Recomendación K.12 (Ginebra, 1972)

ESPECIFICACIONES SOBRE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS PARARRAYOS DE TUBO DE DESCARGA PARA LA PROTECCIÓN DE INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIÓN

Preámbulo

Es cada vez más importante proteger las líneas de telecomunicación contra las perturbaciones exteriores (descargas atmosféricas, efectos de las líneas e instalaciones de energía eléctrica). Por una parte, ha aumentado la sensibilidad de las instalaciones de telecomunicaciones con la introducción de los semiconductores y, por otra, los riesgos que presentan las instalaciones de alta tensión, son mayores por el inevitable desarrollo de éstas.

Es menester pues, que las administraciones telefónicas y los demás usuarios de las redes de telecomunicación puedan disponer de dispositivos de protección de alta calidad; muy seguros y dignos de toda confianza.

Entre los dispositivos protectores, los más utilizados son sin duda los pararrayos.

En el presente documento se indican las condiciones primordiales que deben satisfacer los pararrayos con electrodos en atmósfera gaseosa, destinados a proteger las instalaciones de telecomunicación.

La especificación trata tanto de las características de los pararrayos como de su confiabilidad.

Las características de funcionamiento exigidas pueden variar según las aplicaciones proyectadas, y las tolerancias, podrán ser más o menos estrictas pero la confiabilidad es el factor fundamental. Sea cual fuere el tipo de pararrayos de tubo de descarga utilizado, su confiabilidad ha de ser muy elevada.

1. Consideraciones generales

1.1 Los pararrayos de tubo de descarga (llamados a veces de gases enrarecidos), se utilizan para proteger las líneas de telecomunicación aéreas y subterráneas de las sobretensiones que pueden producir las descar-

gas atmosféricas o las instalaciones de energía eléctrica (inducción magnética, contacto entre líneas de transporte de energía y líneas de telecomunicación) con el fin de evitar todo riesgo;

- a) a las líneas de telecomunicación y al equipo a ellas conectado,
- b) a las personas en contacto con las líneas o con elementos de las instalaciones de telecomunicación.

En adelante, el término "pararrayos" designa a los pararrayos con electrodos en atmósfera gaseosa, o de tubo de descarga.

1.2 Estos pararrayos limitan el nivel de las sobretensiones mediante una descarga en un medio gaseoso cerrado; establecen así un enlace conductor entre los elementos de la instalación que sufren la sobretensión, o entre la instalación y el sistema de puesta a tierra, garantizando una igualación del potencial dentro de los límites de la tensión residual del pararrayos.

La limitación es eficaz cuando, al rebasar la sobretensión el valor de la tensión de cebado del pararrayos, se produce una descarga en régimen de arco con una débil tensión residual.

1.3 La robustez del pararrayos se caracteriza por el valor de la corriente de descarga que puede soportar y por la duración de esta corriente. (El valor de la corriente debe ser inferior al límite que provoca la destrucción del pararrayos.)

1.4 Las características eléctricas del pararrayos deben estar dentro de los límites de tolerancia especificados cuando el mismo está sometido a descargas sucesivas correspondientes a su corriente nominal de descarga.

2. Campo de ampliación

2.1 Los requisitos indicados se aplican a los pararrayos con uno o más espacios de descarga en un medio gaseoso estanco, destinados a limitar las sobretensiones en las instalaciones de telecomunicación.

2.2 Estas condiciones no se aplican a los pararrayos montados en serie con resistencias dependientes de la tensión destinados a limitar las corrientes residuales en las redes de energía eléctrica.

2.3 Las disposiciones generales de las presentes especificaciones se aplican a todos los pararrayos utilizados en las redes de telecomunicación, pero se reconoce que algunos de los valores indicados más adelante deben modificarse cuando se trate de pararrayos asociados a impedancias destinadas a reducir la corriente de descarga; en estos casos, los valores aplicables los debe fijar por separado el propio usuario.

3. Definiciones

3.1 El *cebado* de un pararrayos lo constituye la ruptura eléctrica del espacio entre sus electrodos.

3.2 La *tensión continua de cebado* de un pararrayos es el valor de la tensión con la que funciona el pararrayos cuando se le aplica una tensión continua que crece lentamente.

Esta magnitud indica que el pararrayos es capaz de cumplir su cometido. Se aplica en las mediciones periódicas de comprobación.

3.3 La *tensión nominal continua de cebado* de un pararrayos es el valor especificado por el fabricante para designar el pararrayos (para la clasificación de los tipos). Sirve para indicar la gama de aplicación del pararrayos con relación a las condiciones de servicio de la instalación que debe protegerse. Las tolerancias para la tensión continua de cebado se refieren también a este valor nominal.

3.4 La *tensión alternada de cebado* de un pararrayos es el valor eficaz de la tensión con la que funciona el pararrayos cuando se le aplica una tensión alterna que crece lentamente, a una frecuencia comprendida entre 15 y 62 Hz.

Este valor se utiliza esencialmente para indicar la gama de aplicación cuando los pararrayos están destinados a proteger las líneas de telecomunicación en caso de cruce o de proximidad de líneas eléctricas.

3.5 La *tensión de cebado por choque* de un pararrayos es la tensión más elevada que aparece en los terminales de un pararrayos, en el momento en que aparece la corriente de descarga cuando se le aplica una onda de choque de una forma dada.

3.6 La *curva "tensión de cebado por choque/tiempo"* de un pararrayos es la curva que representa la tensión de cebado por choque en función del tiempo, hasta el cebado.

3.7 La *corriente alterna de descarga* es el valor eficaz de una corriente alterna aproximadamente sinusoidal que pasa por el pararrayos.

3.8 La *corriente alterna nominal de descarga*, para frecuencias de 15 a 62 Hz, es la corriente alterna de descarga para la que se calculó el pararrayos, teniendo en cuenta un tiempo definido para el paso de esa corriente.

3.9 La *corriente de choque de descarga* es el valor de cresta de la corriente de choque que recorre el pararrayos después del cebado de éste.

3.10 La *corriente nominal de choque de descarga* es el valor de cresta de la corriente de choque para el que se calculó el pararrayos, estando definido el tiempo de paso por la forma de onda de la corriente.

3.11 La *característica de destrucción* indica la relación entre el valor de la corriente de descarga y el tiempo de paso de esta corriente, al término del cual el pararrayos queda destruido mecánicamente (ruptura, cortocircuito entre electrodos). Se deduce del promedio de mediciones hechas en varios pararrayos.

Para periodos comprendidos entre 1 μ s y varios ms, es igual a la corriente de choque de descarga; para duraciones superiores a 0,1 s, es igual a la corriente alterna de descarga.

3.12 La *tensión residual* es el valor instantáneo de la tensión que aparece en los terminales de un pararrayos durante el paso de una corriente de descarga.

Se distinguen la tensión residual de descarga en régimen de efluvio y la tensión residual en régimen de arco, ya que esta magnitud depende del tipo de descarga.

3.13 La *corriente de efluvio* es el valor instantáneo de la corriente de descarga cuando los electrodos del pararrayos son rodeados por un efluvio.

3.14 La *corriente de arco* es el valor instantáneo de la corriente de descarga cuando se forma un arco entre los electrodos del pararrayos.

3.15 La *curva "tensión/corriente de descarga"* para corrientes alternas de frecuencia comprendida entre 15 y 62 Hz da la relación entre el valor instantáneo de la tensión y la corriente en el pararrayos durante el paso de la corriente de descarga.

3.16 La *tensión transversal* de un pararrayos que comprende más de dos electrodos es la diferencia entre las tensiones residuales en los electrodos del pararrayos conectados a los dos conductores de un circuito de telecomunicación, durante el paso de la corriente de descarga.

4. Condiciones generales

4.1 El pararrayos debe calcularse y construirse de modo que no represente peligro alguno para las personas u objetos próximos durante su funcionamiento normal o si presenta algún defecto.

Es conveniente prestar la mayor atención a los problemas de recalentamiento inadmisibles, de destrucción por sobrecargas y de ausencia de radiación en caso de preionización por sustancias radioactivas.

La construcción mecánica de los pararrayos, es de la mayor importancia principalmente por lo que respecta a la junta hermética entre el metal y la cubierta. Esta junta debe tener, en general, una sección transversal

suficientemente grande para que ninguna descarga —por intensa que sea— pueda romperla o hendirla. Esto se aplica de modo particular a las conexiones que la atraviesan.

Es asimismo conveniente que el pararrayos sea lo suficientemente robusto para que los choques mecánicos no alteren sus características eléctricas.

4.2 Las tensiones de cebado de los pararrayos deben elegirse de modo que:

4.2.1 Estén adaptadas a la rigidez dieléctrica del aislante de la instalación que se protege;

4.2.2 Tengan en cuenta las prescripciones de seguridad vigentes para la protección de las personas contra sobretensiones de corta duración;

4.2.3 Estén suficientemente por encima de las tensiones máximas de servicio, a fin de no perturbar los circuitos en servicio.

4.3 La resistencia del aislamiento y la capacidad de los pararrayos debe elegirse de modo que no se perturbe en absoluto el funcionamiento de los circuitos de telecomunicación.

4.4 El pararrayos no debe seguir funcionando con la tensión normal de la línea cuando haya desaparecido la sobretensión.

5. Términos y valores tipo que designan a los pararrayos

Los términos y valores siguientes, indican las características eléctricas de los diversos tipos de pararrayos:

5.1 Las tensiones de cebado en función del tiempo desde el instante en que se aplica la tensión hasta el comienzo de la corriente de descarga.

Un ejemplo de la característica $U_a = f(t)$ figura en el apéndice 1.

Las tensiones de cebado son:

5.1.1 La tensión nominal continua de cebado;

5.1.2 La tensión de cebado por choque, en presencia de una tensión de choque normalizada según el punto 7.

5.2 La capacidad de descarga en función de la duración de la descarga.

Los valores que indican la capacidad de descarga son:

5.2.1 La corriente alterna nominal de descarga que fluye durante un tiempo determinado;

5.2.2 La corriente nominal de choque de descarga con una forma de onda normalizada según el punto 7;

5.2.3 La característica de destrucción [en el apéndice 2 figura un ejemplo de la característica $I_d = f(t)$].

5.3 Las tensiones residuales de los pararrayos en función de la corriente de descarga; [en el apéndice 3 figura un ejemplo de la característica $U_r = f(I_d)$].

Las tensiones residuales son:

5.3.1 La tensión residual máxima en caso de descarga en régimen de efluvio;

5.3.2 La tensión residual en caso de descarga en régimen de arco;

5.3.3 La corriente de descarga máxima en régimen de efluvio para la cual la tensión residual en caso de descarga en régimen de efluvio pasa a ser la tensión residual de descarga en régimen de arco.

5.4 Para designar los tipos de pararrayos, se utilizan, según el género de sobretensión que debe limitarse, las características siguientes:

5.4.1 En caso de sobretensiones en las frecuencias industriales de 15 a 62 Hz, los valores nominales conformes con los puntos 5.1.1, 5.2.1 y 5.3.3 anteriores.

Las características de los tipos normalizados de pararrayos se indican en el cuadro 1.

CUADRO 1

Tipo normalizado N.º	Características		
	punto 5.1.1 Tensión nominal continua de cebado	punto 5.2.1 Corriente nominal alterna de descarga (valor eficaz)	punto 5.3.3 Corriente máxima de descarga en régimen de efluvo
1	Elección del valor nominal teniendo en cuenta el punto 4.2	5 A	de menos de 0,5 A a 1,5 A
2		20 A	
3		50 A	

5.4.2 En caso de sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, los valores conformes con los puntos 5.1.1 y 5.2.2 anteriores.

El cuadro 2 indica las características de los tipos de pararrayos normalizados.

CUADRO 2

Tipo normalizado N.º	Características		
	punto 5.1.1 Tensión nominal continua de cebado	punto 5.2.2 Corriente nominal de choque de descarga	punto 5.1.2 Tensión de cebado por choque
4	Elección del valor nominal teniendo en cuenta el punto 4.2	2,5 kA	Para los límites superiores, véanse los Cuadros 3 y 4
5		10 kA	
6		20 kA	

5.4.3 En caso de sobretensiones producidas en la misma instalación de telecomunicación, debido a los efectos de las líneas de alta tensión de frecuencia industrial o a las descargas atmosféricas: se adopta una combinación de los valores correspondientes a los tipos normalizados 1 y 4 (tipo normalizado 1-4), 2 y 5 (tipo normalizado 2-5) o 3 y 6 (tipo normalizado 3-6).

5.5 Tolerancias en los valores nominales

5.5.1 Los valores límite superiores e inferiores (tolerancia) de la tensión continua de cebado están determinados por la condición expuesta en el punto 4.2. Deben respetarse estos límites incluso después de varias descargas de los valores especificados en los cuadros 1 y 2.

5.5.2 Para los demás valores, basta indicar los valores límite superior o inferior, según la característica considerada.

5.5.3 Los valores límite engloban las influencias del medio ambiente y de la ubicación (temperatura ambiente, polaridad, luz).

En el punto 8, prueba de los valores tipo, se dan indicaciones sobre los valores límite.

6. Información general sobre las pruebas

6.1 Las pruebas comprenden:

6.1.1 Pruebas tipo según el punto 8, para la comprobación de las características eléctricas y mecánicas de un tipo dado de pararrayos.

6.1.2 Pruebas de recepción según el punto 9, para la comprobación de muestras tomadas al azar en un lote.

6.2 La comprobación de las características eléctricas debe efectuarse a base de métodos estadísticos, ya que los fenómenos físicos de las descargas en un medio gaseoso sufren variaciones estadísticas. Cada prueba debe realizarse con varias muestras.

6.3 En el caso de pararrayos con varios espacios de descarga en un mismo recinto de descarga, la comprobación de sus características eléctricas se efectúa por separado para cada espacio de descarga.

6.4 La comprobación de las características mecánicas comprende el control de las dimensiones y la solidez de las juntas de las cubiertas o placas de contacto fijadas al pararrayos. Puede ser útil una prueba de resistencia a la corrosión si los pararrayos han de utilizarse en un medio muy húmedo.

6.5 Los pararrayos pueden someterse a pruebas de choque térmico, si los usuarios lo desean.

7. Tensiones y corrientes de prueba normalizadas

7.1 Para comprobar la tensión de cebado por choque (punto 5.1.2), se utiliza una tensión de choque con una forma de onda 5/65 y un valor de cresta de 5 kV (Definición de la forma de onda según la publicación 60/1962 de la C.E.I.).

En lugar de esa tensión de choque, puede utilizarse una tensión que aumente linealmente hasta 5 kV en 5 μ s (pendiente convencional de la tensión impulsiva del frente de onda de 1 kV/ μ s).

La figura 1/K.12 muestra un ejemplo de montaje de medida para una pendiente convencional de la tensión del frente de onda de 1 kV/ μ s.

Los dispositivos de prueba para tensiones de choque deben tener en cuenta los fenómenos transitorios que producen los impulsos, como la frecuencia de corte del dispositivo de medida, la terminación sin reflexión de la línea de medida, etc.

7.2 Para la prueba de carga con corrientes de choque (punto 5.2.2) se emplea una corriente de impulso de choque con una forma de onda 8/20 y un valor de cresta según el cuadro 2 anterior (Definición de forma de onda según la Publicación 60/1962 de la C.E.I.).

7.3 Para la prueba de tensión continua de cebado, debe utilizarse una tensión que aumente lentamente, a un ritmo máximo de 10 kV/segundo.

8. Prueba de los valores tipo

8.1 Tensiones de cebado

8.1.1 Tensión continua de cebado

Antes de realizar las pruebas descritas en los puntos 8.2.1 y 8.2.2, se hacen cuatro mediciones (dos para cada polaridad) en todos los ejemplares sometidos a prueba. La evaluación de los resultados se hace según los cuadros 3 y 4.

8.1.2 Tensión de choque de cebado

Al aplicar la tensión de choque especificada en el punto 7.1, se mide diez veces (cinco en cada sentido) la tensión de choque de cebado de 20 pararrayos que hayan pasado con éxito las pruebas descritas en el punto 8.1.1, evaluándose los resultados según se muestra en el cuadro 3.

8.1.3 Si la cubierta del pararrayos es transparente, estas pruebas se harán a oscuras tras haber mantenido el pararrayos en la oscuridad un tiempo suficiente (que se determinará según el tipo de pararrayos de que se trate). Es conveniente dejar un lapso de varios segundos entre dos mediciones sucesivas.

8.2 Corrientes de descarga

8.2.1 Corriente alterna de descarga

La prueba se efectúa con la corriente nominal alterna de descarga (con una tolerancia de $\pm 10\%$) en 20 pararrayos que hayan pasado con éxito las pruebas descritas en el punto 8.1.1. Esta prueba se realiza como sigue: se aplica la corriente a cada pararrayos diez veces seguidas durante 1 segundo, a intervalos de 3 minutos; tras enfriamiento, se mide la tensión continua de cebado y se evalúan los resultados según el cuadro 3.

Si el usuario lo estima necesario para la protección contra las descargas atmosféricas, se efectúan asimismo las pruebas descritas en el punto 8.1.2 y se evalúan los resultados según los cuadros 3 y 4.

8.2.2 Corriente de choque de descarga

La prueba se efectúa con la corriente de choque de descarga (respetando las tolerancias indicadas en la Publicación 60/1962 de la C.E.I.), con 20 pararrayos que hayan sufrido las pruebas descritas en los puntos

CUADRO 3

Prueba descrita en el punto	Tensión de cebado		Porcentaje (punto 6.2) de valores medidos que han de respetar la tolerancia
	Valores nominales de la tensión continua (punto 5.1.1)	Valores límite de la tensión de choque superiores a 1 kV/ μ s (punto 5.5.2)	
8.1.1	Elección del valor nominal teniendo en cuenta el punto 4.2	$\pm 20\% ^a$	95 % ^b
8.2.1			80 % ^b
8.2.2			

CUADRO 4

Prueba descrita en el punto	Tensión continua de cebado		Porcentaje (punto 6.2) de valores medidos que han de respetar la tolerancia
	Valores nominales (punto 5.1.1)	Valores límite superiores a 1 kV/ μ s (punto 5.5.2)	
8.1.2	≤ 150 V	≤ 1 kV	80 % ^b
	150 a 500 V	entre 1 y 2 kV	
	500 a 1500 V	entre 2 y 3 kV	

Puede modificarse esta tolerancia en las condiciones indicadas en el punto 4.2.

Todo pararrayos de un lote dado sometido a las pruebas que no satisfaga las tolerancias debe, no obstante, cebar durante la prueba.

8.1.1 y 8.2.2. La operación se desarrolla como sigue: la corriente de choque se aplica a cada pararrayos diez veces (cinco pruebas por polaridad) a intervalos de 3 minutos; previo enfriamiento, se mide la tensión continua de cebado y la tensión de cebado por choque y se evalúan los resultados según los cuadros 3 y 4.

8.2.3. *Características de destrucción*

El fabricante debe indicar esta característica para cada tipo de pararrayos, junto con la dispersión de los valores medidos. Si el usuario desea que el fabricante verifique esta característica, bastará hacer una prueba en un punto de la curva con tres pararrayos. Si un pararrayos queda destruido durante esta prueba con corriente alterna, deberá quedar en cortocircuito.

8.3 *Característica "tensión/corriente de descarga"*

Como indica el esquema de la figura 2/K.12, los valores indicados en los puntos 5.3.1, 5.3.2 y 5.3.3 deben medirse con otros tres pararrayos que hayan sufrido las pruebas descritas en el punto 8.1.1. A tal efecto, se aplica una corriente alterna de frecuencia industrial durante 3 segundos. El valor eficaz de la tensión aplicada debe estar comprendido entre el doble y el triple de la tensión nominal de cebado, y la intensidad debe limitarse a unas dos veces el valor de la intensidad de la corriente nominal de descarga en régimen de efluvio, indicado en el cuadro 1.

Se registrarán los resultados mediante un osciloscopio asociado a una cámara cuyo obturador se abrirá antes de aplicar la corriente y se mantendrá abierto durante los tres segundos de la prueba.

8.3.1 En caso de descarga en régimen de efluvio, la tensión residual es superior, en general, a 60 V. Su valor máximo no debe rebasar 1,3 veces el valor de la tensión continua de cebado.

8.3.2 La tensión residual, en caso de descarga en régimen de arco, debe ser inferior a 25 V.

8.3.3 La corriente de descarga máxima, en caso de descarga en régimen de efluvio (paso del régimen de efluvio al régimen de arco), no debe rebasar el valor indicado en el cuadro 1.

Los límites superiores de estos valores deben determinarse a base de oscilogramas (véase asimismo el apéndice 3).

8.4 *Tensión transversal de los pararrayos con tres electrodos o más*

Deben efectuarse las siguientes mediciones entre los pares de electrodos conectados a los dos conductores de un mismo circuito y el electrodo común de toma de tierra.

Las mediciones deben efectuarse con 10 pararrayos que hayan pasado con éxito las pruebas según los puntos 8.1.1 y 8.1.2.

8.4.1 *Tensión transversal con corriente alterna*

Debe medirse el valor medio de la tensión transversal cuando una descarga de corriente alterna atraviese simultáneamente los dos electrodos de descarga. Deben hacerse las mediciones con un dispositivo semejante al representado en la figura 3/K.12. El valor eficaz de la tensión aplicada debe estar comprendida entre el doble y el triple de la tensión continua nominal de cebado y el valor de las resistencias R debe ser el apropiado para que la corriente de cresta sea aproximadamente igual al doble de la corriente máxima de descarga en régimen de efluvio (paso del régimen de efluvio al régimen de arco - punto 8.3.3). El tiempo de la descarga no debe ser superior a 3 segundos.

El valor máximo de la tensión media transversal no debe rebasar los 45 V para 9 de los 10 pararrayos probados.

8.4.2 *Tensión transversal en régimen de impulsos*

Debe medirse la duración de la tensión transversal mientras se aplica simultáneamente a ambos electrodos de descarga una tensión impulsiva cuyo frente de onda tenga una pendiente convencional de 1 kV/ μ s. Puede efectuarse la medición con un dispositivo semejante al representado en la figura 4/K.12.

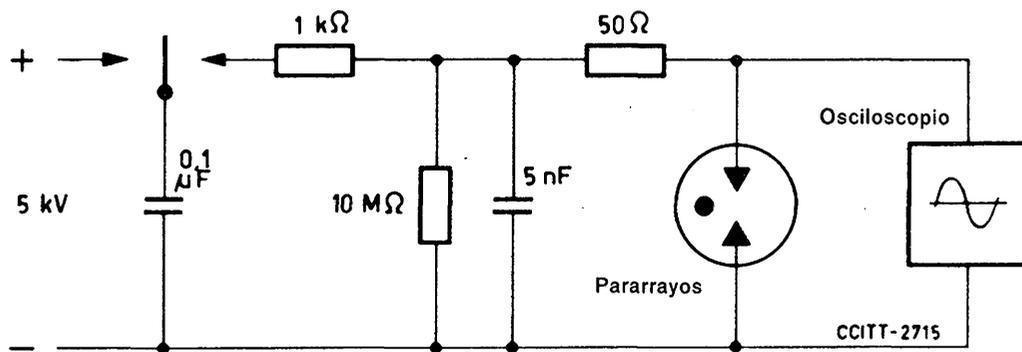


FIGURA 1/K.12. — Montaje de medición que produce una pendiente convencional de la tensión del frente de onda de $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$.

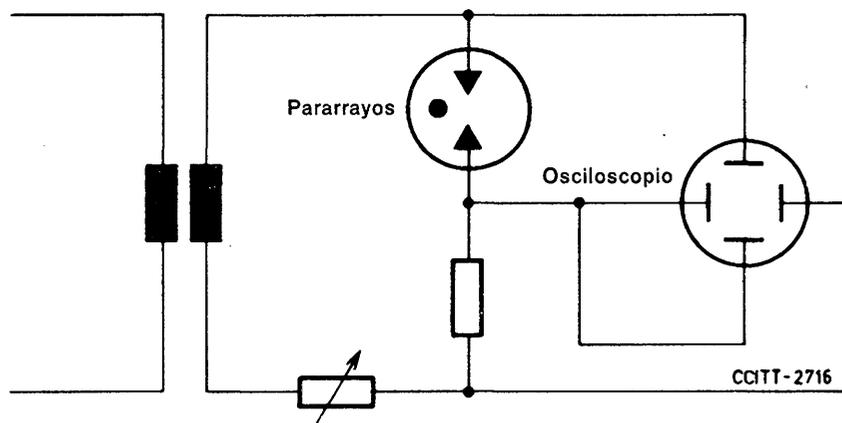


FIGURA 2/K.12. — Montaje de medición, para las características indicadas en los puntos 5.3.1, 5.3.2 y 5.3.3.

La diferencia de tiempo entre el cebado del primer electrodo y el del segundo no deberá exceder de $0,2 \mu\text{s}$ para 9 de los 10 pararrayos probados.

8.5 Resistencia de aislamiento

La resistencia de aislamiento debe medirse con un equipo adecuado a una tensión inferior a la tensión continua de cebado de los pararrayos, después que éstos hayan permanecido durante 24 horas en una atmósfera húmeda (a la temperatura ambiente y con una humedad relativa del 83%, por ejemplo, en una atmósfera saturada, sobre una disolución saturada de cloruro de potasio). La resistencia de aislamiento no debe ser inferior a 10^8 ohmios, tras la ejecución de las pruebas descritas en los puntos 8.2.1 y 8.2.2. Las mediciones de resistencia de aislamiento deben hacerse con los mismos pararrayos sometidos a prueba.

8.6 Capacidad

Debe medirse la capacidad propia de tres pararrayos; debe ser inferior a 10 pF.

8.7 Radiación

La radiación que emite toda sustancia radiactiva utilizada para la preionización de los espacios de descarga debe respetar los límites indicados como admisibles en los reglamentos sobre la protección contra las radiaciones vigentes en el país del fabricante y en el del usuario. Esto se aplica tanto a pararrayos individuales como a un lote de pararrayos (por ejemplo, en caso de embalaje en cajas para su transporte, almacenamiento, etc.).

No es necesaria una prueba tipo si el fabricante indica la naturaleza y cantidad de la sustancia radiactiva, así como la radiación que emite.

8.8 Propiedades mecánicas

Puede efectuarse una prueba de las propiedades mecánicas según las indicaciones generales expuestas en los puntos 4.1, 6.4 y 6.5.

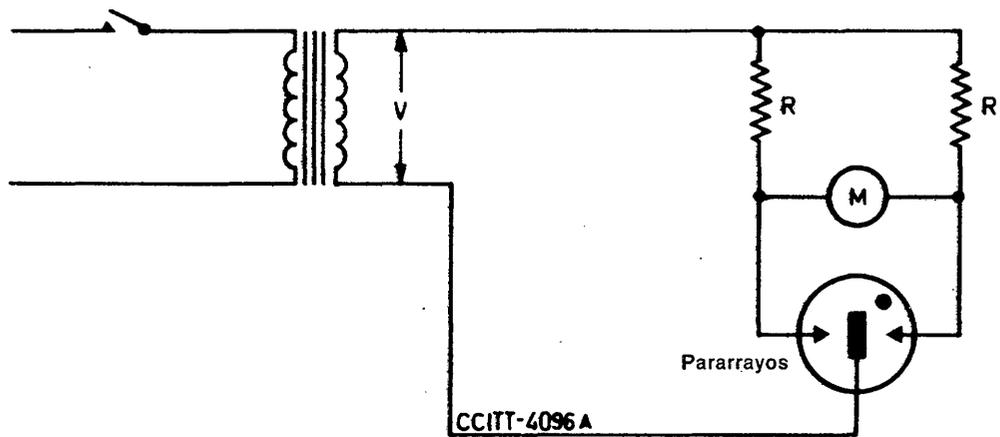
9. Pruebas de recepción

El número de pararrayos sometido a pruebas de recepción varía según la importancia del número de unidades del lote considerado.

Se indican los valores siguientes, a título de orientación:

<i>Lote</i>	<i>Prueba de recepción</i>
hasta 1.000 pararrayos	como mínimo 20 pararrayos
hasta 10.000 pararrayos	como mínimo 50 pararrayos
hasta 50.000 pararrayos	como mínimo 100 pararrayos

Las pruebas de recepción comprenden la medición de la tensión continua de cebado dos veces para cada muestra. La evaluación de los resultados se realiza de acuerdo con los cuadros 3 y 4.



El voltímetro "M" debe tener una resistencia por lo menos igual a 20 k Ω y una escala con desviación completa de 100 V, aproximadamente. El instrumento deberá ser de bobina móvil con rectificador y estará calibrado para permitir la lectura de los valores medios.

Observación: Si el instrumento está calibrado para la lectura de los valores eficaces de las tensiones sinusoidales, se multiplican los valores leídos por 0,9 para obtener el valor medio.

FIGURA 3/K.12. — Montaje de medición para las características de pararrayos de 3 electrodos que se indican en el punto 8.4.1 (tensión transversal durante una descarga de corriente alterna).

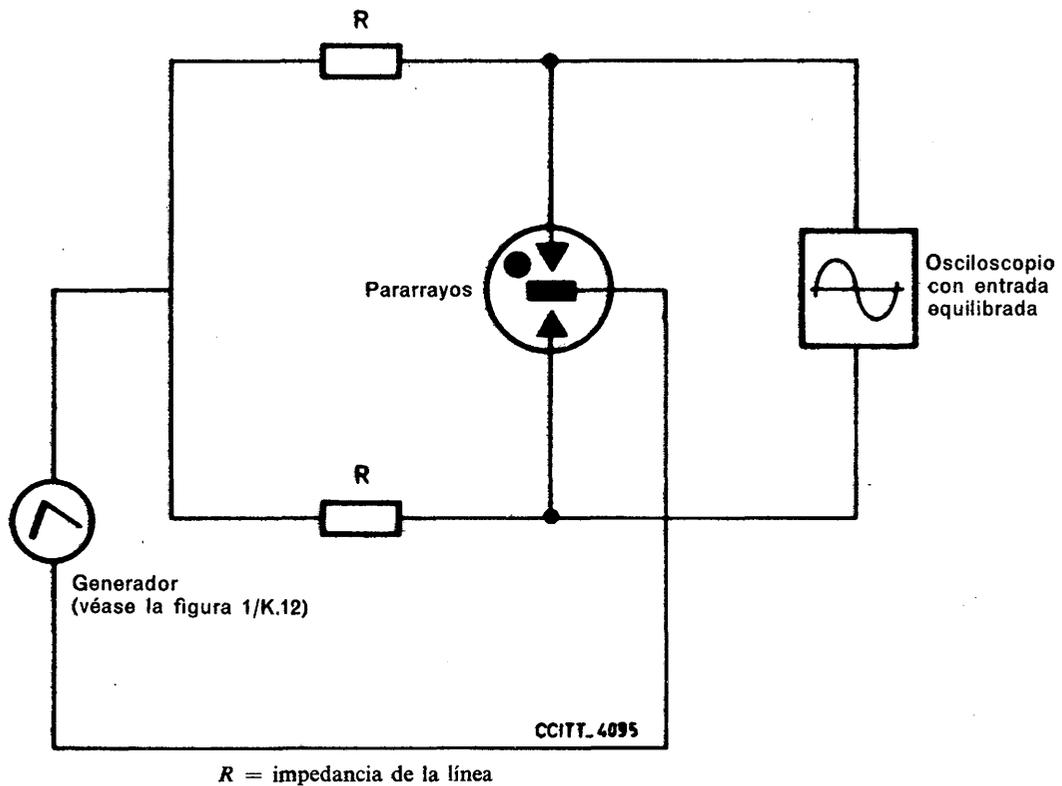
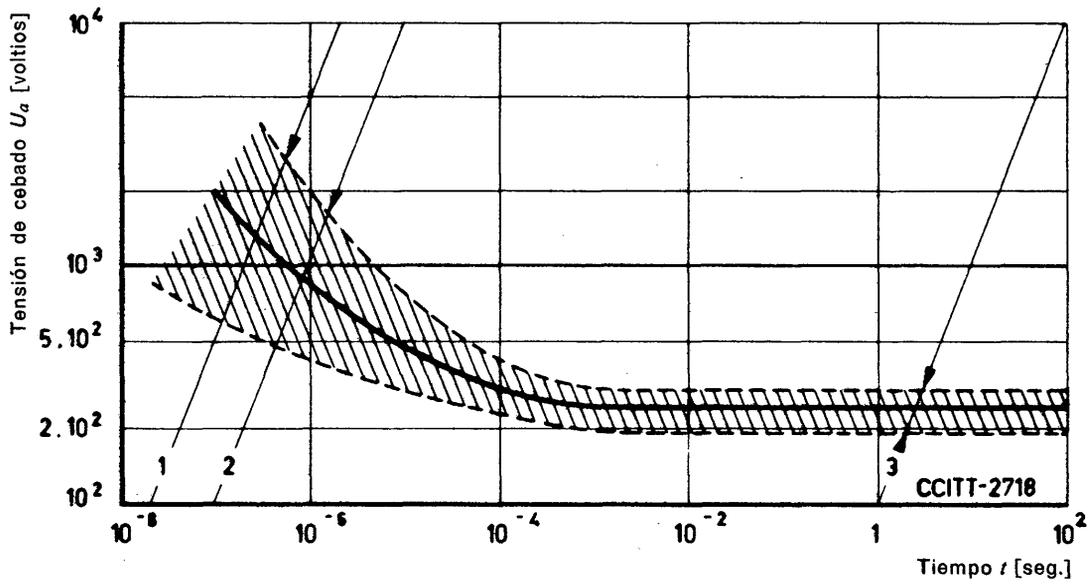


FIGURA 4/K.12. — Montaje de medición para las características de pararrayos de 3 electrodos que se indican en el punto 8.4.2 (tensión transversal durante una descarga de choque).

APÉNDICE 1

Característica de cebado $U_a = f(t)$, punto 5.1



1. Ejemplo con $5 \text{ kV}/\mu\text{s}$

2. Ejemplo con $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$

3. Ejemplo con 100 V/s

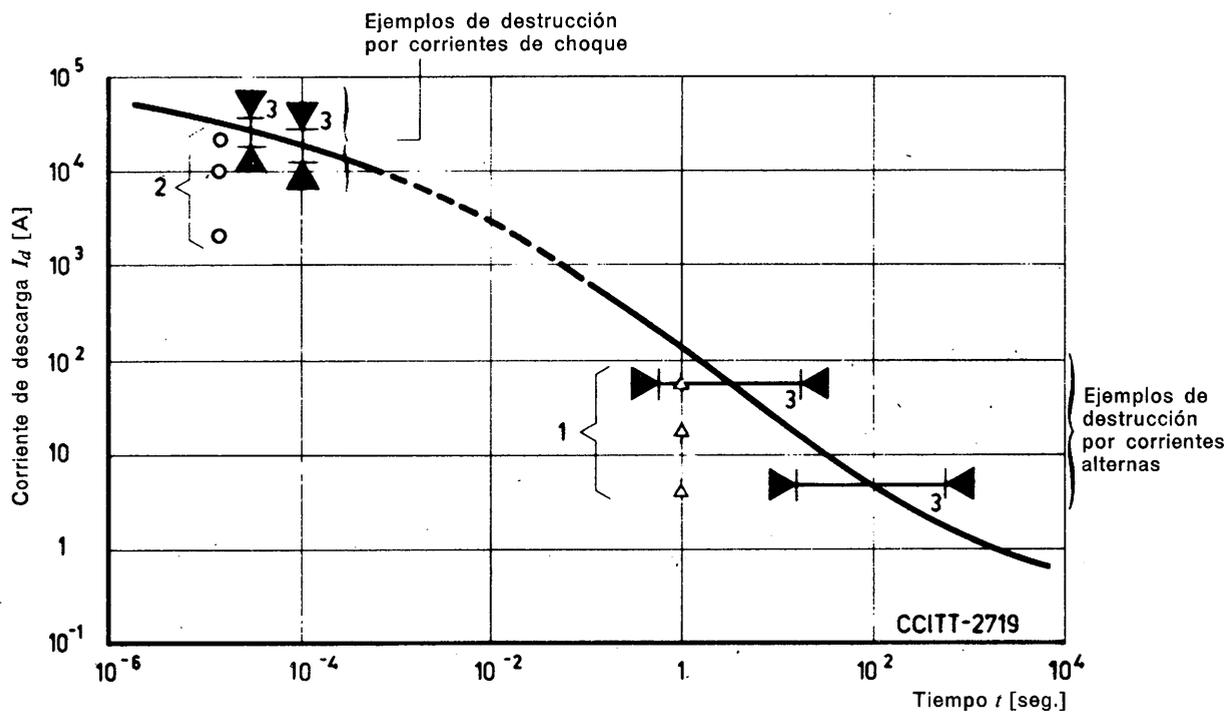
Prueba según se indica en el punto 8.1.2, valor límite superior

Prueba según se indica en el punto 8.1.1, tolerancia



APÉNDICE 2

Corriente de descarga según los puntos 5.2.1, 5.2.2, y curva de destrucción $I_d = f(t)$ según el punto 5.2.3



Carga:

- 1. Prueba según se especifica en el punto 8.2.1 por corrientes alternas de descarga △
- 2. Prueba según se especifica en el punto 8.2.2 por corrientes de choque ○

Destrucción:

- 3. Prueba de destrucción mecánica, según se especifica en 8.2.4

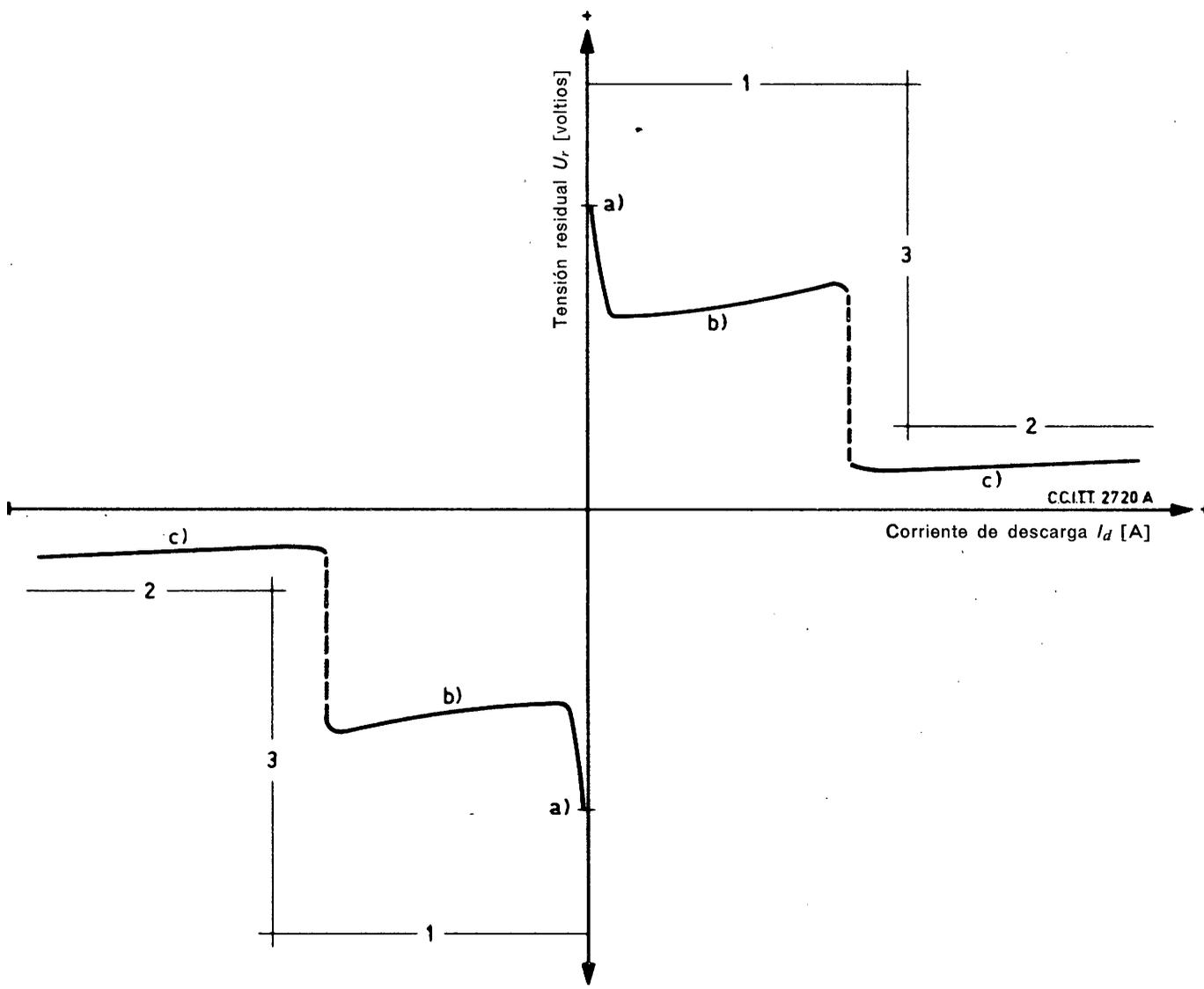


Margen de dispersión en caso de corrientes de choque



Margen de dispersión en caso de corrientes alternas

APÉNDICE 3

Curva de tensión/corriente de descarga $U_r = f(I_d)$, punto 5.3

- a) Tensión de cebado
- b) Tensión residual en caso de descarga en régimen de efluvo (punto 5.3.1)
- c) Tensión residual en caso de descarga en régimen de arco (punto 5.3.2)

Límites superiores:

- 1. Prueba según se especifica en el punto 8.3.1
- 2. Prueba según se especifica en el punto 8.3.2
- 3. Prueba según se especifica en el punto 8.3.3

Recomendación K.13¹ (Ginebra, 1972)

TENSIONES INDUCIDAS EN LOS CONDUCTORES DE CABLES AISLADOS POR MEDIO DE MATERIA PLÁSTICA

Según las “*Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas eléctricas*”, edición 1963, capítulo IV, punto 2, se admite en los conductores de un cable de telecomunicaciones cuando todos los circuitos terminan en transformadores, una fuerza electromotriz longitudinal inducida, provocada por una avería en una línea de energía cercana, que no sea superior al 60% de la tensión alternada de prueba aplicada en fábrica con el fin de determinar la rigidez dieléctrica entre los conductores y la cubierta del cable. Para los cables cuyos conductores están aislados con papel, este valor es, por lo general, de 1200 V (valor eficaz) (60% de 2000 V). En las *Directrices* no se dan indicaciones sobre la frecuencia de aparición y la duración de una tensión de este valor. A fin de evitar al personal encargado del mantenimiento de las líneas los peligros inherentes a esas tensiones, es preciso observar las disposiciones relativas a la seguridad del personal indicadas en el capítulo XX de las *Directrices*.

Los cables aislados con material plástico, es decir con polietileno (PE) o con cloruro de polivinilo (PVC), presentan una rigidez dieléctrica mucho mayor que los cables aislados con papel. Esta rigidez no es alterada por las tensiones mecánicas a que se somete el cable durante la instalación. No cabe esperar, pues, que se produzcan perforaciones del aislante entre los conductores y la cubierta metálica mientras la fuerza electromotriz longitudinal inducida sea inferior a la tensión de perforación verificada en fábrica. Como margen de seguridad, puede tomarse un valor equivalente al 20% de la tensión de perforación.

La construcción de manguitos y empalmes de una rigidez dieléctrica equivalente a la del aislante entre los conductores y la cubierta metálica del cable sólo da lugar a un gasto suplementario muy reducido.

Si las líneas de energía que provocan las fuerzas electromotrices longitudinales pertenecen a la categoría de las líneas de gran confiabilidad definidas en las *Directrices*, afectadas por un reducido número de averías que, además, son de muy corta duración, sólo existe una probabilidad ínfima de que, en el cable de telecomunicaciones, dichas tensiones de corta duración aparezcan justamente cuando el personal esté en contacto con el mismo. El riesgo que corre el personal es, por así decirlo, absolutamente nulo si se extreman las precauciones al aplicar las disposiciones relativas a la seguridad del personal encargado del mantenimiento de las líneas telefónicas que puedan ser objeto de sobretensiones elevadas por efecto de las líneas de energía.

En el caso de los circuitos por cable que no terminan en transformadores, las condiciones indicadas son igualmente válidas si, a fin de evitar las sobretensiones en los equipos de telecomunicación, se instalan pararrayos en los extremos de los circuitos.

Por tales razones, el C.C.I.T.T. formula por unanimidad la siguiente Recomendación

1. Se pueden construir cables de telecomunicación cuyos conductores estén aislados entre sí y de la cubierta metálica por medio de materias plásticas de elevada rigidez dieléctrica. En tales cables, en caso de avería que afecten a una línea de energía eléctrica cercana, se puede admitir una f.e.m. longitudinal no superior al 60% del valor de la tensión de prueba aplicada entre los conductores y la cubierta metálica del cable para verificar su rigidez dieléctrica siendo esta tensión de prueba, fijada en las especificaciones especiales del cable, función de la tensión de ruptura cuando se cumplen todas las condiciones siguientes:

- a) Los circuitos de estos cables terminan en sus extremos y en sus puntos de derivación en transformadores, o están provistos de pararrayos;

¹ La presente Recomendación puede originar cambios en el texto de las *Directrices*.

- b) Los equipos, empalmes y cabezas de cable conectados a los conductores deben estar ejecutados de forma que resistan la misma tensión que la utilizada para verificar el aislamiento entre los conductores y la cubierta metálica del cable, salvo cuando los transformadores mencionados en a) deban estar protegidos con pararrayos porque su rigidez dieléctrica no corresponda a las condiciones exigidas;
 - c) La línea eléctrica inductora debe ser una "línea eléctrica de gran confiabilidad", según la definición dada en el punto 3.2.3 del capítulo preliminar de las *Directrices* ;
 - d) El personal que trabaja en cables de telecomunicación debe observar las "Disposiciones relativas a la seguridad del personal" indicadas en el capítulo XX de las *Directrices* .
2. Si los circuitos de tal cable están conectados directamente a los equipos de telecomunicación, es decir, sin transformadores, si no están provistos de pararrayos, y si se respeta la condición enunciada en c) del punto 1 anterior, se admite una fuerza electromotriz longitudinal de 650 V.

Recomendación K. 14 (*Ginebra, 1972*)

EMPLEO DE UN BLINDAJE METÁLICO EN CABLES DE CUBIERTA PLÁSTICA

El revestimiento metálico de un cable le provee de una pantalla electrostática y en cierto grado magnética. La cubierta de materia plástica no tiene propiedades intrínsecas de pantalla. Algunos cables de cubierta plástica (por ejemplo, los de alma con aislamiento de papel), llevan una pantalla metálica contra la humedad, que generalmente tiene la forma de una cinta de aluminio dispuesta longitudinalmente, y tiene la misma característica de pantalla 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, a puntos de toma de tierra convenientemente situados o a ambas cosas, por ejemplo, en 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 pantalla de la cinta sea quizá reducido a 50 Hz, puede ser importante en las frecuencias que originan ruidos perturbadores. La presencia en el cable de una pantalla reduce asimismo la inducción causada por las componentes de alta frecuencia de las corrientes transitorias originadas por la conmutación en las líneas eléctricas y por el rayo. El creciente empleo de equipos de telecomunicación miniaturizados de muy pequeña capacidad térmica acrecienta la importancia de estas tensiones transitorias inducidas.

En vista de las anteriores consideraciones y de la experiencia adquirida en el uso de cables telefónicos de cubierta de plástico, el C.C.I.T.T. recomienda:

1. Puesto que los cables con revestimientos de materia plástica y no provistos de blindaje dan satisfacción para el enlace entre los abonados y las centrales, pueden seguirse utilizando en los lugares en que no haya ferrocarriles electrificados que funcionan con corriente alterna. Sin embargo, siempre hay que tener en cuenta el riesgo de perturbación que puede existir cerca de los ferrocarriles electrificados y especialmente de aquéllos cuyas locomotoras están controladas por equipos tiristorizados. También hay que tener en cuenta eventuales perturbaciones por los transmisores radioeléctricos que trabajan en la misma gama de frecuencias que los circuitos encaminados por el cable con revestimiento de materia plástica.

2. Los cables interurbanos y de enlace estarán provistos de un blindaje estanco que puede ser una cinta de aluminio. Los cables provistos de un blindaje de conductividad equivalente aproximadamente a la mitad de la conductividad del cable con cubierta de plomo, cuyo núcleo tiene el mismo diámetro, han dado completa satisfacción en donde no hay riesgos graves de inducción magnética.

3. Si un cable con revestimiento de materia plástica está provisto de un blindaje de conductividad equivalente a la de un cable con cubierta de plomo, se comprueba que, en presencia de inducción, podrá utilizarse el cable exactamente en las mismas circunstancias que el cable con cubierta de plomo.

4. Si el efecto producido por el blindaje especificado en los puntos 2 y 3 anteriores, no basta para limitar a valores admisibles la inducción en las frecuencias industriales o en sus armónicas, por las líneas eléctricas o las vías férreas electrificadas cercanas, se podrá mejorar este efecto de pantalla aumentando:

4.1 La inductancia del revestimiento metálico, si es necesario, por medio de un enrollamiento con cintas de acero;

4.2 La conductancia del blindaje existente, insertando cintas o hilos metálicos suplementarios colocados bajo el blindaje.

También puede ser necesario mejorar el efecto reductor si hay un riesgo de ruido perturbador en la cercanía de las vías férreas electrificadas equipadas con dispositivos controlados por tiristor.

5. El blindaje tendrá que estar conectado a los sistemas de toma de tierra de los centros de telecomunicación. En lo que respecta a los cables de abonado, el extremo alejado debe estar conectado a una toma de tierra adecuada. Es importante asimismo que en las juntas del cable esté asegurada la continuidad de la cinta por conexiones de baja resistencia.

6. Teniendo en cuenta el aumento del número de instalaciones eléctricas y la intensidad de las armónicas debido a las nuevas técnicas, cabe esperar de ello una agravación de los efectos de inducción. A este respecto, puede revelarse muy útil mejorar el efecto de pantalla de los cables con revestimiento de materia plástica como ya se ha indicado.

7. Si hay que tender cables en zonas en que exista el riesgo de recibir descargas atmosféricas, se llama la atención sobre la importancia del blindaje metálico y de su construcción para la protección de los cables contra el rayo, del mismo modo que sobre la importancia de las interconexiones del blindaje con otras estructuras. (Véase el capítulo IV, punto 2.1 del *Manual para la protección de las líneas de telecomunicación contra el rayo*)¹.

Recomendación K. 15 (Ginebra, 1972)

PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE TELEALIMENTACIÓN Y DE LOS REPETIDORES DE LÍNEA CONTRA EL RAYO Y LAS PERTURBACIONES DEBIDAS A LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS PRÓXIMAS

Recomendación preliminar

Para reducir los efectos de las perturbaciones de origen externo sobre el funcionamiento de la telealimentación de los repetidores, el C.C.I.T.T. recomienda que el sistema de telealimentación de los repetidores se establezca siempre que sea posible de forma que el circuito por el que circulen las corrientes de telealimentación, habida cuenta de los órganos a él conectados, se mantenga simétrico con relación a la cubierta y a tierra, y no ofrezca trayectos de baja impedancia a las corrientes longitudinales.

Introducción

La presencia de componentes que sólo resisten sobretensiones moderadas, en particular la de elementos semiconductores (transistores, etc.) en los equipos de telecomunicación, obliga a tomar medidas de protección contra las sobretensiones que pueden aparecer en sus terminales, y ello incluso si las sobretensiones rebasan poco las tensiones de servicio, ya que aun así pueden perturbar el funcionamiento de estos elementos o incluso provocar su destrucción.

¹ En preparación.

Además, el funcionamiento de los enlaces con repetidores puede verse perturbado por las fuerzas electromotrices inducidas por líneas eléctricas, siendo la perturbación una función del modo de explotación de estas líneas eléctricas y pudiendo existir hasta en ausencia de cualquier defecto en dichas líneas.

Pueden resultar dañados los componentes y, en especial, los elementos semiconductores de los aparatos que están directamente conectados a los conductores de las líneas de telecomunicación, por estar expuestos estos conductores, sean en cables o en líneas aéreas, a las sobretensiones debidas a las perturbaciones exteriores como, por ejemplo, la inducción magnética creada por líneas eléctricas o por descargas atmosféricas.

Los repetidores insertados en las líneas de telecomunicación entran en esta categoría de equipos. Como la telealimentación se hace por los conductores en cables o en líneas aéreas que se utilizan para la transmisión, las sobretensiones pueden llegar directamente a los terminales de los elementos semiconductores y dañarles, a menos que se hayan previsto dispositivos de protección o los circuitos se hayan concebido de forma apropiada para limitar las sobretensiones a valores admisibles, o impedir su aparición.

Las medidas de protección que han de tomarse dependen en parte:

- del valor de las fuerzas electromotrices que pueden producirse;
- de la constitución de la línea, sobre todo si se trata de pares en cables;
- de las disposiciones tomadas, en el conductor exterior de los pares coaxiales, en relación con la envoltura metálica del cable (potencial flotante o puesta a tierra);
- de la naturaleza de la telealimentación (corriente continua o corriente alterna).

Si las sobretensiones que aparecen en los conductores utilizados para la telealimentación se deben a la inducción magnética creada por líneas eléctricas próximas, se puede empezar por determinar sus valores por los métodos de cálculo indicados en las *Directrices*. Para establecer las medidas de protección requeridas, se necesitan cálculos suplementarios.

Si las sobretensiones se deben a las descargas atmosféricas, el cálculo de sus valores sólo da resultados aproximados. Hay, pues que probar los dispositivos de protección previstos en el aparato de que se trate y en condiciones lo más parecidas posible a las condiciones reales.

Las medidas recomendadas a continuación responden a las exigencias enunciadas anteriormente. Estas medidas no pretenden ser completas dado que la técnica evoluciona constantemente; sin embargo, deben procurar al fabricante y al usuario de tales instalaciones un grado elevado de protección.

1. Métodos de cálculo

1.1 En principio, las *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas eléctricas*, 3.^a parte, edición de 1963, permiten el cálculo de la fuerza electromotriz longitudinal inducida en el circuito de telealimentación. El método de cálculo es válido, tanto en condiciones de funcionamiento normal como en caso de defecto en la línea eléctrica.

1.2 Para el cálculo suplementario de las tensiones y corrientes inducidas en un par coaxial, se partirá de la fuerza electromotriz longitudinal calculada según las indicaciones dadas en el punto 1.1. Para este cálculo, se aconseja consultar la Recomendación K.16. (Véase asimismo, la publicación mencionada en (1) de la bibliografía de la Recomendación K.16)

1.3 Para la evaluación de las tensiones y corrientes (valor de cresta de los impulsos de corta duración) que pueden aparecer en los circuitos de telealimentación como consecuencia de las descargas atmosféricas, se recomienda consultar el "*Manual sobre la protección de las líneas e instalaciones de telecomunicación contra el rayo*"¹ (véase también la publicación mencionada en (2) de la bibliografía de la Recomendación K.16.)

2. Valores límites de las sobretensiones

2.1 Tensiones longitudinales provocadas por la inducción magnética

En principio, no deben rebasarse los valores límites de las tensiones longitudinales inducidas indicados en el capítulo IV de las *Directrices* si no se tiene la seguridad de que el material (cables, conductores, equipos) es capaz de soportar tensiones más elevadas. Sin embargo, pueden admitirse límites más elevados si un examen previo de la resistencia a la ruptura dieléctrica del aislamiento de los conductores y de los equipos que les están conectados indica que no existe ningún riesgo de ruptura. (Véase el capítulo IV, número 48 de las *Directrices*.)

Si el equipo de telealimentación lleva permanentemente el conductor a un potencial elevado con relación a la envoltura metálica del cable, o con relación a tierra, hay que tener presente el hecho de que la tensión inducida se superpone a la tensión de telealimentación. (Véase el capítulo IV, número 53 de las *Directrices*.)

2.2 Sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas

Los valores límites admisibles de las tensiones de choque dependen en primer lugar de la rigidez dieléctrica del aislamiento de los conductores y de los equipos que le están conectados, a menos que se tomen medidas suplementarias (por ejemplo, en las instalaciones) para limitar las sobretensiones a valores inferiores a las tensiones de ruptura. Los límites admisibles en los terminales de los aparatos que comprenden elementos semi-conductores dependen de las características de esos elementos.

3. Medidas de protección

3.1 Protección contra las sobretensiones

Los dispositivos de protección deberían estar concebidos para que cumplan su misión, cualquiera que sea el origen de las sobretensiones. (Inducción magnética, descargas atmosféricas, etc.)

3.1.1 Protección de los conductores en cables

Si se rebasan los valores límites indicados en los puntos 2.1 y 2.2, se recomienda la aplicación de una de las medidas de protección apropiadas. Por ejemplo, cuando se hacen nuevas instalaciones, puede aumentarse la rigidez dieléctrica del aislamiento. Asimismo se pueden utilizar cables con un factor reductor mejorado. Además, las tensiones se pueden limitar por pararrayos y otros dispositivos limitadores de tensión. En el último caso, hay que velar por que el pararrayos deje de funcionar después de la sobretensión y por que el conductor de alimentación esté de nuevo en estado de servicio; otras medidas de protección tampoco deben excluirse.

En los cables compuestos, algunos de cuyos pares se utilizan para la telealimentación, se recomienda armonizar las medidas de protección para todos los conductores, a fin de que no se produzcan efectos desfavorables en el conjunto del cable.

3.1.2 Protección de los repetidores

Debe preverse una protección tanto a la entrada y a la salida del repetidor, como en el circuito de telealimentación.

Se recomienda que se incorporen a los repetidores transistorizados, desde su fabricación, dispositivos de protección que tengan por efecto impedir que las sobretensiones peligrosas lleguen a los terminales de los componentes sensibles, como, por ejemplo, los elementos semiconductores.

Si se utilizan pararrayos para limitar las sobretensiones, hay que tener en cuenta que algunas sobretensiones cuya amplitud es inferior a la tensión de cebado son lo bastante elevadas para deteriorar ciertos componentes, por ejemplo los elementos semiconductores, transistores, etc., montados en los equipos. Se aconseja, pues, que se haga la protección interna asociando a los pararrayos otros elementos de protección, por ejemplo, diodos Zener o filtros (que pueden existir ya en el equipo). La combinación de estos elementos en el interior del equipo

constituye una “protección integrada” por cuyo efecto las sobretensiones, cualesquiera que sean su origen y su valor, se reducen gradualmente a un nivel suficientemente pequeño para no causar deterioros.

Puede ocurrir que la protección de los repetidores contra las tensiones inducidas permanentemente por las líneas eléctricas o las líneas de tracción requiera menos elementos y sea más económica si el conductor exterior de los pares coaxiales está a un potencial flotante, que si está puesto a tierra. Por el contrario, cuando el conductor exterior está conectado a tierra, el personal que trabaja en las líneas en pares coaxiales está mejor protegido contra un contacto accidental con el conductor interior que, utilizado para la telealimentación, se eleva como consecuencia de ello a cierto potencial. Como cada una de las dos fórmulas presenta ventajas y desventajas, la elección dependerá de las necesidades de explotación.

3.2 *Medidas que han de tomarse para asegurar un funcionamiento satisfactorio del equipo en presencia de una tensión perturbadora inducida permanentemente en el cable*

Deben hacerse mediciones para controlar el funcionamiento satisfactorio del repetidor, en presencia de tensiones y de corrientes perturbadoras inducidas permanentemente por líneas eléctricas o líneas de tracción, en los conductores del cable. Las mediciones conciernen al caso en que las líneas eléctricas perturbadoras no presentan defectos. Los valores de las tensiones y corrientes inducidas pueden calcularse por los métodos de cálculo indicados en el punto 1.1.

4. Prueba de los repetidores transistorizados telealimentados

4.1 *Generalidades*

Conviene que las condiciones de prueba se asemejen lo más posible a las condiciones reales.

Estas condiciones de prueba deben reproducir no solamente las condiciones de funcionamiento normal, sino también circunstancias accidentales, como el caso en que el conductor que está en general aislado, entra accidentalmente en contacto con la envoltura metálica del cable o con la tierra.

4.2 *Prueba por medio de tensiones de choque*

Se recomienda que, cuando se proceda a la prueba por medio de tensiones de choque, se apliquen las indicaciones contenidas en la Recomendación K.17. Conviene subrayar que en lo que respecta a la elección de la amplitud de las ondas, no hay que contentarse con hacerla aumentar hasta el máximo, sino que también hay que hacer una prueba con una amplitud inferior a todas las tensiones de umbral de los dispositivos de protección (por ejemplo, la tensión de cebado de los pararrayos). Así se pone de manifiesto la eficacia de los elementos de protección (por ejemplo, diodos) para sobretensiones cuya amplitud es reducida, pero cuya energía puede ser elevada.

En caso de que se utilicen pararrayos, hay que asegurarse de que sus tensiones de formación de arco son inferiores a la rigidez dieléctrica existente entre los conductores y el chasis del equipo, para que no se produzca ninguna ruptura.

4.3 *Pruebas por medio de tensiones alternas*

Si los repetidores están alimentados por pares simétricos o por pares coaxiales, cuyos conductores exteriores están aislados del suelo o de la envoltura metálica del cable, se recomienda que se haga una prueba con una tensión alterna para cerciorarse de que la rigidez del aislamiento con relación a la tierra es superior a los valores admitidos en las *Directivas* para las tensiones debidas a la inducción magnética.

Para verificar el funcionamiento de los repetidores y su línea de alimentación en caso de cebado de los pararrayos, en los terminales de esta línea de alimentación se aplica una corriente alterna que corresponda a las indicaciones dadas en la Recomendación K.17¹.

¹ Todavía no se ha dado término a la redacción de la Recomendación K.17. En el anexo a la Cuestión 21/V figura un proyecto en el que se basará dicha Recomendación.

En las instalaciones en que cabe esperar una tensión inducida permanente debida, por ejemplo, a la corriente de tracción de ferrocarriles de corriente alterna, hay que superponer a la corriente de alimentación una corriente alterna de la misma frecuencia (50 Hz, 60 Hz, 16 2/3 Hz), e intensidad que la producida en la sección de alimentación cuando la tensión inducida alcanza el valor indicado en el capítulo IV, puntos 6, 7 y 35, de las *Directrices*. Durante el paso de esta corriente, la modulación del zumbido debe ser suficientemente débil para que se respeten los límites que propone la Comisión de estudio XV en su Cuestión 37, para las secciones de ruta.

Recomendación K.16 (Ginebra, 1972)

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO PARA EVALUAR LOS EFECTOS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS EN LOS REPETIDORES TELEALIMENTADOS DE LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN POR PARES COAXIALES

1. Resumen

En la publicación mencionada en (1) de la bibliografía de la presente Recomendación, se hace una exposición general que abarca todos los casos posibles de inducción magnética y que permite calcular, en función de la ubicación, la variación de las tensiones y corrientes inducidas cuando una arteria está expuesta, total o parcialmente, a la inducción. En la presente Recomendación se dan indicaciones generales para determinar un circuito equivalente que permite calcular con rapidez los valores máximos de tensión y de corriente en los conductores de un cable, cualesquiera que sean la longitud y la posición de la sección del cable expuesta a la inducción. Las capacidades concentradas y la impedancia de transferencia de este circuito equivalente, deben elegirse adecuadamente. Sólo son necesarios aquí dos grupos de parámetros, según que la longitud de la sección expuesta sea menor o igual que la mitad de la sección de alimentación inductora. En el anexo 1 se indica la manera de pasar de las fórmulas complejas de la publicación al cálculo simplificado.

Para verificar la utilidad de este circuito equivalente de aplicación general, en el anexo 2 se han calculado los valores máximos de las tensiones y de las corrientes inducidas en los conductores de un cable cuando los conductores exteriores son de potencial flotante, para algunos de los valores de aproximación que han sido objeto de una aplicación numérica en la publicación anteriormente mencionada. Estos valores se han presentado también en gráficos y puede comprobarse que el método de cálculo indicado en el citado anexo 2 proporciona resultados bastante precisos para una utilización práctica.

El anexo 3 muestra cómo debe modificarse el circuito equivalente en el caso de que los conductores exteriores de los pares coaxiales estén conectados a tierra en los extremos y en los puntos de amplificación.

En la publicación mencionada en (4) de la bibliografía de la presente Recomendación figura también un método de cálculo análogo sobre los efectos de la inducción magnética de las líneas eléctricas en los sistemas de telecomunicación instalados en cables de pares coaxiales cuyo conductor exterior está aislado.

2. Ventajas del circuito equivalente

Entre las magnitudes de referencia dadas en las fórmulas exactas de las publicaciones anteriormente mencionadas, figura la tensión longitudinal inducida en el cable, que se puede calcular por los métodos usuales (véanse las *Directrices* del C.C.I.T.T., 1963).

Una vez conocida la tensión longitudinal inducida en el cable, estas fórmulas exactas permiten una evaluación numérica muy precisa de las tensiones y de las corrientes inducidas, pero los resultados obtenidos difieren de los valores reales debido a la limitada precisión con que se dan los parámetros fundamentales utilizados: no obstante, la experiencia demuestra que esta precisión es pequeña, ya que ciertos factores importantes —como la conductividad efectiva del suelo— no pueden determinarse con exactitud.

Dada la imprecisión inherente al cálculo de la tensión longitudinal inducida, utilizada como magnitud de referencia, en el desarrollo del cálculo se tolera un error suplementario de un 20%, aproximadamente, como máximo. Se puede, pues, simplificar considerablemente las fórmulas exactas para todas las aplicaciones (ya que en la práctica se tiene casi siempre $I' \cdot l \leq 2$ y $\bar{I}' \cdot l \leq 2$); entonces, para cada caso, se pueden encontrar circuitos equivalentes correspondientes (I' y \bar{I}' son, respectivamente, las constantes de propagación de los circuitos "cubierta del cable - conductor exterior" y "conductor exterior - conductor interior").

3. Enunciado del problema

Se pueden considerar circuitos equivalentes para los cuatro casos de inducción siguientes:

1. Conductor exterior puesto a tierra, inducción uniforme.
2. Conductor exterior de potencial flotante, inducción uniforme (véase la figura 5/K.16).
3. Conductor exterior puesto a tierra, exposición parcial en una pequeña longitud en el centro de la sección.
4. Conductor exterior con un potencial flotante, exposición parcial en una pequeña longitud en el centro de la sección (véase la figura 6/K.16).

En la práctica, tener que considerar un solo circuito equivalente en vez de cuatro representa una gran simplificación. Además, es ventajoso poder definir por medio de la publicación mencionada en (1) de la bibliografía de la presente Recomendación, un circuito equivalente uniforme de aplicación general que proporcione indicaciones suficientemente precisas sobre los valores máximos de las tensiones y de las corrientes inducidas en un cable, incluso en el caso de aproximación parcial en cualquier lugar del recorrido entre la sección de alimentación y la línea inductora.

Como se verá en el anexo 1, tal circuito equivalente se puede determinar por medio de los esquemas de circuitos objeto de las figuras 5/K.16 y 6/K.16. Este circuito está representado en la figura 2/K.16.

4. Parámetros empleados y notaciones

En la hipótesis general de que una sección de alimentación de conductores exteriores que se encuentra a un potencial flotante (es decir, sin unión a la cubierta del cable o a un sistema de puesta a tierra) esté expuesta a la inducción a lo largo de una sección de posición arbitrariamente elegida, se puede trazar la figura 1/K.16 siguiente que indica las convenciones y notaciones adoptadas.

Se utilizarán los símbolos E, C, V, I , para las magnitudes relativas al circuito "cubierta del cable - conductor exterior" y los símbolos $\bar{E}, \bar{C}, \bar{V}, \bar{I}$, para las magnitudes relativas al circuito "conductor exterior - conductor interior".

5. Circuito equivalente de aplicación general

Las consideraciones expuestas en el anexo 1 han permitido definir un circuito equivalente de aplicación general, que se representa en la figura 2/K.16.

Para todos los sistemas de comunicación a larga distancia cuyas secciones de alimentación estén, ya uniformemente expuestas a la inducción magnética, ya parcialmente expuestas a esta inducción en una parte central de corta longitud, el circuito equivalente permite determinar los valores máximos de las tensiones y corrientes inducidas en los dos circuitos de la figura 1/K.16 con un 10% aproximadamente de precisión. Cuando se aplica este circuito a otros casos de inducción, pueden producirse errores de hasta un 20% de los valores teóricos. Este porcentaje, sin embargo, puede tolerarse en la práctica dada la imprecisión inherente a la determinación de la tensión longitudinal inducida E y en vista de que el método permite obtener resultados rápidos.

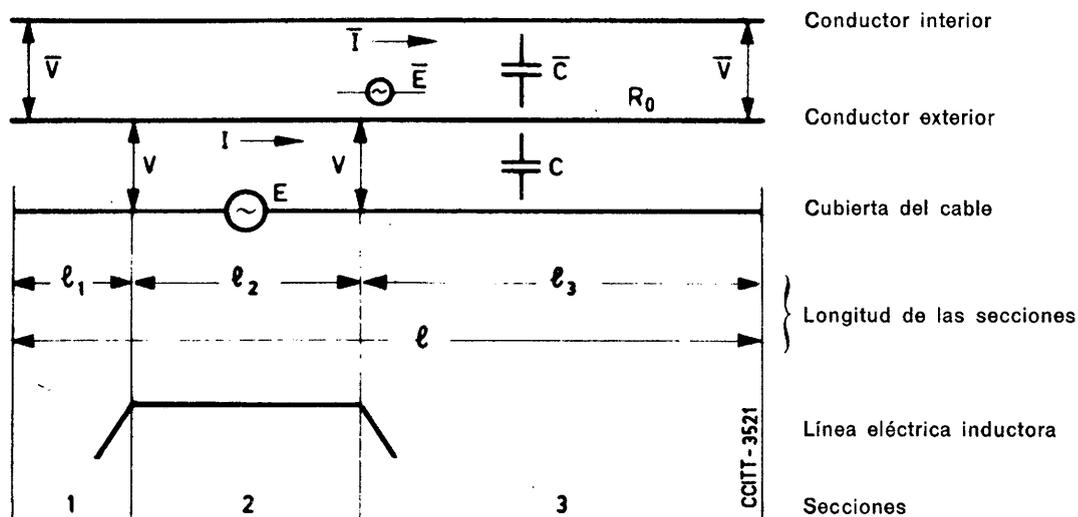


FIGURA 1/K.16. — Representación esquemática de los circuitos.

- E = tensión longitudinal inducida en el cable (voltios)
 \bar{E} = tensión longitudinal en el par coaxil (voltios)
 l_2 = longitud de la sección expuesta (km)
 l_1, l_3 = longitudes de las secciones no expuestas (km)
 l = longitud de la sección de alimentación (km) = $l_1 + l_2 + l_3$
 V, \bar{V}, I, \bar{I} = valores máximos que hay que determinar para las tensiones y las corrientes inducidas
 C, \bar{C} = capacidades efectivas por unidad de longitud (F/km)
 donde
- $$C = \frac{C_{os} \cdot l_s + C'_{os}}{l_s} \quad \text{y} \quad \bar{C} = \frac{C_{io} \cdot l_s + C_f}{l_s}$$
- C_{os} = capacidad por unidad de longitud entre el conductor exterior y la cubierta del cable (F/km)
 C'_{os} = capacidad entre el conductor exterior y la cubierta del cable en el lugar donde eventualmente se encuentra un repetidor (F)
 C_{io} = capacidad por unidad de longitud entre el conductor exterior y el conductor interior (F/km)
 C_f = total de todas las capacidades entre el trayecto de alimentación y el conductor exterior en los filtros de alimentación de un repetidor (F)
 l_s = longitud de la sección del repetidor (km)
 Z_t = impedancia efectiva de transferencia por unidad de longitud (Ω /km) entre el circuito « cubierta — conductor exterior » y el circuito « conductor exterior — conductor interior »
 R_o = resistencia por unidad de longitud (Ω /km) del conductor exterior solamente
 R_i = resistencia por unidad de longitud (Ω /km) del conductor interior al que se agrega un término correctivo correspondiente al valor, por kilómetro, de la resistencia de los filtros direccionales.

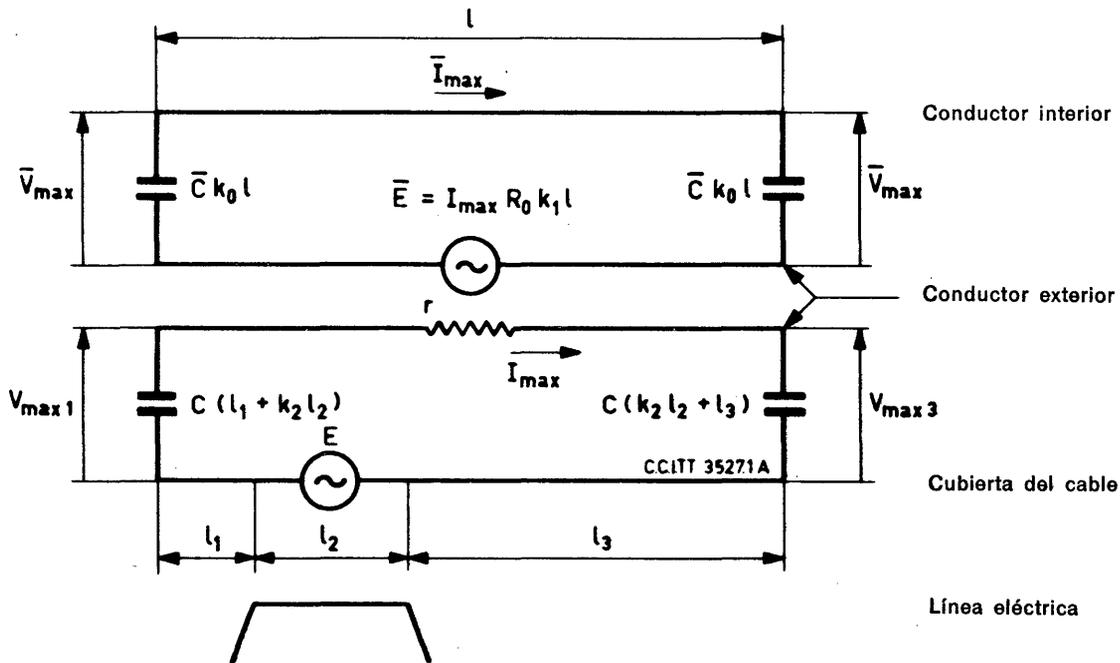


FIGURA 2/K.16. — Circuito equivalente.

		Valor de los parámetros k		
		k_0	k_1	k_2
por	$l_2 \leq \frac{l}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
por	$l_2 > \frac{l}{2}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{4}$

Observación. — La resistencia r de la figura 2/K.16 sólo hay que tenerla en cuenta en los casos de los conductores exteriores correctados a tierra (véase el anexo 3).

Las observaciones siguientes permiten comprender mejor el esquema simplificado.

1. Todos los elementos de las líneas de transmisión del caso real se suponen concentrados, lo que es aceptable para una línea abierta en los dos extremos y corta, teniendo en cuenta la longitud de onda que corresponde a 50 Hz.
2. En los circuitos no se toma en cuenta la resistencia de los conductores, salvo para constituir la impedancia de transferencia de un circuito al otro, en que se introduce ponderada por un coeficiente k_1 que depende de la longitud de la sección expuesta de modo que $k_1 < 1$.

Esto supone que los circuitos de la figura 2/K.16 están efectivamente abiertos (para las corrientes inducidas a 50 Hz) en los extremos de la sección de telealimentación. Puede no ser así, en particular si los equipos de alimentación contienen filtros y dispositivos de equilibrio para fijar los potenciales de los conductores interiores con relación a la tierra. El circuito "conductor interior - conductor exterior" está entonces cerrado con condensadores de valor elevado que deben agregarse en paralelo a $C k_0 l$ en los dos extremos de la figura 2/K.16. En este caso, no puede ya despreciarse la resistencia en serie del conductor interior. En el anexo 3 se da un ejemplo de aplicación.

- 3) Las capacidades Cl_1 y Cl_3 corresponden a la terminación exacta más allá de la sección expuesta. La capacidad de la sección expuesta se introduce ponderada por un coeficiente k_2 que depende de la longitud de la sección expuesta de modo que $2k_2 < 1$.
- 4) El esquema simplificado conduce a tensiones asimétricas en el circuito "cubierta — conductor exterior". Permite determinar los valores máximos en los extremos. En la figura 3/K.16 se da una representación práctica de la tensión y de la intensidad a todo lo largo de la sección de telealimentación. La tensión varía poco fuera de la sección expuesta, y es nula cerca de su centro. La intensidad máxima se encuentra cerca del centro de la sección expuesta; la intensidad es evidentemente nula en los extremos, puesto que el circuito está abierto en el caso del conductor exterior de potencial flotante.

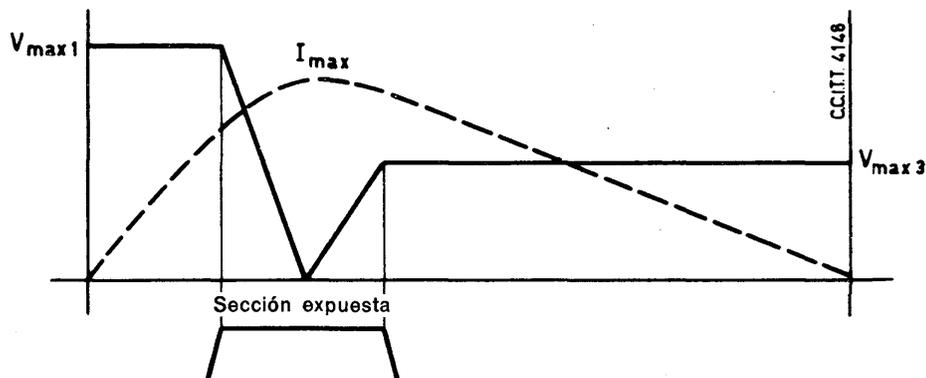


FIGURA 3/K.16. — Tensión e intensidad a lo largo de la sección de telealimentación en el circuito « cubierta — conductor exterior ».

- 5) En cambio, en el circuito "conductor interior — conductor exterior" la tensión y la intensidad son mucho más simétricas. La capacidad está ponderada por un coeficiente k_0 que depende de la longitud de la sección expuesta de modo que $2k_0 < 1$.
- 6) El esquema simplificado permite, como se indica en el punto 4, calcular en el circuito "conductor interior — conductor exterior" la tensión y la intensidad máximas. Según la naturaleza del circuito considerado estos valores pueden ser mucho más bajos que en el circuito "cubierta — conductor exterior". En la figura 4/K.16 se da una representación práctica de la tensión y de la intensidad a todo lo largo de la sección de telealimentación. Las tensiones extremas son simétricas, la tensión nula y la intensidad máxima están siempre muy cerca del centro de la sección de telealimentación, cualquiera que sea la posición de la sección expuesta.

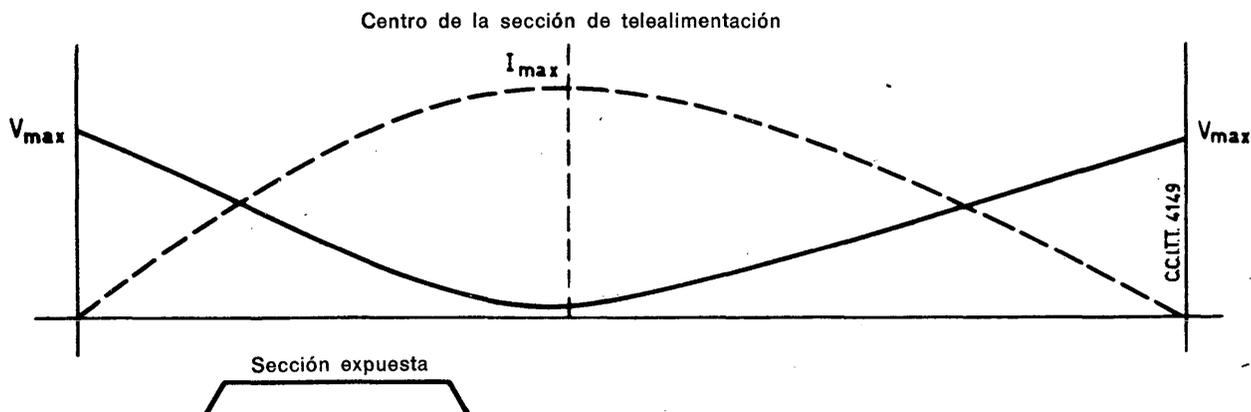


FIGURA 4/K.16. — Tensión e intensidad a lo largo de la sección de telealimentación en el circuito « conductor interior — conductor exterior ».

BIBLIOGRAFÍA

1. KEMP, J., SILCOOK, H.W., STEWARD, C.J.: Power frequency induction on coaxial cables with application to transistorized systems. *Electrical Comm.*, Vol. 40 (1965), N.º 2, págs. 255-256.
Igual texto en francés en: *Revue des Télécommunications*, Vol. 40 (1965), N.º 2, págs. 254-263.
2. KEMP, J.: Estimating voltage surges on buried coaxial cables struck by lightning. *Electrical Comm.*, Vol. 40 (1965), N.º 3, págs. 381-385.
Igual texto en francés en: *Revue des Télécommunications*, Vol. 40 (1965), N.º 3, págs. 398-402.
3. POPP, E.: Lightning Protection of line repeaters. *Conference Proceedings*, ICC 68 of the I.E.E.E., págs. 169-174.
4. SALZMANN, W., VOGEL, W.: Berechnung der Starkstrombeeinflussung von Nachrichtenkabeln mit Koaxialpaaren und isolierten Aussenleitern. (Cálculo de la interferencia producida por líneas eléctricas en los cables de telecomunicación con pares coaxiales y conductores exteriores aislados.) *Signal und Draht* 57 (1965), N.º 12, págs. 205-211.

ANEXO 1

(a la Recomendación K. 16)

Justificación de los parámetros que figuran en el circuito equivalente de aplicación general

1. Caso general

En la publicación mencionada en (1) de la presente Recomendación se dan sistemas de ecuaciones que contienen los parámetros complejos de transmisión de los dos circuitos de que se trata.

Estas ecuaciones permiten resolver completamente el problema en el caso de los circuitos abiertos en los dos extremos. Estas fórmulas desarrollan un número importante de términos en funciones hiperbólicas de parámetros complejos que complican su aplicación. Para llegar a un esquema muy sencillo que permita un cálculo elemental se necesitan varias etapas de aproximación.

2. Primera etapa – Exposición simétrica – Cálculo completo

Las fórmulas generales se aplican a dos casos de exposición simétrica representados en las figuras 5/K.16 y 6/K.16. En el primer caso, la exposición abarca toda la sección de telealimentación; en el segundo, está limitada a una pequeña longitud en el centro de la sección. Las curvas resultantes de los cálculos figuran en (1) y se representan en la figura 11/K.16 del anexo 2.

3. Segunda etapa – Exposición simétrica – Esquema simplificado

Se tiene en cuenta la corta longitud eléctrica de las líneas y del ángulo de fase próximo a $\pm 45^\circ$ de los parámetros secundarios de propagación. Esto permite reemplazar los elementos repartidos por condensadores y resistencias localizadas representadas en las figuras 5/K.16 y 6/K.16. Los coeficientes tales como $\frac{5}{16}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ provienen del desarrollo en serie de los términos hiperbólicos complejos.

Los circuitos equivalentes de las figuras 5/K.16 y 6/K.16 permiten efectuar el cálculo de las tensiones e intensidades máximas en dos casos de exposición simétricos; como estos casos son muy excepcionales, hay que relacionar con ellos el caso general de una exposición asimétrica de cualquier longitud. Tal es el objeto de la etapa siguiente.

4. Tercera etapa – Caso general – Esquema simplificado

4.1 Circuito “cubierta del cable – conductor exterior”

En la sección expuesta 2, cuya longitud es l_2 , el circuito “cubierta del cable – conductor exterior” puede tratarse como una línea bifilar expuesta a una inducción uniforme y que termina en las capacidades de línea de las secciones 1 y 3 adyacentes y no expuestas.

CIRCUITOS EQUIVALENTES PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES MÁXIMOS DE LAS TENSIONES Y CORRIENTES INDUCIDAS EN LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN TRANSISTORIZADOS Y PARES COAXILES CUYO CONDUCTOR EXTERIOR ESTA A UN POTENCIAL FLOTANTE

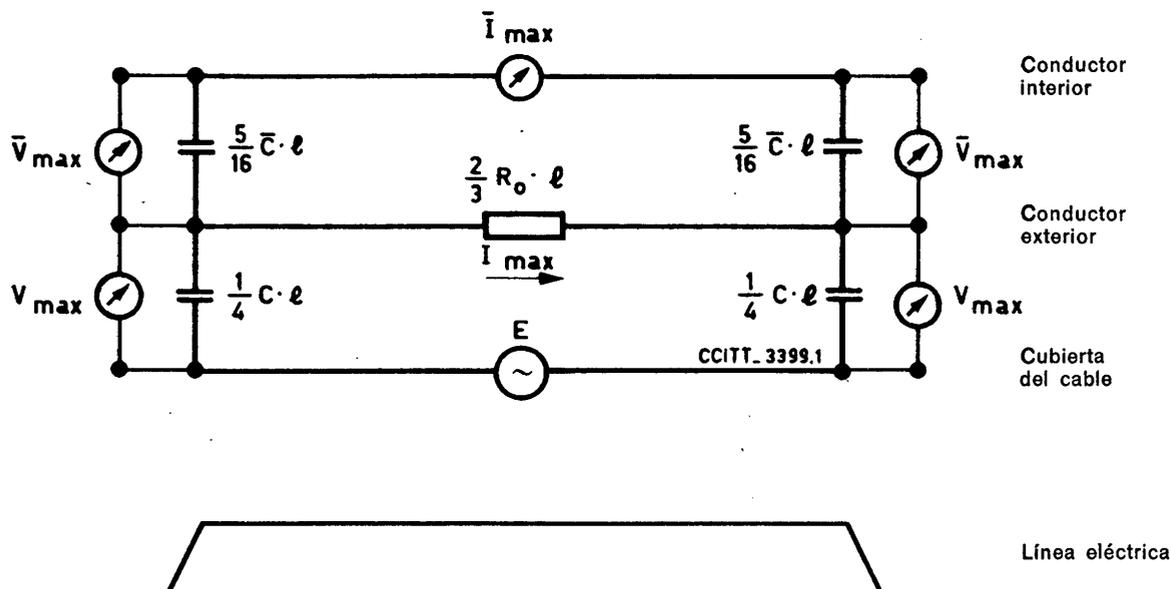


FIGURA 5/K.16. — Sección de alimentación uniformemente expuesta a la inducción.

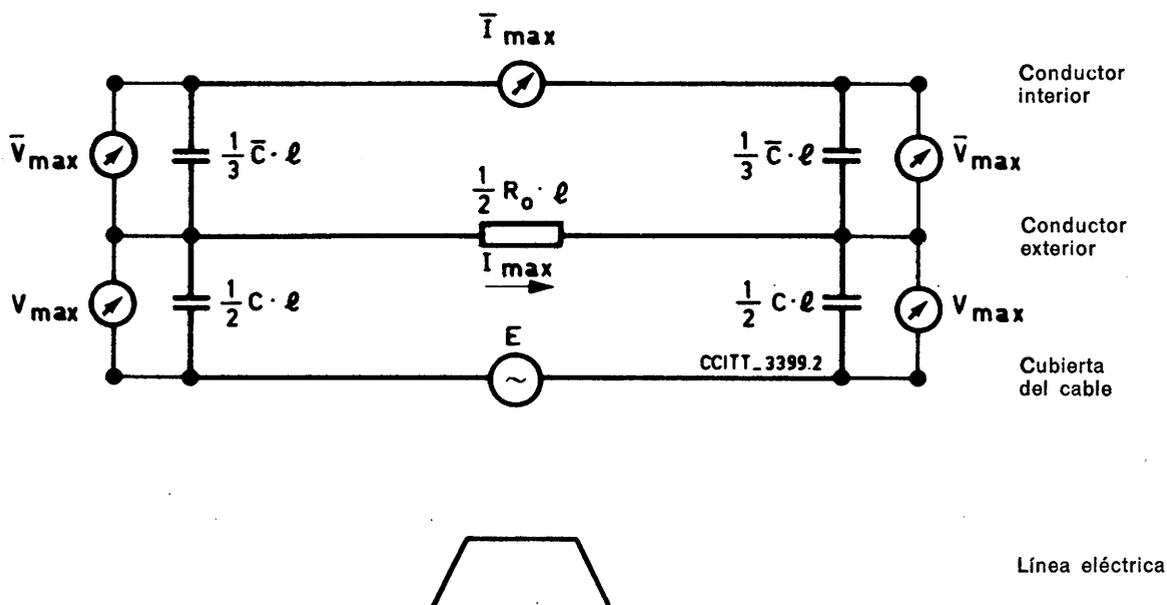


FIGURA 6/K.16. — Exposición parcial en una corta longitud en el centro de la sección.

E = tensión longitudinal inducida en el cable (voltios)
 R_o = resistencia del conductor exterior (Ω/km)
 l = longitud de la sección de alimentación

Cuando la sección 2 es mucho más larga que las secciones 1 y 3 ($l_2 \gg l_1, l_2 \gg l_3$), la distribución de la corriente y de la tensión depende sobre todo de la sección propia expuesta y es casi o completamente simétrica con relación al punto medio de la sección. Los valores efectivos de capacidad indicados en la figura 5 para una línea bifilar expuesta a una inducción uniforme pueden aplicarse entonces a la sección 2. Así, para $l_2 \gg \frac{l}{2}$ se obtendrá el esquema representado en la figura 7.

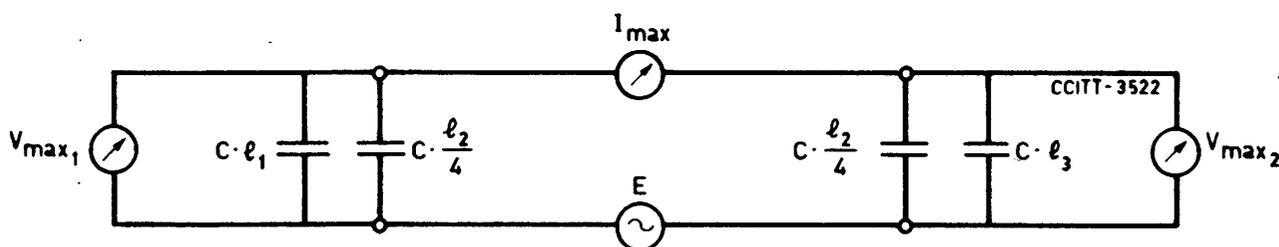
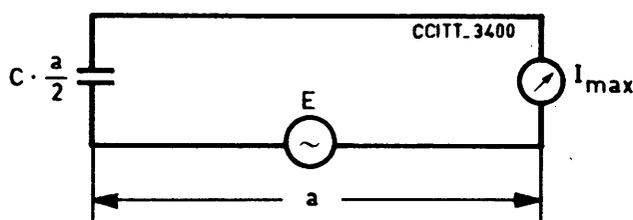


FIGURA 7/K.16. — Circuito « cubierta del cable — conductor exterior » en el caso de una sección expuesta larga.

Por el contrario, cuando la sección expuesta es mucho más corta que las secciones no expuestas ($l_2 \ll \frac{l}{2}$), la distribución de la corriente y de la tensión depende, sobre todo, de las admitancias en los extremos de la sección. El máximo de corriente inducida se desplaza hacia el extremo de la sección 2 adyacente a la más larga de las dos secciones no expuestas. Este máximo se desplaza más cuando la sección 2 se halla directamente situada al principio o al final de la sección de alimentación ($I_1 = 0$ ó $I_3 = 0$, respectivamente). En este caso límite, l_2 tiende a encontrarse en las mismas condiciones que una línea bifilar sometida a una inducción uniforme y uno de cuyos extremos se halla en cortocircuito.

Entonces se utilizará el circuito equivalente de la figura 8/K.16 para determinar el valor máximo de la corriente inducida.



$a =$ longitud de la línea

FIGURA 8/K.16. — Línea terminada por un cortocircuito en un extremo.

Este esquema corresponde a la mitad de la figura 5/K.16 relativa a una línea de longitud $l = 2 \cdot a$, sometida a inducción uniforme, estando abiertos los dos extremos y estableciéndose una conexión en la mitad de la ruta. Esta conexión no modifica las condiciones.

Ahora bien, como el extremo de la sección 2 no está en cortocircuito en el caso límite que nos interesa, sino que esta sección termina en admitancias finitas ($\omega C \cdot l_3$ y $\omega C \cdot l_1$, respectivamente), la capacidad efectiva localizada $C \cdot \frac{l_2}{x}$ asociada a la sección 2 en el circuito equivalente parcial estará comprendida entre:

$$C \cdot \frac{l_2}{4} < C \cdot \frac{l_2}{x} < C \cdot \frac{l_2}{2} \text{ en el extremo en que se encuentra la prolongación más corta y}$$

$$C \cdot \frac{l_2}{4} > C \cdot \frac{l_2}{x} > 0 \text{ en el otro extremo.}$$

Como se verá más adelante, el hecho de tomar $x = 3$ en cada extremo constituye una fórmula transaccional que da resultados satisfactorios para todas las ubicaciones de la sección expuesta cuando tiene poca longitud. En consecuencia, para $l_2 \ll \frac{l}{2}$ se obtiene la siguiente configuración (figura 9/K.16):

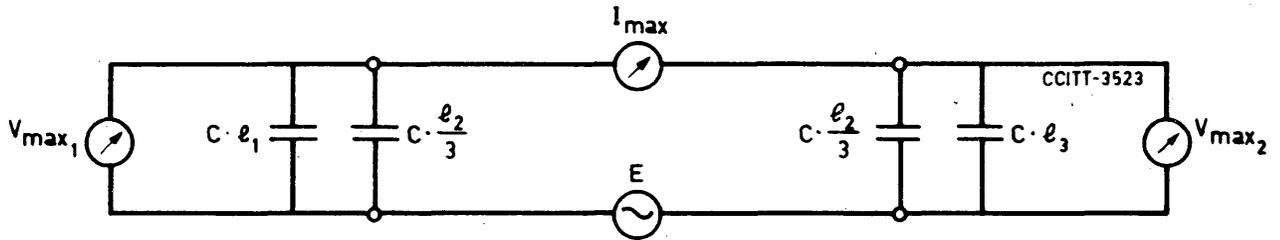


FIGURA 9/K.16. — Circuito « cubierta del cable — conductor exterior ». Caso de una sección expuesta corta.

4.2 Impedancia efectiva de transferencia¹

La corriente I que circula en el circuito “cubierta del cable — conductor exterior” genera una tensión longitudinal \bar{E} en los terminales de la resistencia del conductor exterior del sistema de pares coaxiales. Esta corriente I alcanza su máximo en la sección expuesta y tiende hacia cero en los extremos de la arteria. La resistencia efectiva que ha de utilizarse con el máximo de corriente I es la de los circuitos equivalentes realizados según las fórmulas simplificadas. En el método del circuito equivalente se introduce una resistencia efectiva cuyo conocimiento, asociado al de la corriente, permite calcular \bar{E} . Esta resistencia efectiva, designada por $Z_t \cdot l$, se llama impedancia efectiva de transferencia; sustituye a la resistencia $R_0 \cdot l$. El valor de \bar{E} viene dado por la igualdad $\bar{E} = I_{\text{máx}} \cdot Z_t \cdot l$.

Si la inducción es uniforme en toda la sección de alimentación, como en el caso de la figura 5/K.16; el valor que ha de utilizarse para la impedancia de transferencia viene dado por:

$$Z_t \cdot l = \frac{2}{3} \cdot R_0 \cdot l$$

Este valor puede utilizarse también cuando las variaciones de la corriente I a lo largo del trayecto son muy semejantes a las que se producen en el caso de una inducción uniforme ($l_2 \gg \frac{l}{2}$).

Para una exposición parcial de corta longitud en el centro de la sección de telealimentación (véase la figura 6/K.16), se utilizará la igualdad

$$Z_t \cdot l = \frac{1}{2} \cdot R_0 \cdot l$$

para calcular la impedancia de transferencia.

Cuando la parte expuesta de corta longitud está situada al principio o al final de la sección de alimentación, se obtiene el mismo valor (como puede demostrarse utilizando el circuito equivalente para una exposición parcial en el centro de la sección, sustituyendo l por $2 \cdot l$).

Cabe suponer, pues, en primera aproximación, que el valor obtenido no varía mucho, ni siquiera si se elige arbitrariamente la ubicación de la sección expuesta de corta longitud.

Así para la impedancia de transferencia del circuito equivalente se tiene:

$$Z_t \cdot l = \frac{2}{3} R_0 \cdot l \text{ para } l_2 \gg \frac{l}{2} \text{ y}$$

$$Z_t \cdot l = \frac{1}{2} R_0 \cdot l \text{ para } l_2 \ll \frac{l}{2}$$

¹ La impedancia de transferencia se llama a menudo, también, impedancia de acoplamiento de la cubierta metálica del cable.

4.3 Circuito "conductor exterior — conductor interior"

En el circuito "conductor exterior — conductor interior", predomina la tensión longitudinal \bar{E} a lo largo de toda la sección de alimentación, incluso en el caso de una exposición parcial. Como puede verse consultando las figuras del Anexo 2, el mínimo de la tensión \bar{V} entre el conductor interior y el conductor exterior se produce exactamente a mitad de camino en el caso de una exposición simétrica, y casi a mitad de camino en todos los casos de exposiciones asimétricas (incluso cuando se trata de secciones muy cortas sometidas a inducción y situadas al principio o al final de la sección de alimentación). Los valores calculados para la corriente y la tensión en el par coaxial no presentarán, pues, diferencias apreciables si se supone que la intensidad de campo debida a la tensión longitudinal \bar{E}/l está distribuida simétricamente, cualesquiera que sean la longitud y la posición de la sección expuesta.

FIGURA 10/K.16. — Circuito « conductor exterior — conductor interior ».

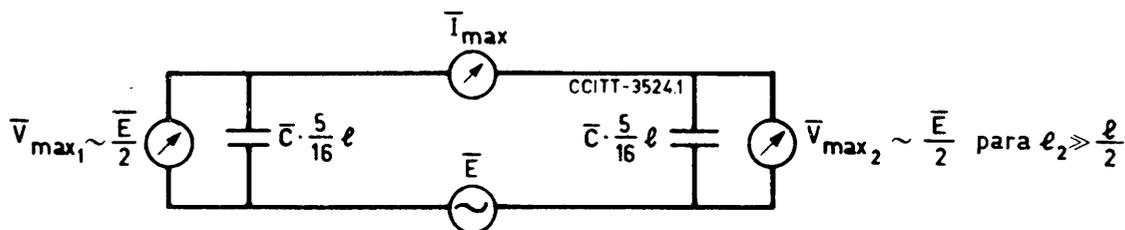


FIGURA 10a/K.16. — Sección expuesta larga.

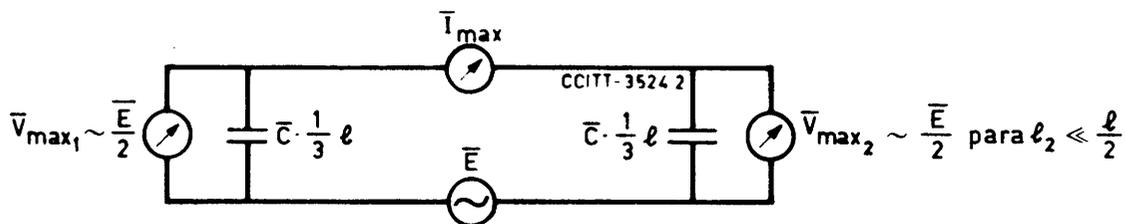


FIGURA 10b/K.16. — Sección expuesta corta.

Con esta hipótesis, los esquemas de circuitos de la figura 10/K.16, inspirados en las figuras 5/K.16 y 6/K.16 para el caso de una exposición simétrica, pueden emplearse también, en general, para una configuración cualquiera

5. Conclusión del anexo 1

Reuniendo los esquemas elementales de las figuras 7/K.16 a 10/K.16 del punto 4 del presente anexo, se obtiene un esquema de circuito equivalente de aplicación general, en el que se adoptarán para las capacidades y la impedancia de transferencia valores numéricos diferentes según la longitud de la sección expuesta:

$$l_2 \gg \frac{l}{2} \text{ y } l_2 \ll \frac{l}{2} \text{ respectivamente.}$$

Como puede demostrarse con ejemplos numéricos, se obtienen resultados satisfactorios conservando los parámetros asociados al caso $l_2 \ll \frac{l}{2}$ incluso cuando $l_2 = \frac{l}{2}$. Si sustituimos, pues:

$$l_2 \gg \frac{l}{2} \text{ por } l_2 \geq \frac{l}{2} \text{ y}$$

$$l_2 \ll \frac{l}{2} \text{ por } l_2 \leq \frac{l}{2}$$

todas las posibilidades de exposición estarán cubiertas por medio de dos grupos de parámetros y el error que afecte a las zonas intermedias permanecerá en límites tolerables.

El circuito equivalente de aplicación general es objeto de la figura 2/K.16 de la presente Recomendación.

ANEXO 2

(a la Recomendación K.16)

**Ejemplos de aplicación de los cálculos completos
y del cálculo simplificado
Casos en que los conductores exteriores están con potencial flotante**

Para asegurarse de la utilidad del circuito equivalente en casos de exposición parcial arbitrariamente elegidos, se han calculado los valores máximos de las tensiones y de las corrientes por medio del circuito equivalente en ciertos casos de exposición que en (1) han sido objeto de un cálculo completo. Los valores hallados se han llevado a las figuras correspondientes reproducidas según esta publicación.

Para los cálculos comparativos, se han utilizado los valores siguientes relativos a sistemas de 300 canales por cable con pares coaxiales de pequeño diámetro:

$$C = 0,12 \mu\text{F}/\text{km}; \quad R_0 = 6,2 \Omega/\text{km}; \quad \bar{C} = 0,2 \mu\text{F}/\text{km}; \quad l = 64 \text{ km}.$$

En las figuras 11/K.16 a 15/K.16 pueden verse curvas que, establecidas con precisión, dan las tensiones y corrientes inducidas en un sistema de telecomunicación de 300 canales. Estas figuras corresponden a las figuras 4/K.16 a 7/K.16 de la publicación mencionada en (1) de la bibliografía de la Recomendación K.16, pero se ha elegido como valor de referencia una tensión longitudinal E de 1000 voltios en vez de 2000 voltios. Los valores aproximados de los máximos, tal como se calculan por medio del circuito equivalente, se indican en ellas mediante puntos negros. En todos los casos, se comprueba una concordancia satisfactoria con los valores obtenidos por un análisis exacto.

Ejemplo de cálculo para la figura 14/K.16

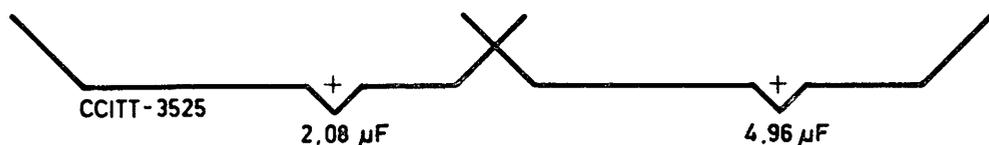
Se supone que en una sección de alimentación de 64 km perteneciente a un sistema de 300 canales por cable con pares coaxiales de pequeño diámetro, cuyo conductor exterior tiene un potencial flotante, que se halla expuesta al efecto de inducción de una línea eléctrica entre el 12.º y el 28.º kilómetro. La tensión longitudinal en el cable es, por hipótesis, de 1000 voltios a 50 Hz y hay que evaluar los valores máximos de las tensiones y de las corrientes inducidas que aparecen en el cable.

En este caso, se tiene: $l_1 = 12 \text{ km}$, $l_2 = 16 \text{ km}$, $l_3 = 36 \text{ km}$, $\frac{l}{2} = 32 \text{ km}$. Como l_2 es más pequeño que $\frac{l}{2}$, se utilizarán los parámetros siguientes para determinar el circuito equivalente (véase la figura 2/K.16):

$k_0 = \frac{1}{3}$	y $\bar{C} = 0,2 \mu\text{F}/\text{km}$
$k_1 = \frac{1}{2}$	$R_0 = 6,2 \Omega/\text{km}$
$k_2 = \frac{1}{3}$	$C = 0,12 \mu\text{F}/\text{km}$

Desarrollo

$$\begin{array}{lll}
 C l_1 = 0,12 \times 12 & C k_2 l_2 = 0,12 \times \frac{1}{3} \times 16 & C l_3 = 0,12 \times 36 \\
 = 1,44 \mu\text{F} & = 0,64 \mu\text{F} & = 4,32 \mu\text{F}
 \end{array}$$



$$\frac{1}{\omega C} \text{ a } 50 \text{ Hz:} \quad 1530 \Omega \quad + \quad 640 \Omega \quad = \quad 2170 \Omega$$

$$I_{\text{máx}} = \frac{1000 \text{ V}}{2170 \Omega} = 0,461 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} & \times 1530 \Omega = V_{\text{máx}_1} = 705 \text{ voltios} \\ & \times 640 \Omega = V_{\text{máx}_2} = 295 \text{ voltios} \\ & \times 198,5 \Omega = \bar{E} = 91,6 \text{ voltios} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} R_0 l = \frac{1}{2} \times 6,2 \times 64 = 198,5 \Omega$$

$$\frac{1}{2} \bar{E} \approx \bar{V}_{\text{máx}_1} \approx \bar{V}_{\text{máx}_2} = 45,8 \text{ voltios}$$

$$\frac{1}{3} \omega \bar{C} l = \frac{1}{3} \times 314 \times 0,2 \times 10^{-6} \times 64 = 1,34 \times 10^{-3} \text{ mhos}$$

$$\bar{I}_{\text{máx}} = 1,34 \times 10^{-3} \times 45,8 = 61,5 \text{ mA}$$

*Comparación entre los valores obtenidos mediante el circuito equivalente
y los valores máximos calculados con precisión*

(Valores extraídos de la figura 14/K.16)

Valores máximos	Valores resultantes del cálculo exacto	Valores resultantes de la aplicación del circuito equivalente	Diferencia con relación al cálculo exacto
$V_{\text{máx}_1}$	685 V	705 V	+ 2,9%
$V_{\text{máx}_2}$	315 V	295 V	- 6,3%
$I_{\text{máx}}$	0,455 A	0,461 A	+ 1,3%
$\bar{V}_{\text{máx}_1}$	48 V	45,8 V	- 4,6%
$\bar{V}_{\text{máx}_2}$	37,5 V	45,8 V	+22%
$\bar{I}_{\text{máx}}$	55 mA	61,5 mA	+11,8%

Esta comparación muestra que, exceptuando el valor de $\bar{V}_{\text{máx}_2}$ todas las diferencias observadas con relación a los valores resultantes de un cálculo exacto son inferiores al 12% y que los valores obtenidos mediante el circuito equivalente son generalmente superiores a los resultados del cálculo exacto. La diferencia de 22% observada en el caso de $\bar{V}_{\text{máx}_2}$ no tiene importancia práctica, puesto que sólo afecta al más pequeño de los dos máximos de \bar{V} .

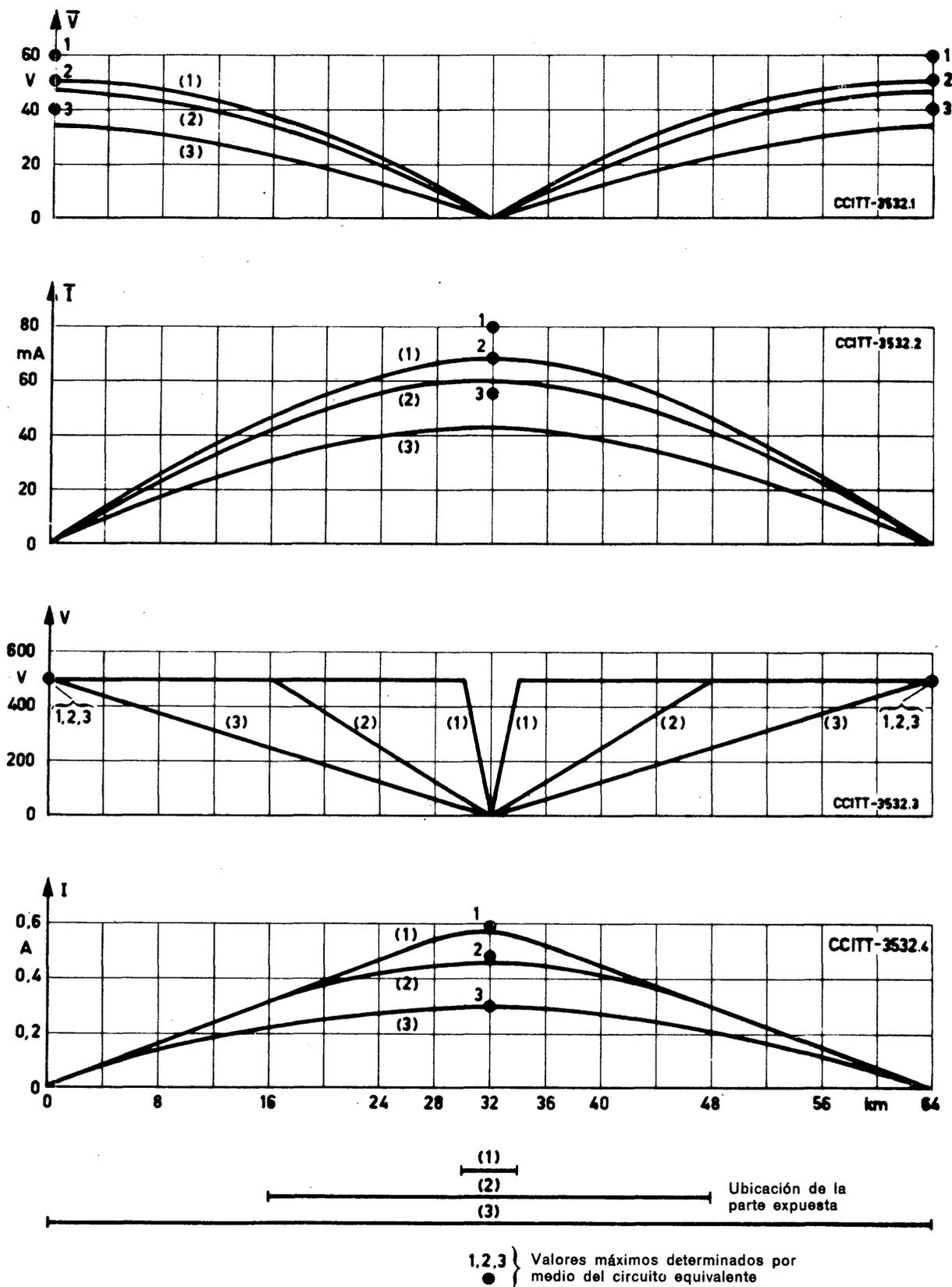


FIGURA 11/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones simétricas. Tensión inducida a lo largo de la parte expuesta: 1000 voltios (conductores exteriores de pares coaxiales con potencial flotante).

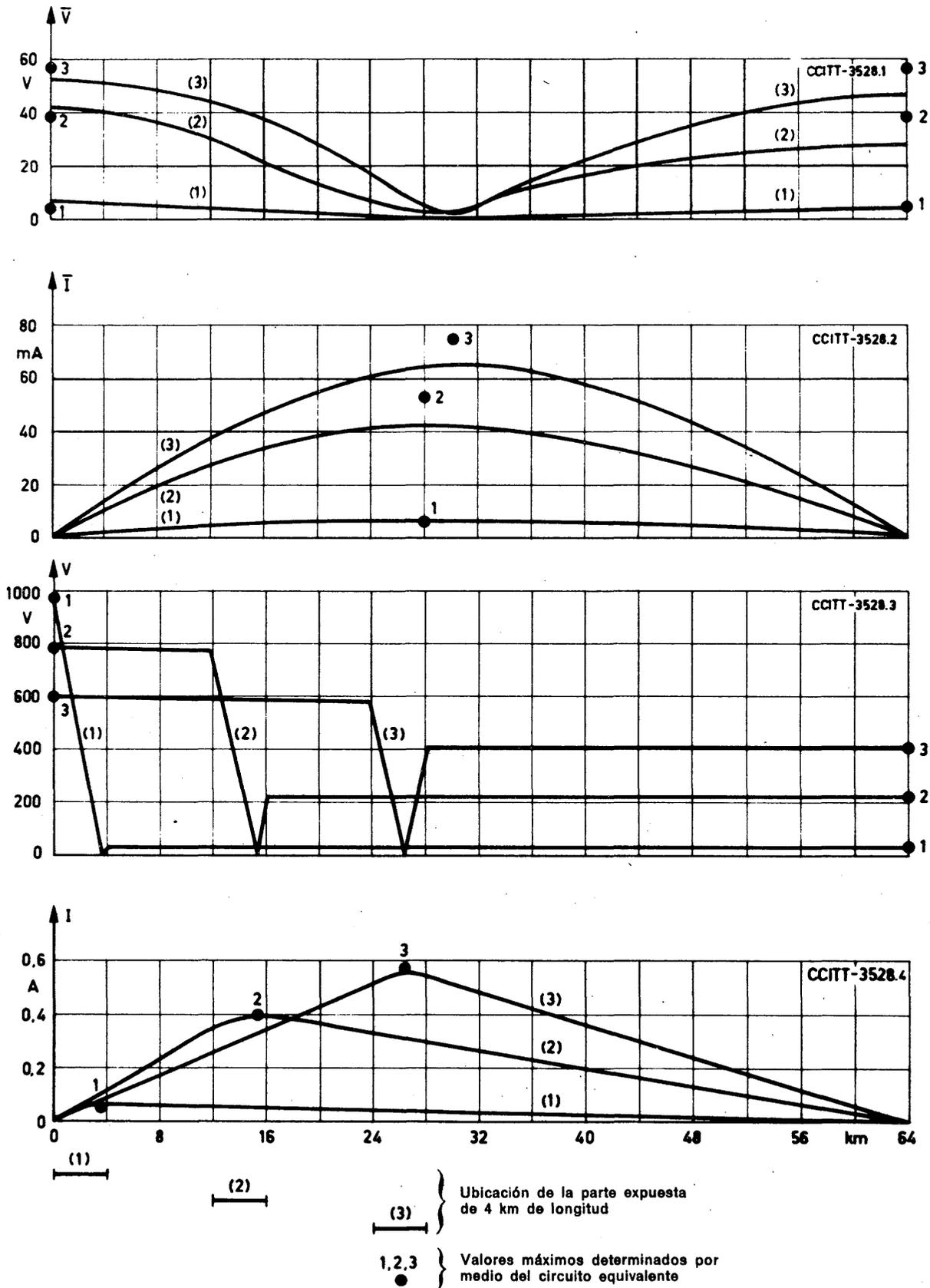


FIGURA 12/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones asimétricas (longitud de exposición, 4 km). Tensión inducida a lo largo de la parte expuesta: 1000 voltios (conductores exteriores de pares coaxiales con potencial flotante).

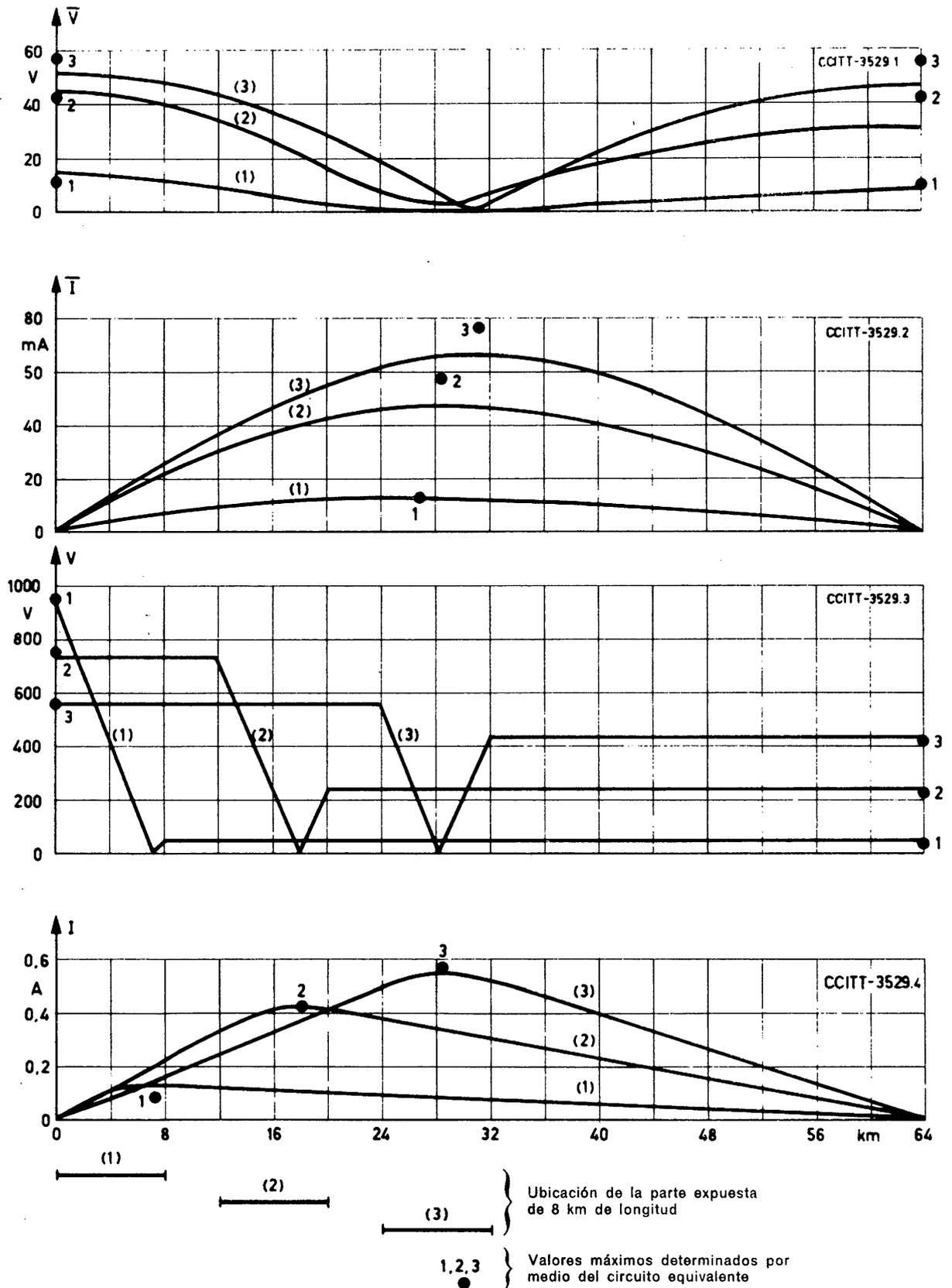


FIGURA 13/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones asimétricas (longitud de exposición, 8 km). Tensión inducida a lo largo de la parte expuesta : 1000 voltios (conductores exteriores de pares coaxiales con potencial flotante).

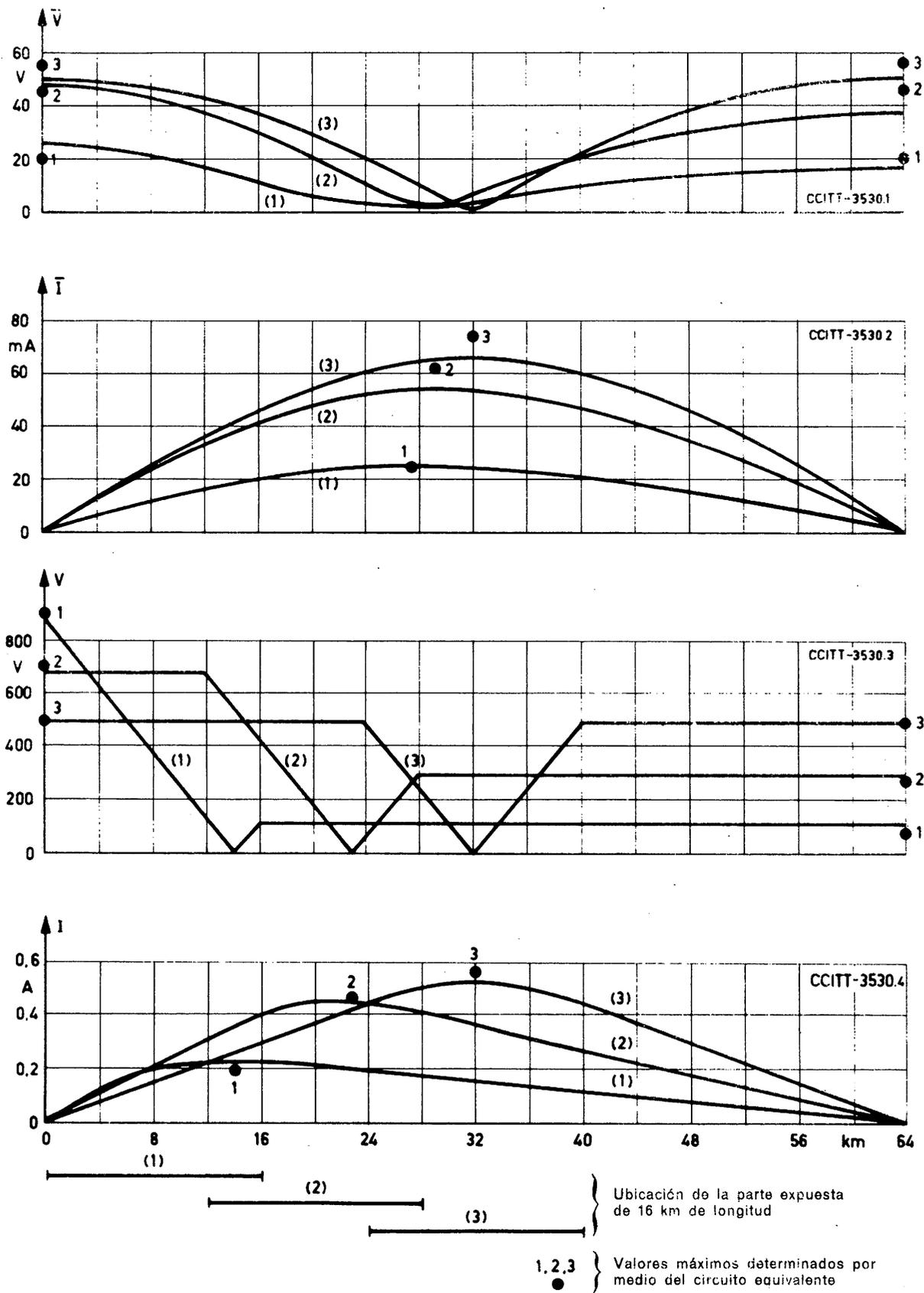


FIGURA 14/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones asimétricas (longitud de exposición, 16 km). Tensión inducida a lo largo de la parte expuesta : 1000 voltios (conductores exteriores de pares coaxiales con potencial flotante).

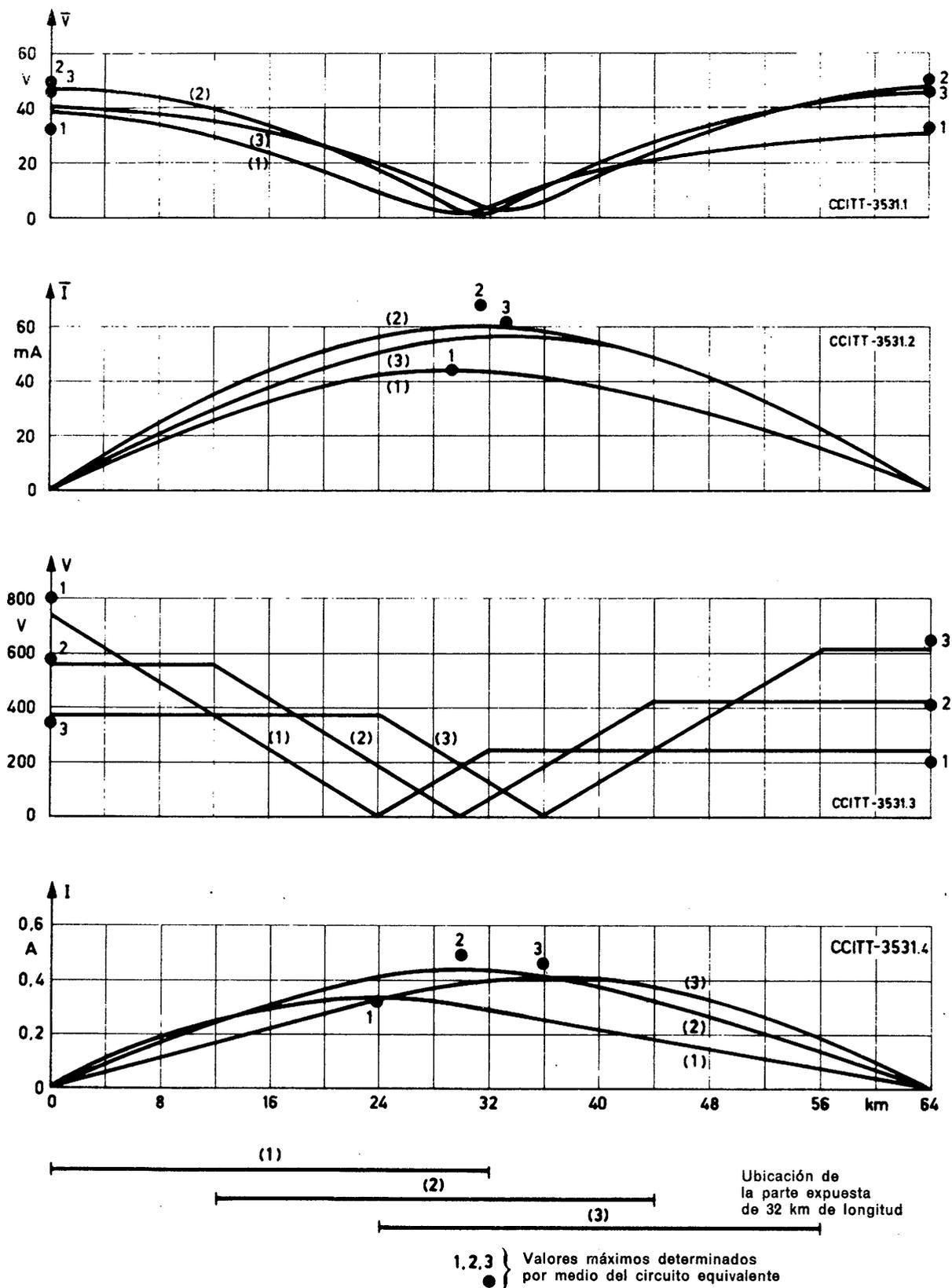


FIGURA 15/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones asimétricas (longitud de exposición, 32 km). Tensión inducida a lo largo de la parte expuesta: 1000 voltios (conductores exteriores de pares coaxiales con potencial flotante).

ANEXO 3

(a la Recomendación K.16)

**Ejemplos de aplicación de los cálculos completos
y del cálculo simplificado
Caso en que los conductores exteriores
estén conectados a tierra**

1. Caso en que los conductores interiores están conectados a una tensión regulada, poco desacoplada

Cuando los conductores exteriores están puestos a tierra, y los conductores interiores están conectados a una tensión regulada, cuyos condensadores de desacoplamiento a tierra son de poco valor, sólo conviene tomar en consideración, en el circuito equivalente, la parte del esquema relativa al circuito "conductor exterior-conductor interior" e insertar, lógicamente, la capacidad \bar{C} en lugar de la C . La resistencia $k_1 R_0 l$, que representa la impedancia de transferencia, se ha omitido también. En este caso, el esquema universal se reduce al de la siguiente figura 16/K.16.

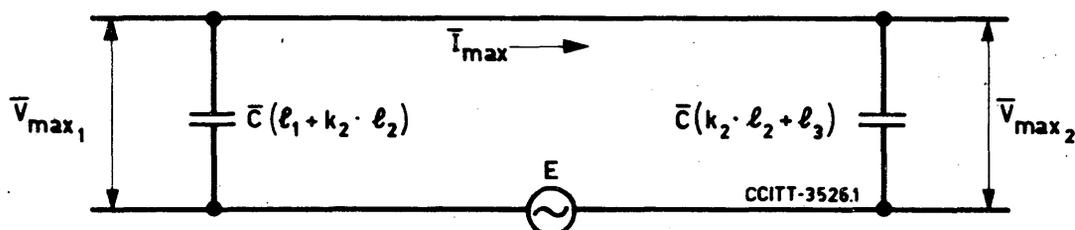


FIGURA 16/K.16. — Circuito « cubierta del cable — conductor exterior ».
(sección expuesta larga)

2. Caso en que los conductores interiores están puestos a tierra a través de una impedancia de poco valor situada en la estación de alimentación de energía

En este caso, el esquema universal se reduce al de la siguiente figura 17/K.16.

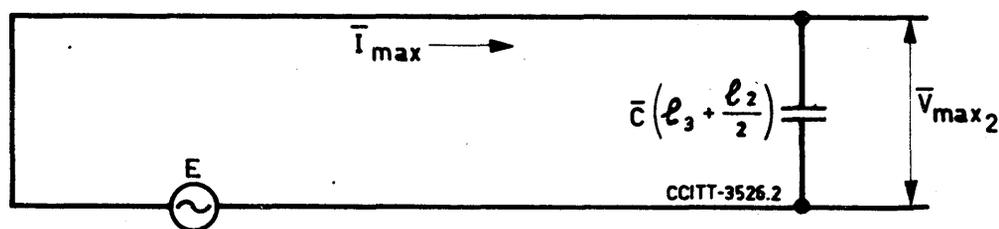
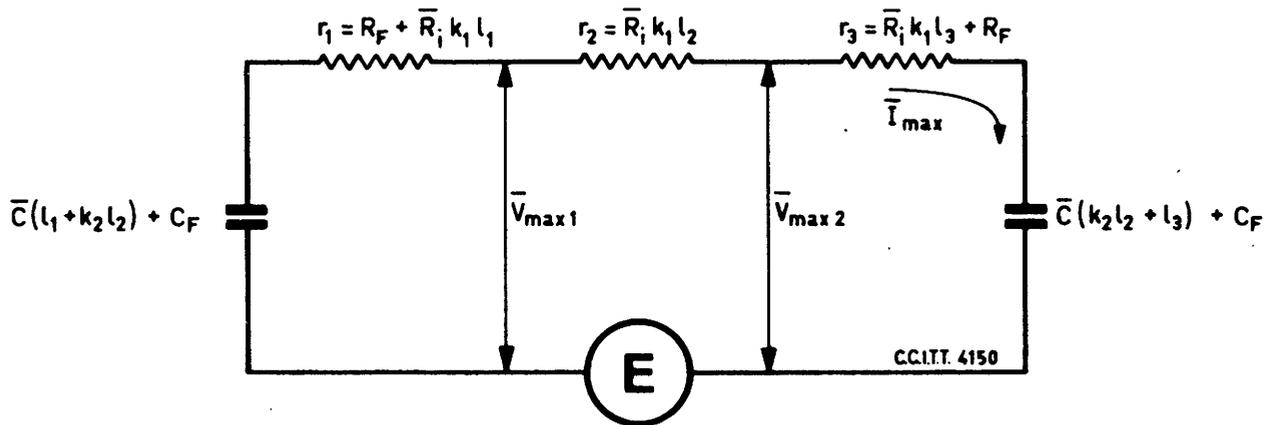


FIGURA 17/K.16. — Línea en cortocircuito en un extremo

3. Caso en que los conductores interiores están conectados a una tensión regulada, muy desacoplada

En el caso en que los conductores exteriores están puestos a tierra, y en que los conductores interiores están conectados a una tensión regulada cuyos condensadores de desacoplamiento a tierra tienen grandes valores (varios μF) no basta con el esquema simplificado de la figura 16/K.16. Hay que tener en cuenta también la resistencia de los conductores centrales de los pares coaxiales (eventualmente resistencias que se encuentran en serie en las alimentaciones de los amplificadores).

Para cerciorarse de la validez del circuito equivalente modificado en este caso, se ha hecho un cálculo sobre un ejemplo concreto que corresponde a un caso de explotación. Se trata también de sistemas de 300 canales en pares coaxiales de pequeño diámetro, para los que se ha considerado un enlace de 66 km, con $\bar{C} = 0.11 \mu F/km$, $R_i = 17 \Omega/km$, siendo equivalente la impedancia de desacoplamiento de los sistemas de alimentación regulada a una resistencia R_F de 50 ohmios en serie con una capacidad C_F de $15 \mu F$. En la figura 18/K.16 se representa el esquema correspondiente.



Observación: \bar{R}_i es la resistencia por kilómetro del conductor interior, a la que se agrega la resistencia total de todos los filtros direccionales de los repetidores, expresada en valor por kilómetro.

FIGURA 18/K.16. — Circuito equivalente en el caso en que los conductores exteriores de pares coaxiales están conectados a tierra y los conductores interiores tienen una alimentación regulada muy desacoplada.

Se supone que la tensión inducida es tal que, teniendo en cuenta el factor de pantalla del cable, la tensión perturbadora que hay que tomar en consideración es igual a 100 voltios. (Si la tensión no pudiera limitarse a este valor, se emplearía otra solución, por ejemplo, el retorno a un potencial flotante.). Para una tensión inducida de $E = 100$ V y después de tener en cuenta el factor de pantalla combinado de la cubierta del cable y del conductor exterior puesto a tierra las siguientes figuras 19/K.16 a 22/K.16 indican los valores de las tensiones y corrientes obtenidos en el circuito completo; se han llevado a las mismas figuras los puntos correspondientes a la utilización del circuito equivalente de la figura 18/K.16. El detalle de los cálculos y de las mediciones hechas se da en (5) de donde se han extraído las curvas que figuran a continuación. La concordancia entre las dos series de resultados es completamente satisfactoria.

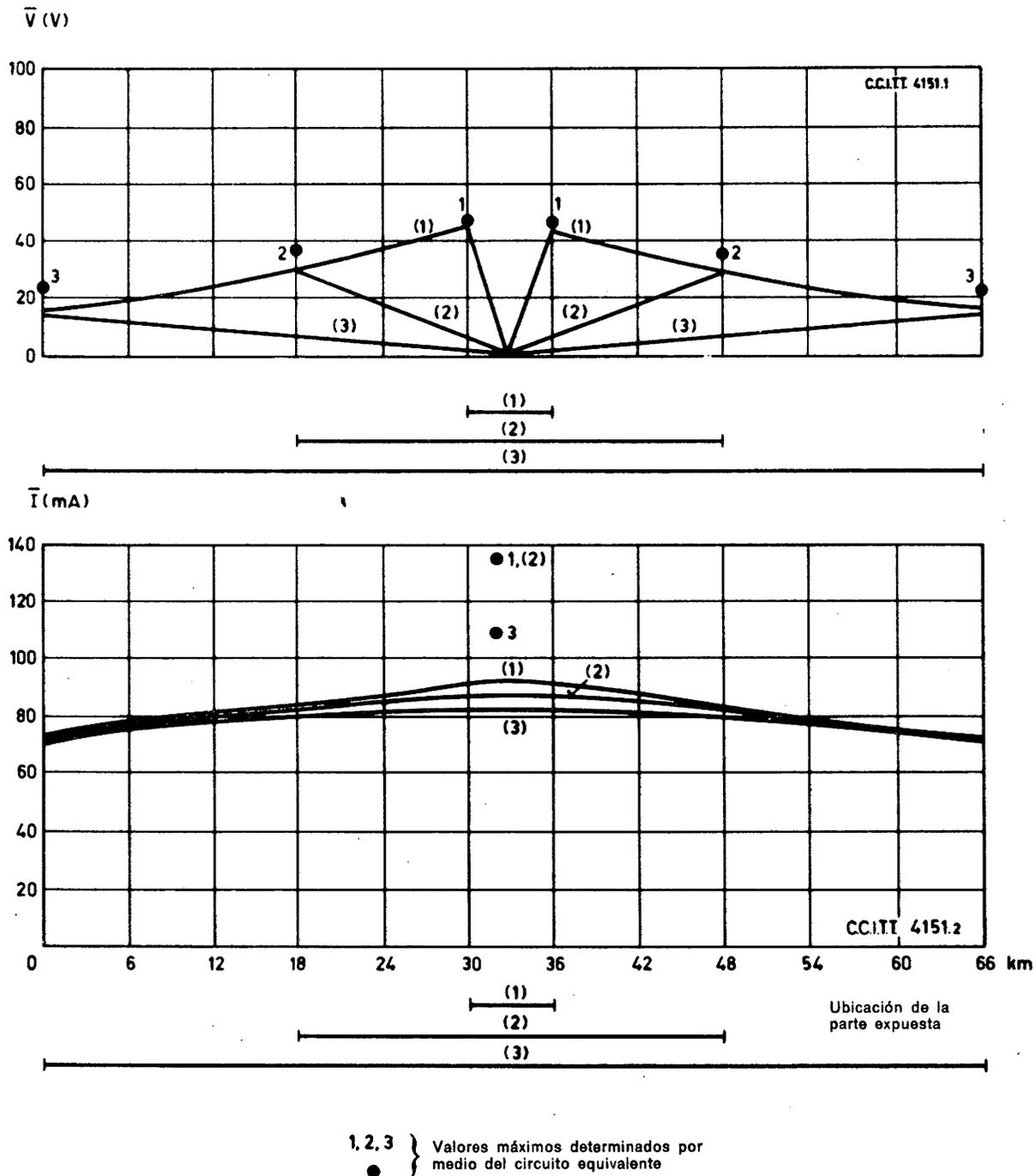


FIGURA 19/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones simétricas (conductores exteriores de pares coaxiales conectados a tierra).

Longitud de exposición : 6 km, 30 km, o 66 km.
 Tensión inductora : 100 voltios.

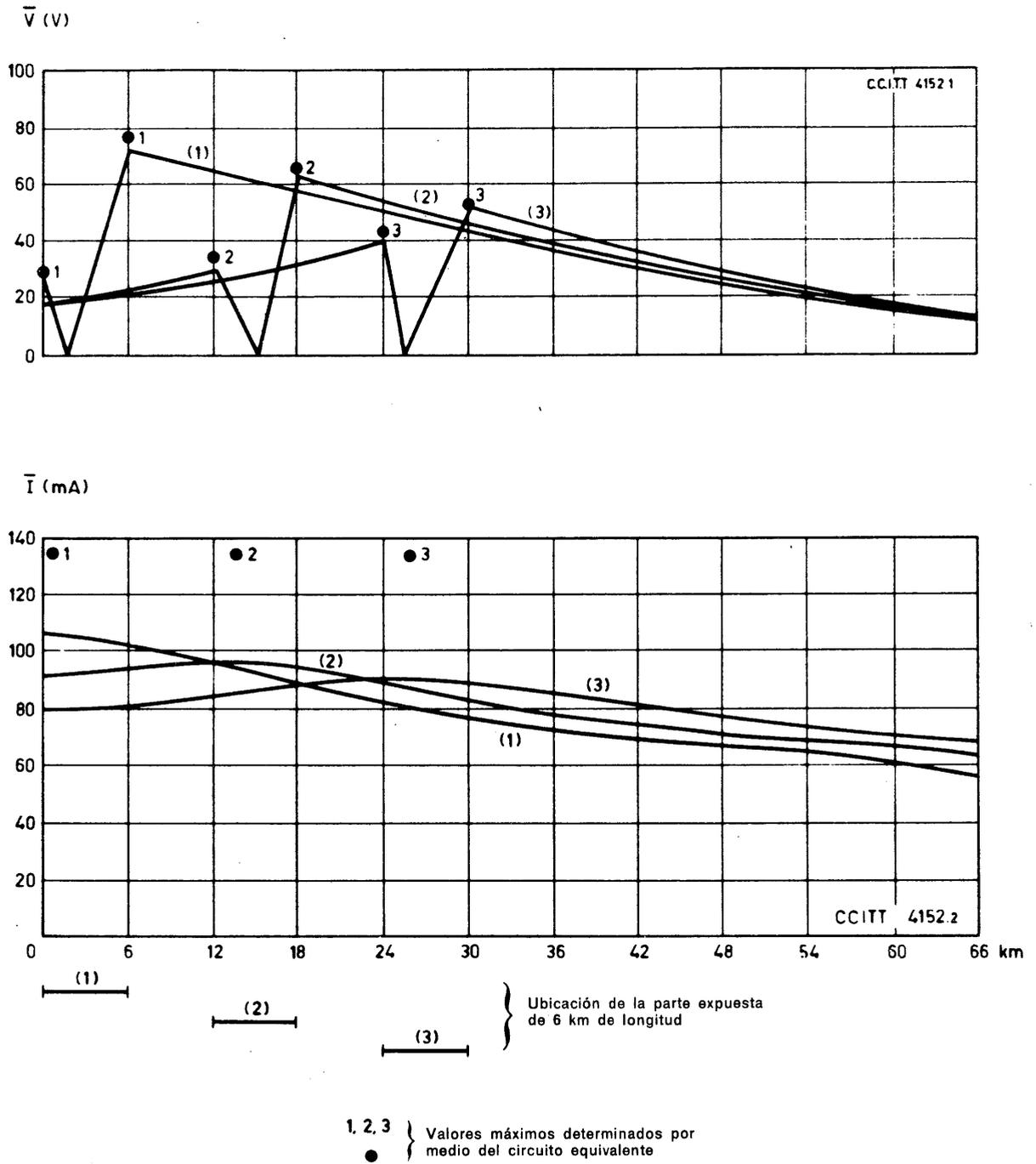


FIGURA 20/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones asimétricas (conductores exteriores de pares coaxiales conectados a tierra).

Longitud de exposición : 6 km.
 Tensión inductora : 100 voltios.

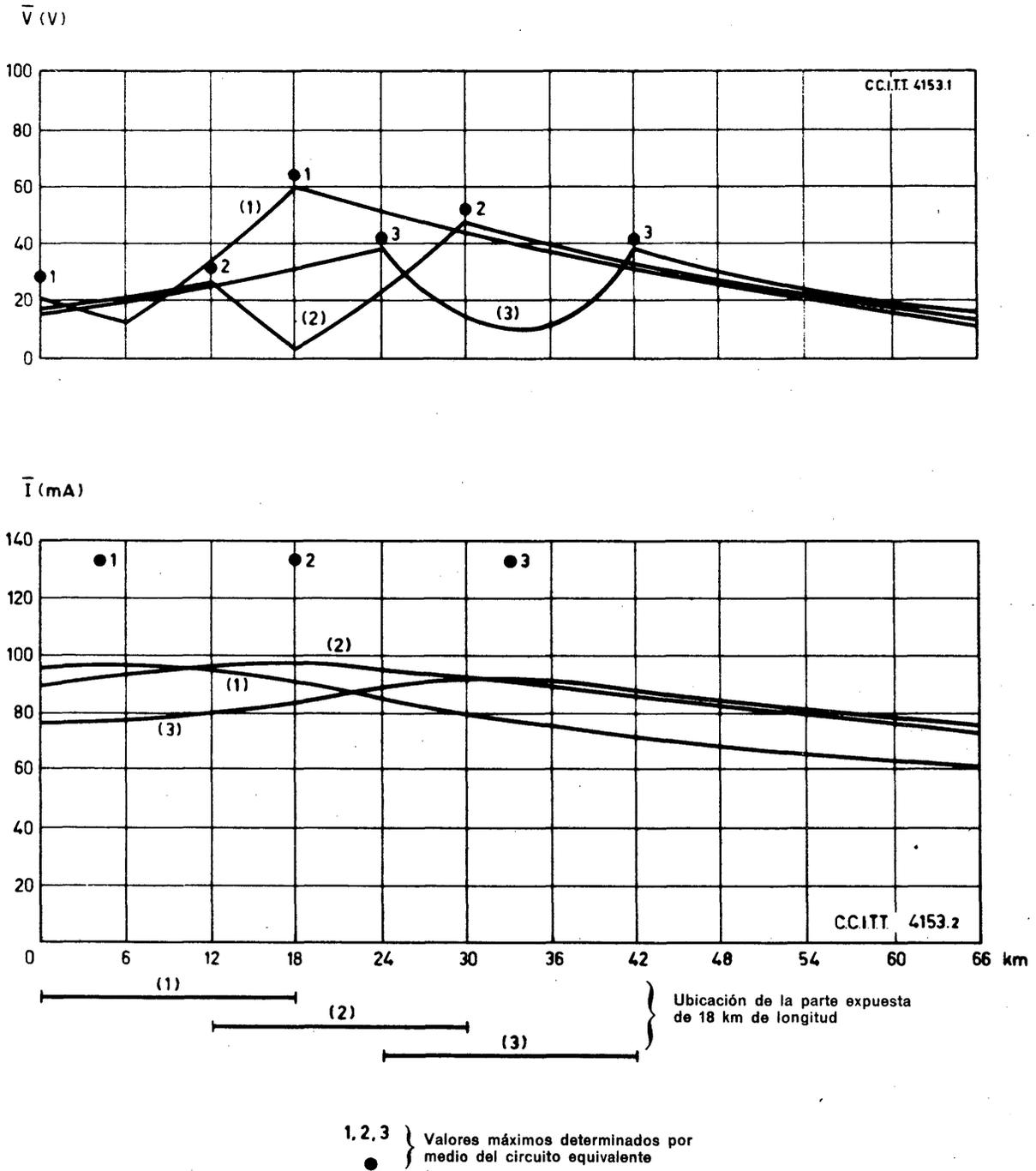


FIGURA 21/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones asimétricas (conductores exteriores de pares coaxiales conectados a tierra).

Longitud de exposición : 18 km.
 Tensión inductora : 100 voltios.

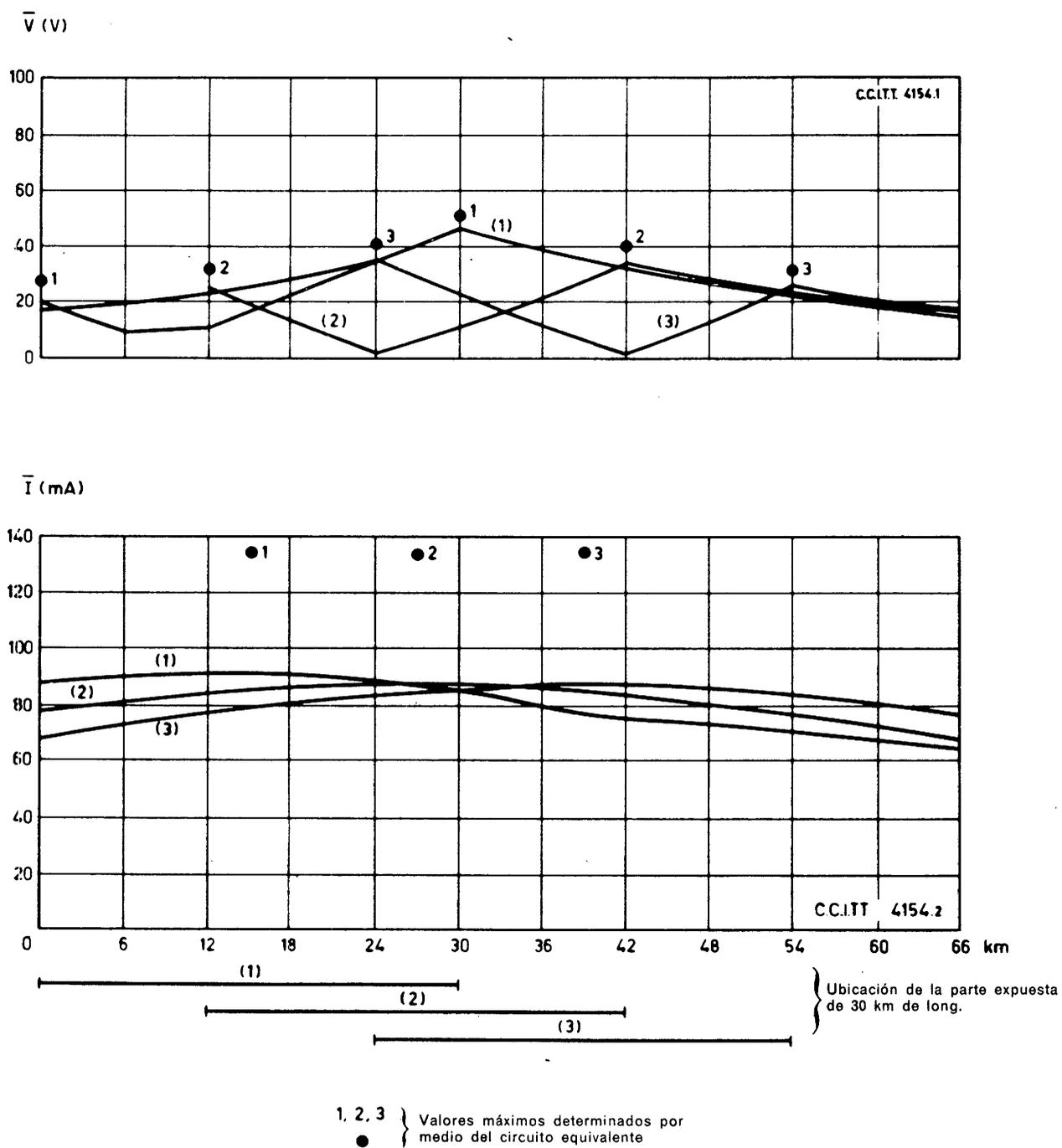


FIGURA 22/K.16. — Tensiones y corrientes que aparecen en una ruta de 300 canales en el caso de exposiciones asimétricas (conductores exteriores de pares coaxiales conectados a tierra).

Longitud de exposición : 30 km.
 Tensión inductora : 100 voltios.

**Cuestiones relativas a la protección contra perturbaciones
confiadas a la Comisión de estudio V en 1973-1976**

Cuestión 1/V – Órganos de protección

(Continuación de la Cuestión 1/V, para estudio en el periodo 1968-1972 por el Grupo mixto PAR de las Comisiones de estudio V y VI y de la C.I.G.R.E.) – (nuevo texto)

El empleo de órganos que incluyen semiconductores en los equipos de un centro de telecomunicación expone a los equipos a daños por sobretensiones. La miniaturización de todos los componentes, incluidos los de protección, plantea problemas especiales de protección que requieren mayor estudio. ¿Qué recomendaciones pueden formularse a este respecto?

Observación. – Al diseñar los circuitos, hay que tener en cuenta la amplitud y duración de las posibles tensiones inducidas, las tensiones transversales causadas por pararrayos con distinta tensión de formación del arco y la duración relativamente grande (unos cientos de microsegundos) de las sobretensiones de origen atmosférico.

Cuestión 2/5 – Dispositivos para reducir la tensión de los hilos con relación al suelo

(Continuación de la Cuestión 2/V, 1968-1972)

(Cuestión documental)

Estudio de los dispositivos, distintos de los pararrayos y tubos de descarga, que pueden insertarse en las líneas telefónicas expuestas a una fuerte inducción, con objeto de reducir las tensiones de los hilos con relación al suelo.

Observación. – En caso de emplearse transformadores neutralizadores o reductores, conviene estudiar los dos puntos siguientes:

- a) ¿Cómo determinar la ubicación óptima del dispositivo cuando se trata de compensar las tensiones inducidas en una línea de telecomunicación durante un cortocircuito en una línea de energía?
- b) Límites de empleo de este dispositivo en tales casos.

Cuestión 3/V – Problemas que plantea la distribución de los dispositivos de protección en los circuitos de telecomunicación sometidos a tensiones inducidas elevadas

(nuevo texto)

Habida cuenta del método propuesto en la Recomendación K.11 para la inserción de pararrayos a intervalos adecuados en una línea aérea de hilo desnudo, ¿cómo debe procederse para que la degradación de la calidad de transmisión debida a la inserción de los pararrayos sea lo más reducida posible?

Observación 1. – La degradación de la calidad de transmisión de la línea puede deberse a la formación de un arco en los pararrayos.

Observación 2. — A este respecto, la responsabilidad de la Comisión de estudio V se limita a las consideraciones relativas a la línea. En la Recomendación G.521 y en el capítulo XIX de las *Directrices* figuran requisitos generales a que deben ajustarse las características de las líneas aéreas de hilo desnudo.

Observación 3. — Toda información que pudiera facilitarse sobre la frecuencia y duración de las interrupciones causadas por la formación del arco en los pararrayos sería de utilidad para la Comisión IV en su estudio de la Cuestión 2/IV.

Observación 4. — Para el estudio de esta Cuestión se tendrán en cuenta los siguientes documentos:

- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — Contribución COM V-N.º 13 (U.R.S.S.).
- C.C.I.T.T. — 1964-1968 — Contribución COM V-N.º 30 (Francia)
- C.C.I.T.T. — 1969-1972 — Contribución COM V-N.º 68 (U.R.S.S.)

Cuestión 4/V — Efecto de pantalla de los cables con cubierta metálica protegida por un revestimiento de materia plástica.

(Nueva Cuestión)

(Continuación de las antiguas Cuestiones 5/V y 7/V, 1968-1972)

¿Cuáles son los problemas que se plantean para la puesta a tierra en línea, de la cubierta metálica de los cables, cuando ésta se halla protegida por un revestimiento de materia plástica, y qué recomendaciones conviene formular a este respecto, para restablecer el efecto de pantalla de esta cubierta metálica?

Observación 1. — Se estudiará concretamente el caso en que la cubierta metálica del cable esté aislada, pero con conexiones de puesta a tierra escalonadas a lo largo del cable.

Observación 2. — El problema de la puesta a tierra en los centros de telecomunicación, para lo cual solía utilizarse la cubierta metálica de los cables, pertenece a la Cuestión 24/V.

Observación 3. — Para el estudio de la Cuestión se tendrá en cuenta la información contenida en el siguiente documento:

- C.C.I.T.T. — 1968-1972 — Contribución COM V-N.º 69 (U.R.S.S.)

ANEXO (a la Cuestión 4/V)

Información facilitada por la Administración francesa en 1971

Para asegurar la protección de los cables de cubierta metálica con revestimiento de materia plástica, la Administración francesa, fundándose en resultados de cálculos y en la experiencia, estima necesario conectar a tierra la cubierta de esos cables lo más frecuentemente posible y sin gastos adicionales, aun cuando la resistencia de cada una de las tomas de tierra sea relativamente elevada. Para ello:

- se realiza en cada empalme la continuidad metálica de las cubiertas;
- se conecta la cubierta, con un conductor de cobre estañado de 8 mm² como mínimo de sección, a las cajas de fundición que protegen los empalmes o las bobinas de carga, las cuales están en contacto con el suelo;
- todas las conexiones a tierra de las centrales atravesadas, las de las centrales extremas, las cubiertas de los cables de derivación, etc., se conectan a la cubierta del cable principal.

Este método es adecuado para asegurar la protección contra la inducción y contra el rayo en las regiones medianamente expuestas. En las zonas muy expuestas, se debe enterrar hilos de blindaje por encima del cable.

Para evitar en la cubierta entradas demasiado directas de la corriente de rayo, estos hilos no se conectan a los puntos de puesta a tierra de la cubierta.

Tal puesta a tierra de la cubierta impide verificar en servicio la estanquidad del revestimiento de materia plástica por medio de mediciones eléctricas, pero este ligero inconveniente está ampliamente compensado por la mejora del factor de pantalla y por la atenuación rápida, en una corta distancia, de los efectos del rayo.

(En el periodo 1973-1976 no hay cuestiones numeradas 5/V, 6/V, 7/V.).

Cuestión 8/V – Estadísticas de averías en las líneas de gran seguridad de servicio

(Continuación de la Cuestión 8/V, 1968-1972)

Estudio estadístico de las averías que afectan a las líneas de gran seguridad de servicio, y estudio de las repercusiones en las líneas o instalaciones de telecomunicación.

Naturaleza y gravedad de estas repercusiones.

Observación 1. – Para establecer dichas estadísticas será necesaria una estrecha colaboración entre las administraciones telefónicas y las empresas de distribución de energía, especialmente en lo que concierne al registro simultáneo de los defectos que se manifiesten en las instalaciones respectivas.

Observación 2. – Sería interesante contar con información sobre las líneas ordinarias a fin de establecer comparaciones con las estadísticas relativas a las líneas de gran seguridad de servicio.

Observación 3. – Este estudio pondrá de manifiesto si es oportuno modificar o completar la actual definición de las líneas de gran seguridad de servicio.

Observación 4. – Para el estudio de esta Cuestión se tendrán en cuenta los siguientes documentos:

- C.C.I.T.T. – 1968-1972 – Contribución COM V-N.º 48 (C.I.G.R.E.).
- C.C.I.T.T. – 1968-1972 – Contribución COM V-N.º 55 (C.I.G.R.E., Comisión de estudio N.º 36).
- C.C.I.T.T. – 1968-1972 – Contribución COM V-N.º 56 (C.I.G.R.E., Comisión de estudio N.º 36).

Cuestión 9/V – Utilización de canalizaciones y de soportes comunes para líneas de telecomunicación y líneas eléctricas

(Continuación de la Cuestión 9/V, 1968-1972)

- a) Coexistencia de líneas de telecomunicación de hilo aéreo o de cable en los mismos soportes que las líneas de energía eléctrica.
- b) 1. – Coexistencia de líneas de telecomunicación y de energía eléctrica en la misma zanja, en la misma canalización o en el mismo cable. ¿Es económico y prudente utilizar al propio tiempo esas canalizaciones para los servicios de agua o de gas?
2. – Uso conjunto de los mismos electrodos de puesta a tierra.

Observación. – Los estudios que se realicen a propósito de esta parte b) de la Cuestión deberán tener por objeto:

- determinar los casos en que la coexistencia es inadmisibile;
 - preparar recomendaciones relativas a los casos en que la coexistencia es admisible.
- c) Base de los cálculos necesarios para tener en cuenta los efectos perjudiciales de la inducción electromagnética y de la influencia eléctrica en los dos casos enunciados anteriormente.

- d) Riesgos para los cables debidos a un elevado gradiente de potencial en los siguientes casos:
- Casos de líneas próximas, bien de las tomas de tierra de las torres de una línea eléctrica de una red cuyo neutro esté conectado directamente a tierra, bien de conductores enterrados que unan entre sí todas las torres de dicha línea;
 - Casos en que, a consecuencia de la avería de un cable eléctrico, un cable telefónico próximo se pone en contacto con él o se establece un arco eléctrico entre ambos cables.

Cuestión 10/V – Transformadores-reguladores

(Continuación de la Cuestión 10/V; 1968-1972)

Perturbaciones ocasionadas a las líneas de telecomunicación por los ferrocarriles equipados de transformadores-reguladores. En el Capítulo XVIII de las *Directrices* se exponen los principios fundamentales; sin embargo, merecen también estudiarse las siguientes cuestiones, que presentan un interés particular:

- a) Órdenes de magnitud y formas de onda de las corrientes encontradas en las diferentes partes de un sistema de tracción, en condiciones de sobrecarga y de cortocircuito;
- b) Efectos de la distribución desigual de la corriente en el hilo de contacto

Observación. – La distribución desigual de la corriente puede deberse:

- 1) A la presencia de más de un tren en una misma sección de alimentación;
 - 2) A la utilización de transformadores-reguladores de distintas dimensiones, o separados por intervalos desiguales.
- c) Convenciones que podrían recomendarse para el cálculo de las tensiones peligrosas o perturbadoras ocasionadas por la presencia de varios trenes en una misma sección de alimentación.

(En el periodo 1973-1976 no hay cuestiones numeradas 11/V, 12/V).

Cuestión 13/V – Desequilibrio de las instalaciones telefónicas

(Nuevo texto)

Desde el punto de vista del ruido en los sistemas de telecomunicación debido a interferencias producidas por sistemas de energía eléctrica, ¿es necesario especificar valores y métodos de medida del desequilibrio con respecto a tierra para:

- a) el equipo terminal e intermedio
- b) las líneas de telecomunicación
- c) ¿la línea de teléfono a teléfono en una red local, incluida la central?

En caso afirmativo:

- El método de medida del desequilibrio del equipo que figura en la Recomendación Q.45, punto 6.4.1, ¿es conforme a la Recomendación K.10 y a las indicaciones del Capítulo XVI, sección 1, de las *Directrices*?
- ¿Qué método es suficiente y adecuado para obtener las características necesarias?

- ¿Qué métodos se recomiendan para medir la asimetría en los casos b y c?
- ¿Es necesario tener en cuenta las posibles variaciones del grado de asimetría que se producen al establecerse una comunicación?

Observación 1. – La Comisión de estudio V considera que, a los fines de la evaluación de la interferencia debida al ruido, sólo es necesario especificar los valores que puedan utilizarse para calcular el ruido en una cadena de circuitos requeridos para una comunicación

Observación 2. – Se ruega a las comisiones de estudio relacionadas con el diseño de equipo y de líneas que especifiquen métodos que permitan asegurar que se respeten en la práctica los valores señalados.

(En el periodo 1973-1976 no hay ninguna cuestión numerada 14/V).

Cuestión 15/V – Reducción de las armónicas en casos especiales

(Nuevo texto)

Estudio de las características de las corrientes armónicas que circulan por las líneas de distribución de energía eléctrica o por las líneas de tracción eléctrica, y de las repercusiones de estas corrientes en las líneas de telecomunicación.

Observación 1. – Conviene incluir en este estudio:

- Las disposiciones que permitan reducir la importancia de estas corrientes armónicas que circulan por las líneas eléctricas y de tracción;
- Los dispositivos que reduzcan la importancia de los ruidos que aparecen en los extremos de una línea telefónica;
- Los métodos de cálculo de las corrientes armónicas que circulan por las líneas eléctricas y de las tensiones sofométricas que aparecen en los extremos de una línea telefónica expuesta a la inducción de esas líneas.

Observación 2. – Los resultados del estudio de la Cuestión 13/V podrán contribuir a la definición de métodos de reducción de los ruidos que se manifiestan en las instalaciones telefónicas.

Observación 3. – Conviene tener en cuenta la información sobre la Cuestión 15/V que figura en el documento:

C.C.I.T.T. – 1969-1972 – Contribución COM V-N.º 39, páginas 34 a 36.

(En el periodo 1973-1976 no hay ninguna cuestión numerada 16/V)

Cuestión 17/V – Líneas de transporte de energía de corriente continua a muy alta tensión

(Continuación de la Cuestión 17/V, 1968-1972)

Condiciones para la coexistencia de líneas de energía de muy alta tensión de corriente continua y de líneas telefónicas, próximas entre sí.

Observación 1. – Convendría estudiar:

1. La naturaleza de las ondas transitorias que se producirían en la línea de alta tensión en condiciones normales de explotación en el momento de aplicar la tensión, y en condiciones anormales: ruptura de un hilo, puesta a tierra accidental, etc.

2. El efecto de estas ondas transitorias en las líneas de telecomunicación próximas.

3. La conveniencia de fijar un valor de cresta límite para la fuerza electromotriz longitudinal desarrollada cuando se produce una variación brusca de tensión, en condiciones anormales. De estimarse conveniente este estudio se podría considerar si el límite de 1000 voltios, adoptado en el caso de las líneas de tracción de corriente continua, puede aplicarse también al presente caso.

4. El ruido que pueden causar en las líneas de telecomunicación las fluctuaciones de corriente.

5. El aumento de las armónicas en las líneas que alimentan la subestación convertidora de corriente continua en corriente alterna, o en las líneas alimentadas por esta subestación.

En el caso de líneas de distribución de energía eléctrica de corriente continua por cable submarino, se subraya que el efecto principal que hay que temer parece ser el proveniente de las líneas aéreas que prolonguen el cable submarino hasta las subestaciones de suministro de energía.

Sería útil determinar el método que puede recomendarse para calcular las perturbaciones y los riesgos a que pueden hallarse expuestos los circuitos de telecomunicación a causa de las líneas eléctricas de corriente continua de alta tensión.

Además, convendría estudiar los métodos más adecuados para reducir las fluctuaciones de la corriente continua en estas líneas eléctricas.

6. Puede ser interesante conocer la gama y amplitud de las armónicas transmitidas por las líneas eléctricas de corriente continua o alterna.

Observación 2. – En el estudio de esta Cuestión se tendrán particularmente en cuenta los documentos siguientes:

- C.C.I.T.T. – 1964-1968 – Contribución COM V-N.º 34
(interesa al Grupo de redacción de las *Directrices*)
- I.E.E.E. – International Convention Record, 1965, Parte 9.ª – Power.
 - Corrosión (L.E. Fiorretto).
 - Inducción (F.M. Stumpf).

(En el periodo 1973-1976 no hay ninguna cuestión numerada 18/V).

Cuestión 19/V – Influencia de las emisiones radioeléctricas en los circuitos de telecomunicación

(Continuación de las Cuestiones 19/V y 20/V, 1968-1972)

Estudio de la influencia de las emisiones de las estaciones radioeléctricas en los circuitos de telecomunicación por líneas aéreas de hilo desnudo y cables aéreos o subterráneos.

Se estudiarán en particular los puntos siguientes:

- a) ¿En qué condiciones (separación entre la estación radioeléctrica y la línea de telecomunicación, esquema de transposiciones, coeficiente de sensibilidad del circuito, etc.) pueden producirse ruidos en los canales de corrientes portadoras?
- b) ¿Cómo puede calcularse el valor del ruido producido en un circuito de telecomunicación por una estación radioeléctrica?
- c) ¿Qué métodos pueden recomendarse para reducir estos ruidos:
 1. En las líneas existentes,
 2. En las nuevas líneas proyectadas?
 (Se señalan las prescripciones de las *Directrices* en lo relativo a la construcción de nuevas líneas. Pueden proponerse prescripciones adicionales.)
- d) Precauciones que deben tomarse para evitar otras perturbaciones, por ejemplo, interferencias debidas a las características de elementos no lineales.

- e) Precauciones que deben tomarse para evitar los riesgos debidos a las fuerzas electromotrices inducidas elevadas (sobre todo en el caso de líneas que pasen cerca de estaciones radioeléctricas potentes o que dan servicio a tales estaciones).

Observación. — Al término del periodo 1964-1968, la Comisión de estudio V llegó a la conclusión de que las perturbaciones de origen radioeléctrico no son demasiado molestas para las telecomunicaciones por cable. Para gran número de administraciones, tales perturbaciones son inexistentes o pueden superarse con facilidad. Antes de formular una recomendación se pide de nuevo a las administraciones participantes que comuniquen a la Comisión sus dificultades y los medios utilizados para salvarlas.

(En el periodo 1973-1976 no hay ninguna cuestión numerada 20/V).

Cuestión 21/V – Pruebas a que deben someterse los repetidores transistorizados telealimentados para comprobar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores

(nuevo texto)

Para el estudio de esta Cuestión habrá que referirse a la información de base que figura en el siguiente Anexo:

ANEXO

(al texto de la Cuestión 21/V)

Proyecto de texto no aprobado, redactado en 1968-1972,
para el futuro estudio de una “Recomendación K.17”

**Pruebas de los repetidores transistorizados telealimentados
para verificar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores**

A. INTRODUCCIÓN

Ninguna de las pruebas indicadas en este proyecto de Recomendación K.17 debe provocar modificaciones importantes de las características de los repetidores probados.

Las pruebas comprenden:

- pruebas del prototipo;
- pruebas de aceptación.

Pruebas del prototipo

Tienen por finalidad verificar la eficacia del conjunto de las medidas tomadas para proteger los repetidores transistorizados.

Para definir las medidas de protección que deben adoptarse, hay que tener en cuenta las fuerzas electromotrices más peligrosas que pueden aparecer a la entrada o a la salida de los repetidores transistorizados, incluso si se manifiestan muy raramente.

Cuando un repetidor transistorizado con pararrayos en sus terminales de entrada (o de salida) está sometido a una tensión de choque, la energía residual que puede llegar a los elementos semiconductores durante el lapso entre cero y el instante de la formación del arco en los pararrayos depende, entre otras cosas, de la pendiente del borde anterior del impulso.

Durante la prueba del prototipo, esta energía residual deberá ser lo mayor posible; se cumplirá esta condición eligiendo una onda de choque de amplitud y de pendiente apropiadas. No obstante, se recomienda también aplicar al repetidor un impulso de amplitud inferior a la tensión de formación de arco de los pararrayos, para determinar cómo se comporta el repetidor bajo la influencia de la totalidad de la onda de choque.

Pruebas de aceptación

Estas pruebas están destinadas a demostrar que, una vez terminada la construcción del equipo, la protección funciona debidamente. En general la prueba es menos rigurosa que la del prototipo, para no correr el riesgo de que ciertos elementos sufran un deterioro que pudiera no descubrirse por ningún procedimiento de medición. Sin embargo, se deja al criterio de los usuarios prescribir pruebas más rigurosas (como las del prototipo).

El usuario decidirá si las pruebas de aceptación deben efectuarse en cada equipo, o por muestreo.

Observación.— En ciertos casos, los usuarios pueden juzgar conveniente efectuar pruebas suplementarias que correspondan a sus necesidades especiales. Tales pruebas no figuran entre las que se indican a continuación.

B. MÉTODOS DE MEDIDA**1. Métodos de medida relativos a la protección de los repetidores contra las sobretensiones debidas a descargas eléctricas (pruebas con impulsos)**

Para las mediciones se utilizará un dispositivo como el descrito en la figura 1/K.17. Los elementos del circuito tienen los siguientes valores:

C_1 : 20 μ F (este condensador deberá soportar una tensión de carga igual al valor de tensión de cresta dado en el cuadro que figura más adelante)

C_2 : Valor dado en el cuadro

R_1 : 50 Ω

R_2 : 15 Ω

Las formas de onda dadas por el cuadro están de acuerdo con las que se definen en la publicación N.º 60/1962 de la C.E.I. (Las tensiones y las formas de onda del cuadro 1 se refieren a un generador no cargado).

Los impulsos se aplicarán con polaridad invertida de un impulso a otro, con un intervalo de 1 minuto entre impulsos sucesivos; el número de impulsos en cada punto de prueba se indica en los diferentes casos en la última línea del cuadro 1.

Los impulsos deben aplicarse a los siguientes puntos:

- prueba 1: a la entrada del repetidor, estando cerrada la salida en su impedancia característica,
- prueba 2: a la salida del repetidor, estando cerrada la entrada en su impedancia característica,
- prueba 3: (en sentido longitudinal): entre el conductor central del lado de entrada y el conductor central del lado de salida del repetidor (en los terminales del circuito de telealimentación en el caso de repetidores para pares simétricos).

El repetidor debe estar alimentado en las pruebas 1 y 2 y no debe alimentarse en la prueba 3.

2. Métodos de medida relativos a la protección de los repetidores contra las perturbaciones debidas a tensiones alternas longitudinales inducidas permanentemente por líneas eléctricas

Para que un repetidor funcione de manera satisfactoria en presencia de tensiones inducidas permanentes (véase el punto 3.2 de la Recomendación K.15), sus características de ruido de modulación han de ajustarse a las recomendaciones relativas a las secciones principales previstas por la Comisión de estudio XV con respecto a la Cuestión 11, como se indica en el punto 4.3 de la Recomendación K.15 cuando está conectado a una línea ordinaria de alimentación eléctrica en presencia de:

- a) una tensión alterna de la frecuencia correspondiente (50 Hz, 16 2/3 Hz, etc.) aplicada: i) a los terminales de entrada de las señales o, ii) a los terminales de salida de las señales. La fuente de esta tensión alterna debe tener, en sus puntos de unión con el circuito de prueba, una impedancia tal que las características de transmisión de este último circuito en función de la frecuencia no se vean considerablemente modificadas por la aplicación de esta tensión;
- b) una corriente alterna de la frecuencia correspondiente, superpuesta a la corriente de alimentación del repetidor.

La tensión alterna máxima admisible mencionada en a es la admitida en el Capítulo IV de las *Directrices*, puntos 6, 7 y 35, para la tensión inducida en la sección de alimentación de energía eléctrica, o sea 60 V o 150 V (valor eficaz). La corriente alterna superpuesta mencionada en b, es el valor máximo de la intensidad producida en la línea de alimentación eléctrica por la tensión inducida, en las condiciones más desfavorables (véase la Recomendación K.16).

C. PRUEBAS QUE DEBEN EFECTUARSE EN LOS DIFERENTES CASOS

1. Condiciones de prueba para los repetidores utilizados con pares coaxiales

Las pruebas indicadas a continuación se han ideado para el caso en que el conductor exterior está conectado a la cubierta metálica del cable. De este modo se cubre el caso de que el conductor exterior, que normalmente tiene un potencial flotante, entre en contacto accidentalmente con la cubierta metálica.

1.1 Prueba del prototipo

1.1.1 Pruebas en los terminales de entrada y de salida del repetidor

a) Pruebas con impulsos

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características indicadas en la primera columna del cuadro 1.

Cuando se asegure la protección por dispositivos de umbral (por ejemplo, pararrayos) situados a la entrada o a la salida del repetidor, y si estos dispositivos no se ceban en las condiciones de prueba indicadas anteriormente, habrá que aumentar progresivamente la tensión de carga del condensador C1 hasta que se produzca el arco (sin rebasar de 7 kV).

Si las protecciones no se ceban con 7 kV o si los repetidores que se someten a pruebas de aceptación no están provistos de pararrayos, es posible que no sea apropiada la forma de onda propuesta anteriormente. El generador de prueba anteriormente indicado puede producir un impulso que simule una descarga disruptiva en el cable si se conecta en paralelo un espinterómetro de tensión apropiada. En el caso en que los pararrayos existentes se ceben en las pruebas que se mencionan más arriba, la tensión de carga del condensador C1 debe reducirse progresivamente hasta que deje de cebarse.

b) Pruebas con corriente alterna

Se aplicará durante 0,5 segundos una tensión comparable a la que puede presentarse en la práctica, pero no inferior a 1200 V (valor eficaz):

- a la entrada del repetidor, con la salida terminada en la impedancia característica,
- a la salida del repetidor, con la entrada terminada en la impedancia característica.

La impedancia de la fuente será tal que las corrientes que circulan no sean superiores a 10 A.

c) Pruebas con una tensión alterna inducida permanente

Estas pruebas deben efectuarse de acuerdo con el punto 2 de la parte B.

1.1.2 Pruebas en los terminales del circuito de telealimentación del repetidor

a) Pruebas con impulsos

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características indicadas en la segunda columna del cuadro 1.

Para tales pruebas se podrá recurrir al circuito de la figura 2/K.17. Para acoplar el generador de impulsos con el repetidor se pueden utilizar, como se indica en la figura 3/K.17, pararrayos con una tensión de cebado de aproximadamente 90 V.

b) Pruebas con corriente alterna

Si los repetidores sometidos a prueba tienen pararrayos y hay peligro de cebado debido a las tensiones longitudinales inducidas por las líneas eléctricas, podrá efectuarse una prueba suplementaria. Esta prueba consiste en hacer circular por el circuito de telealimentación una corriente alterna de la intensidad y frecuencia que caben esperar en servicio. Esta corriente se aplicará durante 0,5 segundos y no deberá exceder de 10 A.

c) Pruebas con una tensión alterna inducida permanente

Estas pruebas deben efectuarse conforme al punto 2 de la parte B.

1.2 Pruebas de aceptación

1.2.1 Pruebas en los terminales de entrada y de salida del repetidor

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características indicadas en la tercera columna del cuadro 1.

Para estas pruebas se podrá recurrir al circuito de la figura 2/K.17. Para acoplar el generador de impulsos con el repetidor se pueden utilizar, como se indica en la figura 3/K.17, pararrayos con una tensión de arco de aproximadamente 90 V.

1.2.2 Pruebas en los terminales del circuito de telealimentación del repetidor

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características indicadas en la cuarta columna del cuadro 1.

Para esta prueba se puede cargar el condensador C1 con 3 kV, o con una tensión más pequeña a condición de que la corriente de cresta en el circuito de telealimentación llegue a ser de 50 A.

2. Repetidores para pares simétricos

2.1 Pruebas del prototipo

2.1.1 Pruebas en los terminales de entrada y de salida del repetidor

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características indicadas en la quinta columna del cuadro 1.

Si la rigidez dieléctrica de los pares simétricos fuera mayor que la de los pares aislados con papel, sería oportuno utilizar una tensión de cresta mayor que la indicada en el cuadro.

En el caso en que los pararrayos existentes se ceben en las pruebas mencionadas anteriormente, la tensión de carga del condensador C1 debe reducirse progresivamente hasta que dejen de cebarse.

Observación. — Cuando hay pararrayos entre los terminales de entrada y salida del repetidor y su chasis, hay que conectar uno de ellos al chasis antes de hacer la prueba de tensión transversal para simular el cebado de un pararrayos.

2.1.2 Pruebas en los terminales del circuito de telealimentación del repetidor

a) Pruebas con ondas de choque

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características indicadas en la sexta columna del cuadro 1.

Puede utilizarse el circuito de la figura 2/K.17. Para acoplar el generador de ondas de choque con el repetidor se pueden utilizar, como se indica en la figura 3/K.17, pararrayos con una tensión de cebado de aproximadamente 90 V.

Para esta prueba se puede cargar el condensador C1 con 5 kV, o con una tensión más pequeña a condición de que la corriente de cresta en el circuito de la telealimentación llegue a ser de 50 A.

b) Pruebas con corriente alterna

Si los repetidores sometidos a prueba tienen pararrayos y hay peligro de cebado debido a las tensiones longitudinales inducidas por las líneas eléctricas, podrá efectuarse una prueba suplementaria. Esta prueba consiste en hacer circular por el circuito de telealimentación una corriente alterna de la intensidad y frecuencia que caben esperar en servicio. Esta corriente se aplicará durante 0,5 segundos.

c) Pruebas con una tensión alterna inducida permanente

Estas pruebas se efectuarán de acuerdo con el punto 2 de la parte B.

2.2 Pruebas de aceptación

2.2.1 Pruebas en los terminales de entrada y de salida del repetidor

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características de la séptima columna del cuadro 1.

Para estas pruebas se podrá utilizar el circuito de la figura 2/K.17. Para acoplar el generador de impulsos con el repetidor se pueden utilizar, como se indica en la figura 3/K.17, pararrayos con una tensión de cebado de aproximadamente 90 V.

2.2.2 Pruebas en los terminales del circuito de telealimentación del repetidor

Para estas pruebas se utilizará una forma de onda de las características de la octava columna del cuadro 1.

Para esta prueba se puede cargar el condensador C1 con 3 kV, o con una tensión más pequeña a condición de que la corriente de cresta en el circuito de telealimentación llegue a ser de 30 A.

CUADRO 1

CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMAS DE ONDA QUE SE HAN DE UTILIZAR PARA LAS PRUEBAS

	Repetidores para pares coaxiales				Repetidores para pares simétricos			
	Pruebas del prototipo		Pruebas de aceptación		Pruebas del prototipo		Pruebas de aceptación	
	Prueba 1 Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1 Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1 Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1 Prueba 2	Prueba 3
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Forma de onda	10/800	100/800	100/800	100/800	10/800	100/800	100/800	100/800
Carga	0,1 Culombios	0,1 Culombios	0,06 Culombios	0,1 Culombios	0,03 Culombios	0,1 Culombios	0,03 Culombios	0,1 Culombios
Tensiones de cresta ≈	5 kV	5 kV	3 kV	3 kV	1,5 kV	5 kV	1,5 kV	3 kV
Corriente de corto-circuito	300 A		200 A		100 A		100 A	
Corriente de cresta en el circuito de tealimentación		50 A		50 A		30 A		30 A
Carga de cortocircuito			0,046 Culombios		0,023 Culombios		0,023 Culombios	0,077 Culombios
C ₂	0,2 μF	2 μF	2 μF	2 μF	0,2 μF	2 μF	2 μF	2 μF
Número de impulsos	10	2	2	2	10	10	2	2

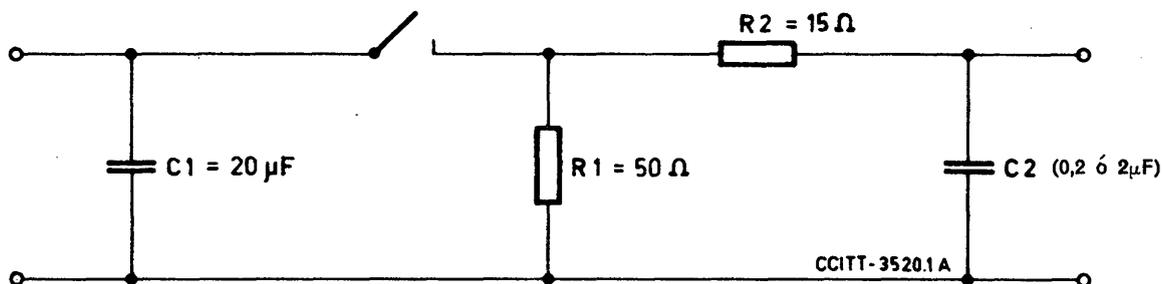


FIGURA 1/K.17. — Esquema del generador de ondas de choque.

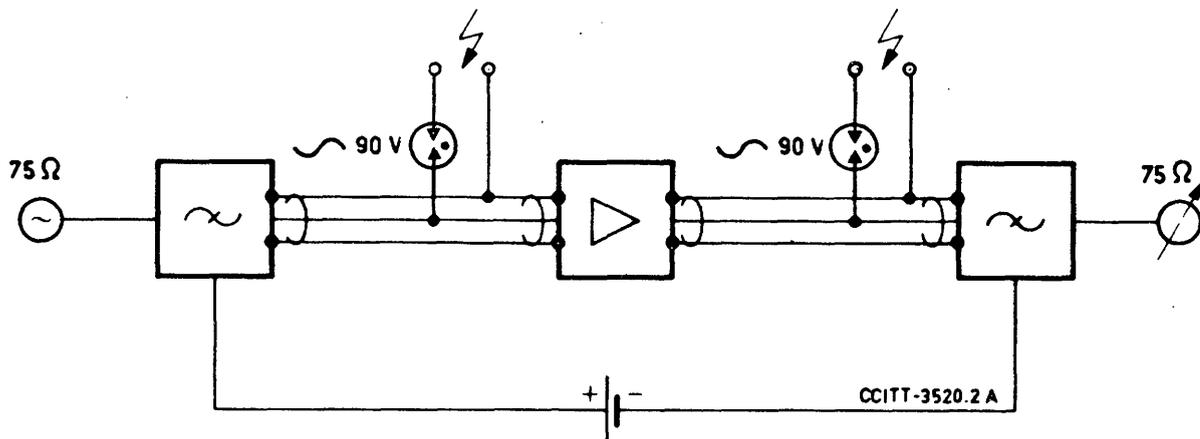


FIGURA 2/K.17. — Ejemplo de circuito para la prueba de tensión de choque de repetidores tealimentados para cable de pares coaxiales.

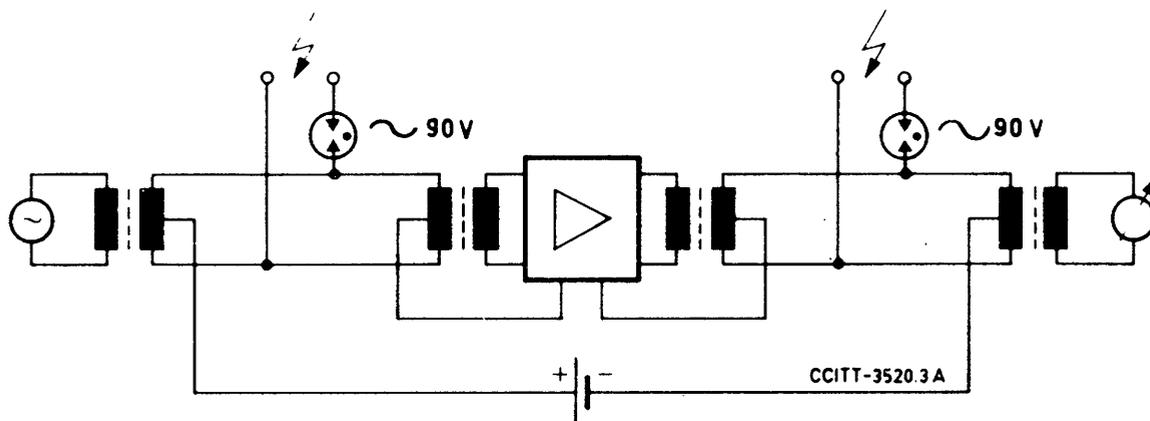


FIGURA 3/K.17. — Ejemplo de circuito para la prueba de tensión de choque de repetidores telealimentados utilizados en cables de pares simétricos.

Cuestión 22/V (véase también la Cuestión 14/VI) - Protección contra el rayo

(Continuación de la Cuestión 22/V, 1968-1972 que debe estudiar en 1973-1976 el Grupo mixto CDF de las Comisiones de estudio V y VI. Coordinará el estudio la Comisión V)

- A.
- Estudio de los fenómenos electromagnéticos que pueden producirse dentro o fuera de un cable, enterrado o aéreo, como consecuencia de la caída de un rayo cerca de ese cable.
 - Posibilidad de determinar mediante el cálculo los efectos protectores producidos por la proximidad de conductores enterrados o de conductores aéreos conectados a tierra, de árboles aislados o de grupos de árboles, de edificios provistos de pararrayos, etc.
 - Algunos transmisores de radiodifusión o de televisión, situados en cumbres de montañas expuestas a frecuentes tormentas, están servidos por cables subterráneos de telecomunicación con circuitos de frecuencias vocales, puestos a tierra en sus extremos, y/o por cables de pares coaxiales. En estos casos, los cables, sus conductores y los equipos a ellos conectados, pueden sufrir daños como consecuencia de la caída de rayos en la antena o en la cima de la montaña. ¿Qué medidas pueden adoptarse para preservar, de los daños originados por los rayos, a estos cables, a sus conductores y a los equipos a ellos asociados?
- B.
- Grado en que la cubierta o el alma de un cable (aéreo o enterrado) puede sufrir daños como consecuencia de la caída de rayos en las inmediaciones.
 - Medida en que influyen en esta sensibilidad diversas características de construcción y tendido del cable (alma del cable, cubierta, revestimientos diversos, armaduras, etc.).

Observación 1. — Esta Cuestión (similar a la Cuestión 14/VI) la estudia el Grupo mixto CDF de las Comisiones V y VI; la parte A la propuso a la Asamblea Plenaria de 1960 la Comisión de estudio V, y la parte B la Comisión de estudio VI.

Observación 2. — A principios de 1973 la situación en lo que concierne a los Capítulos del Manual "Protección contra el rayo de las líneas e instalaciones de telecomunicación" es la siguiente:

- El texto definitivo de los Capítulos I a IV lo publicará la Secretaría del C.C.I.T.T. de conformidad con la autorización dada a la Comisión de estudio V por la Cuarta Asamblea Plenaria del C.C.I.T.T., Mar del Plata;
- El 4.º proyecto de Capítulo V del Manual sometido a la Quinta Asamblea Plenaria fue aprobado por ésta y será también publicado;

- El Capítulo VI, en su forma anterior, se ha suprimido, ya que el tema propuesto para el mismo ha de tratarse en el Manual “Puesta a tierra”;
- El Capítulo VII ha pasado a ser Capítulo VI, y trata de los métodos de protección tales como la planificación del trazado de la línea teniendo en cuenta todos los detalles de la protección ofrecida por otras estructuras existentes, la naturaleza del terreno, etc. El texto del segundo proyecto de este Capítulo volverá a publicarse en 1973 en forma de documento, junto con otra documentación, a fin de que pueda estudiarse con miras a la preparación de un tercer proyecto;
- El Capítulo VIII, que ha pasado a ser Capítulo VII y cuyo primer proyecto se ha publicado en la Contribución COM V - N.º 75 (1968-1972), volverá a publicarse en 1973;
- El Capítulo IX, que ha pasado a ser Capítulo VIII, contendrá una bibliografía. Se dan ya algunas referencias en una contribución del periodo 1961-1964. Esta bibliografía volverá también a publicarse en 1973.

El Grupo mixto CDF ha sido mantenido durante el presente periodo de estudios a fin de que complete los proyectos de los restantes capítulos del Manual.

Cuestión 23/V – Problemas de interconexión en el caso de sistemas de corrientes portadoras en líneas eléctricas

(Continuación de la Cuestión 23/V, 1968-1972)

(Antigua Cuestión Asia N.º 12, 1964, planteada por la Comisión del Plan para Asia)

¿Qué problemas se plantean y qué normas y especificaciones hay que aplicar cuando se interconectan canales de telecomunicación de corrientes portadoras en líneas de energía con otros canales de telecomunicación pertenecientes a redes públicas o privadas?

Observación. – Del estudio de la Cuestión 18/V durante el periodo 1964-1968, la Comisión de estudio V ha llegado a la conclusión de que el espectro de frecuencias de las interferencias resultantes del efecto de corona y de los malos contactos en las líneas de energía es ya bien conocido. Estima que, si las frecuencias utilizadas en los circuitos de telecomunicación no rebasan 100 kHz, no hay un peligro grave de interferencia, ya que a esas frecuencias los valores de intensidad de campo son muy pequeños.

Cuestión 24/V - Preparación de un Manual “Puesta a tierra”

(nuevo texto)

(Continuación de la Cuestión 24/V, 1968-1972)

Observación. – La Quinta Asamblea Plenaria aprobó, en principio, la publicación de un manual sobre puesta a tierra basado en el segundo proyecto reproducido en el Documento AP V-N.º 25. El texto definitivo se elaborará en el periodo de estudios 1973-1976 por un método análogo al de Relator especial, pero con la diferencia de que la Secretaría centralizará la documentación (ya que todas las modificaciones al proyecto de texto deberán aparecer en español, francés e inglés, y la Secretaría habrá de traducirlas). Los expertos que colaborarán en la redacción del proyecto definitivo serán miembros de las Administraciones de Finlandia, Francia, Italia, la República Federal de Alemania, la N.T.T. y la Post Office del Reino Unido. Inicialmente trabajarán por correspondencia, bien directamente entre sí o por conducto de la Secretaría. La Secretaría distribuirá la documentación sólo a los miembros que pertenezcan a dichas Administraciones, en francés o en inglés según el caso. Las demás Administraciones podrán formular observaciones.

Si, en un momento dado, el grupo de expertos se percatara de que los problemas planteados no pueden resolverse por correspondencia, tomará por sí mismo las disposiciones oportunas para reunirse (sin la Secretaría del C.C.I.T.T.), a invitación de la Administración de uno de los miembros que pueda obtener autorización para convocar tal reunión.

Los miembros de la Comisión de estudio V que desean colaborar han comunicado a la Secretaría las direcciones de las Administraciones y de los relatores a que habrá de enviarse la documentación.

Se espera que este procedimiento permita publicar el manual en 1975 ó 1976.

Cuestión 25/V - Examen de los límites existentes admisibles de tensión inducida, y eventual modificación de las Directrices.

(Continuación de la antigua Cuestión 6/V, 1968-1972)

Los límites de tensión inducida en el caso de defectos de corta duración de la puesta a tierra de líneas de transporte de energía de alta tensión llevan ya varios años en vigor, sin un peligro aparente para el personal y el equipo. Diversas consideraciones de índole práctica y teórica parecen indicar que los límites actuales son demasiado prudentes y, por consiguiente, que la protección se asegura en la actualidad sobre una base que podría modificarse habida cuenta del grado de peligro.

En vista de las nuevas condiciones tecnológicas, se considera apropiado reconsiderar los límites vigentes para la duración y magnitud de estas tensiones. ¿Cuáles deben ser estos límites?

¿Qué valor puede admitirse para la tensión inducida que aparece durante un periodo de tiempo dado en líneas de transporte de energía de gran confiabilidad (definidas en el punto 3.2.3 del Capítulo preliminar de las *Directrices*) y en líneas de transporte de energía normales?

Observación 1. — Este estudio debe incluir:

- Los efectos fisiológicos de la tensión inducida y de la corriente resultante (magnitud y duración),
- la probabilidad de que el personal esté en contacto con los conductores utilizados para telecomunicación cuando hay tensión inducida de corta duración, y
- los efectos ejercidos por las tensiones inducidas en el equipo.

Observación 2. — El resultado del estudio de esta Cuestión podría entrañar un cambio en la disposición del Capítulo IV de las *Directrices*, tratando por separado la tensión y la corriente admisibles durante un periodo de tiempo determinado, para:

- a) el personal de telecomunicaciones y los usuarios del servicio telefónico;
- b) el equipo conectado en los extremos de la línea (incluidos los amplificadores insertados en la línea);
- c) tipos particulares de aislamiento de los conductores del cable.

Observación 3. — Al estudiar esta Cuestión han de tenerse en cuenta los documentos siguientes:

- C.C.I.T.T., Contribución COM V - N.º 20 (1968-1972).
- C.C.I.T.T., Contribución COM V - N.º 35 (1968-1972).
- C.C.I.T.T., Contribución COM V - N.º 38 (1968-1972).
- C.I.G.R.E., Informe N.º 36-02 (1970).
- Boletín de Telecomunicaciones de la U.I.T., N.º 3, 1971: H. RIEDEL, "Protección de las instalaciones de telecomunicaciones en el marco de la U.I.T."

Cuestión 26/V - Revisión de las Directrices

(Continuación de la Cuestión 26/V, 1968-1972)

Puesta al día de las *Directrices para la protección de las líneas de telecomunicación contra la acción perjudicial de las líneas eléctricas.*

Observación 1. — La Cuarta Asamblea Plenaria del C.C.I.T.T. (Mar del Plata, 1968) aprobó la reconstitución, en el marco de la Comisión de estudio V, del Grupo de redacción de las *Directrices*, encargado de estudiar las enmiendas al texto actual de esas *Directrices*.

Observación 2. — Revestirían particular interés los siguientes estudios:

- a) Habida cuenta de la evolución de la técnica, recopilar las informaciones necesarias para determinar si son satisfactorios los valores indicados en las *Directrices* para el cálculo de las tensiones perturbadoras equivalentes y de las corrientes perturbadoras equivalentes, a falta de resultados de medida.

- b) Examinar la posibilidad de tener en cuenta, en el cálculo de las corrientes de cortocircuito, el hecho de que las líneas son de longitud finita y de que se manifiestan en los extremos ciertos efectos que no se han considerado (véase la Contribución COM V - N.º 80, 1961-1964, de la Administración de la U.R.S.S.).
- c) Determinar la fórmula que habría de aplicarse en el caso de una línea que comprenda conductores conectados permanentemente a tierra (véanse las *Directrices*, edición de 1963, páginas 54, 61, 64 y 81).
- d) Formular una serie de “prescripciones” destinadas a facilitar la aplicación de las *Directrices* a casos prácticos. Estas “prescripciones” podrán ser simples fórmulas, gráficos, nomogramas o reglas de cálculo. Se ruega a las Administraciones y organizaciones que dispongan ya de tales “prescripciones” para su propio uso, que comuniquen al C.C.I.T.T. sus experiencias.

Observación 3. – En sus trabajos, el Grupo de redacción de las *Directrices* tendrá en cuenta todas las contribuciones relativas a esta materia (véanse los informes de las reuniones de la Comisión de estudio V).

**CUADRO RECAPITULATIVO DE LAS CUESTIONES CONFIADAS A LA COMISIÓN
DE ESTUDIO V EN EL PERIODO 1972-1976**

N.º	Tema resumido	Observaciones
I/V	Órganos de protección	
2/V	Dispositivos para reducir la tensión de los hilos con relación al suelo	
3/V	Problemas que plantea la distribución de los dispositivos de protección en los circuitos de telecomunicación sometidos a tensiones inducidas elevadas	
4/V	Efecto de pantalla de los cables con cubierta metálica protegida por un revestimiento de materia plástica	
8/V	Estadísticas de averías en las líneas de gran seguridad de servicio	
9/V	Utilización de canalizaciones y de soportes comunes para líneas de telecomunicación y líneas eléctricas	
10/V	Transformadores — reguladores	
13/V	Desequilibrio de las instalaciones telefónicas	
15/V	Reducción de las armónicas en casos especiales	
17/V	Líneas de transporte de energía de corriente continua a muy alta tensión	
19/V	Influencia de las emisiones radioeléctricas en los circuitos de telecomunicación	
21/V	Pruebas a que deben someterse los repetidores transistorizados telealimentados para comprobar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores	Interesa a la Comisión de estudio XV
22/V	Protección contra el rayo	Debe estudiarla el grupo mixto CDF (véase la Cuestión 14/VI)
23/V	Problemas de interconexión en el caso de sistemas de corrientes portadoras en líneas de energía	
24/V	Preparación de un Manual « Puesta a tierra »	
25/V	Examen de los límites existentes admisibles de tensión inducida, y eventual modificación de las <i>Directrices</i>	
26/V	Revisión de las <i>Directrices</i>	

SEGUNDA PARTE

**RECOMENDACIONES (SERIE L) Y CUESTIONES RELATIVAS
A LA PROTECCIÓN DE LAS CUBIERTAS DE CABLE
Y DE LOS POSTES**

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

RECOMENDACIONES DE LA SERIE 1

Recomendación L.1

PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

El C.C.I.T.T.,

Considerando:

Que la localización y reparación de las averías en los cables subterráneos pueden ocasionar gastos importantes;

Que deben evitarse con el mayor cuidado las interrupciones de servicio que pueden originar esas averías, y

Que, incluso después de hecha la reparación de la mejor manera posible, la calidad del cable y su duración normal pueden verse reducidas,

Recomienda, por unanimidad:

Que, al proceder al tendido de sus líneas de cable, las Administraciones y empresas privadas de explotación se inspiren en las *Recomendaciones sobre la protección de los cables subterráneos contra la corrosión*, (Nueva Delhi, 1960) modificadas y completadas en Ginebra, 1964, en Mar del Plata, 1968 y en Ginebra, 1972, en que su título pasó a ser *Recomendaciones relativas a la construcción, instalación y protección de los cables de telecomunicación en las redes públicas*¹.

Recomendación L.2

IMPREGNACIÓN DE LOS POSTES DE MADERA

El C.C.I.T.T. señala a la atención el interés económico que presenta la impregnación de los postes de madera que soportan las líneas aéreas de telecomunicación.

A fin de que las Administraciones de telecomunicación, en particular aquellas cuyas redes estén poco desarrolladas, tengan algunas indicaciones sobre los procedimientos de impregnación de estos postes, el C.C.I.T.T. ha publicado un folleto². Este folleto se funda en un primer proyecto establecido en 1968—1972 por la Administración argentina, enmendado y completado a base de la información facilitada por las Administraciones o empresas privadas de explotación de Australia, Austria, Chile, Francia, Italia, República Federal de Alemania, Reino Unido y Suiza.

¹ Título abreviado en las Recomendaciones de la serie L: *Recomendaciones*.

² Modificado por completo en Ginebra, 1972.

Recomendación L.3**ARMADURA DE LOS CABLES****1. Tipo de armadura**

1.1 Los tipos de armadura más corrientes son:

- a) Armadura de cinta — Esta armadura consiste en una o varias cintas de acero enrolladas en espiral alrededor de la cubierta del cable, con cierta superposición.
- b) Armadura de hilos — Esta armadura consiste en hilos de acero de sección circular, plana o trapecoidal, enrollados en espiral alrededor de la cubierta del cable. La longitud del hilo necesario es relativamente grande.

1.2 Estos dos tipos de armadura se utilizan conjuntamente con otros medios exteriores de protección (capa de yute o de materia plástica), sea por razones de construcción o mecánicas, sea para asegurar una protección contra la corrosión.

2. Elección de la armadura

Si se decide utilizar una armadura, y al elegir entre las distintas posibilidades de construcción, se tendrán en cuenta el mayor número posible de condiciones locales de tendido, como:

- a) El tendido de los cables en canalizaciones o directamente en el suelo;
- b) La situación de la zanja a lo largo de carreteras o en terreno privado;
- c) Los materiales utilizados para la cubierta del cable;
- d) La presencia de otros cables en el mismo trayecto, existentes o previstos;
- e) La naturaleza del suelo: rocoso, arenoso, corrosivo o no, y la presencia de microorganismos;
- f) La profundidad de la zanja que, en todo caso, debe ser de 50 cm como mínimo y, para cables importantes, de 80 cm por lo menos;
- g) El riesgo de inducción;
- h) El riesgo de ataques por roedores o insectos;
- i) La exposición al rayo;
- j) La importancia del enlace, que puede justificar precauciones especiales. La armadura de hilos de acero aporta en tal caso una protección suplementaria, sobre todo en las cámaras de registro;
- k) La longitud de tiro si es grande (por ejemplo, paso bajo un río) (como este caso es poco frecuente no parece útil prever la construcción de un nuevo tipo de cable terrestre con elemento de tiro central).

3. Protección asegurada

En el caso de los cables enterrados directamente, la armadura contribuye a la seguridad de instalación y de funcionamiento. En efecto, protege a los cables contra:

- a) Los accidentes mecánicos que puedan causar las piedras, las máquinas o las herramientas excavadoras;
- b) Los roedores y los insectos;
- c) La corrosión química o electrolítica
- d) Los efectos de las descargas atmosféricas;
- e) Los fenómenos de inducción debidos a la proximidad de líneas de transporte de energía.

4. Armadura de cinta

La armadura de cinta es preferible para la protección contra herramientas puntiagudas, piedras de aristas vivas, etc. Constituye además un blindaje magnético que protege los circuitos, lo que dista mucho de ser el caso de la armadura de hilos enrollados en torno al cable a causa de los entrehierros, que reducen considerablemente el acoplamiento magnético entre la cubierta armada y los conductores del cable.

5. Armadura de hilos

La armadura de hilos da al cable una resistencia a la tracción mucho mayor. Por consiguiente, es particularmente útil cuando la longitud de tiro del cable es muy grande o cuando las condiciones de utilización (hundimiento del suelo en las regiones mineras, cables a través de extensiones acuáticas o pantanosas, cables tendidos en pozos que desembocan en puntos de altura muy inferior a la del terreno circundante) ejercen sobre el cable una tracción considerable.

6. Tipo general de armadura

En los cables con cubierta metálica de plomo o de aluminio, el tipo de armadura más corriente se compone de dos cintas de acero enrolladas en espiral entre capas de papel y de yute impregnadas, con protección exterior de hilos de yute u otro material similar. Este tipo de armadura asegura una buena protección en los cinco casos señalados en el punto 3.

En los cables con cubierta de materia plástica, puede utilizarse una armadura ligera de cintas metálicas (acero, aluminio o cobre) colocadas entre dos vainas de materia plástica (politeno o cloruro de polivinilo). Los cables así contruidos están protegidos en cierta medida contra los accidentes mencionados en los apartados a y d del punto 3 y, sobre todo, contra los riesgos señalados en los apartados b y c de ese mismo punto.

7. Armadura para los cables importantes

Sin duda, como mejor se protegen los cables más importantes de una red de larga distancia es con una cubierta metálica estanca y con la armadura clásica antes descrita, pero el costo de esta protección es relativamente elevado.

Se puede reducir el precio de coste de los cables empleando una delgada cubierta de acero soldada, protegida contra la corrosión por productos bituminosos y por una vaina de materia plástica. Los cables están así protegidos, aunque en menor grado, contra los riesgos señalados en los apartados a, b, c y d del punto 3; se puede lograr cierta protección contra la inducción insertando elementos conductores, de cobre o de aluminio, bajo la cubierta de acero.

8. Cables tendidos en canalizaciones

La experiencia muestra que los cables de pares simétricos, de pares coaxiales o mixtos, desprovistos totalmente de armadura, pueden tenderse en canalizaciones de hasta 300 metros, a condición de repartir el esfuerzo de tracción entre los conductores y los elementos de la cubierta. La armadura de hilos de acero utilizada en otro tiempo puede así suprimirse, salvo en ciertos casos particulares (por ejemplo, enlaces importantes, grandes longitudes de cable, paso bajo ríos).

9. Consideraciones relativas a la corrosión — cables con cubierta metálica

La armadura, tanto de cinta como de hilos, desempeña un papel importante en la protección contra la corrosión, sobre todo porque permite mantener en buen estado las vainas de materias impregnadas que recubre, evitando así a la cubierta metálica, por ejemplo, los efectos de una aireación diferencial.

10. Roedores e insectos

Los daños que causan los roedores son bastante importantes en ciertas partes del mundo. Las armaduras de cinta o de hilos constituyen una protección eficaz, pero onerosa. El C.C.I.T.T. estudia el empleo posible de un cable menos costoso con capas protectoras superpuestas (por ejemplo: polieteno, aluminio delgado, acero revestido y polieteno). Los insectos pueden penetrar en la capa exterior de polieteno, pero encuentran entonces la capa de metal. Suponiendo que no la puedan perforar, existe un riesgo de corrosión que, sin embargo, no es grave si la capa metálica está revestida de polieteno por ambas caras. Además de la protección obtenida contra roedores e insectos, este tipo de construcción proporciona una resistencia suplementaria a la tracción a un precio relativamente módico.

11. Regiones tropicales

En las regiones tropicales se prestará particular atención a los puntos 6 y 7 y al peligro que representan los microorganismos.

En general, sólo podrá prescindirse de armadura:

- cuando el cable se tienda en canalizaciones;
- cuando no sea necesario ningún blindaje magnético, o cuando se obtenga este blindaje con una capa de un metal cualquiera incluida al efecto en el revestimiento del cable;
- cuando no exista riesgo de corrosión o cuando la protección contra la corrosión esté asegurada por una capa protectora cualquiera incluida al efecto en el revestimiento del cable;
- en el caso de cables enterrados directamente, cuando el suelo sea homogéneo y no contenga ni sílex ni rocas susceptibles de dañar el cable, y siempre que no sean de temer ataques de roedores o de insectos.

Sin embargo, incluso en estos casos puede ocurrir que condiciones locales especiales justifiquen el empleo de una armadura en los cables.

Recomendación L.4 (Ginebra, 1972)

CUBIERTAS DE CABLE DE ALUMINIO

1.1 Principios generales

El progreso en la técnica de la utilización del aluminio ha hecho posible el uso cada vez más generalizado de este metal para la fabricación de cubiertas de cable, lo que permite aprovechar todas las características favorables de este tipo de cubiertas.

Entre ellas, destacan las siguientes:

- baja densidad (aproximadamente 1/4 de la del plomo);
- resistencia mecánica mucho más elevada que la del plomo, lo que permite fabricar cubiertas más ligeras, no sólo porque el aluminio pesa menos que el plomo sino también porque su espesor puede ser menor;
- gran resistencia a las vibraciones;
- conductividad elevada lo que permite obtener un factor de pantalla más favorable y una protección más eficaz contra las sobretensiones de origen atmosférico.

Se ha comprobado, por otra parte, que la mayor rigidez de las cubiertas de aluminio no plantea grandes dificultades adicionales durante el tendido. No se han resuelto todavía por completo otras dificultades relativas a los cables locales.

Sin embargo, como el aluminio es más vulnerable que el plomo en lo que respecta a la corrosión electroquímica y electrolítica, las cubiertas de cable de aluminio y los empalmes entre largos de fábrica individuales (manguitos de empalme y secciones adyacentes del cable) requieren un revestimiento protector de materia plástica de Clase II (véase el punto 6.3 de las *Recomendaciones relativas a la protección contra la corrosión*)

Como se desprende de lo que precede, las cubiertas de aluminio ofrecen múltiples ventajas en comparación con las de plomo. Conviene, pues, generalizar la utilización del aluminio para las cubiertas de los cables por lo menos cuando el costo previsto del cable no sea superior al de un cable con cubierta de plomo y también cuando las cubiertas de aluminio satisfagan mejor las exigencias técnicas. La utilización de cables con cubiertas de aluminio ofrece especial interés en el caso de cables interurbanos.

2. Tipos de cubiertas de aluminio

2.1 Cubierta extruida

Esta cubierta se obtiene por extrusión directa del aluminio alrededor del núcleo del cable¹; la cubierta puede ser lisa u ondulada, según el diámetro del núcleo del cable, el radio de curvatura mínimo durante el tendido y las características mecánicas del aluminio utilizado (véase el punto 5.4.4 de las *Recomendaciones relativas a la protección contra la corrosión*).

Como orientación, cabe señalar que, en el caso de los cables de más de 40 mm de diámetro, la cubierta debe ser ondulada.

Según se indica en el punto 1, el espesor de las cubiertas de aluminio es, en general, menor que el de las cubiertas de plomo.

Se sugieren los espesores siguientes:

Diámetro del núcleo (mm)		Espesor		
		Cubiertas lisas (mm)	Cubiertas onduladas (mm)	
de	a		a	b
—	20	1,0		
20	25	1,1		
25	30	1,2		
30	35	1,3		
35	40	1,4	1,4	1,1
40	45	1,5	1,5	1,2
45	50	1,6	1,5	1,2
50	60		1,6	1,3
60	70		1,7	1,4
70	80		1,8	1,5

a Espesor que asegura aproximadamente el mismo factor de pantalla que la cubierta lisa correspondiente.

b Espesor que puede utilizarse cuando el factor de pantalla no tiene especial importancia.

¹ La prensa puede ser o no del tipo continuo. Si no es del tipo continuo, habrá que tomar precauciones a fin de que las zonas en que se reanuda el proceso no den lugar a inconvenientes.

No se excluye la posibilidad de emplear espesores inferiores a los que se indican en el cuadro.

En los cables coaxiales sin armadura, puede que haya que aumentar el espesor de las cubiertas con el fin de mejorar la protección mecánica. El aumento en el caso del aluminio es del orden de 0,3 mm.

En casos especiales, cabe naturalmente apartarse de los valores dados en el cuadro (por ejemplo, si se exigen factores de pantalla extremadamente favorables).

2.2 Cubierta soldada

Se obtiene esta cubierta por aplicación, alrededor del núcleo del cable, de una cinta de aluminio soldada longitudinalmente.

Pueden considerarse válidas las consideraciones del punto 2.1 acerca de la elección entre cubiertas lisas u onduladas y del espesor en relación con el diámetro, dentro de los límites impuestos por los espesores máximos que puedan soldarse.

3. Revestimiento protector

Como ya se ha dicho, por ser el aluminio más sensible a la corrosión que el plomo, cuando se utiliza bajo tierra, debe preverse un revestimiento protector impermeable (Clase II), de conformidad con el punto 6.3 de las *Recomendaciones relativas a la protección contra la corrosión*, para proteger debidamente la cubierta del cable y las secciones de empalme de los largos de fábrica individuales (manguitos de empalme y secciones adyacentes del cable).

Cabe emplear actualmente, dos tipos de materias plásticas para los revestimientos protectores:

- a) el cloruro de polivinilo
- b) el polietileno.

El polietileno es preferible porque sus características generales y su baja permeabilidad por el vapor de agua aseguran una mejor protección de las cubiertas de aluminio.

Con el fin de evitar que la humedad que haya penetrado accidentalmente bajo el revestimiento protector (por ejemplo, a causa de un defecto de tal revestimiento) se extienda a lo largo de la superficie de la cubierta, ampliando las zonas de corrosión, es conveniente aplicar una capa impermeable constituida principalmente por un compuesto bituminoso.

La capa impermeable debe adherirse bien al aluminio, sobre todo en el caso de revestimientos de cloruro de polivinilo, ya que esta materia, a diferencia del polietileno, no se adhiere a la cubierta después de la extrusión. Puede mejorarse la adherencia con cintas de materia plástica alrededor de la cubierta, después de la aplicación de la capa impermeable.

En el caso de las cubiertas onduladas, el compuesto bituminoso debe rellenar suficientemente las ondulaciones, de modo que haya un contacto adecuado con el revestimiento.

Es conveniente realizar pruebas especiales con el fin de evaluar la eficacia de la capa impermeable. Una de las pruebas más generalizadas¹ consiste en someter una muestra de la cubierta de aluminio, despojada de una parte del revestimiento protector, a una corrosión electrolítica mediante una fuente exterior de fuerza electromotriz.

Después de cierto tiempo, hay que comprobar si la corrosión se limita al lugar privado del revestimiento protector.

La eficacia del revestimiento protector puede evaluarse mediante una prueba por la que se determina el grado de adherencia del compuesto bituminoso a la cubierta de aluminio y al revestimiento protector de plástico. Ésta es generalmente una prueba tipo.

¹ Véase, por ejemplo la Publicación 229 de la C.E.I. (Edición 1966) y Modificación N.º 1 (1970).

A fin de asegurar la eficacia permanente de las cubiertas protectoras cuando se tienden los cables en zonas expuestas al rayo (desde el punto de vista, en particular, de evitar las perforaciones ocasionadas por el rayo) se tendrán en consideración las indicaciones que figuran en el Manual "Protección contra el rayo".

4. Empalme de cubiertas de aluminio

El empalme de las cubiertas de aluminio presenta muchas más dificultades que el de las cubiertas de plomo. Sin embargo, el perfeccionamiento de la técnica ha permitido reducir al mínimo tales dificultades.

Hay varios métodos para empalmar las cubiertas de aluminio:

- con manguitos de plomo:
- con arandelas cónicas de plomo pegadas a la cubierta de aluminio con un aglutinante especial, a las que se suelda seguidamente el manguito de plomo (cilindros);
- otros métodos, incluido el empalme con manguitos de aluminio unidos a la cubierta de aluminio por soldadura a presión (denominado en la U.R.S.S. método de la "explosión").

Los métodos utilizados para el empalme de cubiertas de aluminio deben responder a las normas adecuadas sobre el tendido y la manipulación de los cables.

En general, se utilizan manguitos de plomo cuyos extremos se sueldan a la cubierta de aluminio.

Las operaciones fundamentales para la soldadura son:

- limpieza cuidadosa del aluminio,
- aplicación inmediata (con el fin de evitar toda oxidación de la superficie del aluminio) de una aleación especial que permita la soldadura según los métodos usuales,
- soldadura del manguito de plomo.

Algunos contratistas aplican fundas de plomo en los extremos de las cubiertas de aluminio de los cables que se han de empalmar, y para realizar el empalme se suelda simplemente un manguito de plomo a la funda. Esta técnica evita el calentamiento repetido del núcleo del cable (lo que podría dañar el aislamiento de los pares coaxiales) en posteriores intervenciones en los empalmes.

Cuando el cable esté sujeto a variaciones importantes de temperatura, las tensiones debidas a la contracción del cable no deberán ser soportadas por los empalmes con soldadura de plomo, pues pueden provocar su rotura en particular cuando la cubierta es lisa.

5. Protección catódica

Sólo se dispone de algunos resultados experimentales aislados sobre la protección catódica de las cubiertas de aluminio. El C.C.I.T.T. proseguirá el estudio de este aspecto.

Recomendaciones L.5 (Ginebra, 1972)

CUBIERTAS DE CABLE FABRICADAS CON METALES DISTINTOS DEL PLOMO Y DEL ALUMINIO

1. Tipos de cable con cubierta metálica

1.1 La cubierta metálica más generalizada para sustituir a las de plomo o aluminio es la de acero ondulado. Esta cubierta consiste en una larga cinta de acero en forma de tubo alrededor del núcleo del cable,

soldada por un procedimiento apropiado (arco en atmósfera de gas inerte, corriente eléctrica de baja frecuencia, o de alta frecuencia) a lo largo de la costura longitudinal y ondulada luego. La protección exterior de la cubierta de acero está formada por un compuesto viscoso especial, anticorrosivo, que recubre una o más cintas de materia plástica, aplicado de modo que cubra enteramente los valles de las ondulaciones. Se extruye luego un revestimiento plástico exterior por encima del acero protegido por el compuesto, para formar un revestimiento exterior liso.

1.2 Para proteger al cable descrito en 1.1 contra las corrientes inducidas, pueden emplearse cintas de aluminio o de cobre colocadas longitudinal o helicoidalmente debajo de la cubierta de acero ondulado. Puede también emplearse una cubierta de cobre ondulado en lugar de la cubierta de acero ondulado.

2. Fabricación

2.1 La cinta metálica adopta la forma de un largo tubo alrededor del núcleo del cable; se suelda a lo largo de la costura longitudinal y luego se ondula.

2.2 El acero no protegido es particularmente sensible a la acción corrosiva y la protección consiste normalmente en una capa de un compuesto en el que pueden incorporarse cintas de plástico, que cubre las ondulaciones. Se extruye luego una cubierta exterior de polietileno o de un revestimiento similar de Clase II por encima del compuesto (véase el punto 6.3 de las *Recomendaciones*).

2.3 Por regla general, no es necesario dotar al cable de una armadura, pero puede hacerse en casos especiales.

3. Usos

Las cubiertas de acero o de cobre ondulado pueden emplearse para toda clase de cables de telecomunicación. El empleo de estos cables se basa en las consideraciones siguientes:

- a) tomando en consideración todos los factores (por ejemplo, coste del tendido, canalizaciones o coste del cable), y pese a que el diámetro total del cable es mayor que en el caso de los cables con cubierta de plástico, plomo o aluminio no ondulado, los cables de telecomunicación con cubierta de acero pueden ser más económicos que los cubiertos con plomo,
- b) las cubiertas de acero son insensibles a las vibraciones causadas por el tráfico rodado en las carreteras o ferrocarriles;
- c) las cubiertas de metal ondulado tienen una flexibilidad adecuada;
- d) las cubiertas de metal ondulado con un revestimiento exterior liso son de fácil manejo durante su instalación;
- e) el mismo tipo de cable puede tenderse directamente bajo tierra o en canalizaciones;
- f) este tipo de cubiertas resiste esfuerzos de compresión moderados y asegura una protección contra la mayoría de los daños causados por piedras o excavadoras;
- g) si sufre daños el revestimiento de plástico de los cables con cubierta de acero, es de prever que se produzca rápidamente la corrosión.

Cuestiones sobre protección de las cubiertas de cable confiadas a la Comisión de estudio VI en 1973-1976

Cuestión 1/VI

(Continuación de la Cuestión 1/VI, 1968-1972)

- Fabricación de cubiertas de cable de aluminio.
- Revestimientos protectores de esas cubiertas.

Observación. — Conviene considerar el estudio de los puntos siguientes, relativos a la protección de las cubiertas de aluminio contra la corrosión:

1. ¿Qué tipos de revestimiento pueden proteger adecuadamente las cubiertas de aluminio contra la corrosión?

Observación. — El estudio de esta parte de la cuestión requiere que se analicen los siguientes factores:

- Influencia de la pureza del metal y del método de fabricación de las cubiertas;
- Utilización de revestimientos para preservar igualmente la armadura cuando ésta sirve de pantalla electromagnética;
- Influencia de las corrientes inducidas cuando los cables se instalan a lo largo de vías férreas electrificadas de corriente alterna;
- Precauciones especiales que han de tomarse en los puntos de empalme y de puesta a tierra (para mantener el efecto de pantalla electromagnética).

2. ¿A qué tipo de pruebas se someten los cables fabricados para verificar el efecto de protección de los revestimientos?

3. ¿De qué forma puede establecerse una correlación entre la elección de un tipo de revestimiento y los resultados de pruebas de suelos?

4. ¿Se puede utilizar la protección catódica como medio adicional de protección cuando, por ejemplo, se considere que no puede mantenerse en perfecto estado el revestimiento protector? Cuando se aplica la protección catódica al aluminio, la diferencia de potencial entre el metal y el suelo debe mantenerse dentro de ciertos límites que están por definir. La corrosión catódica sólo se manifiesta en los puntos en que el potencial es muy negativo. Por razones análogas puede ser necesario conceder particular atención a los casos en que las cubiertas de aluminio formen parte de un sistema de cubiertas de cable unido a una estructura de protección catódica a fin de evitar interacciones perjudiciales.

ANEXO I

(a la Cuestión 1/VI)

Conclusiones a que llegó la Comisión de estudio VI en 1957-1960

1. En 1957-1960, la C.E. VI se ocupó particularmente:
 - del empalme de cables con cubierta de aluminio;

- del empleo de revestimientos de aluminio en cables de gran longitud tendidos cerca de una línea de energía eléctrica, cuando se requiere un factor de pantalla más favorable;
- de la protección de las cubiertas de aluminio contra la corrosión.

2. La C.E. VI desea ser informada de la experiencia adquirida en materia de protección catódica de los cables con cubierta de aluminio. Durante su reunión de junio de 1960, esta Comisión celebró ya un primer intercambio de opiniones acerca de esta cuestión. Es aún demasiado pronto para definir los valores precisos de potencial negativo que se han de aplicar. Los potenciales demasiado negativos pueden producir una fuerte corrosión. La protección catódica podría probablemente realizarse con potenciales comprendidos entre 0.8 y 1.2 ó 1.4 V. Por consiguiente, si se desea una protección catódica para el aluminio, debe procederse con la máxima prudencia.

3. Los debates han puesto de manifiesto la influencia que en la corrosión del aluminio tienen la pureza del metal y los procesos mecánicos a que se le ha sometido. Cuanto más puro sea el aluminio, menores serán las probabilidades de corrosión: en cambio, cuanto más se le haya laminado y estirado, más sujeto estará a la corrosión.

4. La infiltración de la humedad y del aire entre el cable y el revestimiento de materia plástica favorece mucho la corrosión. De ahí que sea importante la adherencia del revestimiento a la cubierta del cable. La eficacia de los revestimientos de materia plástica no es la misma para una cubierta de plomo que para una de aluminio. Un revestimiento plástico sobre plomo puede hacer innecesaria la protección catódica, en tanto que los cables con cubierta de aluminio, con este mismo revestimiento plástico, pueden exigir el empleo de una protección catódica.

ANEXO 2

(a la Cuestión 1/VI)

Información facilitada por la República Federal de Alemania en 1968

1. *Cubiertas de aluminio*

Siempre que en el territorio de la Administración Federal alemana de Correos y Telecomunicaciones se utilicen cables con cubierta de aluminio, se emplean cubiertas lisas para cables de diámetro inferior a 50 mm, empalmadas a presión sin soldadura. Para cables de diámetro superior a 50 mm se emplean cubiertas onduladas. La pureza del aluminio utilizado debe ser del 99,5% como mínimo.

2. *Protección contra la corrosión*

2.1 La protección contra la corrosión prescrita para las cubiertas de aluminio lisas es la siguiente:

- Una capa de un material blando, sobre la que se enrollará con superposición una cinta de polisobutileno o butilo, de 0,6 mm de espesor;
- Encima, una cinta textil, previamente impregnada;
- Sobre ésta, una vaina protectora de polietileno, colocada a presión, sin soldadura.

2.2 La protección contra la corrosión de las cubiertas de aluminio onduladas es la siguiente:

- Una capa de un material blando para rellenar las ondulaciones;
- Sobre ésta, una cinta de plástico solapada;
- Encima, una nueva capa de materia plástica; (y otra hoja de plástico solapada, en caso necesario);
- Por último, una vaina protectora de polietileno, colocada a presión, sin soldadura.

Para los dos modos de construcción habrán de tenerse en cuenta las observaciones siguientes:

- La cinta de polisobutileno o butilo deberá soldarse en los puntos de superposición;
- La resistencia específica de la cinta será al menos de 10^{10} Ω cm.

3. *Manguitos de empalme*

Para el empalme de las cubiertas de aluminio se utilizan manguitos de plomo soldados a éstas. Un nuevo fundente líquido simplifica mucho y hace más seguro el estañado de las cubiertas de aluminio con una sol-

dadura especial, compuesta de un 90% de cinc y un 10% de estaño. El fundente líquido se aplica después de limpiar la cubierta de aluminio con un cepillo de acero, y se estaña seguidamente con un soplete empleando la soldadura especial (90% de cinc y 10% de estaño). Para la soldadura del manguito de plomo se utiliza estaño corriente.

4. Pruebas

Prueba de la cubierta de aluminio, de la protección contra la corrosión y de la vaina de polietileno.

Las pruebas reglamentarias, como las de plegado e impermeabilidad de la cubierta de metal y las pruebas térmicas del material protector contra la corrosión y de la vaina de polietileno, así como la determinación de los puntos de gota y de reblandecimiento, se efectúan según los procedimientos acostumbrados.

ANEXO 3

(a la Cuestión 1/VI)

Cables con cubierta de aluminio ensayados en el Reino Unido

(Información actualizada en 1968)

1. En mayo de 1957, se instaló el cable Inverness-Nairn (16 millas) con objeto de obtener datos experimentales sobre los cables con cubierta de aluminio; se trata de un cable de 96 pares/20 libras (0,9 mm) con aislamiento de papel, cubierta lisa constituida por una cinta de aluminio soldada al arco bajo argón y revestimiento de polietileno extruido. No hay adherencia entre la cubierta de aluminio y el polietileno; los manguitos de empalme de plomo soldados a la cubierta de aluminio, están protegidos por una hoja de polietileno recubierta de varias capas de cinta impregnada. Como existe el riesgo de que el agua penetre hasta la cubierta de aluminio, se han conectado a ésta dos ánodos de magnesio para asegurar la protección catódica. En las estaciones terminales se han previsto separaciones para aislar el cable de la red de cables bajo plomo e impedir la formación de un par galvánico entre el plomo y el aluminio. Se han producido averías en varios puntos de empalme como consecuencia de la disminución de la adherencia entre la soldadura y la cubierta de aluminio, que ha producido un mal aislamiento eléctrico de los pares del cable. Se proyecta inyectar en el cable gas a presión para evitar tales averías en los puntos de empalme. El recubrimiento de los manguitos de plomo no ha impedido que el agua penetre hasta los manguitos, y en abril de 1967 se observó que la resistencia global cubierta/tierra había descendido a 280 ohmios. Para mejorar esta resistencia de aislamiento se proyecta cerrar los empalmes con manguitos de polietileno abiertos longitudinalmente y soldados en caliente con cordones de resina epóxida. En abril de 1967, el potencial de la cubierta estaba comprendido entre $-1,30$ y $-1,37$ voltios con relación a un electrodo saturado de cobre/sulfato de cobre. No se ha señalado ningún daño debido a la corrosión.

Dimensiones (aproximadas): diámetro máximo, 34 mm; espesor del polietileno, 1,7 mm; espesor del aluminio, 1,4 mm.

2. En noviembre de 1959 se instaló el cable Droitwich-Worcester (7 millas); se trata de un cable con aislamiento de papel y cubierta de aluminio ondulada, de 216 pares/20 libras (0,9 mm), fabricado por soldadura al arco bajo argón. Lleva betún entre la cubierta de aluminio y el revestimiento de cloruro de polivinilo. La profundidad de la ondulación es de 2,4 mm. Los largos de cable están unidos por manguitos de plomo soldados, con revestimientos protectores. La resistencia de aislamiento global cubierta/tierra es actualmente de unos 10 000 ohmios. No se ha previsto protección catódica. No se ha señalado ningún daño debido a la corrosión.

Dimensiones (aproximadas): diámetro máximo, 54 mm; espesor del cloruro de polivinilo, 2,2 mm; espesor del aluminio, 2,2 mm.

3. En junio de 1960 se instaló el cable Beeston-Nottingham (4,2 millas), de 300 pares/10 libras (0,6 mm). Se trata de un cable con aislamiento de papel y una cubierta de aluminio extrapuro, 99,99%, extruido directamente sobre el alma (no ondulada) aislada con papel; esta cubierta está protegida por una vaina de polietileno extruido. No hay adherencia entre la cubierta de aluminio y la vaina de polietileno. En las estaciones terminales se han previsto espacios vacíos que impiden el contacto con las cubiertas de cables bajo plomo. Hacia fines de 1962 se instaló una protección catódica por medio de un solo ánodo de magnesio. En marzo de 1967, el

potencial de la cubierta era de -1,36 voltios con relación a un electrodo saturado de cobre/sulfato de cobre. La resistencia de aislamiento cubierta/tierra era de 150 000 ohmios. No se ha registrado hasta ahora avería alguna por corrosión.

Dimensiones (aproximadas): diámetro máximo, 42 mm; espesor del polietileno, 1,5 mm; espesor del aluminio, 1,5 mm.

Estos cables experimentales continuarán en servicio; la Administración del Reino Unido seguirá facilitando información a medida que vaya obteniéndola.

ANEXO 4

(a la Cuestión 1/VI)

Información facilitada por la Administración italiana en 1968

Se está iniciando el tendido del primer cable con cubierta de aluminio de la Administración italiana, que permitirá realizar un importante enlace de 200 km.

El cable, ya fabricado, consta de cuatro coaxiales 2,6/9,5 mm con cubierta lisa de aluminio (ley 99,8%, espesor 2 mm, factor de pantalla nominal 0,23), capa protectora no higroscópica (mezcla de betún y caucho), revestimiento de polietileno de baja densidad y alto peso molecular (espesor 3 mm, carga de ruptura 10 N/mm, dilatación 350%, densidad 0,920 + 0,935 g/cm³, índice de plasticidad en fusión 0,2 + 0,3, contenido en negro de humo 1,5 + 2,5%).

La cubierta de aluminio se ha aplicado por extrusión a 400°C. La elección de la ley y del índice de impurezas (Fe 0,15%, Cu 0,01%, Si 0,15%, Zn 0,06%, otros 0,02%) se ha basado en los factores siguientes: resistencia a la corrosión, resistencia mecánica, facilidad de extrusión y precio de coste.

Se ha preferido el revestimiento de polietileno al de cloruro de polivinilo en razón de que sus propiedades, especialmente la baja permeabilidad al vapor de agua, ofrecen una mejor protección del aluminio contra la corrosión.

El cable no está armado y no se ha previsto protección catódica para el aluminio.

Los empalmes se efectuarán mediante manguitos de plomo, soldados al aluminio tras someter a éste a una cuidadosa desoxidación.

Debido a la alta temperatura que se produce en los pares coaxiales durante la soldadura (alrededor de 105°C) se ha previsto sustituir los discos de polietileno (14 por par coaxil) por discos de politetrafluoretileno.

ANEXO 5

(a la Cuestión 1/VI)

Fabricación de cubiertas de cable de aluminio y revestimientos protectores de esas cubiertas

(Información facilitada por la Administración francesa en 1972)

Desde 1961 la Administración francesa utiliza en gran medida cables de telecomunicación de larga distancia con cubierta de aluminio lisa u ondulada.

A finales de 1971 se explotaban 6455 km de cable con cubierta de aluminio. Durante los años 1970 y 1971, de los 2970 km de nuevos cables de larga distancia que se pusieron en servicio, 2355 km tenían cubierta de aluminio, lo que constituye una proporción del 80% aproximadamente; del resto, el 4% tenían cubiertas de acero, y el 16% de plomo.

La *Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses* cuenta con 1600 km de cable enterrado con cubierta de aluminio, así como con 510 km de cable coaxil autoportado con conductor exterior de aluminio.

Revestimiento del núcleo de los cables

Cuando los cables comprenden elementos de cableado sensibles a la temperatura, por ejemplo de pares, de cuadretes o de pares coaxiales aislados con polietileno, la resistencia térmica del aislamiento que va bajo la cubierta debe bastar para impedir el deterioro del polietileno cuando se calienta la cubierta para hacer un empalme mediante soldadura.

Este resultado suele obtenerse poniendo bastante cinta de papel liso u ondulado, o una cinta de tela, o bien de papel metalizado o grafitado, o combinando ambos procedimientos.

Constitución de las cubiertas

La cubierta de aluminio está constituida por un tubo obtenido por extrusión o por una banda de aluminio soldada longitudinalmente.

La pared cilíndrica del tubo así obtenido puede ser lisa u ondulada. La elección se deja generalmente al constructor: algunos de ellos emplean cubiertas onduladas para los cables de todos los diámetros, en tanto que otros utilizan cubiertas lisas para los cables de diámetro reducido y onduladas para los de gran diámetro: el límite de paso entre la cubierta lisa y la ondulada varía entonces entre 20 y 35 mm.

El metal utilizado es el aluminio de primera fusión, con un mínimo de 99,5% de aluminio puro. El contenido en diversos elementos de impureza se conforma a las condiciones de la norma francesa NF-A-57-101, de mayo de 1961.

La resistencia de ruptura del metal debe ser superior o igual a 65 N/mm^2 (aproximadamente $6,5 \text{ kgf/mm}^2$) y el alargamiento en la ruptura superior o igual a 5%.

Espesor de las cubiertas

La Administración francesa ha normalizado tres espesores:

- 0,7 mm para las cubiertas lisas de diámetro inferior a 10 mm, y para las cubiertas onduladas de diámetro inferior o igual a 20 mm;
- 0,9 mm para las cubiertas lisas de diámetro comprendido entre 10 y 20 mm, y para las cubiertas onduladas de diámetro comprendido entre 20 y 35 mm;
- 1,1 mm para las cubiertas lisas de diámetro superior a 20 mm, y las cubiertas onduladas de diámetro superior a 35 mm.

Sin embargo, el espesor de las cubiertas lisas extruidas nunca es inferior a 0,9 mm.

Los cables de cubierta de aluminio pedidos por la *Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses* utilizan espesores de aluminio mayores para mejorar el factor de pantalla de la cubierta, necesario por existir un importante paralelismo con la catenaria alimentada por corriente alterna.

Estos espesores varían entre 0,9 y 1,4 mm según el diámetro de los cables, y se aplican tanto a las cubiertas lisas como a las onduladas. El factor de pantalla se aumenta además con una armadura constituida por dos cintas de acero.

Protección de las cubiertas de aluminio

Las cubiertas de pared lisa llevan una protección de superficie contra la corrosión y una vaina de polietileno.

Los valles de las ondulaciones de las cubiertas onduladas se rellenan con un compuesto que recubre ligeramente sus crestas, aplicando después al conjunto:

- bien una banda de polietileno directamente,
- bien una o dos cintas de materia plástica hidrófuga, eventualmente revestidas, y después la vaina de polietileno;
- bien una o dos cintas, como en el caso anterior, y después una segunda capa de relleno de un compuesto especial, y, por último, la vaina de polietileno.

También se admiten otros procedimientos. En la masa de relleno se pueden impregnar cuerdecillas de polipropileno, aplicándolas helicoidalmente en la cresta de las ondulaciones, y uniformar así el espesor de la capa del revestimiento de protección. Puede obtenerse el mismo resultado poniendo en el interior de la vaina de polietileno estrias longitudinales que descansan en la cresta de las ondulaciones.

La composición de relleno, generalmente a base de alquitrán, está estudiada para que se adhiera eficazmente al aluminio de la cubierta, sea suficientemente flexible y pueda fluir cuando la vaina de plástico se dañe fortuitamente. Cuando esto último ocurre, viene a recubrir naturalmente la parte metálica puesta al desnudo, y continúa garantizando así la protección contra la corrosión.

Las vainas de protección propiamente dichas son de polietileno cargado con un 2% de negro de humo. Se suelen fabricar con polietileno de baja densidad cuando van protegidas por una armadura, y con polietileno de alta densidad cuando no llevan ninguna protección, lo que tiene la ventaja de ofrecer mejores garantías de resistencia a la perforación y a la abrasión.

El espesor medio de las vainas de polietileno es uniforme para todos los diámetros y no debe ser inferior a 2 mm. El espesor mínimo en un punto dado no debe ser inferior a 1,7 mm.

Pruebas de estanquidad

La estanquidad de las cubiertas se controla mediante pruebas de presión o de inmersión bajo presión. Para estas pruebas se introduce aire seco en el interior de la cubierta, a una presión comprendida entre 20 y 30 N/cm² (2 y 3 kgf/cm²).

Cuando se logra el equilibrio en la prueba de presión, se mantienen los extremos de la cubierta obturados durante 4 horas, como mínimo; al cabo de ese tiempo, la presión no debe disminuir más de 2 N/cm² (0,2 kgf/cm²).

En la prueba de inmersión bajo presión se comprueba la ausencia de fugas en el cable sumergido.

Manguitos de empalme

El empalme de los cables con cubierta de aluminio se realiza con manguitos de plomo soldados en fundas también de plomo, colocadas y soldadas sobre la cubierta de aluminio en los extremos de los cables que han de empalmarse (véase la figura 1/Cuestión 1/VI).

Para evitar que la humedad llegue a la cubierta, penetrando entre la funda y el extremo de la vaina del cable, se recubre este espacio con un manguito termorretractable.

Las fundas se sueldan a la envoltura de aluminio previamente decapada y recubierta de una soldadura preliminar, con zinc. La soldadura propiamente dicha se realiza con un 33% de estaño.

Las fundas permiten abrir fácilmente los empalmes sin necesidad de tocar las soldaduras funda-cubierta de aluminio. Los manguitos retractables utilizados llevan un revestimiento interior que se adhiere perfectamente a la vaina de polietileno del cable y a las fundas de plomo, garantizando así la estanquidad del espacio funda-vaina.

Cuando los cables están enterrados, los empalmes se protegen además con una caja de hierro, rellena de un compuesto bituminoso.

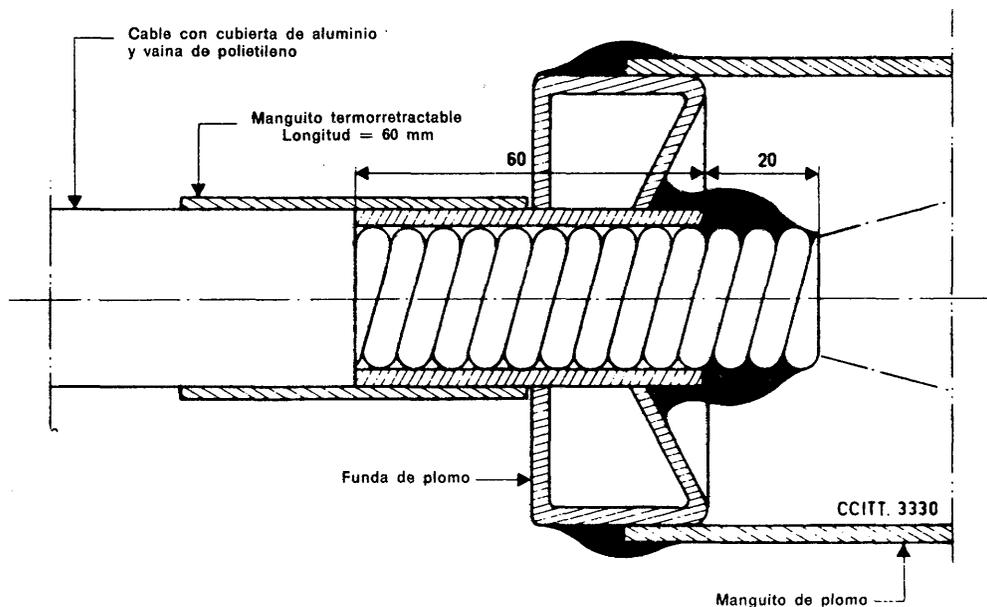


FIGURA 1/Cuestión 1/VI

ANEXO 6

(a la Cuestión 1/VI)

Información facilitada por la I.T.T. en 1972

Cuando el cable esté sujeto a fuertes variaciones de temperatura, las tensiones debidas a la contracción del cable no deberán ser soportadas por los empalmes con soldadura de plomo, pues pueden provocar su rotura en particular cuando la cubierta es lisa.

Los dispositivos para la sujeción de la cubierta suelen colocarse en una caja de conexión que contiene un compuesto protector adecuado contra la humedad.

Según un nuevo método de sellado de la cubierta de aluminio se emplea una junta de masilla de resina epóxida entre un manguito de aluminio y la cubierta del cable. Los manguitos tienen estrias de fijación en los extremos y, si la cubierta es ondulada, no son necesarios otros medios para resistir las tensiones debidas a las variaciones importantes de temperatura. Cuando la cubierta es lisa se emplea, si es necesario, un dispositivo interno adicional de sujeción.

Una ventaja de la técnica que emplea masilla de resina epóxida consiste en que evita los daños que el calor puede provocar en los conductores del cable coaxial cuando se utilizan manguitos de plomo soldados; además, no se requieren cajas de protección. Para impedir la corrosión se fija sobre el manguito, por medio de calor, un tubo de políteno con revestimiento interior adhesivo.

Cuestión 2/VI

(Nueva cuestión)

Protección de los conductores y empalmes de aluminio.

¿Cuáles son los medios utilizados para asegurar la protección contra la corrosión de los conductores en aluminio o aleaciones de aluminio de los cables de telecomunicación.

- 1 — En la fabricación de los cables (aislante, productos de relleno, etc.)
- 2 — En los puntos de conexión (conexión de los conductores, protección del empalme, etc.)?

Observación — En distintos países se están fabricando cables de conductor de aluminio o de aleaciones de este metal. Convendría que el C.C.I.T.T. examinara el problema de la fabricación, empalme y terminación de estos cables.

Cuestión 3/VI

(Continuación de la Cuestión 3/VI, 1968-1972)

Empleo de materias plásticas como revestimiento protector de las cubiertas metálicas de cable:

1. Para protegerlas de la corrosión;
2. Para protegerlas de potenciales elevados, cualquiera que sea su causa.

Observación 1. — El estudio de esta Cuestión debiera tener por objeto determinar:

- a) Si la protección mecánica de una vaina de materia plástica por una armadura es esencial cuando el cable así revestido está enterrado directamente en el suelo;
- b) En caso contrario, si deben recomendarse mediciones periódicas del aislamiento entre la cubierta y el suelo para asegurarse del buen estado del revestimiento protector. Este procedimiento implicaría asegurar el aislamiento con relación al suelo de los manguitos de empalme, cajas de carga y de derivación, etc., que suelen estar conectados eléctricamente a la cubierta.

Observación 2. — El estudio de esta Cuestión debería hacerse teniendo en cuenta los trabajos de la Comisión de estudio V a propósito de los revestimientos que, al tiempo que protegen contra la corrosión, presentan una baja resistividad que permite mantener el acoplamiento resistivo adecuado entre la cubierta metálica y tierra.

ANEXO I
(a la Cuestión 3/VI)

**Resumen de la información comunicada en 1957-1960
a la Comisión de estudio VI acerca de los
revestimientos protectores de materia plástica y puesta al día en 1968**

La Administración de la República Federal de Alemania señala el empleo de materias plásticas como revestimiento protector de los cables con cubierta de acero o de aluminio. También menciona la utilización de un revestimiento constituido por una mezcla de cloruro de polivinilo colocado sobre una capa plástica de una substancia especial a base de brea en el caso de cables armados con cubierta de plomo, cuando la cubierta de plomo y/o la armadura de acero deben protegerse de componentes nocivos del suelo (por ejemplo, en terrenos pantanosos).

La Administración del Reino Unido indica que los revestimientos protectores para los cables de cubierta metálica se utilizan menos que en el pasado, debido a que la mayoría de las propias cubiertas de cable se hacen actualmente de materia plástica. Sin embargo, por ahora se siguen utilizando cubiertas de plomo en los cables de pares coaxiales, pero llevan un revestimiento de polietileno.

En la periferia de las redes locales se utilizan corrientemente cables de pequeño diámetro con aislamiento y cubierta de polietileno. Aproximadamente la mitad de estos cables van por canalizaciones de barro cocido mientras que los restantes están enterrados directamente. Una pequeña proporción de estos últimos lleva una armadura de hilos para reducir el riesgo de averías en caso de excavaciones u otros trabajos. Esta armadura está revestida a su vez de materia plástica para preservarla de la corrosión. Se utiliza el cloruro de polivinilo porque ofrece una mayor resistencia a la abrasión.

En el Reino Unido se ha preferido siempre el polietileno al cloruro de polivinilo, tanto para las cubiertas como para el revestimiento de los cables exteriores, excepto en casos como los indicados en el párrafo precedente en los que conviene preocuparse especialmente de la resistencia a la abrasión. A continuación exponen las razones de esta preferencia, que son sobre todo de orden histórico.

Durante la guerra y en los años subsiguientes, el plomo era escaso, hasta el punto de que en 1942 y nuevamente en 1946 se redujo el espesor normal de la cubierta de plomo de los cables clásicos de papel y plomo. Más tarde, fuentes aparentemente autorizadas indicaron que los recursos mundiales de plomo tendían a disminuir y que quizá fueran insuficientes en un plazo relativamente corto. Ello dio lugar a una nueva reducción del espesor de la cubierta de plomo, y en 1947 se pusieron en servicio cables con una fina cubierta de plomo, recubierta de una protección de cintas de yute. Además, se estimó oportuno estudiar la posibilidad de emplear cubiertas enteramente de materia plástica en sustitución del plomo en los cables de conductor central con aislamiento de papel. Como es natural, se eligió el polietileno, material descubierto en el Reino Unido que presenta una constante de permeabilidad a la humedad muy superior a la del cloruro de polivinilo.

Como no se conocía muy bien el comportamiento del polietileno extruido, se decidió proceder con cautela y fabricar sólo un 10% de los cables con cubierta delgada de plomo con revestimiento de polietileno en lugar del revestimiento de yute. Las pruebas efectuadas con estos cables dieron excelentes resultados y la confianza así adquirida fue tal que se juzgó posible fabricar cubiertas enteramente de polietileno. Entretanto la escasez de plomo había cesado pero el empleo de cables con cubierta de plástico, con o sin barrera impermeable constituida por una cinta de aluminio de 0,15 mm, es hoy en día práctica corriente en el caso de cables de pares múltiples a frecuencias vocales.

Habida cuenta del reducido coeficiente de frotamiento del polietileno es muy fácil tender un cable de plomo revestido de aquel material. A este respecto, se comporta mejor que un cable con cubierta de cloruro de polivinilo. Hay que reconocer que el polietileno es más inflamable, pero hasta ahora no se ha registrado ninguna avería por esta causa. Las mismas observaciones se aplican naturalmente a los cables con cubierta enteramente de materia plástica.

Desde el punto de vista económico es más conveniente y cómodo utilizar un mismo material para el revestimiento protector y la cubierta y en conjunto se estima ventajoso emplear el polietileno para ambos fines.

En la Contribución COM 6-N.º 12 del periodo 1957-1960, figura el pliego de condiciones de la administración italiana para los revestimientos termoplásticos de los cables telefónicos con cubierta de plomo.

Este pliego de condiciones es válido hasta ahora (1963). En el periodo 1958-1963, se tendieron en Italia unos 1100 km de cables de pares coaxiales con revestimiento termoplástico, que han dado buenos resultados. También se tendieron cables de pares simétricos de gran longitud provistos de igual protección, sin que se haya registrado avería alguna.

La Administración italiana ha reducido recientemente (1964) en el pliego de condiciones el espesor del revestimiento termoplástico, que actualmente debe responder a la siguiente fórmula:

$$S = 1.0 + 0.032 D_p \text{ (S. espesor en mm; } D_p \text{ diámetro con la cubierta de plomo, en mm).}$$

A título de información, se agrega que actualmente se está tendiendo con arreglo al mismo pliego de condiciones un cable de pares coaxiales con revestimiento termoplástico sobre plomo de unos 1000 km de longitud. Es interesante señalar que en los ferrocarriles italianos del Estado se utilizan desde 1956, con resultado satisfactorio, grandes secciones de cable de pares simétricos con cubierta de plomo y protección termoplástica.

Los cables armados tendidos en canalizaciones llevan bajo la armadura una capa aislante de polietileno.

El cloruro de polivinilo se usa como revestimiento exterior ya que las llamas se propagan más difícilmente que en el caso del polietileno.

Entre el cloruro de polivinilo y el plomo se aplica una capa impermeable.

En general, la Administración austriaca de C.T.T. sólo prevé revestimientos protectores de materia plástica para los cables con cubierta de plomo en los casos en que los cables están expuestos a los efectos perjudiciales de:

1. Potenciales de tierra muy elevados, debidos a la puesta a tierra de instalaciones eléctricas, como consecuencia de un cortocircuito;
2. Líquidos y componentes nocivos del suelo;
3. La corrosión electrolítica.

Para el revestimiento de protección se utiliza generalmente el cloruro de polivinilo, que posee características mecánicas favorables (especialmente en lo que respecta a la abrasión) y puede aplicarse rodeando estrechamente la cubierta de plomo. Se prescribe una capa intermedia de betún, recubierta con cintas de cloruro de polivinilo o de algodón embreado.

El espesor del revestimiento de cloruro de polivinilo debe ser suficiente para asegurar una rigidez dieléctrica de 20 kV con una corriente alterna de 50 Hz, y en ningún caso debe ser inferior a 3 mm.

En los cables revestidos de materia plástica, es suficiente una cubierta de plomo de reducido espesor.

ANEXO 2

(a la Cuestión 3/VI)

Medidas adoptadas por la Administración francesa para la protección de las cubiertas metálicas contra la corrosión electroquímica o electrolítica (Información facilitada por la Administración francesa en 1964-1968)

Naturaleza de la cubierta	Riesgo de la corrosión	Tendido en canalizaciones o en galerías	Tendido directamente en tierra
Plomo	Normal (caso general)	Ninguna	Armadura de cinta metálica y yute impregnado
	Riesgo particularmente elevado	Vaina de polietileno extruido de 2 mm	Ídem, más vaina de polietileno de 2 mm de la longitud estrictamente necesaria
Aluminio	Nórmal (caso general)	Mezcla impermeabilizante + vaina de polietileno extruido de 2 mm	Mezcla impermeabilizante — vaina de polietileno de 2 mm + cintas metálicas + yute impregnado
	Riesgo particularmente elevado	Ídem	Ídem, más vaina de polietileno de 2 mm de la longitud estrictamente necesaria
Acero	En todos los casos	Compuesto impermeabilizante — vaina de polietileno extruido de 2 mm	

ANEXO 3

(a la Cuestión 3/VI)

Resumen de la información facilitada por la Administración de la U.R.S.S. en 1964–1968

Para proteger de la corrosión las cubiertas metálicas de sus cables subterráneos de telecomunicación, la Administración de la U.R.S.S. utiliza diversos tipos de revestimiento aislante cuyas características dependen de la naturaleza del metal, de las condiciones de explotación del cable y de la agresividad del medio ambiente.

En el caso de los cables con cubierta de plomo, se utiliza:

- Una protección normal constituida por capas sucesivas de papel, de betún y de yute, o
- Una protección reforzada que comprende además, por encima de la primera capa de betún, dos cintas de cloruro de polivinilo solapadas un 20% como mínimo.

Las cubiertas de aluminio se protegen siempre mediante una capa de un producto bituminoso y una vaina de polietileno.

Cuando es poco probable que el cable esté expuesto a una inducción de corriente alterna importante, se utiliza únicamente esta vaina, de un espesor comprendido entre 2 y 2,5 mm.

En el caso contrario o en las regiones de elevado nivel keraúnico, la vaina de polietileno, cuyo espesor se reduce entonces a 1 mm aproximadamente, se cubre con capas alternadas de betún y de papel ondulado, y eventualmente con cintas de cloruro de polivinilo sobre las que se dispone una armadura de cinta de acero y yute.

Si la agresividad del suelo hace temer una corrosión rápida de las cintas, se protege a su vez la armadura mediante una vaina de materia plástica de 1,5 a 2 mm de espesor.

ANEXO 4

(a la Cuestión 3/VI)

Revestimientos utilizados en Checoslovaquia para proteger las cubiertas metálicas de los cables de telecomunicación

(Información facilitada por la Administración checoslovaca en 1964–1968)

En Checoslovaquia, la protección contra la corrosión de las cubiertas metálicas de los cables de telecomunicación se efectúa de conformidad con las recomendaciones del C.C.I.T.T. y con las elaboradas por la Administración, en función de condiciones locales específicas.

La protección de estos cables contra la corrosión se practica únicamente en los puntos del trayecto en que un examen general ha puesto claramente de manifiesto un riesgo de corrosión. El examen de cables viejos y nuevos ha demostrado que los provistos de una armadura de acero sólo se corroen en ciertas secciones de poca longitud (siempre que los cables no se hayan tenido a lo largo de vías férreas electrificadas de corriente continua). La mayor parte de los cables no sufren una corrosión importante; en estas secciones, la longevidad de los cables es generalmente superior a 30 años.

Tomando como base los resultados de este examen, se ha acordado proteger los cables de telecomunicación contra la corrosión únicamente en las secciones expuestas a este riesgo y utilizar medios de protección pasivos y activos.

Los medios de protección pasivos comprenden distintos tipos de revestimiento aislante de las cubiertas metálicas de los cables y manguitos aislantes en los puntos de empalme. Los medios activos de protección comprenden protecciones catódicas, instalaciones de protección contra las corrientes vagabundas, ánodos galvánicos y la puesta a tierra de las cubiertas metálicas de los cables.

La norma checoslovaca de protección pasiva sólo distingue actualmente tres tipos principales de protección:

1. simple,
2. reforzada,
3. especial.

1. La protección pasiva simple comprende una capa de betún sobre la cubierta de plomo, recubierta de papel impregnado. Si el cable no lleva armadura, se aplica una capa de yute impregnado sobre el recubrimiento de papel.

2. La protección pasiva reforzada comprende una capa de betún aplicada sobre la cubierta de plomo y otra capa protectora constituida por tres bandas de cloruro de polivinilo plastificado enrolladas con un solape del 35%. Sobre estas dos capas, se aplica una tercera, formada por dos cintas de papel impregnado. Si el cable no está provisto de armadura, se superpone una capa de yute impregnado a la capa de papel. Si los cables están provistos de armadura, se protege ésta de igual forma.

3. La protección pasiva especial puede ser de tres tipos:

3.1 El tipo C, que comprende un revestimiento de betún sobre la cubierta de plomo, rodeada de cinco cintas de caucho solapadas un 20%. Entre la segunda y la tercera cinta, y entre la tercera y la cuarta, se aplica un aglutinante. Sobre estas capas aislantes, se enrolla otra cinta de cloruro de polivinilo plastificado, con una solapa del 15%, o bien dos cintas de tejido impermeabilizado para cables. Si el cable no lleva armadura, se enrolla otra capa de papel impregnado sobre estas capas (dos cintas solapadas un 35%) y sobre la superficie se aplica un revestimiento de yute impregnado. Si el cable tiene armadura, ésta se coloca sobre la última capa de papel y se protege con una capa de betún y un revestimiento de yute impregnado.

3.2 El tipo Y se compone de un revestimiento continuo de cloruro de polivinilo plastificado de 2,5 mm de espesor aplicado a presión sobre la cubierta de plomo. Sobre este revestimiento continuo, se enrollan dos cintas de papel impregnado. Si el cable no lleva armadura, se enrolla una capa de yute impregnado sobre la última capa de papel. En el cable armado, la armadura se coloca sobre la última capa de papel y recibe tres capas protectoras. La primera es un revestimiento de betún, sobre el cual se enrollan tres cintas de papel impregnado solapadas un 25%, recubriéndose el conjunto con un revestimiento de yute impregnado.

3.3 El tipo S se aplica a los cables tendidos en terrenos en que existe un riesgo particular de corrosión de las cubiertas metálicas; se utiliza también para los cables con cubierta de aluminio. En principio, la disposición de las capas aislantes es análoga a la del tipo Y, con la diferencia de que entre la cubierta metálica y la capa continua de cloruro de polivinilo se aplica una capa intermedia a base de parafina, mezclada con un bactericida. Esta capa intermedia sirve para limitar la penetración del aire y de la humedad en caso de deterioro de la capa aislante continua. Además, en estos cables la armadura se protege cuidadosamente con una capa de betún y cuatro cintas de cloruro de polivinilo plastificado. Sobre la última capa se aplica un revestimiento de yute impregnado. La protección de tipo S se halla aún en su fase experimental, por lo que se facilitarán más adelante informaciones detalladas. Las normas elaboradas fijan, para los distintos casos, los lugares y la medida en que hay que emplear los distintos tipos de protección pasiva descritos.

Estos tipos de protección se vienen aplicando en Checoslovaquia desde hace cuatro años, sin que hasta la fecha se hayan observado inconvenientes notables. Como la fabricación de los cables que requieren esta protección pasiva es relativamente costosa (1 a 4% más elevada que la de los cables de fabricación clásica), se cuida de limitar su empleo a los lugares en que se ha comprobado con certeza que el cable está expuesto a la corrosión. Los cables con estos revestimientos protectores se fabrican en Checoslovaquia; se utilizan principalmente en los nuevos tendidos o para la renovación de viejas arterias. Además de los revestimientos protectores mencionados, se emplea asimismo otro tipo de cinta y de pasta de protección, designado por "PLU". Esta cinta y pasta de protección se aplican a mano sobre el revestimiento de yute de los cables de tipo clásico cuando se efectúan reparaciones generales y se procede a la eliminación de defectos, pero sólo si los cables existentes están expuestos a la corrosión en un tramo de por lo menos 50 metros. La cinta protectora es de tejido de vidrio muy fino, y está abundantemente impregnada por ambos lados de una pasta a base de parafina. Esta capa tiene efectos fungicidas y contiene de un 50 a un 60% de sustancias minerales finamente pulverizadas y, como mínimo, un 5% de cromatos alcalinos. Después de su aplicación sobre el revestimiento de los cables y de la colocación del material protector, se recalienta ligeramente la superficie con una lámpara de gasolina al tiempo que se alisa, lo que forma un revestimiento aislante compacto, que impide la penetración de la humedad en la cubierta del cable y absorbe la humedad existente en los revestimientos aislantes. Esta protección pasiva se emplea también cuando hay que renovar el revestimiento protector de los manguitos de empalme al montar cables de tipo clásico.

Las dificultades inherentes a las protecciones pasivas siguen siendo las relacionadas con la preservación y

medición del grado de aislamiento de las protecciones, una vez tendido el cable. A este respecto, la Administración checoslovaca está elaborando métodos de preservación y de medida del aislamiento de las protecciones pasivas de los tipos S e Y, pero hasta dentro de un año no podrá disponerse de resultados seguros.

Conclusiones

Las siguientes conclusiones se han formulado al cabo de cuatro años de empleo de los métodos de protección arriba descritos:

- a) La utilización satisfactoria de cables con protección pasiva depende principalmente del cuidado con que se hayan ejecutado los trabajos de sondeo del terreno.
- b) Es preciso utilizar los plastificantes que entran en la composición del cloruro de polivinilo ajustándose rigurosamente a las correspondientes normas.
- c) Los defectos hasta ahora comprobados en las capas aislantes se deben a defectos de fabricación o a la incorrecta manipulación del cable durante su tendido.
- d) El precio total de construcción de las arterias de cables con las protecciones mencionadas es de 1 a 4% más elevado que el de las arterias de cables con cubierta de plomo de tipo clásico.
- e) Las pruebas de duración de los revestimientos protectores hechas en laboratorio han demostrado que puede preverse una vida útil superior a 15 años.

ANEXO 5

(a la Cuestión 3/VI)

Cubiertas de cable de materia plástica conductora

(Información facilitada por la Northern Electric Company)

Resumen

Son muy numerosos los cables con cubierta de materia plástica conductora enterrados; se han hecho pruebas comparativas entre ellos y los cables con cubiertas plástica normal. Los resultados de las pruebas revelan una notable disminución de los daños y, en consecuencia, una mayor facilidad de localización de las eventuales averías.

Cables

Los distintos cables utilizados en las pruebas prácticas realizadas contenían de 25 a 200 pares de conductores, de 0,91 mm ó 0,64 mm de diámetro. El alma del cable se recubrió con una cinta de caucho y plástico; el blindaje se realizó mediante una cinta de aluminio blando, de 0,22 mm, en la mayoría de los casos con una ondulación transversal. La capa exterior de materia plástica conductora, de tipo comercial, tenía una conductividad de 100 ohmios/cm.

La sustancia utilizada para el revestimiento es un copolímero de etileno/acrilato de etilo, con hasta un 50% de negro de humo. Esta materia, cuidadosamente elaborada y convenientemente secada, es muy apta para la extrusión y presenta una buena resistencia a la tracción, al choque y a la cizalladura. Tiene también una buena flexibilidad a bajas temperaturas y gran resistencia a la fisuración. En el revestimiento no se han incluido sustancias impermeabilizadoras por no haberse encontrado ningún material que tenga una conductividad eléctrica satisfactoria.

Medio ambiente

Los cables se tendieron en zonas con un nivel isokeraúnico correspondiente a 20–30 días de tormenta al año.

Realización de las pruebas

En el Este de Canadá se ha puesto en servicio durante periodos de cuatro a cinco años un total de 28 kilómetros de cables, en siete ubicaciones caracterizadas por la gran frecuencia con que los cables eran deteriorados por los rayos.

Resultados

En todo el periodo de pruebas se registraron sólo dos casos de avería de los cables; en cada uno de ellos, los daños fueron muy limitados. Otros cables con cubierta no conductora instalados en el mismo sector —paralelos a los cables en estudio o empalmados en serie con ellos— sufrieron los daños habituales, con múltiples perforaciones repartidas a lo largo de grandes secciones de cable. Como las averías observadas en los cables con cubierta conductora eran muy localizadas, su reparación fue más fácil que en los demás cables.

Observaciones. — Las corrientes vagabundas continuas de gran intensidad que circulan por tierra pueden tener efectos desfavorables sobre este tipo de cubierta, al igual que en el caso de un cable con cubierta de plomo protegido por yute u otro material no aislante. En las zonas en que éste no plantea graves dificultades, el empleo de una cubierta de materia plástica conductora sobre un blindaje metálico tiene por efecto reducir sensiblemente los daños producidos por los rayos.

ANEXO 6

(a la Cuestión 3/VI)

Información comunicada en 1971 por la Internacional Telephone and Telegraph Corporation

Empleo de materias plásticas como revestimientos protectores para cubiertas metálicas de cables

La presente contribución describe ciertas propiedades, comprobadas experimentalmente, de cubiertas de materias plásticas conductoras a base de polieteno o de cloruro de polivinilo. La ventaja principal de la cubierta de materia plástica conductora es su aptitud para proteger eficaz y económicamente a los cables contra los daños causados por los rayos.

El Anexo 5 a la Cuestión, presentado por la Nortehr Electric Company, proporciona datos sobre la experiencia acumulada en Canadá en el curso de cuatro a cinco años sobre unos 28 km de cables de telecomunicación de este tipo.

Los mejores resultados se han obtenido con 30 a 35% de negro de humo bien disperso. Es difícil mantener la resistividad transversal, importante para obtener una protección contra los rayos, dentro del orden de magnitud de la resistividad longitudinal, menos importante, de la cubierta de plástico. Cuando se extruye dicho termoplástico, parece que las partículas del negro de humo se orientasen bajo el control de las condiciones de extrusión. Cuando la materia es un negro de humo de cadena larga, que es lo adecuado en este caso, las cadenas se alinean longitudinalmente como consecuencia de dicha orientación. Ello produce una reducción de la resistividad longitudinal, y al mismo tiempo un aumento de la resistividad transversal (en dirección radial).

Es también importante el comportamiento de la cubierta en presencia de tensión mecánica. Se comprobó que el aumento del contenido de negro de humo hasta su valor óptimo va acompañado de una reducción de la elongación de ruptura y de la resistencia a la tracción. De nuevo, las condiciones de extrusión pueden ser un factor importante.

Un fenómeno digno de observarse es el de la tensión de ruptura de la cubierta de plástico con aditivos. La resistividad de la cubierta resultó disminuir con el aumento de la tensión de corriente continua en ausencia de un electrólito. Así como la rigidez dieléctrica de un dieléctrico al que se aplica una corriente continua disminuye con su resistencia, la tensión de ruptura decrecerá también para un grosor determinado.

Si la cubierta de materia plástica conductora está enterrada en el suelo donde las corrientes vagabundas podrían ocasionar electrólisis, no son probables aumentos importantes de la resistencia transversal provocados por dicha electrólisis; la conductividad limitada de la cubierta de plástico queda compensada por la entrada del electrólito en la cubierta de plástico. Sin embargo, si este proceso se hace constante, podría perjudicar el revestimiento metálico cuya protección contra la corrosión depende del plástico conductor.

No se han realizado aún investigaciones de los fenómenos de las sobretensiones, que son necesarias para determinar la calidad de protección contra los rayos.

Cuando las cubiertas de materia plástica se almacenan en agua durante varias semanas, se presenta, en el caso de copolímeros de polieteno, una disminución de la conductividad; al principio es muy rápida, pero luego se produce una nivelación hacia un valor constante de conductividad. No se ha encontrado ninguna explicación a este fenómeno. Este efecto es menos acusado en el caso de productos de cloruro de polivinilo.

Los cables protegidos de esta forma contra los rayos podrían producir un efecto desfavorable en los cables adyacentes, posiblemente tendidos en la misma zanja. No hemos aún investigado tal posibilidad.

Como conclusión se puede afirmar que es posible lograr cubiertas apropiadas de materia plástica con resistencia transversal reducida utilizando bien el polietileno, bien el cloruro de polivinilo, con aditivos adecuados; las características físicas dependen en gran medida de las condiciones de extrusión y de incorporación de los aditivos.

Cuestión 4/VI

(Continuación de la Cuestión 4/VI, 1968-1972)

Fabricación de cubiertas de cable de materia plástica:

- i) cubiertas de materia plástica únicamente;
- ii) con protección metálica contra la humedad.

Observación 1. — Se pide información sobre los métodos para localizar las averías en los cables con cubierta de plástico. En efecto, el punto en que se manifiesta un defecto puede hallarse muy alejado del lugar por el que haya penetrado el agua en la cubierta del cable, sobre todo cuando los conductores están recubiertos de materia plástica.

Observación 2. — Conviene facilitar datos sobre los métodos de apreciación de la duración de los cables con cubierta de materia plástica y sobre la resistencia de los diferentes tipos de empalmes: soldadura, moldeo, dispositivos mecánicos, cintas, compuestos a base de resina epóxida, etc.

ANEXO 1

(a la Cuestión 4/VI)

Información facilitada por la República Federal de Alemania (1961-1964)

1. *Tipo de cable*

En la República Federal de Alemania se han fabricado y tendido, a título de ensayo, cables cuyos conductores, al igual que los de los cables con cubierta de plomo, están aislados con papel. Como pantalla estática, el alma del cable lleva en toda su longitud una cinta de aluminio enrollada y sobre ésta un revestimiento sin soldadura, compuesto de una mezcla de polisobutileno y de negro de humo. Como este revestimiento es muy plástico y blando, se le protege con cintas textiles arrolladas y con varias bandas de papel arrolladas entre las capas de material. Sobre el conjunto se coloca una armadura de hilos planos de acero y, exteriormente, una vaina protectora de yute.

El polisobutileno empleado para la mezcla es un hidrocarburo termoplástico muy polimerizado, de gran peso molecular y muy impermeable al vapor de agua. A temperatura normal, el polisobutileno resiste a los ácidos, lejías, soluciones salinas, etc. Conserva su plasticidad hasta una temperatura de -50°C . Su resistencia a la tracción es muy baja. Su resistencia al envejecimiento parece ser buena.

2. *Empalme*

Los empalmes entre las secciones de cable se recubren con manguitos de una mezcla de polisobutileno. Estos manguitos se fabrican de una pieza y tienen una costura longitudinal, que se suelda por presión y calor (unos 200°C) por medio de una herramienta especial calentada con gas propano. Los dos extremos del manguito se sueldan a la cubierta de polisobutileno de la misma forma. Cuando las capas superpuestas de polisobutileno están soldadas una a otra, los empalmes son absolutamente impermeables al agua. El manguito plástico blando de mezcla de polisobutileno con juntas soldadas se protege con un manguito protector de hierro fundido formado por dos medias cañas. El hueco que queda entre el manguito de polisobutileno y el manguito protector de hierro fundido se rellena con una sustancia aislante cuyo punto de gota es de 150°C como máximo.

ANEXO 2
(a la Cuestión 4/VI)

**Cables con cubierta enteramente de plástico
utilizados en el Reino Unido**

(Información puesta al día en 1968 por el Reino Unido)

1. *Cables locales con aislamiento y cubierta de polietileno*

Se encuentra en servicio con muy buenos resultados gran cantidad de este tipo de cable (unas 140 000 millas) en redes locales de distribución. Quizá algo más de la mitad de este cable será instalado en canalizaciones y el resto enterrado directamente. Se estima que el precio de coste de este cable es ligeramente inferior al de un cable equivalente con cubierta de plomo y aislamiento de papel, pero su flexibilidad y seguridad de funcionamiento le confieren una ventaja más, de carácter económico. A partir de abril de 1960, todos los cables de distribución con una capacidad de hasta 100 pares son de este tipo. Algunos de estos cables están provistos de barreras, a intervalos de unos 18 metros, destinadas a limitar las infiltraciones de agua que puedan producirse en caso de deteriorarse el revestimiento; pero los más modernos están enteramente rellenos de vaselina y sus conductores rodeados de espuma de polietileno aislante para compensar el aumento de capacidad debido a la vaselina. Comienzan a emplearse conductores de aluminio en este tipo de cables.

2. *Cables locales de gran capacidad con cubierta de polietileno*

Los elementos que intervienen en la formación del coste difieren en el caso de los cables de las grandes centrales, por lo que los cables con aislamiento y cubierta de polietileno serían más caros que los cables bajo plomo con aislamiento de papel emplomado y cubierta de polietileno; este cable viene utilizándose ampliamente desde abril de 1964 para las líneas de abonado y puede comprender de 100 a 3000 pares. En este cable, antes de poner la cubierta se enrolla alrededor del alma de papel una fina y ancha cinta de aluminio, cuya cara externa está recubierta de una película de polietileno muy adhesiva. El polietileno caliente que sale de la prensa de extrusión se suelda a la superficie de polietileno de la cinta y liga sólidamente el aluminio a la pared interna de la cubierta. La barrera constituida por la cinta de aluminio reduce 50 veces como mínimo la superficie efectiva de difusión del vapor de agua en el alma de papel, haciendo esta difusión prácticamente despreciable.

Un cable grueso con aislamiento y cubierta de polietileno se presta a la conexión directa a un repartidor y, para evitar un empalme, se emplea frecuentemente en lugar de un cable con aislamiento de papel, para el extremo que entra en la central.

3. *Cable interurbano y cable de enlace a frecuencias vocales*

El cable de enlace Dover-Deal (9 millas), tendido con carácter experimental, está provisto de una cubierta de polietileno de 2,5 mm, sin negro de humo, que recubre los conductores de aluminio con aislamiento de papel. El alma tiene holgura suficiente para permitir el paso de un gas seco, en caso necesario. El diámetro del cable es de 1,27 pulgadas (32 mm). El cable se mantiene a una presión de gas constante; su descripción completa figura en el *I.P.O.E.E. Journal*, Vol. 48, pág. 224, y Vol. 49, pág. 22, enero y abril de 1956.

Este cable, que entró en servicio en junio de 1955, funciona con entera satisfacción desde hace 13 años.

La diferencia entre la temperatura del cable en verano y en invierno es de 12°C. A la temperatura invernal mínima en un año normal, la resistencia de aislamiento es unas tres veces mayor que la correspondiente a la temperatura estival máxima. Cuando se tendió el cable, la resistencia de aislamiento a esta temperatura máxima alcanzaba 24 000 megohmios/km; en la actualidad, tal resistencia, a la misma temperatura, es algo inferior a 3000 megohmios/km.

Se han tendido diversos otros cables interurbanos y de enlace de frecuencias vocales de papel/polietileno: su uso es ya corriente. Todos ellos llevan en el interior de la vaina de polietileno una cinta de aluminio que impide el paso al vapor de agua, con lo cual ha dejado virtualmente de observarse la lenta disminución del valor del aislamiento registrada en el cable Dover-Deal.

ANEXO 3
(a la Cuestión 4/VI)

Técnica empleada en Italia para el empalme de los cables con cubierta de materia plástica

1. Método de empalme de los conductores de los cables con cubierta termoplástica aislados por polietileno

El aislante de los conductores de los cables con cubierta termoplástica es generalmente de polietileno sólido o celular; a veces se emplea también polietileno con sección transversal en forma de estrella. En los dos primeros casos, el aislante de los conductores se impermeabiliza mediante la introducción, en el lugar del empalme, de un pequeño manguito de polietileno, soldado en caliente a la cubierta de polietileno de los conductores, a ambos lados del punto de empalme. Otro método consiste en adherir este manguito de polietileno mediante dos piezas cónicas. Cualquiera que sea el método utilizado, se busca la impermeabilidad total del aislante de los conductores, a fin de que el servicio no se vea afectado incluso si el agua penetra bajo la cubierta del cable en el punto de empalme.

En el caso del polietileno de sección transversal en forma de estrella, se utiliza un procedimiento consistente en cubrir el extremo de los hilos trenzados con un capuchón lleno de grasa de sílicas.

2. Métodos de empalme de las cubiertas termoplásticas

a) *Cables con cubierta de cloruro de polivinilo*

Después de envolver los conductores con una cinta de polietileno, se introducen en el punto de empalme dos semi-manguitos de cloruro de polivinilo, que se sueldan seguidamente a la cubierta del cable por medio de un disolvente apropiado. Para dar una base a estos semi-manguitos, antes de hacer la soldadura se coloca sobre el conjunto de los conductores un manguito rígido (por ejemplo, de cloruro de polivinilo).

b) *Cables con cubierta de polietileno*

El empalme de los conductores se efectúa como se describe anteriormente; en lo que respecta a la cubierta del cable, se utiliza un manguito cilíndrico de polietileno, soldado a la cubierta a ambos lados del empalme por medio de una herramienta especial, calentada previamente a una temperatura determinada. En el caso de un cable subterráneo, en el exterior de la junta se coloca una caja de hierro fundido llena de betún con un punto de gota poco elevado. En el caso de un cable aéreo, la junta está protegida por una pieza metálica que sirve también para amarrar el cable portador.

c) *Cable con cubierta de polietileno y una vaina suplementaria de cloruro de polivinilo*

Este tipo de cable se utiliza cada vez más en Italia; el empalme de las cubiertas de polietileno y de cloruro de polivinilo se efectúa por separado, según el procedimiento descrito en a) y b).

3. Empalme de una cubierta termoplástica con una cubierta de plomo

Se utiliza un empalme prefabricado, constituido por un tapón impermeable de una materia sintética, atravesado por tantos conductores como tengan los cables que se han de empalmar, y provisto a ambos lados de manguitos de unión a las cubiertas de plomo y de materia termoplástica, respectivamente.

4. Utilización de cables con cubierta de materia plástica como cables aéreos autoportados

Para evitar los inconvenientes de la suspensión rígida en los cables aéreos autoportados que atraviesen regiones expuestas a tempestades y a vientos bastante fuertes, en Italia se ha ideado un dispositivo de suspensión del cable al poste que permite al cable un cierto desplazamiento longitudinal. Aunque este dispositivo no impida las vibraciones del cable como consecuencia del viento, reduce su efecto perjudicial en los soportes.

En las secciones de cables particularmente expuestas al viento, se ha recurrido excepcionalmente a una suspensión "catenaria" por medio de un cable portador suplementario, al que se suspende el cable con los mismos dispositivos.

Para la colocación de estos cables a lo largo de una línea electrificada de ferrocarril, se ha utilizado con frecuencia el hilo de guarda ya existente para sujetar el cable aéreo en puntos intermedios y reducir así la longitud de la sección.

ANEXO 4
(a la Cuestión 4/VI)

Empalme de los cables con cubierta de materia plástica

(Información facilitada por la Administración australiana (1968))

La Administración australiana emplea desde hace algún tiempo cables con cubierta plástica, y está ensayando sobre el terreno varios métodos de empalme. El más empleado hoy día para asegurar la estanquidad absoluta de los empalmes enterrados es el basado en la utilización de resinas epóxicas.

Los conductores se empalman mediante hilos trenzados, soldados y protegidos por manguitos de materia plástica. La Junta se cubre después con un molde de materia plástica, que seguidamente se rellena con un compuesto de resina epóxida. Esta resina se suministra en estuches que contienen:

- a) Un frasco de polietileno transparente, de paredes delgadas, que contiene una mezcla de resina epóxida de base (Epikote 834: Epiclorohidrina-Bisfenol A) y de un disolvente reactivo (Cardura E: ácido graso sintético epoxidizado);
- b) Un tubo de plomo estañado, con una boquilla de vestido que contiene un producto graso "poliamida 75" (resina poliamida-poliámida);
- c) Tres bolsas de plástico, dos de ellas para protegerse las manos cuando se mezcla y se vierte la resina, y la tercera para guardar el material sobrante.

El endurecedor se vierte en el recipiente de materia plástica que contiene la resina; la mezcla se agita cuidadosamente y se vierte en el molde, donde se la deja reposar.

En los empalmes no enterrados, las juntas de hilos conductores trenzados y soldados se protegen con manguitos de polietileno llenos de grasa de siliconas. Los empalmes se colocan en cajas dispuestas en los postes, para protegerlos, pero no se sellan herméticamente con una cubierta.

Se han ideado una base y un capuchón de materia plástica que son actualmente objeto de numerosas pruebas prácticas. Los cables se sellan a la base con resina epóxida y los conductores empalmados por hilos trenzados y soldados se protegen con manguitos de polietileno llenos de grasa de siliconas.

ANEXO 5
(a la Cuestión 4/VI)

**Realización de empalmes en cables de redes urbanas
con aislamiento de polietileno
y cubierta de cloruro de polivinilo:**

Método empleado en la Federación de Malasia y Singapur

1. Los diversos tipos de empalmes de cables pueden clasificarse como sigue:

1.1 *Empalmes con bandas de materia plástica*

Los empalmes de este tipo se sellan con bandas de materia plástica. En el caso de empalmes de cables de más de dos pares, se coloca sobre ellos un manguito de materia plástica; en torno a él y al revestimiento del cable, en el punto en que el cable sale del manguito, se arrolla la banda de materia plástica para cerrar el paso a la humedad. Tratándose de empalmes en cables de uno o de dos pares, en los que la longitud del empalme no excede de 7,5 cm (3 pulgadas), no se utiliza manguito de materia plástica, sino que se protege el empalme mediante la superposición de cintas de materia plástica, que sirven al mismo tiempo para sellarlo.

Este tipo de empalme con bandas de materia plástica se utiliza, sobre todo, cuando se trata de hacer un empalme recto entre dos cables de materia plástica de la misma dimensión. En el caso de empalmes en "Y" o de empalmes múltiples, se emplea la técnica de los tapones comprimibles.

1.2 *Empalmes con tapón comprimible*

En este tipo de empalme, se utiliza un manguito de plomo (o de latón), o una caja de idéntico material para cubrir el empalme, que se sella con un tapón comprimible.

La caja de empalme puede ser del tipo de cabeza única en “U” o de cabeza doble. En el primer caso, los cables penetran en la caja de empalme por los orificios previstos a tal efecto en el tapón comprimible que se inserta en el extremo abierto de la caja. Si el número de orificios no es suficiente para todos los cables que se han de empalmar, se utiliza una caja de cabeza doble. Con este tipo de caja se emplean dos tapones con un manguito abierto por los extremos. Se inserta un tapón en cada extremo del manguito, en el que penetran los cables a través de los orificios previstos en los tapones de uno u otro extremo. En la medida de lo posible, se utiliza la caja con cabeza única, que sólo requiere un tapón comprimible.

1.3 *Empalme de un cable con cubierta de materia plástica con otro con cubierta de plomo*

Si las dimensiones del cable con cubierta de plomo permiten introducirlo por uno de los orificios de un tapón comprimible junto con el cable con cubierta de plástico, el empalme es idéntico al descrito anteriormente. Si esto no es posible, habrá que soldar; el cable se insertará en el manguito por el extremo opuesto al utilizado para el cable de materia plástica, y se soldará al manguito.

2. **Empleo de barreras estancas**

Si penetra agua por un orificio o por absorción en un cable con cubierta de plástico, el agua o el vapor de agua pueden extenderse por el cable. Mientras el aislamiento del conductor no sufra daños, el funcionamiento normal del cable no se verá afectado a no ser que el agua llegue a un empalme. Para evitar que esto suceda, en todos los empalmes de cables con cubierta de plomo con cables con cubierta de materia plástica se instalan manguitos estancos. Se utilizan los siguientes sistemas de estanquidad.

2.1 *Estanquidad por ensambladura*

Este tipo de protección puede instalarse cerca de un empalme en el que no hayan podido acoplarse en los extremos del cable manguitos estancos. También se puede instalar en los puntos donde se haya comprobado cualquier deterioro de la cubierta. La ensambladura está formada por dos piezas idénticas de materia plástica termo-endurecible, que una vez montadas forman un cuerpo cilíndrico alrededor de la cubierta del cable. Cada pieza de la ensambladura lleva una pequeña pastilla de una sustancia especial que cubre el orificio por el que se vierte el material para sellar el empalme.

2.2 *Manguitos de estanquidad*

Se trata de manguitos de caucho sintético adaptables a los extremos de los cables, en los que se inyecta una sustancia destinada a colmar los intersticios entre los conductores.

ANEXO 6

(a la Cuestión 4/VI)

Información facilitada a la Comisión de estudio VI durante el periodo 1964-1968

República Federal de Alemania

Se están probando en la red local cables con aislamiento y cubierta de materia plástica. Los empalmes se hacen con manguitos de polietileno. Las costuras longitudinales de los manguitos y las juntas entre éstos y los extremos del cable se sueldan utilizando el calor generado por el paso de una corriente eléctrica por un hilo conductor embutido en el polietileno. La fuente de corriente utilizada a estos efectos es una batería de automóvil de 12 voltios.

Los cables se mantienen bajo presión de aire, pues sería difícil extraer el agua que penetrara en el alma. En la actualidad se está ensayando un cable cuyos conductores están rodeados de polietileno macizo y en el que el intersticio previsto normalmente para el aire se rellena con materia plástica celular.

Países Bajos

Se han instalado cerca de 28 000 km de cable con aislamiento y cubierta de polietileno, que contienen aproximadamente 400 000 km de pares. Unas tres cuartas partes están enterradas sin protección a 50 cm de profundidad como mínimo. Para los empalmes se utiliza en general un procedimiento basado en el empleo de resina epóxida. Se han hecho más de 500 000 empalmes.

Con relación al cable armado, el porcentaje de averías del cable de polietileno es unas seis veces mayor, pero los empalmes de polietileno son mucho más seguros que los hechos con manguitos de plomo soldados en los cables armados de acero. Si se consideran a la vez el cable y los empalmes, el número de averías del cable de polietileno no protegido sólo es 1,4 veces superior al del cable armado con cubierta de plomo.

Japón

Se utilizan cables con conductores aislados con materia plástica, tanto para las líneas interurbanas como para las de abonado. Si penetra agua en el alma del cable, el servicio no se interrumpe inmediatamente, pero los conductores pueden averiarse al cabo de cierto tiempo a causa de la corrosión. Es necesario, pues, efectuar la reparación lo antes posible. Cuando la sección húmeda es corta, se seca inyectando nitrógeno; si es demasiado larga, por ejemplo, de más de 30 metros, se reemplaza. Para localizar aproximadamente el tramo defectuoso, se hace una prueba con un aparato de tipo puente; después se determina el punto con exactitud mediante pruebas de eco por impulsos; para determinar la longitud en metros de la sección húmeda, se efectúa otra prueba del mismo tipo. Aunque con la prueba de eco por impulsos no se pretende obtener una gran precisión, se facilita así la elección entre los dos procedimientos de reparación antes mencionados.

El Japón tiene también en servicio unos 5500 km de cable con aislamiento de papel y cubierta de stalpeth, que comprenden unos cincuenta mil empalmes. El “método perfeccionado de manguitos auxiliares de plomo”, utilizado para este cable, da satisfacción.

ANEXO 7

(a la Cuestión 4/VI)

La Comisión de estudio VI prevé la formulación de una recomendación sobre el sellado de los cables con cubierta de materia plástica. El folleto describirá los distintos métodos de sellado utilizados actualmente, y formulará recomendaciones de carácter general sobre la idoneidad de distintos procedimientos en los diferentes casos. La información incluirá los sellados de cubierta “en línea” (in-line) y “en racimo” (cap-ended)¹ y los requisitos relativos a cables con muchos o muy pocos pares de conductores. También se indicarán métodos para abrir los sellos. De esta manera, las administraciones podrán elegir, entre los tipos de sellado descritos en el folleto, el que se adapte mejor a sus condiciones particulares.

Sin embargo, en primer lugar y con arreglo a una proposición adoptada por la Quinta Asamblea Plenaria se redactará el folleto, para lo cual el Sr. Nikolski (U.R.S.S.) actuará como Relator especial. El plan para el folleto se reproduce en el Apéndice al presente Anexo. Se solicita información adicional para auxiliar al Sr. Nikolski en su tarea. La información deberá ser suministrada por el mayor número posible de administraciones y empresas privadas, e incluir descripciones completas de los procesos de sellado de cubiertas lo más al día posibles. En particular, deberá facilitarse información sobre los puntos siguientes:

- 1) designación del método;
- 2) país, administración de telecomunicaciones, explotación o empresa privada;
- 3) campo de utilización;
- 4) breve enunciado de los datos técnicos;
- 5) circuitos, diagramas, figuras y fotografías ilustrativos de las principales etapas de los trabajos de empalme, dimensiones y operaciones que han de efectuarse;

¹ Los sellados de cubierta “en línea” son aquéllos en que un extremo del cable está en uno de los extremos del empalme y el otro extremo (o extremos) del cable en el otro extremo del empalme. En los sellados “en racimo” todos los extremos del cable están en un extremo del empalme.

- 6) métodos de ejecución de las pruebas de confiabilidad (precisión y calidad del empalme);
- 7) materiales y plantillas que han de utilizarse (especificaciones);
- 8) tiempo estimado y costo del empalme (en función del diámetro del cable).

La recomendación correspondiente se redactará cuando esté suficientemente avanzado el proyecto del folleto.

Se propone que el folleto se publique con el mismo formato que las *Recomendaciones* y perforado en la misma forma, de modo que pueda archivarse en la misma carpeta.

APÉNDICE

(al Anexo 7 a la Cuestión 4/VI)

Proyecto de índice del folleto sobre empalmes de cables de telecomunicación con cubierta de materia plástica

Introducción

(la redactará el Sr. J.R. Walters de la Post Office del Reino Unido)

Capítulo 1

PRINCIPALES TIPOS DE CUBIERTAS DE CABLE

- 1.1 Consideraciones generales
- 1.2 Cubierta "Alpeth" (N.T.T., Japón)
- 1.3 Cubierta "Stalpeth" (Administración de Estados Unidos)
- 1.4 Cubierta "Lepeth" (Administración de Estados Unidos)
- 1.5 Cubierta de doble blindaje (N.T.T., Japón)
- 1.6 Cubierta "Qualpeth" (Automatic Electric Company, General Cable Corporation, Estados Unidos)
- 1.7 Cubierta de polietileno con barrera estanca (T.C.L., Reino Unido)
- 1.8 Cubierta "Sealmetic" (Anaconda Wire and Cable Company, Estados Unidos)
- 1.9 Cubierta copalimerizada (Automatic Electric Company, General Cable Corporation, Estados Unidos)
- 1.10 Cubierta con blindaje "Ken-Tel" (Kennecot-Okonite Telephone Cables, Estados Unidos)
- 1.11 Cubierta "T.I." (Texas Instruments, Estados Unidos)
- 1.12 Cubiertas onduladas soldadas (Hackethal Draht und Kabelwerke AG, R.F. de Alemania).

Capítulo 2

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EMPALME

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Consideraciones generales 2.2 Técnicas en "frio" 2.3 Técnicas en "caliente" | } | <p>Quando se disponga de toda la información quizás sea conveniente modificar esta clasificación</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Capítulo 3¹

MÉTODOS DE EMPALME DE CONDUCTORES CON AISLANTE DE MATERIA PLÁSTICA

- 3.1 Consideraciones generales
- 3.2 Empalme por medio de manguitos de materia plástica rellenos con aceite de siliconas (Administración del Reino Unido)
- 3.3 Empalme por medio de manguitos a presión (Administración de la R.F.F. de Alemania)
- 3.4 Empalme por medio de manguitos de materia plástica soldados directamente al aislante de materia plástica (Administraciones de Italia, Suecia y Hungría)
- 3.5 Empalmes por medio de una pistola para soldar (N.T.T., Japón)

¹ Véase el detalle de la información que debe reunirse en relación con la Cuestión 7/VI.

*Capítulo 4*MÉTODOS DE EMPALME DE CUBIERTAS DE MATERIA PLÁSTICA
Y DE CUBIERTAS METÁLICO-PLÁSTICAS

- 4.1 Consideraciones generales
- 4.2 Empalmes con cintas de materia plástica (Administraciones de Italia, Reino Unido y U.R.S.S.)
- 4.3 Métodos de empalme mecánico de cubiertas de cable de materia plástica (Administraciones de Italia, Reino Unido y U.R.S.S.)
- 4.4 Métodos de empalme de cubiertas de materia plástica mediante resinas artificiales, pastas y colas (Administraciones del Reino Unido, Italia, Austria y Checoslovaquia)
- 4.5 Métodos de soldaduras de cubiertas de cable de materia plástica utilizando pistolas para soldar, sopletes de gas y otros aparatos para producir calor (Administraciones de Austria, Australia, Italia y R.F. de Alemania)
- 4.6 Método de soldadura por inyección (Administración del Reino Unido)
- 4.7 Métodos de soldadura de cubiertas de materia plástica utilizando elementos electrotérmicos (Administraciones del Reino Unido, y R.F. de Alemania)
- 4.8 Método de soldadura por funda térmica (Administraciones de la R.F. de Alemania y Suecia)
- 4.9 Método de empalme de cubiertas de materia plástica utilizando manguitos de plomo (N.T.T., Japón)
- 4.10 Método de empalme de cables con cubiertas de acero ondulado, en tubos flexibles de materia plástica (Administración austriaca)

(Véase también la Contribución COM VI – N.º 7 (U.R.S.S.) para información sobre manguitos termorretractables.)

*Capítulo 5*MÉTODOS DE EMPALME DE CUBIERTAS DE MATERIA
PLÁSTICA CON CUBIERTAS METÁLICAS

- 5.1 Consideraciones generales
- 5.2 Método de empalme de cubiertas de materiales diferentes utilizando manguitos de adaptación de metal-plástico (Administración de la R.F. de Alemania)
- 5.3 Método de empalme de cubiertas de materia plástica y de cubiertas metálicas mediante una capa monomolecular de ácido esteárico (Administración de Estados Unidos)
- 5.4 Método de empalme de cubiertas de materia plástica y de cubiertas metálicas utilizando manguitos de adaptación de plomo (Administración de Japón)
- 5.5 Método de empalme de cubiertas de materia plástica con cubiertas metálicas (Administración del Reino Unido)
- 5.6 Método de empalme de cubiertas de materia plástica y de cubiertas de plomo por medio de cables intermedios (Administración de Suecia)
- 5.7 Método de empalme de cubiertas de materia plástica y de cubiertas de plomo utilizando manguitos de adaptación (Administración de Italia)
- 5.8 Método de empalme de cubiertas de materia plástica y de cubiertas de plomo utilizando moldes de resina epóxida (Administración de Australia)
- 5.9 Método de empalme de cubiertas de distintos materiales utilizando manguitos de empalme mecánico tipo CSS-10 (Administración del Reino Unido)

Capítulo 6

TENDIDO DE CABLES AÉREOS DE TELECOMUNICACIÓN

- 6.1 Consideraciones generales
- 6.2 Normas para el tendido de cables aéreos de telecomunicación
- 6.3 Método yugoeslavo (Administración de Yugoslavia)
- 6.4 Método sueco (Administración de Suecia)

Capítulo 7

BIBLIOGRAFÍA

Cuestión 5/VI. — Ataque de las cubiertas de cables de materia plástica o de metal por los insectos, los roedores o las bacterias. Protección contra esos ataques

(Continuación de la Cuestión 5/VI, 1968—1970)

ANEXO 1

(a la Cuestión 5/VI)

Información obtenida por la Comisión de estudio VI en 1957—1960

La importancia de los daños que los insectos y roedores causan a los cables de telecomunicación varía mucho según la región geográfica. En las zonas templadas, estos daños representan una molestia más bien que un peligro real.

En las zonas cálidas, los ataques pueden ser mucho más graves y puede ser preciso adoptar precauciones especiales para prevenirlos. Las estadísticas comunicadas en 1954—1956 por la Administración australiana demuestran que el 3% aproximadamente de las averías de los cables se deben a la acción de diversos insectos, de las termitas y de los roedores.

Insectos

1. Entre los insectos responsables de daños señalados al C.C.I.T.T. cabe mencionar en especial el *Sinoxylon sexdentatum*, que en la región mediterránea y en el Japón ataca a los cables aéreos recubiertos de plomo. Este insecto es responsable en algunas zonas del Japón de cerca del 10% de las averías que se producen en los cables.

Las perforaciones del *Sinoxylon* se encuentran en general en las proximidades inmediatas de las anillas de suspensión del cable, probablemente porque el insecto los utiliza como apoyo mientras perfora el cable. Se supone, asimismo, que la acción de este insecto puede verse favorecida por el apoyo que encuentra en las asperezas de la cubierta de plomo. Los cables que sufren más daños son los de pequeño diámetro; los de un diámetro superior a 25 mm son atacados rara vez.

2. En ocasiones, los insectos han averiado cables que estaban aún enrollados en las bobinas de madera. Esto se debe a que la madera utilizada para fabricar las bobinas no es suficientemente sana. Entre los insectos responsables de los daños se ha podido identificar al *Sirex juvencus*, de la familia de los himenópteros, y al *Hylotropes bajulus*, o avispa del pino, de la familia de los coleópteros. Estos insectos depositan sus huevos en los árboles resinosos, en pie o abatidos; las larvas se desarrollan en las bobinas fabricadas con madera así contaminadas y dan nacimiento a insectos que, para salir de la bobina, perforan en ocasiones la cubierta de plomo del cable arrollado en ella.

3. Sólo debe preverse una protección contra los insectos en determinados casos particulares.

4. Para la protección contra el *Sinoxylon* se recurre a una cubierta termoplástica, que conserva sus propiedades protectoras mientras es suficientemente blanda y elástica.

5. Otro método de protección consiste en impregnar la cubierta del cable con una solución insecticida o, mejor aún, con una solución de un producto químico que repela a los insectos. Las soluciones insecticidas no son forzosamente eficaces, ya que los insectos no siempre ingieren la sustancia que constituye la cubierta del cable, sino que la atacan únicamente para depositar sus huevos.

Las experiencias realizadas en Cuba desde hace varios años para proteger los cables aéreos con una capa de esmalte mezclado con DDT han dado buenos resultados.

La Administración australiana estudia los daños causados por los insectos a los cables con cubierta de materia plástica, y los efectos de distintos insecticidas incorporados a esta materia.

Entre los productos que repelen a los insectos cabe citar los fabricados a base de cobre, como el naftenato de cobre, que es al mismo tiempo un fungicida muy poderoso.

La única solución realmente eficaz para proteger contra los insectos a los cables de materia plástica consiste en recubrir su cubierta con una armadura metálica ligera.

6. Para evitar daños en los cables enrollados en bobinas de madera, se tratarán éstas al vapor o se procederá a su impregnación. Estas precauciones son innecesarias si la madera está en perfecto estado.

Roedores

Los daños causados por los roedores se registran principalmente en los cables tendidos en canalizaciones y en los cables enterrados sin armadura. La longitud de las partes roídas es de varios centímetros, y su forma es aproximadamente ovalada. Las perforaciones están claramente delimitadas, y se pueden reconocer las marcas dejadas por los dientes de los roedores.

En las grandes ciudades, la mayoría de estos daños son imputables a las ratas.

La lucha contra los roedores es difícil, pues los destrozos se producen en puntos muy alejados entre sí. En los cables corrientes de telecomunicación no se adopta, pues, sistemáticamente ninguna medida de protección, como la incorporación de sustancias que repelan a los roedores.

ANEXO 2

(a la Cuestión 5/VI)

Ataque de las materias plásticas por insectos y roedores

(Información facilitada por la Administración australiana y puesta al día en 1972)

Las pruebas prácticas y la experiencia adquirida por la Administración australiana desde 1951 demuestran claramente que los cables con cubierta de cloruro de polivinilo o de polietileno pueden ser seriamente deteriorados por las termitas y las hormigas. Se ha demostrado que las especies siguientes causan numerosas averías a los cables e hilos:

Termitas: *Mastotermes*, *Coptotermes*, *Nasutitermes*.

Hormigas: *Pheidole*, *Iridomyrmex*, *Monomorium*, *Pheidolegeton*.

Se han señalado, asimismo, casos aislados de ataques de los cables por ratas, ratones, conejos y peramelos, en zonas muy dispersas.

La Administración australiana se ha esforzado por descubrir una cubierta de cable capaz de resistir a los ataques de los insectos, y para ello, ha efectuado una serie de pruebas con distintos materiales, algunos de los cuales llevaban incorporados un insecticida. Estas pruebas han demostrado que la adición de insecticidas (diel-drin, gammexano o aldrin) en una proporción de hasta el 1% no garantiza una protección suficiente, y que la adición de un 5% de sílice muy fino no es enteramente eficaz. Se probaron también otros materiales, comprobándose que aunque la probabilidad de ataque es menor con el polipropileno, el polietileno de gran densidad y el poliuretano, no se pueden considerar estos cuerpos totalmente satisfactorios. No obstante, una importante serie de pruebas demostró que la aplicación de una vaina exterior de 0,075 cm de espesor de nilón —y probablemente también de acetal— sobre una cubierta de polietileno asegura una protección total contra los ataques de los insectos. Las investigaciones anteriores habían demostrado que el nilón 6 tendía a exfoliarse y a formar burbujas que al abrirse permitían a las hormigas llegar a la capa subyacente de polietileno. Por ello, se han proseguido las investigaciones con el nilón 11, que ha dado resultados totalmente satisfactorios; actualmente se estudia una solución alternativa empleando nilón 12.

En 1972 Australia informó que se proseguían las pruebas para determinar la eficacia de los productos insecticidas que se introducen en las cubiertas de los cables de polietileno para luchar contra los ataques de termitas, hormigas, etc. La Administración australiana ha juzgado finalmente que para sus fines el método de protección más eficaz consiste en cubiertas de cable duras, y utiliza nilón actualmente. Se ha tropezado con algunas dificultades con el nilón 11 lo que condujo a adoptar el nilón 12, que es más fácil de obtener y parece dar los mismos resultados. El uso del nilón originalmente se limitó a núcleos de cable de menos de 1,25 cm de diámetro. Actualmente puede utilizarse para núcleos de cable de 3,75 cm de diámetro. Por lo general, se utilizó únicamente en zonas rurales de Australia, en las que se encuentran insectos que no son corrientes en las ciudades. Como todos los cables para sistemas de corrientes portadoras no tienen más que un solo cuadro, el 30%

aproximadamente de todos los cables con cubierta de materia plástica instalados actualmente (1972) están recubiertos con nilón, y se están haciendo pruebas para reemplazar las cubiertas de polietileno de los cables coaxiales por cubiertas de nilón.

En el curso de estas pruebas, otros dos métodos dieron buenos resultados. El primero consiste en disponer una capa de cinta de latón de 0.01 cm, recubierta de polietileno de baja densidad, sobre una cubierta interior de polietileno. En el segundo se emplea un revestimiento de polietileno al que se ha agregado 1% de insecticida "Sevin" a base de carbamato. No obstante, el primero de estos métodos es oneroso y plantea problemas de fabricación, y por otra parte no ha quedado demostrada aún la eficacia a largo plazo del segundo.

Actualmente, se procede con éxito en una determinada región de Australia al tratamiento con dieldrin del suelo alrededor del cable en el momento del tendido. Este procedimiento parece garantizar una protección durante varios años. Se prosiguen los experimentos para comprobar la duración de la protección obtenida con distintas concentraciones de insecticidas en un clima tropical y en un clima templado.

ANEXO 3

(a la Cuestión 5/VI)

Información facilitada por la Federación de Malasia y Singapur (1961–1964)

1. El Departamento de Telecomunicaciones de la Federación de Malasia hace amplio uso de cables telefónicos con cubierta de materia plástica en su red de líneas de abonado, así como en ciertas líneas auxiliares de longitud no superior a 32 km (20 millas). También emplea cables con cubierta de materia plástica a través de ríos y estuarios y, en menor medida, como cables aéreos. Los daños causados a estos cables por los insectos han sido muy considerables.

2. Tipo de ataques

Los cables más frecuentemente atacados son los directamente enterrados, aunque también se han registrado ataques de cables aéreos.

En la mayoría de los casos, los insectos han roído y perforado la cubierta de cloruro de polivinilo, la cinta de aluminio y el aislamiento del conductor. El sentido del ataque es radial en prácticamente todos los casos (dirigido hacia el centro del cable).

3. Tipos de insectos

Las principales especies identificadas hasta ahora como responsables de esos ataques son las siguientes:

- a) *macrotermes*;
- b) *kolotermes*;
- c) *pheidologeton diversus* y,
- d) *campanotus* spp.

Esta lista no es necesariamente completa; la identificación de los insectos en cuestión ha sido extremadamente ardua, dada la dificultad de obtener especímenes de los insectos responsable de los daños.

4. Experimentos en curso

En varias zonas del país se están experimentando métodos que permitan evitar el ataque de los cables por los insectos. El objeto de estos experimentos es hallar un medio de protección que pueda aplicarse a los cables, sea impregnando la cubierta de cloruro de polivinilo con un insecticida o producto que repela a los insectos, sea incorporando al cable durante su construcción una barrera especial. Según ciertos indicios, los revestimientos de nilón resisten mejor a los ataques de los insectos que las cubiertas de cloruro de polivinilo.

Se ha previsto una segunda serie de experimentos destinados a descubrir un tratamiento o un método de tendido de los cables que reduzca los riesgos de este tipo de ataques. Estos experimentos son los siguientes:

4.1 *Empleo de alquitrán.* Según ciertas indicaciones, el alquitrán puede servir para repeler a los insectos. En consecuencia, se han recubierto varios cables con una capa de pintura a base de alquitrán, antes de ser

tendidos. En algunos casos, han cesado los ataques; en otros, han continuado. El experimento no ha sido, pues, concluyente. En otros experimentos de la misma serie, se pintó el cable con una mezcla de betún y de gamexano, o de otros insecticidas. Los resultados han sido idénticos: los ataques han cesado en algunos casos, y han continuado en otros.

4.2 *Empleo de arsenito como medio de protección.* El arsenito se usa mucho como insecticida en las plantaciones de heveas para proteger los árboles y destruir las malas hierbas. En 1959 se hizo un experimento prometedor con un cable de 3,2 km (2 millas) de longitud, enterrado en la cuneta de la carretera de una plantación. Este cable no ha sufrido aún ataque alguno, y se cree que el terreno que lo rodea está constantemente impregnado del arsenito que arrastra el agua de lluvia. Es difícil llevar a cabo un experimento que permita comprobar esta hipótesis, porque para ello habría que dejar de utilizar arsenito en la plantación durante un periodo prolongado, lo que posiblemente pondría en peligro los árboles.

4.3 *Profundidad a que se entierran los cables.* Los cables con cubiertas de materia plástica se entierran normalmente a 45 cm de profundidad (18 pulgadas). Se ha observado que en ciertas regiones la importancia de los ataques de los insectos se reduce enterrando el cable a 90 cm de profundidad (3 pies). Hay que agregar, sin embargo, que se han registrado ataques a 60 cm (24 pulgadas) de profundidad.

Referencia: K. LAPKAMP, D. MAGNUS: Bleimantelschäden durch Käferlarven (Daños causados a las cubiertas de plomo por larvas de coleópteros); *N.T.Z.*, 1956, N.º 9, páginas 415-420.

Cuestión 6/VI

(Continuación de la Cuestión 6/VI, 1968–1972)

Fabricación de cables con conductores aislados por materias plásticas.

Hay que estudiar los puntos siguientes:

- a) ¿Qué materias termoplásticas pueden recomendarse para aislar los conductores telefónicos en el caso de:
 - i) conductores de cables urbanos o interurbanos;
 - ii) conductores aislados sin cubierta para la derivación de líneas de abonado, y
 - iii) conductores para instalaciones telefónicas interiores?
- b) ¿Qué condiciones deben reunir las sustancias termoplásticas empleadas para aislar los conductores?
- c) ¿Cómo puede comprobarse que se satisfacen estas condiciones?
- d) Condiciones de empleo o de instalación de estos conductores.

Observación 1. — Se trata de reunir datos sobre las especificaciones utilizadas por las administraciones para estos conductores y sobre las normas impuestas a las sustancias termoplásticas mencionadas en esas especificaciones.

Observación 2. — Si ha lugar, se establecerá una distinción entre los conductores de cobre y los de otro metal (acero, aluminio, etc.).

Observación 3. — ¿Qué método puede recomendarse para eliminar el agua que haya podido infiltrarse en la cubierta del cable y penetrado a lo largo del mismo?

N.B. — La presencia de humedad en los conductores con aislamiento de polietileno puede provocar un gran aumento de la atenuación, sobre todo en los cables interurbanos cargados, incluso si la resistencia del aislamiento es satisfactoria.

Observación 4. — Véase en la *Review of the Electronical Communication Laboratory* (tomo 9, N.º 11 y N.º 12, noviembre–diciembre de 1961) publicado por la Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, el artículo de Mituru Rokonohe en el que se describe un cable con conductores de pequeño diámetro y aislamiento de espuma de polietileno.

Observación 5. — En el marco de la Cuestión 7/VI se reunirá información sobre el empalme de esta clase de conductores (véase también la Cuestión 4/VI).

Cuestión 7/VI – Métodos para efectuar empalmes de conductores*(Nueva Cuestión)*

Recientes desarrollos en el empleo de circuitos de telecomunicación por cable han puesto de relieve la necesidad de un empalme de conductores cuyas características eléctricas y mecánicas no sean muy inferiores a las de un conductor aislado equivalente del cable tal y como ha sido fabricado. Se requiere información sobre las diversas técnicas de empalme que se utilizan o se están desarrollando en la actualidad para conductores de cobre y aluminio aislados con papel o con materia plástica, y su comportamiento en servicio.

Cuestión 8/VI – Corrosión y protección contra ella de las líneas de telecomunicación por guíaondas*(Nueva Cuestión destinada a obtener información general sobre la materia.)***Cuestión 9/VI***(Continuación de la Cuestión 9/VI, 1968–1972)*

Protección catódica común a varias redes.

¿Conviene tomar medidas especiales cuando haya que conectar entre sí cables de telecomunicación, cables de transporte de energía, canalizaciones de agua o gas, oleoductos, vías electrificadas, y otras estructuras metálicas a fin de conseguir una protección eléctrica, en particular en los casos en que otras consideraciones aconsejen la separación de algunas de esas instalaciones?

¿Qué medidas convendría adoptar?

¿Qué precauciones especiales hay que tomar cuando se incluya un cable con cubierta de aluminio en un plan de protección común que comprenda cables con cubiertas metálicas que no sean de aluminio?

Observación. — Hasta la Quinta Asamblea Plenaria (Ginebra, diciembre de 1972) se realizaron los siguientes estudios en el marco de esta Cuestión:

1. Se estudiaron dos aspectos de la protección común, a saber: los planes de protección establecidos desde un principio sobre una base común, y los que se convierten en planes comunes como consecuencia de la ampliación a otras estructuras de una protección prevista en un principio para una determinada serie de estructuras.

2. Se estudió la naturaleza de los elementos de conexión, teniendo en cuenta la gama completa de estructuras que puede ser necesario conectar (líneas de telecomunicación, de transporte de energía, de tracción eléctrica, gasoductos, oleoductos, etc.). Además, se hizo un estudio para determinar la forma como las corrientes vagabundas se dividen entre las distintas estructuras cuando dichas corrientes de un sistema de distribución de energía pasan a través de un enlace de protección catódica a otras estructuras enterradas.

3. El punto 9.3.5 de las “*Recomendaciones contra la corrosión*” contiene indicaciones sobre la posible interconexión de las instalaciones asociadas a líneas eléctricas de muy alta tensión con las asociadas a otras estructuras enterradas. No obstante, han de observarse las precauciones mencionadas en la Recomendación K.8.

4. En el caso de líneas de alta tensión en que la base de las torres es de hormigón armado, se ha realizado un estudio para ver si es necesario incluir estas líneas en un plan de protección catódica.

5. En el caso de la protección común de cables de suministro de energía, cables de telecomunicación, canalizaciones de agua o gas, oleoductos etc., conviene considerar los puntos siguientes:

a) Si existen permanentemente, o durante un cortocircuito en un cable de suministro de energía comprendido en el plan de protección eléctrica, inconvenientes tales como peligro de explosión de gas, riesgos de incendio, deterioración de la cubierta de los cables, peligros debidos al aumento de potencial de esas cubiertas, etc.;

b) ¿Qué medidas especiales deben adoptarse y, eventualmente, qué dispositivos conviene prever para prevenir tales fenómenos?

(Los estudios de dispositivos de protección han comprendido la seguridad del personal y de las instalaciones.)

Las conclusiones extraídas de estos estudios no han revelado ninguna necesidad particular de modificar el texto de las actuales recomendaciones. No obstante, se ha mantenido la Cuestión con el fin de recibir más información y de este modo poder redactar una recomendación de la serie L relacionada con el texto relativo a la protección catódica que figura en las *Recomendaciones contra la corrosión*.

ANEXO 1

(a la Cuestión 9/VI)

Información facilitada a la Comisión de estudio VI durante el periodo 1961–1964

En la U.R.S.S., donde se emplean mucho los sistemas de protección catódica común, se ha comprobado que el mayor peligro reside en la corriente originada por diferencias de potencial producidas por pares galvánicos, y en los intercambios de corriente a que puede dar lugar una avería de sistemas de tracción de corriente continua.

Para evitar este paso de corriente y la consiguiente corrosión de las cubiertas de plomo, a proximidad de la protección común se insertan rectificadores que, por lo general, son, según el tipo de protección, de germanio o de silicio.

Empleada en la U.R.S.S. desde 1954, la protección común ha dado buenos resultados, tanto para los cables de telecomunicación como para las canalizaciones subterráneas.

En Milán (Italia), existe una organización que coordina las distintas disposiciones y proposiciones sobre protección. Esta es especialmente necesaria en Milán, donde la red tranviaria es muy extensa. Dicha organización comprende un comité, que se reúne mensualmente, y una oficina técnica central. Está patrocinada por el municipio, sobre todo cuando hay que tomar medidas que interesan a varios servicios. Ha preparado ciertas definiciones relativas a la protección y reglamentos sobre medidas y sistemas comunes de protección.

En la República Federal de Alemania y en la U.R.S.S. no se aplica protección catódica alguna a los cables con cubierta de aluminio. La protección catódica aplicada en el Reino Unido al cable Inverness-Nairn, con cubierta de aluminio, tiene exclusivamente por objeto suministrar datos a la Comisión de estudio VI, y no se ajusta a la práctica seguida normalmente en el Reino Unido para este tipo de cables.

ANEXO 2

(a la Cuestión 9/VI)

Conclusiones a que llegó la Comisión de estudio VI del C.C.I.T.T. durante el periodo 1961–1964

Cuando para conseguir una protección eléctrica común se conectan directamente cables de telecomunicación a la cubierta de un cable de distribución de energía, es necesario tener en cuenta el riesgo que corre el personal que trabaja en los cables de telecomunicación, en caso de cortocircuito a tierra de una de las fases del cable de suministro de energía. Este riesgo es particularmente grave si la red de energía eléctrica es de alta tensión y tiene el neutro conectado a tierra.

Conviene, pues, determinar en las inmediaciones del punto de conexión de cables de suministro de energía y de telecomunicación la elevación del potencial de la cubierta del cable de telecomunicación con relación al potencial de ese mismo cable en una zona alejada, cuando se produce un cortocircuito en el cable de suministro de energía, y decidir si puede admitirse tal aumento de potencial.

Por otro lado, parece conveniente recomendar a los obreros que hayan de ocuparse de cables de telecomunicación cuya cubierta esté conectada a la de un cable de suministro de energía que punteen previamente con un conductor de suficiente diámetro telefónico, en la parte en que se vaya a cortar.

Convendría estudiar las condiciones de realización de dispositivos destinados a ser conectados entre las cubiertas de los cables eléctricos y las cubiertas de los cables de telecomunicación, cuando la protección catódica se aplique conjuntamente a las dos estructuras, o cuando se prevea el uso de esos dispositivos para impedir interacciones perjudiciales. Los dispositivos en cuestión deberían permitir la circulación de la corriente continua, pero limitar el valor de la corriente alterna que circule en condiciones normales de funcionamiento y el de la corriente alterna que pueda circular cuando sobrevenga una avería en el sistema de puesta a tierra de la red eléctrica. Por consideraciones de orden práctico, quizá sea necesario instalar tales dispositivos en tierra, en puntos en que no sea indicado emplear fusible ni disyuntores. La potencia nominal de los dispositivos en cuestión dependerá de la intensidad relativa de la corriente que pueda circular por las cubiertas de los cables de telecomunicación en caso de avería de las tomas de tierra de la red de cables eléctricos. Sería interesante averiguar si conviene tomar precauciones distintas en el caso de dispositivos conectados a sistemas eléctricos de alta tensión y de dispositivos conectados a sistemas de tensión media.

Podría ser conveniente conocer la opinión de la Comisión de estudio V sobre este particular.

Cuestión 10/VI

(Continuación de la Cuestión 10/VI, 1968–1972)

Casos insólitos de corrosión observados en cubiertas de plomo de cables subterráneos, pese a mantenerse en ellas potenciales catódicos.

Observación. — Véase la Cuestión 17/VI en lo que concierne a los estudios relativos a la corrosión debida a la corriente alterna.

ANEXO (a la Cuestión 10/VI)

Conclusiones a que ha llegado el C.C.I.T.T.

1. La Comisión de estudio VI ha recibido de Cebelcor diagramas de corrosión del plomo (diagramas del Profesor Pourbaix, reproducidos en las *Recomendaciones*).

El examen de los diagramas del Profesor Pourbaix revela que termodinámicamente es posible la corrosión si se aplican al plomo potenciales muy negativos.

Los experimentos llevados a cabo en el Laboratorio de Cebelcor y las pruebas en servicio han permitido obtener corrosiones catódicas con un potencial inferior a $-2,1$ V y densidades de unos 10 mA/cm²; esta densidad es mil veces mayor que la necesaria para obtener una protección catódica en laboratorio, y de 1500 a 5000 veces más elevada que la utilizada normalmente en la práctica para la protección catódica de los cables.

El plomo sólo es corroído permanentemente por potenciales muy negativos en el caso del plomo puro en presencia de una solución acuosa; si se trata de aleaciones de plomo y de soluciones o de suelos húmedos, el ataque es un fenómeno transitorio y superficial.

Veinticinco años de experiencia en la protección catódica de cables no han revelado inconvenientes debidos a la aplicación de potenciales muy bajos.

No obstante, algunos países, en particular la U.R.S.S., han fijado un límite superior para el potencial de protección aun reconociendo que, en suelos ordinarios, el valor de potencial del cátodo puede ser de varios voltios.

2. Según informaciones procedentes de Italia, Gran Bretaña, Bélgica y la U.R.S.S., existe otra forma de corrosión catódica, mucho más temible en la práctica. Se trata de la corrosión en un medio muy alcalino ($\text{pH} > 10$) del plomo sometido a un *bajo* potencial catódico.

Las curvas del Profesor Pourbaix y de la Administración de la U.R.S.S. son comparables; de ellas se desprende que es conveniente elevar el límite inferior del potencial de protección cuando el pH del suelo o de las canalizaciones sea superior a 10 (tanto por causas naturales como debido a trabajos efectuados en las proximidades).

Es, pues, necesario evitar que una protección catódica insuficiente ponga el plomo del cable tendido en un medio muy alcalino a un potencial inferior al límite de corrosión, pues de lo contrario ésta se producirá mucho más rápidamente que si no se hubiera aplicado la protección catódica, que no obstante, es recomendable, pues sin ella el cable se corroe de todos modos.

3. Los laboratorios de la Administración italiana, en Roma, estudian el mecanismo de ciertos casos de corrosión de cubiertas de cables de plomo francamente negativas.

Las características de los casos de corrosión observados eran las siguientes:

- a) Los cables eran negativos con relación al terreno circundante.
- b) En todos los casos estudiados se ha encontrado una capa compacta y adhesiva de protóxido de plomo (PbO) de forma tetragonal, muy poroso.
- c) En todos los casos se ha podido comprobar la existencia de un medio muy alcalino y, a veces, una variación del pH que iba de 7,7 a un metro de distancia del cable, a 10, a 1 centímetro del cable.

Los experimentos efectuados en laboratorio con una densidad de corriente constante han permitido esclarecer la naturaleza de los fenómenos electroquímicos. Es interesante señalar que estos casos de corrosión catódica se registraron en puntos de potencial negativo variable.

Las precedentes observaciones concuerdan con el caso mencionado en la Cuestión 10, estudiada en 1957–1960, de una corrosión catódica registrada en Gran Bretaña. Esta corrosión se produjo en condiciones bastante particulares, en una canalización de amianto–cemento donde había cal libre y se manifestó cuando el potencial negativo con respecto a tierra era de 1 a 1,5 V (potencial medido con un electrodo impolarizable Cu/SO₄, Cu). La corrosión catódica dejó de observarse con un potencial negativo de 10 V.

Cuestión 11/VI

(Continuación de la Cuestión 11/VI, 1968–1972)

Modificaciones y adiciones a las *Recomendaciones sobre la protección de los cables subterráneos contra la corrosión*.

Observación 1. – Los estudios hechos sobre esta cuestión tienen por objeto mantener al día las Recomendaciones.

Observación 2. – Se subraya la necesidad de establecer un criterio en relación con las interacciones perjudiciales de los sistemas de protección catódica, y métodos de medida que permitan comprobar si se respeta este criterio en la práctica.

Observación 3. – Conviene proseguir el estudio de las medidas de protección contra los gases tóxicos, por ejemplo cuando se utilizan sopletes de combustible líquido para las soldaduras.

Observación 4. – Convendría estudiar las modificaciones que deben introducirse en los capítulos V y VI de las Recomendaciones en lo que respecta a la realización general de cubiertas y de revestimientos protectores contra las tensiones elevadas debidas a la inducción, los rayos, etc.

Observación 5. – La Quinta Asamblea Plenaria adoptó la proposición tendiente a reemplazar el actual título de esta publicación por el siguiente: “Recomendaciones relativas a la construcción, instalación y protección de los cables de telecomunicación en las redes públicas”.

(No existe la Cuestión 12/VI para el periodo 1973-1976)

Cuestión 13/VI – Corrosión provocada por el intercambio de corriente continua con sistemas de electrodos instalados a proximidad

(Continuación de la Cuestión 13/VI, 1968-1972)

Corrosión de estructuras enterradas o sumergidas, como consecuencia de la entrada o salida de corriente continua a través de electrodos instalados a proximidad de tales estructuras.

- a) Para redes de transporte de energía de alta tensión por corriente continua, o
- b) Para la alimentación de repetidores instalados en cables de telecomunicación terrestres y submarinos.

Observación 1. — La Contribución COM VI - N.º 13 (1961-1964) de la Administración de la U.R.S.S. debería estudiarse en el marco de esta nueva Cuestión. La Administración de la U.R.S.S. ha prometido proporcionar información complementaria.

Observación 2. — Aunque ello salga del ámbito de esta Cuestión, convendría estudiar la concepción de los sistemas de electrodos que deben preverse, en tal o cual aplicación para descargar en el suelo una corriente continua o para dar paso a la corriente continua proveniente del suelo (incluido el mar). La *Post Office* del Reino Unido presentará una contribución

ANEXO

(a la Cuestión 13/VI)

Proyecto de sistemas para transporte de energía de corriente continua de alta tensión

(Información facilitada por el C.I.G.R.E. en 1972)

El transporte de energía de corriente continua de alta tensión está concebido para la transmisión con dos polos (cables o líneas aéreas) aislados ambos de tierra, o con un solo polo, con un conductor aislado de tierra, y utilizando la tierra y el agua como segundo conductor.

Con los sistemas de transmisión de dos polos se puede hacer la puesta a tierra en un punto solamente de manera que la corriente no circule a través de la tierra en ningún momento. No obstante, en general, el punto medio está conectado a tierra en cada subestación para permitir la transmisión de la corriente por un polo, incluso durante la interrupción del otro por razones de reparación o mantenimiento. Con estas instalaciones de dos polos, las conexiones a tierra han de hacerse mediante electrodos capaces de transportar toda la corriente de carga aunque ésta pase sólo por tierra cuando uno de los polos está interrumpido.

Posibilidades de corrosión

La instalación metálica enterrada cerca de cualquiera de los electrodos está expuesta a la corrosión. El riesgo de corrosión será mayor en el caso de los sistemas de un sólo polo, porque los electrodos transmiten toda la corriente de carga continuamente. En el caso de grandes estructuras enterradas, el riesgo de corrosión existe especialmente cerca del electrodo, que actúa como cátodo.

En el sistema de dos polos, los electrodos transportan toda la corriente de carga sólo durante breves periodos, si bien ciertos desequilibrios pueden dar lugar a que en otras ocasiones circule por tierra alguna corriente. En esos casos, el riesgo de corrosión requiere atención especial.

Para evaluar los efectos perjudiciales sobre otras estructuras hay que basarse en los valores integrados de la corriente de tierra y no en los instantáneos. De ello se deduce que el máximo valor admisible de corriente de tierra y de cualesquiera efectos conexos pueden ser superiores en la explotación intermitente de retorno por tierra que en la explotación continua.

Medidas que han de adoptarse

El riesgo de corrosión puede reducirse seleccionando detenidamente los emplazamientos de los electrodos y las posiciones para la instalación de estructuras metálicas en el suelo o en el agua cerca de los electrodos de transmisión de energía de corriente continua de alta tensión. La zona en que existe riesgo se reduce al mínimo si los electrodos se emplazan de manera que su resistencia, medida en suelo distante, sea baja. Esto puede lograrse ubicando los electrodos de manera que aprovechen la presencia del agua de mar, de los minerales metálicos o de los suelos de baja resistividad.

Deben hacerse investigaciones acerca del riesgo de corrosión con el fin de impedir el grave daño a las estructuras cercanas durante su vida útil prevista. Deben tenerse en cuenta las variaciones de la resistividad del terreno, las dimensiones, el material, el revestimiento de la estructura enterrada, la distancia de los electrodos y el grado de corrosión admisible.

Antes de establecer el proyecto final del electrodo, puede obtenerse una base de juicio acerca de las distancias adecuadas de los objetos enterrados realizando mediciones experimentales de las condiciones eléctricas del terreno, por medio de un electrodo de prueba portador de corriente colocado en el emplazamiento previsto del electrodo. Normalmente, será imposible probarlo a plena carga, pero el efecto sobre las estructuras, calculado por ejemplo a base de la distribución del potencial en el suelo, puede estimarse aproximadamente, suponiéndolo proporcional a la corriente de prueba.

De todo lo anterior se desprende que no debe pensarse que las recomendaciones relativas a la evaluación de los efectos de la acción recíproca entre las instalaciones de protección de cátodos y las estructuras enterradas en su proximidad sean aplicables a los efectos de las instalaciones de transmisión. Si bien ambos casos son similares en muchos aspectos, existe la gran diferencia de que, en el de la transmisión, las pocas ocasiones en que los efectos perjudiciales pueden considerarse posibles justifican la realización de investigaciones profundas y la consideración de cada caso en relación con las condiciones locales y los elevados costos de capital del sistema de transmisión.

Cuestión 14/VI (y Cuestión 22/V) – Protección contra el rayo

(Continuación de la Cuestión 14/VI, 1968-1972, en estudio por el Grupo de trabajo mixto CDF de las Comisiones de estudio V y VI)

PARTE A

- a) Estudio de los fenómenos electromagnéticos que pueden producirse dentro o fuera de un cable, enterrado o aéreo, como consecuencia de la caída de un rayo cerca de ese cable.
- b) Posibilidad de determinar mediante el cálculo los efectos protectores producidos por la proximidad de conductores enterrados o de conductores aéreos conectados a tierra, de árboles aislados o de grupos de árboles, de edificios provistos de pararrayos, etc.
- c) Algunos transmisores de radiodifusión o de televisión, situados en cumbres de montañas expuestas a frecuentes tormentas, están servidos por cables subterráneos de telecomunicación con circuitos a frecuencias vocales, puestos a tierra en sus extremos, y/o por cables de pares coaxiales. En estos casos, los cables, sus conductores y los equipos a ellos conectados, pueden sufrir daños como consecuencia de la caída de rayos en la antena o en la cima de la montaña.

¿Qué medidas pueden adoptarse para preservar de los daños originados por los rayos a estos cables, a sus conductores y a los equipos a ellos asociados?

PARTE B

- a) Grado en que la cubierta o el alma de un cable (aéreo o enterrado) pueden sufrir daños como consecuencia de la caída de rayos en las inmediaciones.
- b) Medida en que influyen en esta sensibilidad diversas características de construcción y tendido del cable (alma del cable, cubierta, revestimientos diversos, armaduras, etc.).

PARTE C

Posibilidad de utilizar un revestimiento cuyas propiedades conductoras respondan a las necesidades de protección contra los rayos y contra la corrosión.

Observación 1. – Esta cuestión (análoga a la Cuestión 22/V) debe continuar siendo estudiada en 1973-1976 por el Grupo de trabajo mixto CDF de las Comisiones de estudio V y VI.

Observación 2. — La Comisión de estudio VI tendrá que asegurarse que sus propias recomendaciones satisfacen los requisitos especiales y las apropiadas condiciones que en materia de cables aparecerán en el Manual. Como ejemplos figuran:

- la idoneidad de algunas clases de enlaces (entre estructuras, a través de empalmes de cables),
- métodos de empalme y compatibilidad de las tensiones disruptivas en varios puntos, con especial referencia al relleno de cables y empalmes con productos tales como la vaselina.

Cuestión 15/VI - Protección de los blindajes y armadura

(Continuación de la Cuestión 15/VI, 1968-1972)

Protección contra la corrosión del acero u otros metales ferrosos utilizados en la construcción de cables para disminuir su sensibilidad:

- a la inducción electromagnética;
- a los daños mecánicos.

Cuestión 16/VI - Degradación de las propiedades de las cubiertas de materia plástica

(Continuación de la Cuestión 16/VI, 1968-1972)

Evaluación de la degradación de las propiedades de las cubiertas y revestimientos de materia plástica; el estudio debe versar en particular sobre la influencia de los siguientes factores:

- composición, naturaleza de sus componentes y condiciones de preparación y de utilización;
- medio ambiente (intemperies, radiación solar, contaminación, bacterias);
- tensiones mecánicas sufridas;
- naturaleza de los posibles contactos con sustancias que puedan ejercer efectos catalíticos, indicando con la mayor precisión posible la naturaleza de los daños;
- evaluación de la calidad de las cubiertas de materia plástica en función del tiempo.

Observación. — En la página 500 del Tomo I del *Libro Rojo* del C.C.I.T.T. (versión francesa) se estudia el comportamiento del polietileno en presencia de ciertas materias.

Cuestión 17/VI - Corrientes vagabundas alternas

(Continuación de la Cuestión 17/VI, 1968-1972)

Los estudios sobre la corrosión de las canalizaciones metálicas enterradas se hacen en general con instrumentos insensibles a la corriente alterna. En consecuencia, el efecto de las corrientes alternas en el ritmo de la corrosión puede ofrecer dudas. Es interesante, pues, aclarar las siguientes cuestiones:

- a) ¿Qué métodos pueden utilizarse para medir la densidad de la corriente alterna entre una canalización y el suelo?
- b) Pueden influir en la velocidad de corrosión de las canalizaciones subterráneas las densidades de corriente alterna que se registran en la práctica?
- c) Si la corriente alterna influye en el ritmo de corrosión, ¿va acompañada la acción de esta corriente de una modificación correspondiente de la diferencia de potencial de corriente continua entre el metal y el suelo, o bien hay que proceder, por el contrario, a una medición distinta de la diferencia de potencial de corriente continua para poner de manifiesto la acción de la corriente alterna sobre la corrosión?

ANEXO

(a la Cuestión 17-VI)

Conclusiones de la Comisión de estudio VI sobre la corrosión por corrientes alternas (hasta 1972)

De los experimentos hechos en laboratorio y de las observaciones recogidas al controlar ciertas instalaciones industriales, se desprende que las corrientes alternas pueden provocar corrosión.

Otros experimentos sobre el plomo que revelan los efectos comparativos de las corrientes continua y alterna por pérdida de peso, muestran que la corriente continua tiene una acción corrosiva muy ligera en comparación con la producida por la corriente alterna. La corrosión debida a la corriente alterna se manifiesta en forma de picaduras.

Debe hacerse una observación a este respecto:

- pese a su rareza, la corrosión se produce con mayor facilidad cuando la frecuencia de la corriente es inferior a la frecuencia normal de la corriente industrial (50 ó 60 Hz);
- además, revisten importancia los posibles efectos de rectificación de la corriente debidos a la naturaleza de los suelos o a la presencia de óxidos o contaminadores diversos en la superficie de los metales.

No es posible conocer prácticamente, en la actualidad, las densidades de corriente con las que se produce la corrosión. El carácter, a menudo muy localizado de los defectos, las reacciones anódicas y catódicas sobre una misma superficie metálica y las variaciones de las características químicas del medio impiden que pueda precisarse, por el momento, la noción o la definición de una densidad de corriente crítica.

En cambio, podrían especificarse las condiciones en que se produce la corrosión con un potencial dado, en un medio definido y para un metal conocido, a reserva de verificaciones y experimentaciones posteriores.

Puede afirmarse que una corriente alterna de reducido potencial no constituye, en general, un peligro para el acero, pero puede provocar en ciertos casos una corrosión en el plomo y, sobre todo, en el aluminio. En este último, aparece ya el peligro de corrosión con una tensión mucho más débil, del orden de 1 voltio.

Cuestión 18/VI - Condiciones de utilización de armaduras

(Continuación de la Cuestión 18/VI, 1968-1972)

(Cuestión Asia 9 planteada por la Comisión del Plan para Asia, C.C.I.T.T., 1964)

- a) En los cables directamente enterrados, ¿cómo contribuye la armadura a la seguridad de la instalación y a la seguridad de funcionamiento?
- b) ¿En qué condiciones se puede renunciar a la armadura para los cables enterrados directamente?
- c) Si, en ciertas condiciones, la armadura debe aumentar esencialmente la resistencia del cable a la tracción, ¿no sería más económico otra clase de cable, por ejemplo, un cable sin armar con hilo central de refuerzo?

Observación 1. — Convendría facilitar información sobre la resistencia relativa de los cables reforzados por un revestimiento adicional de materia plástica, comparada con la de los cables protegidos por una cubierta y una armadura metálica ordinarias. Es conveniente conocer la resistencia relativa de los cables a los esfuerzos de tracción, impulsivos y de compresión que pueden producirse durante el tendido y en condiciones normales de funcionamiento. Es igualmente importante la resistencia relativa de los dos tipos de cable a las vibraciones y al desplome del terreno.

¿Cómo se pueden medir estas propiedades de resistencia a los esfuerzos mecánicos y a los daños?

Observación 2. — Véase la Recomendación L.3.

Cuestión 19/VI

(Continuación de la Cuestión 19/VI, 1968-1972)

Problemas de corrosión y de puesta a tierra resultantes del empleo de tuberías de distribución de agua no conductoras y de cubiertas no conductoras para cables de suministro de energía eléctrica y de telecomunicación.

Observación 1. — Frecuentemente, el suministro de energía eléctrica de baja tensión exige una tierra de protección con poca impedancia para que pueda funcionar un fusible o disyuntor en caso de defecto en el aislamiento. Si la tubería de distribución de agua o la cubierta del cable no es suficientemente conductora quizá no sea fácil disponer de la toma de tierra de buena calidad necesaria. Por ello, en algunos países, las empresas de electricidad conectan el neutro del cable de alimentación a una serie de electrodos de puesta a tierra repartidos a todo lo largo del mismo, de modo que pueda servir de tierra de protección. Esta puesta a tierra múltiple del neutro permite a una parte de la corriente de carga circular por la tierra; si esta corriente contiene una componente continua apreciable, puede ser necesario proteger contra la corrosión los cables de telecomunicación cercanos provistos de cubiertas metálicas.

Observación 2. — A menudo, la impedancia del sistema de puesta a tierra de una estación de telecomunicaciones depende en gran medida del contacto que las cubiertas metálicas de los cables telefónicos que entran en la estación tengan con tierra a lo largo del trayecto. Si tales cables se sustituyen total o parcialmente por otros provistos de cubiertas no conductoras, aumentará la impedancia del sistema de electrodos de puesta a tierra de la estación y será necesario considerar el efecto de este aumento en las funciones de protección y de otro tipo.

Esta Cuestión debe estudiarse en colaboración con las demás Comisiones de estudio interesadas.

**CUADRO RECAPITULATIVO DE LAS CUESTIONES CONFIADAS A LA COMISIÓN
DE ESTUDIO VI EN EL PERIODO 1972-1976**

N.º	Tema resumido	Observaciones
1/VI	Fabricación de cubiertas de cable de aluminio Revestimientos protectores de esas cubiertas	
2/VI	Protección de los conductores y empalmes de aluminio	
3/VI	Empleo de materias plásticas como revestimiento protector de las cubiertas metálicas de cable	
4/VI	Fabricación de cubiertas de cable de materia plástica	
5/VI	Ataque de las cubiertas de cable de materia plástica o de metal por los insectos, los roedores o las bacterias. Protección contra esos ataques	
6/VI	Fabricación de cables con conductores aislados por materias plásticas	
7/VI	Métodos para efectuar empalmes de conductores	Cuestión documental para la redacción de un Manual
8/VI	Protección contra la corrosión de las líneas de telecomunicación por guíasondas	Debe estudiarse con el punto 1.8 de la Cuestión 23/XV
9/VI	Protección catódica común a varias redes	
10/VI	Casos insólitos de corrosión	
11/VI	Modificación de las Recomendaciones contra la corrosión	
13/VI	Corrosión provocada por el intercambio de corriente continua con sistemas de electrodos instalados a proximidad	
14/VI	Protección contra el rayo	Debe estudiarla el Grupo mixto CDF (véase la Cuestión 22/V)
15/VI	Protección de los blindajes y armaduras	
16/VI	Degradación de las propiedades de las cubiertas de materia plástica	
17/VI	Corrientes vagabundas alternas	
18/VI	Condiciones de utilización de armaduras	
19/VI	Problemas de corrosión y de puesta a tierra resultantes del empleo de tuberías de distribución de agua no conductoras y de cubiertas no conductoras para cables de suministro de energía eléctrica y de telecomunicación	