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.

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

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.

© International Telecommunication Union

COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

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

QUINTA ASAMBLEA PLENARIA

GINEBRA, 4-15 DE DICIEMBRE DE 1972

LIBRO VERDE

TOMO IV.2

Mantenimiento

Suplementos a las Recomendaciones de las series M, N y O

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 IV.2

Mantenimiento

Suplementos a las Recomendaciones de las series M, N y O

UIT
GENEVE

Publicado por la
UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
1973

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.

ÍNDICE DEL TOMO IV.2 DEL LIBRO VERDE

MANTENIMIENTO

Parte V – Suplementos a las Recomendaciones de las series M, N y O

1. *Informaciones técnicas* — Página

SUPLEMENTO N.º 1.1 — Prefijos de los sistemas decimales 409

SUPLEMENTO N.º 1.2 — Tablas de conversión para las mediciones de transmisión 409

SUPLEMENTO N.º 1.3 — Distribución normal (Gauss-Laplace) 416

SUPLEMENTO N.º 1.4 — Métodos de control de calidad 422

SUPLEMENTO N.º 1.5 — Tratamiento matemático de los resultados de medida de las variaciones del equivalente de los circuitos telefónicos 451

SUPLEMENTO N.º 1.6 — Cuestiones teóricas de estadísticas 459

2. *Técnicas de medida*

SUPLEMENTO N.º 2.1 — Observaciones generales sobre los aparatos y métodos de medida ... 463

SUPLEMENTO N.º 2.2 — Mediciones de atenuación 471

SUPLEMENTO N.º 2.3 — Mediciones de nivel 475

SUPLEMENTO N.º 2.4 — Medición de la diafonía 480

SUPLEMENTO N.º 2.5 — Errores de medida y diferencias debidas a las imprecisiones de impedancia de los aparatos e instrumentos de medida. Empleo de puntos de medida desacoplados 482

SUPLEMENTO N.º 2.6 — Indicaciones erróneas de los aparatos de medida del nivel debido a señales interferentes 489

SUPLEMENTO N.º 2.7 — Medición del tiempo de propagación de grupo y de la distorsión del tiempo de propagación de grupo 492

SUPLEMENTO N.º 2.8 — Medición de las variaciones bruscas de fase en los circuitos 508

SUPLEMENTO N.º 2.9 — Pruebas de vibración 511

SUPLEMENTO N.º 2.10 — Método de medida de la deriva de frecuencia introducida por un canal de corrientes portadoras 522

SUPLEMENTO N.º 2.11 — Verificación rápida del control del eco 524

SUPLEMENTO N.º 2.12 — Adquisición y proceso de datos relativos al nivel de las señales piloto de grupos primarios y secundarios 524

3. *Especificaciones de equipos de medida*

SUPLEMENTO N.º 3.1 Requisitos que deben cumplir los aparatos de medida generadores de frecuencias sinusoidales e instrumentos para mediciones de nivel 530

Página

SUPLEMENTO N.º 3:2 — Aparatos de medida del ruido en los circuitos de telecomunicaciones . 534

SUPLEMENTO N.º 3.3 — Principales características de los indicadores de volumen 548

4. *Calidad de transmisión de la red internacional*

SUPLEMENTO N.º 4.1 — Resultados de mediciones y de observaciones sobre la estabilidad de la atenuación de los circuitos de la red internacional 550

SUPLEMENTO N.º 4.2 — Resultados y análisis de la 8.ª serie de observaciones de interrupciones breves de transmisión 556

SUPLEMENTO N.º 4.3 — Características de circuitos internacionales arrendados de tipo telefónico 564

SUPLEMENTO N.º 4.5 — Instrucciones sobre las futuras mediciones de la calidad de transmisión comunicaciones completas y la presentación de los resultados 569

SUPLEMENTO N.º 4.6 — Instrucciones en relación con futuras mediciones de la calidad de transmisión de los circuitos nacionales de prolongación (excluidas las líneas de abonado) y con la presentación de los resultados obtenidos 580

SUPLEMENTO N.º 4.7 — Instrucciones en relación con futuras mediciones de la calidad de transmisión de circuitos internacionales, cadenas de circuitos y centros internacionales y con la presentación de los resultados obtenidos 587

SUPLEMENTO N.º 4.8 — Resultados y análisis de las medidas de los impulsos de ruido 593

5. *Mantenimiento de los circuitos de televisión*

SUPLEMENTO N.º 5.1 — Especificaciones para la transmisión de televisión a larga distancia ... 598

SUPLEMENTO N.º 5.2 — Serie de señales de prueba utilizadas por los países miembros de la U.E.R. durante el periodo de ajuste 619

6. *Varios*

SUPLEMENTO N.º 6.1 — Repercusiones en el mantenimiento por la introducción de nuevos componentes y equipos modernos 620

PARTE V

SUPLEMENTOS A LAS RECOMENDACIONES DE LAS SERIES M, N y O

En estos Suplementos se reproducen, sin actualización, ciertos textos del tomo IV del *Libro Blanco.*

1. INFORMACIONES TÉCNICAS

Suplemento N.º 1.1

PREFIJOS DE LOS SISTEMAS DECIMALES

En el sistema decimal, los múltiplos y submúltiplos de las unidades se designan mediante los siguientes prefijos:

Prefijo	*Símbolo*	*Significado*	*Prefijo*	*Símbolo*	*Significado*
tera	T	10^{12}	deci	d	10^{-1}
giga	G	10^{9}	centi	c	10^{-2}
mega	M	10^{6}	mili	m	10^{-3}
myria	ma	10^{4}	micro	μ	10^{-6}
kilo	k	10^{3}	nano	n	10^{-9}
hecto	h	10^{2}	pico	p	10^{-12}
deca	da	10			

Suplemento N.º 1.2

TABLAS DE CONVERSIÓN PARA LAS MEDICIONES DE TRANSMISIÓN [1]

A. *Tablas de conversión para las mediciones del nivel de transmisión y las mediciones de ruido*

Notas relativas a estas tablas:

1. En realidad, la equivalencia entre los niveles de transmisión medidos en términos de potencia con relación a un milivatio y los niveles medidos en términos de tensión con relación a 0, 775 voltios, sólo es válida si las mediciones se hacen en los terminales de una resistencia pura de 600 ohmios (véase el Suplemento N.º 2.3).

2. En el Suplemento N.º 3.2, se explica la equivalencia entre las mediciones de ruido efectuadas con un sofómetro del C.C.I.T.T. (dBmp, dNmp, mVp y pWp) y las mediciones de ruido hechas en América del Norte, con un medidor de ruido con una característica de ponderación F1A o una ponderación telefónica C (respectivamente, dBa o dBrnC).

3. Si el ruido existente en un circuito telefónico tiene el carácter de un ruido blanco — es decir, una densidad de potencia espectral uniforme y una distribución gaussiana de probabilidad para las amplitudes — el nivel de la potencia no ponderada de ese ruido medida en ese circuito será 2,5 dB superior al nivel de la potencia sofométrica de ruido.

4. La fuerza electromotriz sofométrica es dos veces superior a la tensión sofométrica que se indica en los cuadros, a condición de que las mediciones se efectúen en los terminales de una resistencia pura de 600 ohmios. Si el terminal es distinto de 600 ohmios, se encuentra la tensión sofométrica aplicando a los resultados de medida un factor de corrección:

$$\text{tensión sofométrica} = \text{tensión medida de ruido} \times \sqrt{\frac{600}{R}}$$

siendo R el valor de la resistencia pura en cuyos terminales se efectúan las mediciones.

[1] No se indica la precisión de estas tablas, que sólo deben utilizarse para conversiones aproximadas.

TABLA 1

CONVERSIÓN DE DECIBELIOS EN DECINEPERIOS, TENSIÓN Y POTENCIA

Decibelios (dBm)	Decineperios (dNm)	Tensión en los terminales de 600 ohmios (mV)	Picovatios (pW)		
Nivel de ruido sofométrico				Nivel de ruido medido en América del Norte	
(dBmp)	(dNmp)	(mVp)	(pWp)	(dBrnC)	(dBa)
0	0	775	10^9	+90	+84
−1	−1,15	690	794×10^6	+89	+83
−2	−2,30	615	631×10^6	+88	+82
−3	−3,45	548	501×10^6	+87	+81
−4	−4,61	489	398×10^6	+86	+80
−5	−5,76	436	316×10^6	+85	+79
−6	−6,91	388	251×10^6	+84	+78
−7	−8,06	346	200×10^6	+83	+77
−8	−9,21	308	158×10^6	+82	+76
−9	−10,4	275	126×10^6	+81	+75
−10	−11,5	245	10^8	+80	+74
−11	−12,7	218	794×10^5	+79	+73
−12	−13,8	195	631×10^5	+78	+72
−13	−15,0	173	501×10^5	+77	+71
−14	−16,1	155	398×10^5	+76	+70
−15	−17,3	138	316×10^5	+75	+69
−16	−18,4	123	251×10^5	+74	+68
−17	−19,6	109	200×10^5	+73	+67
−18	−20,7	97,5	158×10^5	+72	+66
−19	−21,9	86,9	126×10^5	+71	+65
−20	−23,0	77,5	10^7	+70	+64
−21	−24,2	69,0	794×10^4	+69	+63
−22	−25,3	61,5	631×10^4	+68	+62
−23	−26,5	54,8	501×10^4	+67	+61
−24	−27,6	48,9	398×10^4	+66	+60
−25	−28,8	43,6	316×10^4	+65	+59
−26	−29,9	38,8	251×10^4	+64	+58
−27	−31,1	34,6	200×10^4	+63	+57
−28	−32,2	30,8	158×10^4	+62	+56
−29	−33,4	27,5	126×10^4	+61	+55
−30	−34,5	24,5	10^6	+60	+54
−31	−35,7	21,8	794×10^3	+59	+53
−32	−36,8	19,5	631×10^3	+58	+52
−33	−38,0	17,3	501×10^3	+57	+51
−34	−39,1	15,5	398×10^3	+56	+50
−35	−40,3	13,8	316×10^3	+55	+49
−36	−41,4	12,3	251×10^3	+54	+48
−37	−42,6	10,9	200×10^3	+53	+47
−38	−43,7	9,75	158×10^3	+52	+46
−39	−44,9	8,69	126×10^3	+51	+45
−40	−46,1	7,75	10^5	+50	+44
−41	−47,2	6,90	794×10^2	+49	+43
−42	−48,4	6,15	631×10^2	+48	+42
−43	−49,5	5,48	501×10^2	+47	+41
−44	−50,7	4,89	398×10^2	+46	+40
−45	−51,8	4,36	316×10^2	+45	+39
−46	−53,0	3,88	251×10^2	+44	+38
−47	−54,1	3,46	200×10^2	+43	+37
−48	−55,3	3,08	158×10^2	+42	+36
−49	−56,4	2,75	126×10^2	+41	+35
−50	−57,6	2,45	10^4	+40	+34
−51	−58,7	2,18	7940	+39	+33
−52	−59,9	1,95	6310	+38	+32
−53	−61,0	1,73	5010	+37	+31
−54	−62,2	1,55	3980	+36	+30
−55	−63,3	1,38	3160	+35	+29
−56	−64,5	1,23	2510	+34	+28
−57	−65,6	1,09	2000	+33	+27
−58	−66,8	0,975	1580	+32	+26
−59	−67,9	0,869	1260	+31	+25
−60	−69,1	0,775	10^3	+30	+24
−61	−70,2	0,690	794	+29	+23

TABLA 1 (*concl.*)

Decibelios (dBm)	Decineperios (dNm)	Tensión en los terminales de 600 ohmios (mV)	Picovatios (pW)		
Nivel de ruido sofométrico				Nivel de ruido medido en América del Norte	
(dBmp)	(dNmp)	(mVp)	(pWp)	(dBrnC)	(dBa)
−62	−71,4	0,615	631	+28	+22
−63	−72,5	0,548	501	+27	+21
−64	−73,7	0,489	398	+26	+20
−65	−74,8	0,436	316	+25	+19
−66	−76,0	0,388	251	+24	+18
−67	−77,1	0,346	200	+23	+17
−68	−78,3	0,308	158	+22	+16
−69	−79,4	0,275	126	+21	+15
−70	−80,6	0,245	10^2	+20	+14
−71	−81,7	0,218	79,4	+19	+13
−72	−82,9	0,195	63,1	+18	+12
−73	−84,0	0,173	50,1	+17	+11
−74	−85,2	0,155	39,8	+16	+10
−75	−86,3	0,138	31,6	+15	+9
−76	−87,5	0,123	25,1	+14	+8
−77	−88,7	0,109	20,0	+13	+7
−78	−89,8	0,098	15,8	+12	+6
−79	−91,0	0,087	12,6	+11	+5
−80	−92,1	0,077	10	+10	+4
−81	−93,3	0,069	7,94	+9	+3
−82	−94,4	0,062	6,31	+8	+2
−83	−95,6	0,055	5,01	+7	+1
−84	−96,7	0,049	3,98	+6	0
−85	−97,9	0,044	3,16	+5	−1
−86	−99,0	0,039	2,51	+4	−2
−87	−100	0,035	2,00	+3	−3
−88	−101	0,031	1,58	+2	−4
−89	−102	0,027	1,26	+1	−5
−90	−104	0,024	1	0	−6

TABLA 2

CONVERSIÓN DE DECINEPERIOS EN DECIBELIOS, TENSIÓN Y POTENCIA

Decineperios (dNm)	Decibelios (dBm)	Tensión en los terminales de 600 ohmios (mV)	Picovatios (pW)		
Nivel de ruido sofométrico				Nivel de ruido medido en América del Norte	
(dNmp)	(dBmp)	(mVp)	(pWp)	(dBrnC)	(dBa)
0	0	975	10^9	+90	+84,0
−1	−0,869	698	813×10^6	+89,13	+83,1
−2	−1,74	637	676×10^6	+88,26	+82,3
−3	−2,61	574	550×10^6	+87,39	+81,4
−4	−3,47	518	447×10^6	+86,53	+80,5
−5	−4,34	472	372×10^6	+85,66	+79,7
−6	−5,21	426	302×10^6	+84,79	+78,8
−7	−6,08	384	246×10^6	+83,92	+77,9
−8	−6,95	346	200×10^6	+83,05	+77,1
−9	−7,81	316	166×10^6	+82,19	+76,2
−10	−8,69	284	135×10^6	+81,31	+75,3
−11	−9,55	256	110×10^6	+80,45	+74,5
−12	−10,4	234	912×10^5	+79,6	+73,6
−13	−11,3	211	741×10^5	+78,7	+72,7
−14	−12,2	190	603×10^5	+77,8	+71,8
−15	−13,0	173	501×10^5	+77,0	+70,1
−16	−13,9	156	407×10^5	+76,1	+70,1
−17	−14,8	141	331×10^5	+75,2	+69,2
−18	−15,6	129	275×10^5	+74,4	+68,4
−19	−16,5	116	224×10^5	+73,5	+67,5
−20	−17,4	104	182×10^5	+72,6	+66,6
−21	−18,2	95,3	151×10^5	+71,8	+65,8
−22	−19,1	85,9	123×10^5	+70,9	+64,9
−23	−20,0	77,5	100×10^5	+70,0	+64,0
−24	−21,0	69,8	813×10^4	+69,0	+63,0
−25	−21,7	63,7	676×10^4	+68,3	+62,3
−26	−22,6	57,4	550×10^4	+67,4	+61,4
−27	−23,5	51,8	447×10^4	+66,5	+60,5
−28	−24,3	47,2	372×10^4	+65,7	+59,7
−29	−25,2	42,6	302×10^4	+64,8	+58,8
−30	−26,1	38,4	246×10^4	+63,9	+57,9
−31	−26,9	35,0	204×10^4	+63,1	+57,1
−32	−27,8	31,6	166×10^4	+62,2	+56,2
−33	−28,7	28,4	135×10^4	+61,3	+55,3
−34	−29,5	25,9	112×10^4	+60,5	+54,5
−35	−30,4	23,4	912×10^3	+59,6	+53,6
−36	−31,3	21,1	741×10^3	+58,7	+52,7
−37	−32,1	19,2	617×10^3	+57,9	+51,9
−38	−33,0	17,3	501×10^3	+57,0	+51,0
−39	−33,9	15,6	407×10^3	+56,1	+50,1
−40	−34,7	14,3	339×10^3	+55,3	+49,3
−41	−35,6	12,9	275×10^3	+54,4	+48,4
−42	−36,5	11,6	224×10^3	+53,5	+47,5
−43	−37,3	10,6	186×10^3	+52,7	+46,7
−44	−38,2	9,53	151×10^3	+51,8	+45,8
−45	−39,1	8,59	123×10^3	+50,9	+46,9
−46	−40,0	7,75	100×10^3	+50	+44,0
−47	−40,8	7,06	813×10^2	+49,2	+43,2
−48	−41,7	6,37	676×10^2	+48,3	+42,3
−49	−42,6	5,74	550×10^2	+47,4	+41,4
−50	−43,4	5,24	447×10^2	+46,6	+40,6
−51	−44,3	4,72	372×10^2	+45,7	+39,7
−52	−45,2	4,26	302×10^2	+44,8	+38,8
−53	−46,0	3,88	251×10^2	+44,0	+38,0
−54	−46,9	3,5	204×10^2	+43,1	+37,1
−55	−47,8	3,16	166×10^2	+42,2	+36,2
−56	−48,6	2,88	138×10^2	+41,4	+35,4
−57	−49,5	2,59	112×10^2	+40,5	+34,5
−58	−50,4	2,34	9120	+39,6	+33,6
−59	−51,2	2,13	7410	+38,8	+32,8
−60	−52,1	1,92	6170	+37,9	+31,9
−61	−53,0	1,73	5010	+37,0	+31,0

TABLA 2 (*concl.*)

Decineperios (dNm)	Decibelios (dBm)	Tensión en los terminales de 600 ohmios (mV)	Picovatios (pW)		
Nivel de ruido sofométrico				Nivel de ruido medido en América del Norte	
(dNmp)	(dBmp)	(mVp)	(pWp)	(dBrnC)	(dBa)
−62	−53,9	1,56	4070	+36,1	+30,1
−63	−54,7	1,43	3390	+35,3	+29,3
−64	−55,6	1,29	2750	+34,4	+28,4
−65	−56,5	1,16	2240	+33,5	+27,5
−66	−57,3	1,06	1860	+32,7	+26,7
−67	−58,2	0,953	1510	+31,8	+25,8
−68	−59,1	0,859	1230	+30,9	+24,9
−69	−59,9	0,784	1020	+30,1	+24,1
−70	−60,8	0,706	813	+29,2	+23,2
−71	−61,7	0,637	676	+28,3	+22,3
−72	−62,5	0,581	562	+27,5	+21,5
−73	−63,4	0,524	457	+26,6	+20,6
−74	−64,3	0,472	372	+25,7	+19,7
−75	−65,1	0,431	309	+24,9	+18,9
−76	−66,0	0,388	251	+24,0	+18,0
−77	−66,9	0,350	204	+23,1	+17,1
−78	−67,8	0,316	166	+22,2	+16,2
−79	−68,6	0,288	138	+21,4	+15,4
−80	−69,5	0,259	112	+20,5	+14,5
−81	−70,4	0,234	91,2	+19,6	+13,6
−82	−71,2	0,213	75,9	+18,8	+12,8
−83	−72,1	0,192	61,7	+17,9	+11,9
−84	−73,0	0,173	50,1	+17,0	+11,0
−85	−73,8	0,158	41,7	+16,2	+10,2
−86	−74,7	0,143	33,9	+15,3	+ 9,3
−87	−75,6	0,129	27,5	+14,4	+ 8,4
−88	−76,4	0,117	22,9	+13,6	+ 7,6
−89	−77,3	0,106	18,6	+12,7	+ 6,7
−90	−78,2	0,095	15,1	+11,8	+ 5,8

TABLA 3

CUADRO DE CORRESPONDENCIA ENTRE RELACIONES DE POTENCIA Y DECIBELIOS

Relaciones de potencia	Decibelios	Relaciones de potencia	Decibelios
1,0233	0,1	19,953	13,0
1,0471	0,2	25,119	14,0
1,0715	0,3	31,623	15,0
1,0965	0,4	39,811	16,0
1,1220	0,5	50,119	17,0
1,1482	0,6	63,096	18,0
1,1749	0,7	79,433	19,0
1,2023	0,8	100,000	20,0
1,2303	0,9	158,49	22,0
1,2589	1,0	251,19	24,0
1,3183	1,2	398,11	26,0
1,3804	1,4	630,96	28,0
1,4454	1,6	1000,0	30,0
1,5136	1,8	1584,9	32,0
1,5849	2,0	2511,9	34,0
1,6595	2,2	3981,1	36,0
1,7378	2,4	6309,6	38,0
1,8197	2,6	10^4	40,0
1,9055	2,8	$10^4 \times 1,5849$	42,0
1,9953	3,0	$10^4 \times 2,5119$	44,0
2,2387	3,5	$10^4 \times 3,9811$	46,0
2,5119	4,0	$10^4 \times 6,3096$	48,0
2,8184	4,5	10^5	50,0
3,1623	5,0	$10^5 \times 1,5849$	52,0
3,5481	5,5	$10^5 \times 2,5119$	54,0
3,9811	6,0	$10^5 \times 3,9811$	56,0
5,0119	7,0	$10^5 \times 6,3096$	58,0
6,3096	8,0	10^6	60,0
7,9433	9,0	10^7	70,0
10,0000	10,0	10^8	80,0
12,589	11,0	10^9	90,0
15,849	12,0	10^{10}	100,0

TABLA 4

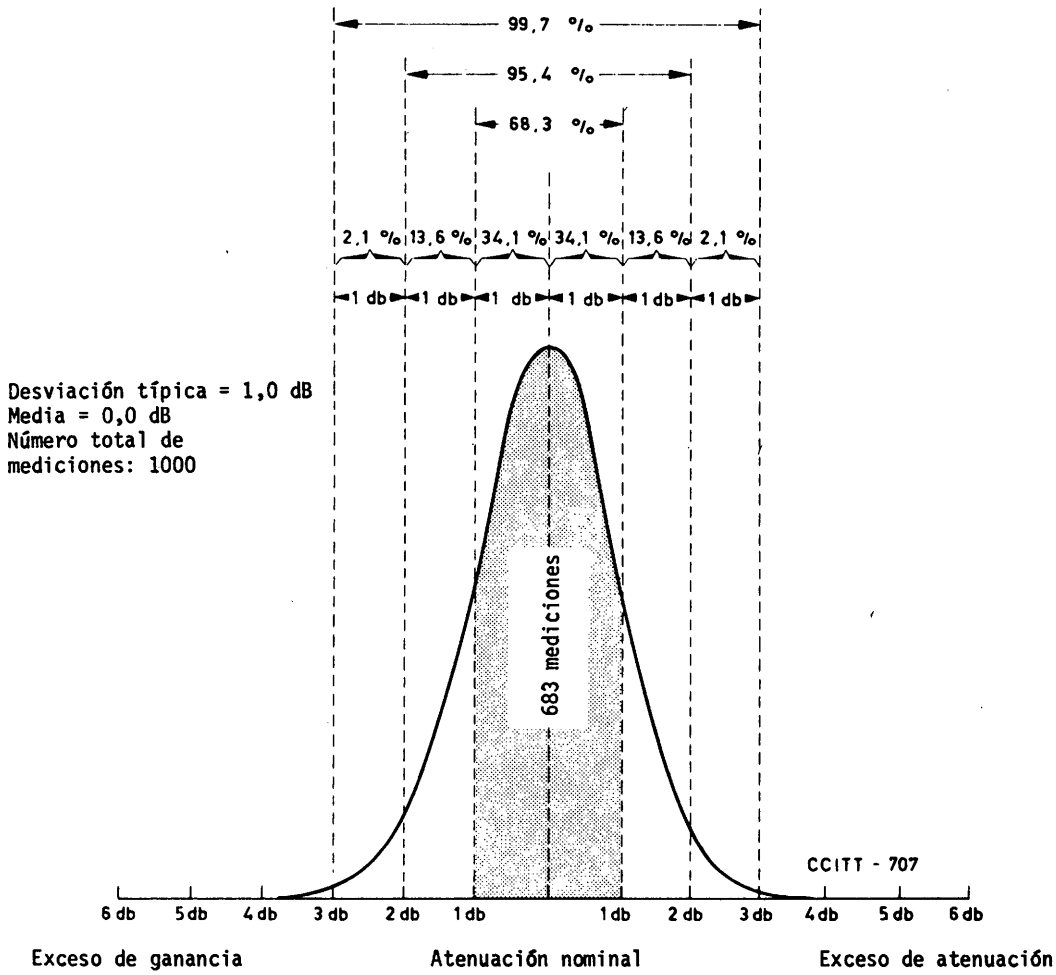
CUADRO DE CORRESPONDENCIA ENTRE RELACIONES DE POTENCIA Y DECINEPERIOS

Relaciones de potencia	Decineperios	Relaciones de potencia	Decineperios
1,020	0,1	13,46	13,0
1,041	0,2	16,45	14,0
1,062	0,3	20,09	15,0
1,083	0,4	24,53	16,0
1,105	0,5	29,96	17,0
1,127	0,6	36,60	18,0
1,150	0,7	44,70	19,0
1,174	0,8	54,60	20,0
1,197	0,9	81×45	22,0
1,221	1,0	121,5	24,0
1,271	1,2	181,3	26,0
1,323	1,4	270,4	28,0
1,377	1,6	403,4	30,0
1,433	1,8	601,9	32,0
1,492	2,0	897,9	34,0
1,553	2,2	1339	36,0
1,616	2,4	1998	38,0
1,682	2,6	2981	40,0
1,751	2,8	4447	42,0
1,822	3,0	6634	44,0
2,014	3,5	9897	46,0
2,226	4,0	$10^4 \times 1,476$	48,0
2,460	4,5	$10^4 \times 2,203$	50,0
2,718	5,0	$10^4 \times 3,286$	52,0
3,004	5,5	$10^4 \times 4,902$	54,0
3,320	6,0	$10^4 \times 7,313$	56,0
4,055	7,0	$10^5 \times 1,091$	58,0
4,953	8,0	$10^5 \times 1,628$	60,0
6,050	9,0	$10^6 \times 1,203$	70,0
7,389	10,0	$10^6 \times 8,886$	80,0
9,025	11,0	$10^7 \times 6,566$	90,0
11,02	12,0	$10^8 \times 4,852$	100,0

Suplemento N.º 1.3

DISTRIBUCIÓN NORMAL (GAUSS, LAPLACE)

La distribución normal (o gaussiana) es una distribución estadística que tiene numerosas aplicaciones. Esta distribución, que en ciertas condiciones puede servir de aproximación a otras distribuciones que se encuentran a menudo, presenta ciertas propiedades que hacen cómodo su empleo. La figura 1 es un ejemplo de esta distribución. Está completamente definida por dos parámetros, constituidos por el valor medio, designado por el símbolo M, y por la desviación típica, designada por el símbolo *S*. Una desviación típica a cada lado del valor medio abarca el 68,3% de la superficie limitada por la curva, dos desviaciones típicas corresponden al 95,4% de esa superficie, y tres desviaciones típicas al 99,7%. En el ejemplo de la figura 1, la distribución corresponde a



683 mediciones en un intervalo comprendido entre un exceso de ganancia de 1 dB y un exceso de atenuación de 1 dB

954 mediciones en un intervalo comprendido entre un exceso de ganancia de 2 dB y un exceso de atenuación de 2 dB

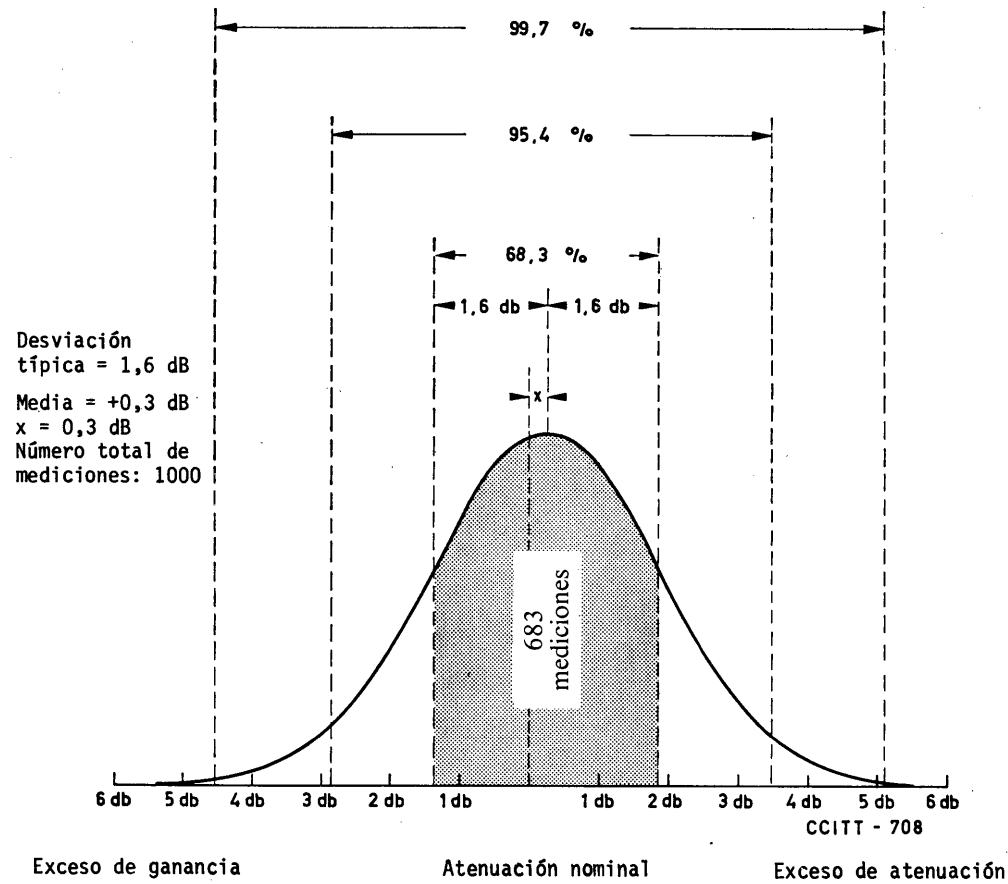
997 mediciones en un intervalo comprendido entre un exceso de ganancia de 3 dB y un exceso de atenuación de 3 dB

FIGURA 1. – **Distribución con valor medio nulo**

las desviaciones de la atenuación de transmisión con relación a su valor nominal; se observa una distribución normal de esas desviaciones con $M = 0$ dB y $S = 1$ dB. En el caso considerado, la superficie limitada por la curva representa el número de mediciones efectuadas. La figura 2 ilustra otro ejemplo, con $M = +0{,}3$ dB y $S = 1{,}6$ dB. En este último caso, hay que señalar que las superficies situadas a uno y otro lado de la atenuación nominal (0 dB) no son iguales, lo que significa que los circuitos medidos y que presentan un exceso de atenuación son más numerosos que los circuitos con un exceso de ganancia.

En la práctica, dado el valor medio y la desviación típica de una población de distribución normal, es a menudo necesario determinar el porcentaje de esa población comprendido en las distintas partes de la distribución; con este fin se ha preparado el cuadro 1. Para utilizarlo se divide el valor interesante de la desviación con relación a la media por la desviación típica, a fin de obtener la variable k (denominada variable centrada normal) para la que se ha establecido el cuadro.

Como ejemplo de utilización de este cuadro, considérese el caso de un receptor de señales concebido para funcionar satisfactoriamente cuando las atenuaciones de los circuitos de una arteria determinada están comprendidas en el interior de los límites de ±4 dB con relación a 0 dB (valor nominal supuesto).Sin embargo, si



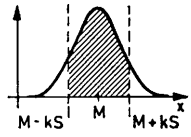
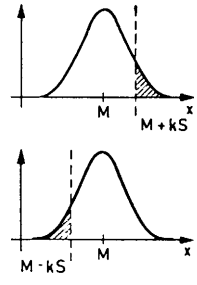
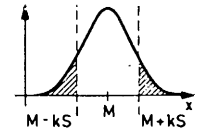
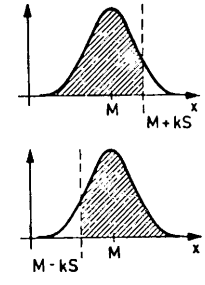
683 mediciones en un intervalo comprendido entre un exceso de ganancia de 1,3 dB y un exceso de atenuación de 1,9 dB

954 mediciones en un intervalo comprendido entre un exceso de ganancia de 2,9 dB y un exceso de atenuación de 3,5 dB

997 mediciones en un intervalo comprendido entre un exceso de ganancia de 4,5 dB y un exceso de atenuación de 5,1 dB

FIGURA 2. – **Distribución con un valor medio de +0,3 dB**

CUADRO I

Porcentaje de población				
k (1)	Entre los límites $M \pm kS$ (2)	Por encima de $M+kS$ o por debajo de $M-kS$ (3)	En el exterior de los límites $M \pm kS$ (4)	$< M+kS$ o $> M-kS$ (5)
				 CCITT-3337
0,0	0	50,000000	100,00000	50,00000
0,1	7,96556	46,01722	92,03444	53,98278
0,2	15,85194	42,07403	84,14806	57,92597
0,3	23,58228	38,20886	76,41772	61,79114
0,4	31,08434	34,45783	68,91566	65,54217
0,5	38,29250	30,85375	61,70750	69,14625
0,6	45,14938	27,42531	54,85062	72,57469
0,6745	50,00000	25,00000	50,00000	75,00000
0,7	51,60726	24,19637	48,39274	75,80363
0,8	57,62892	21,18554	42,37108	78,81446
0,9	63,18798	18,40601	36,81202	81,59399
1,0	68,26894	15,86553	31,73106	84,13447
1,1	72,86678	13,56661	27,13322	86,43339
1,2	76,98606	11,50697	23,01394	88,49303
1,2816	80,00000	10,00000	20,00000	90,00000
1,3	80,63990	9,68005	19,36010	90,31995
1,4	83,84866	8,07567	16,15134	91,92433
1,5	86,63856	6,68072	13,36144	93,31928
1,6	89,02014	5,48993	10,97986	94,52007
1,6449	90,00000	5,00000	10,00000	95,00000
1,7	91,08690	4,45655	8,91310	95,54345
1,8	92,81394	3,59303	7,18606	96,40697
1,9	94,25668	2,87166	5,74332	97,12834
1,9600	95,00000	2,50000	5,00000	97,50000
2,0	95,44998	2,27501	4,55002	97,72499
2,1	96,42712	1,78644	3,57288	98,21356
2,2	97,21932	1,39034	2,78068	98,60966
2,3	97,85518	1,07241	2,14482	98,92759
2,3263	98,00000	1,00000	2,00000	99,00000
2,4	98,36050	0,81975	1,63950	99,18025
2,5	98,75806	0,62097	1,24194	99,37903
2,5758	99,00000	0,50000	1,00000	99,50000
2,6	99,06776	0,46612	0,93224	99,53388
2,7	99,30660	0,34670	0,69340	99,65330
2,8	99,48898	0,25551	0,51102	99,74449
2,9	99,62684	0,18658	0,37316	99,81342
3,0	99,73002	0,13499	0,26998	99,86501
3,0902	99,80000	0,10000	0,20000	99,90000
3,1	99,80648	0,09676	0,19352	99,90324
3,2	99,86258	0,06871	0,13742	99,93129
3,3	99,90332	0,04834	0,09668	99,95166
3,4	99,93262	0,03369	0,06738	99,96631
3,5	99,95348	0,02326	0,04652	99,97674
3,6	99,96818	0,01591	0,03182	99,98409
3,7	99,97844	0,01078	0,02156	99,98922
3,8	99,98544	0,00723	0,01446	99,99277
3,9	99,99038	0,00481	0,00962	99,99519
4,0	99,99366	0,00317	0,00634	99,99683

las atenuaciones de los circuitos tienen en realidad una distribución caracterizada por un valor medio de −0,4 dB y una desviación típica de 2 dB el porcentaje de receptores susceptibles de funcionar satisfactoriamente se obtendrá como sigue:

Una desviación de +4 dB con relación al valor nominal corresponde a 4,4 dB con relación al valor medio.

Una desviación de −4 dB con relación al valor nominal corresponde a 3,6 dB con relación al valor medio.

Para obtener los valores correspondientes de k se procede como sigue:

para 4,4 dB: 4,4/2,0 = desviación típica de 2,2 con relación a la media,

para 3,6 dB: 3,6/2,0 = desviación típica de 1,8 con relación a la media.

De conformidad con la columna 3 del cuadro 1:

k = 2,2 da 1,39%,

k = 1,8 da 3,59%

Cabe esperar, pues, que el 4,98% de los receptores no funcionen satisfactoriamente.

Conviene señalar que cuando la desviación media con relación al valor nominal es nula, la distribución es simétrica con relación a este valor, y k = 2,0. Si se consulta el cuadro, en la línea correspondiente a k = 2,0, se halla en la columna (2) el valor de 95,45% (porcentaje de circuitos para los que puede preveerse un funcionamiento satisfactorio del receptor), y en la columna (4) el valor de 4,55% (porcentaje previsible de fallos).

Método numérico — uso del formulario

Para facilitar el cálculo de los parámetros de una muestra de distribución, es a menudo cómodo hacer uso de un formulario. En la figura 3 se reproduce un modelo de formulario, establecido especialmente para calcular el valor medio y la desviación típica de las muestras de la distribución de las atenuaciónes de circuito. Los intervalos de las clases son idénticos a los considerados en el apéndice del anexo a la Cuestión 1/IV. Se indican en centineperios, dándose los equivalentes en decibelios en la columna (2) del formulario.

Este formulario se utiliza de la siguiente forma: se marca un trazo en la columna (3), frente al valor del intervalo indicado en las columnnas (1) y (2) —intervalos de clase en centineperios o en decibelios— correspondiente al valor de la desviación medida. Se repite la operación hasta que se hayan terminado todas las mediciones. Se cuenta luego el total de trazos en cada intervalo y se escribe ese total en la columna (4). A continuación, se efectúan los cálculos indicados en el formulario para hallar la desviación media M, la desviación típica S, y el porcentaje de resultados de medida que están fuera de la gama indicada en el cuadro.

Método gráfico — Empleo de un papel de probabilidad aritmética

En vez de calcular el valor medio y la desviación típica de una distribución por el método numérico que acaba de describirse, puede hacerse una estimación con ayuda de un método gráfico. Para ello, se pueden representar gráficamente los porcentajes acumulativos en un papel de probabilidad aritmética. Se anotan los valores de ordenadas correspondientes a 97,7% y a 2,3%; la cuarta parte de la diferencia de estos valores es aproximadamente igual al valor de la ordenada correspondiente al 50% en la línea recta[1].

La figura 4 contiene una curva de porcentajes acumulativos para una distribución determinada; los puntos P y Q corresponden, respectivamente, al 2,3% y al 97,7%. Siendo la diferencia entre sus ordenadas:

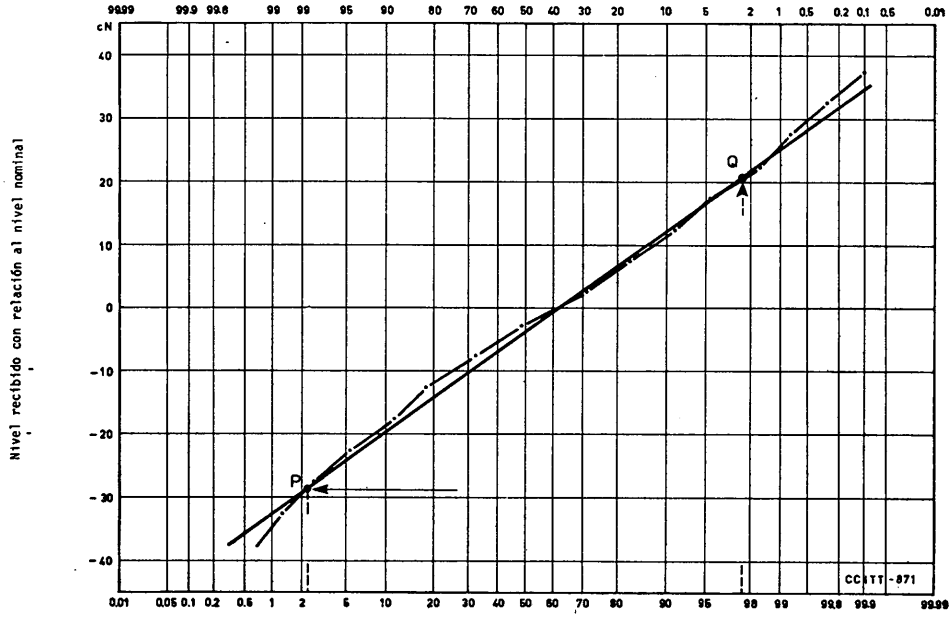
[1] En la práctica, el error no es importante si se utilizan los valores 2% y 98% generalmente indicados en un papel de probabilidad aritmética.

Intervalo en cNp o en dB		Trazos que indican el valor de la diferencia entre el valor medio y el valor nominal por ejemplo, valor medio = -2 dB, valor nominal = -3 dB, siendo la diferencia = -2 -(-3) = +1 dB																				Total de trazos en cada intervalo	Numero del intervalo	Producto de las columnas (4) y (5)	Producto de las columnas (5) y (6)
(1)	(2)	(3)																							
cNp	dB	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100:	(4)	(5)	(6)	(7)
Encima +62,5	Encima +5,43													Suma de esta línea solamente X = 0											
+62.5 to +57.6	+5.43 to +5.00																					0	12	0	0
+57.5 +52.6	+4.99 +4.57	//																				2	11	22	242
+52.5 +47.6	+4.56 +4.14																					0	10	0	0
+47.5 +42.6	+4.13 +3.70	///																				3	9	27	243
+42.5 +37.6	+3.69 +3.27	////																				4	8	32	256
+37.5 +32.6	+3.26 +2.83	𝍸																				5	7	35	245
+32.5 +27.6	+2.82 +2.40	///																				3	6	18	108
+27.5 +22.6	+2.39 +1.96	𝍸	𝍸	//																		12	5	60	300
+22.5 +17.6	+1.95 +1.53	𝍸	/																			6	4	24	96
+17.5 +12.6	+1.52 +1.10	𝍸	𝍸	𝍸	//																	17	3	51	153
+12.5 + 7.6	+1.09 +0.66	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	/														31	2	62	124
+ 7.5 + 2.6	+0.65 +0.23	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	///											48	1	48	48
																								Total	
+ 2.5 − 2.4	+0.22 −0.21	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	.////											49	0	$P = 379$	0
− 2.5 − 7.4	−0.22 −0.64	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	///			88	1	88	88
− 7.5 −12.4	−0.65 −1.08	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	//										52	2	104	208
−12.5 −17.4	−1.09 −1.51	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	//						72	3	216	648
−17.5 −22.4	−1.52 −1.94	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	//														32	4	128	512
−22.5 −27.4	−1.95 −2.38	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	𝍸	///													38	5	190	950
−27.5 −32.4	−2.39 −2.81	𝍸	𝍸	/																		11	6	66	396
−32.5 −37.4	−2.82 −3.25	𝍸	𝍸	𝍸																		15	7	105	735
−37.5 −42.4	−3.26 −3.68	𝍸	𝍸																			9	8	72	576
−42.5 −47.4	−3.69 −4.12	𝍸																				5	9	45	405
−47.5 −52.4	−4.13 −4.55	///																				3	10	30	300
−52.5 −57.4	−4.56 −4.98	𝍸																				5	11	55	605
−57.5 −62.4	−4.99 −5.42	//																				2	12	24	288
Debajo -62,4	Debajo -5,42	//												Suma de esta línea solamente Y = 2								Total $N = 512$		Total $Q = 1123$	Total $B = 7526$

CCITT 20087

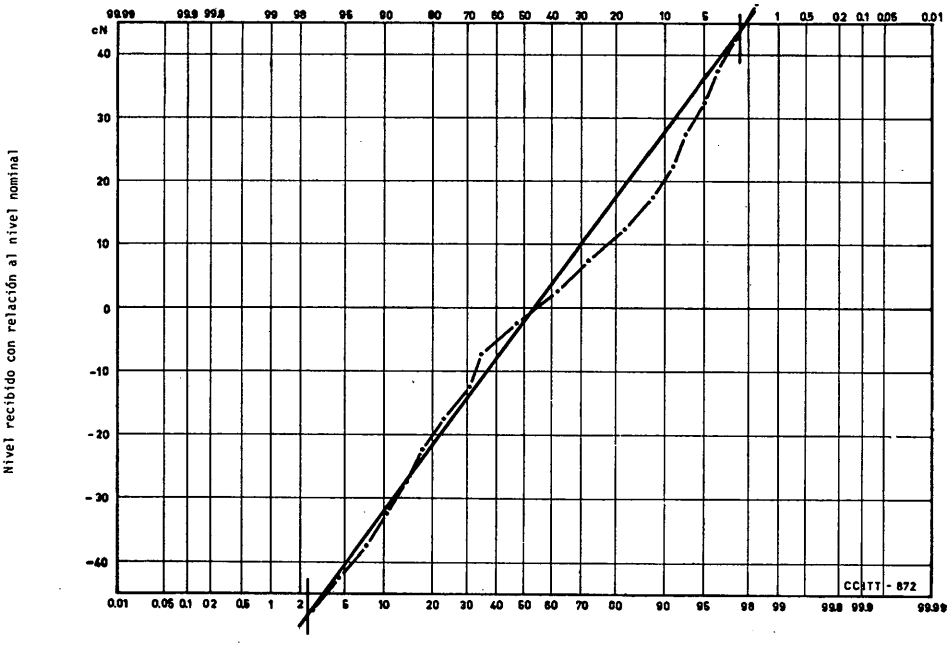
Total de las filas de la columna (4)	Total de la primera y de la última fila de la columna (3)	Diferencia entre los totales P y Q de la columna (6)	Total de las filas de la columna (7)	Desviación media	Media de los cuadros de las desviaciones	Variancia	Desviación típica	% de la muestra en el exterior de la gama
$N = 512$	E = X + Y = 2	$A = P - Q$ = −744	$B = 7526$	$M = \frac{A}{N} = -1.45$ en unidades de transmisión $M \times 5 = -7.25$ cNp $M \times 0.43 = -0.62$ dB	$R = \frac{B}{N} = 14.7$	$V = R - (M)^2$ = 12.6	$S = \sqrt{V} = 3.55$ En unidades de transmisión $S \times 5 = 17.75$ cNp $S \times 0.43 = 1.53$ dB	$= \frac{100E}{E+N}$ = 3.9

FIGURA 3. – **Hoja de resultados de mediciones sistemáticas de transmisión**



Según el método numérico: M = -3,5 cNp = -0,3 dB S = 12,6 cNp = 1,1 dB
Según el método gráfico: M = -3,8 cNp = -0,3 dB S = 12,4 cNp = 1,1 dB

FIGURA 4. — **El método numérico y el método gráfico dan resultados estadísticos similares**



Según el método numérico: M = -3,5 cNp = -0,3 dB S = 21,1 cNp = 1,8 dB
Según el método gráfico: M = -2 cNp = -0,2 dB S = 23 cNp = 2 dB

FIGURA 5. — **El método numérico y el método gráfico dan resultados estadísticos distintos**

$Q - P = 21 - (-28{,}5) = 49{,}5$ cNp, la desviación típica tendrá por valor: 1/4 (49,5) = 12,4 cNp. (Este valor debe compararse con el de 12,6 cNp obtenido mediante un cálculo numérico análogo al anteriormente descrito.)

Se observa que el valor medio de la recta que une los puntos P y Q es de −3,8 cNp, valor que puede compararse con el calculado de −3,5 cNp.

Este método de estimación de los valores medios y de las desviaciones típicas presenta las siguientes ventajas:

a) Requiere menos cálculos;

b) Como sólo interesa la parte central de los resultados (aproximadamente 95%), se excluyen de las estadísticas los resultados marginales, debidos probablemente a errores;

c) Al representar gráficamente la distribución, se puede ver inmediatamente si ésta es normal o no. Si la distribución no es normal en su parte central, cabe pensar que ello se debe a causas no aleatorias, como errores, etc.

Si la distribución es normal o casi normal, el método gráfico da valores suficientemente precisos para M y S, como en la figura 4.

En cambio, si la distribución no es normal, el método gráfico da valores distintos de la media y de la desviación típica de la distribución. Véase, al respecto, la figura 5, en la cual se comprueba una diferencia de 1,5 cNp entre el valor de la media calculado numéricamente según los datos iniciales y el valor calculado según el método gráfico. De igual modo, los valores de la desviación típica difieren en 1,9 cNp. Cabría pensar que se trata de errores; sin embargo, cuando la distribución no es normal, la media y la desviación típica pierden su simplicidad. Por ejemplo, deja de ser verdad que el valor medio de ±1 desviación típica abarca el 68,3% de la distribución. En el caso particular de la figura 5, $-3{,}5 \pm 21{,}1$ cNp engloba el 77%. Naturalmente, es también erróneo indicar los valores de −2 cNp y 23 cNp, pero, en este caso:

a) se sabe que la distribución no es normal;

b) no se ha dedicado mucho tiempo al cálculo.

Suplemento N.º 1.4

MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD

I. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LOS DIAGRAMAS DE CONTROL A LAS MEDICIONES DE MANTENIMIENTO TELEFÓNICO

(Nota conjunta de las Administraciones de Dinamarca, República Federal de Alemania, Noruega y Suecia)

1. *Introducción*

Seguidamente se describe la adaptación del método de los diagramas de control de Shewhart a las mediciones de mantenimiento de circuitos telefónicos internacionales, según la experiencia adquirida durante un periodo de pruebas de más de tres años. Los diagramas de control se combinan con un método de muestreo aleatorio de los circuitos, lo que permite estudiar adecuadamente la calidad de la red con el menor número de mediciones. El método de muestreo se aplica a las mediciones a *una sola frecuencia* en las que reemplaza a las mediciones a intervalos fijos especificados en la Recomendación M.61. Las mediciones a *varias frecuencias* se

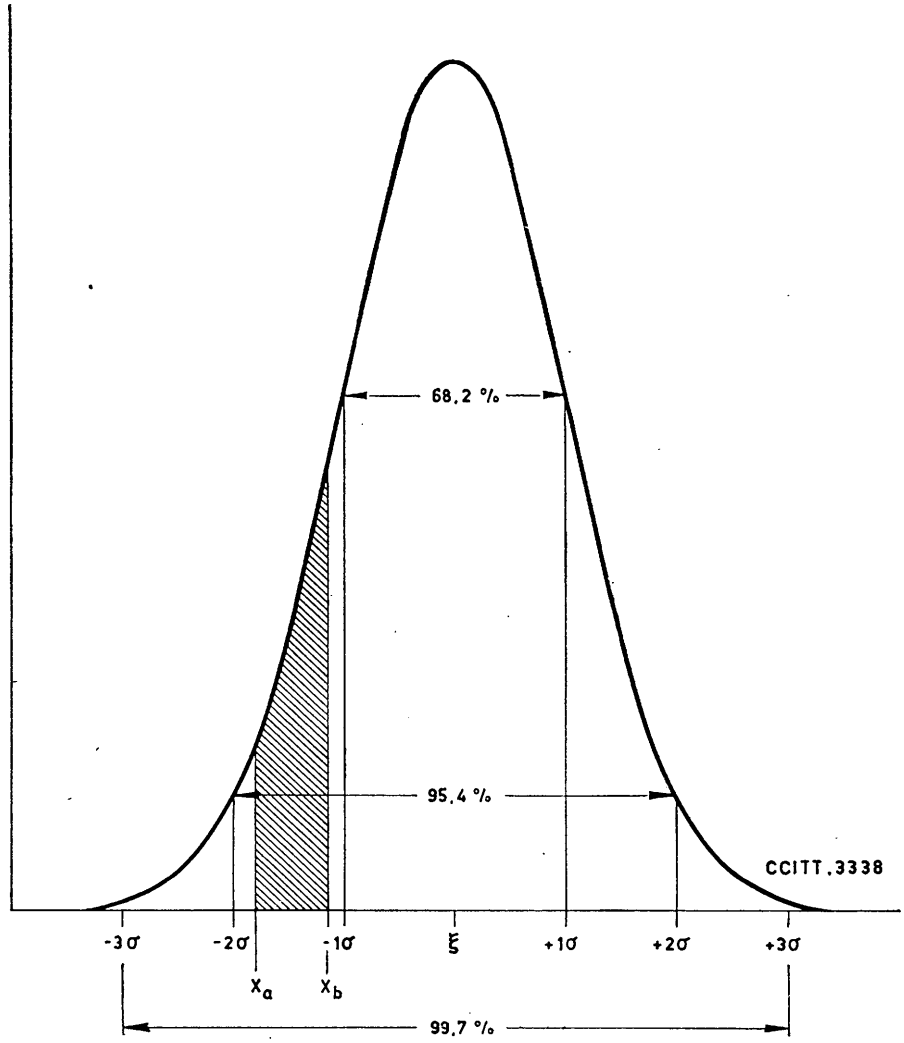


FIGURA 1. – **Distribución normal**

efectúan de conformidad con la Recomendación M.61, en los días elegidos para el mantenimiento periódico de los circuitos internacionales. En lo que atañe al mantenimiento de los enlaces internacionales en grupos primarios y secundarios, el método de los diagramas de control se aplica a las lecturas diarias o semanales del nivel de las señales piloto de referencia.

A continuación, se expone brevemente la teoría de las pequeñas muestras y de su evaluación por medio de diagramas de control. Se tratan también los siguientes puntos: establecimiento y aplicación de un plan de muestreo; orientaciones para la elaboración de un diagrama de control apropiado y para la determinación de los límites de los diagramas de control.

2. *Teoría del muestreo estadístico*

Para facilitar el estudio, la figura 1 ilustra una curva de distribución normal. Esta curva representa la distribución de probabilidad teórica de una magnitud variable x que tiende hacia un valor normalizado o central, el valor medio, y en la que influyen gran número de factores independientes, cada uno de los cuales sólo ejerce un pequeño efecto. La probabilidad, representada por la superficie limitada por la curva, puede variar entre 0 y 1, siendo el total igual a uno o 100%. La probabilidad de que x tenga un valor comprendido en el intervalo $x_a - x_b$ está representada por la parte de esa superficie delimitada verticalmente por las ordenadas correspondientes a esos valores (zona sombreada de la figura 1).

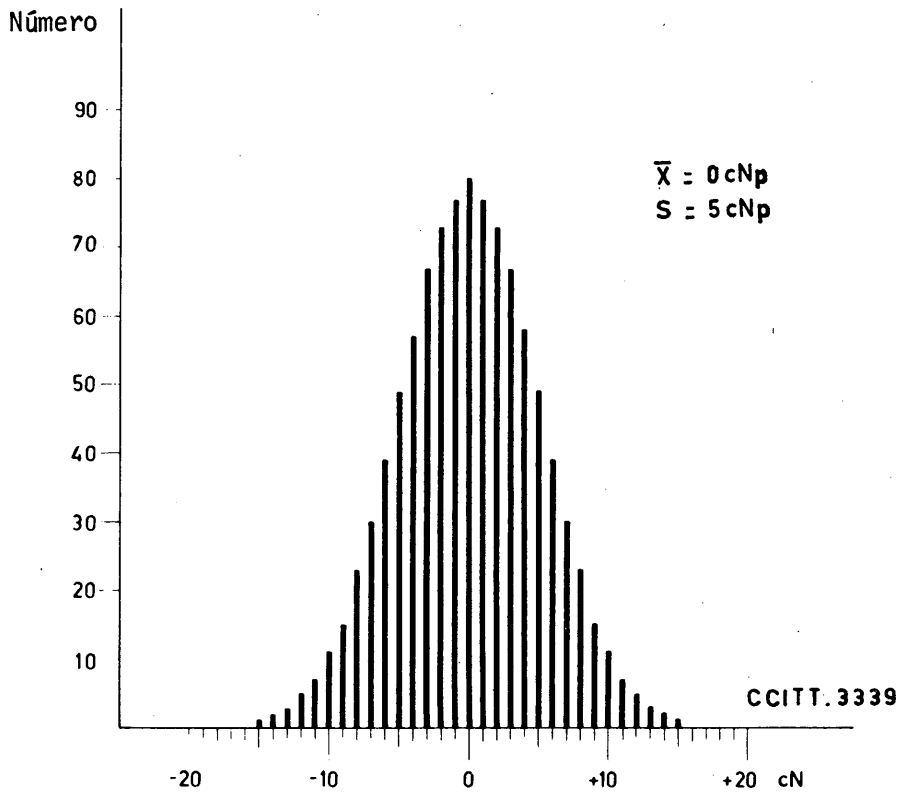


FIGURA 2. – **Distribución teórica de los valores de atenuación**

La curva de distribución normal está completamente definida por dos magnitudes o parámetros, ξ y σ, que representan, respectivamente, el valor medio y la desviación típica de x. (Se utilizan habitualmente letras griegas para representar magnitudes teóricas; ξ y σ corresponden a los símbolos $\bar{x}$ (x sobrerrayado) y s, que sirven normalmente para designar el valor medio y la desviación típica de una distribución empírica). La superficie de distribución normal es simétrica con respecto del valor medio, con 68,2% entre los valores $-\sigma$ y $+\sigma$, o una desviación típica a cada lado de la media; 95,4% entre dos desviaciones típicas y, a efectos prácticos, 99,7%, es decir, prácticamente, la totalidad de la zona con tres desviaciones típicas a cada lado de la media.

2.2 *Control por medio de pequeñas muestras*

El diagrama de columnas de la figura 2 está basado en la distribución normal; ilustra un gran número de valores de atenuación con una desviación típica de 5 cNp con relación a un valor medio de 0 cNp. De esta población teórica se han sacado, por selección aleatoria, 25 muestras, cada una de ellas constituida por cuatro observaciones $x_1 - x_4$. Para cada muestra se ha calculado el valor medio $\bar{X}$ y la diferencia entre el mayor y el menor valor observado (extensión), representada por R. Los resultados del muestreo se representan en el cuadro 1.

Si para empezar se consideran solamente los valores medios, se observa que los mismos varían, pero que se agrupan en torno al valor medio verdadero $\bar{x}$, que es igual a cero. No es posible a base de una muestra particular obtener datos precisos sobre la población de la que se ha extraído. Esto se aplica, por supuesto, a toda muestra constituida a base de un pequeño número de observaciones. Sin embargo, las variaciones entre muestras sucesivas presentan cierta regularidad, ya que puede demostrarse que los valores medios de las muestras aleatorias sacadas de una población de distribución normal con los parámetros ($\bar{x}$, s)), tienen a su vez una

CUADRO 1

RESULTADOS OBTENIDOS CON 25 MUESTRAS ALEATORIAS

Número de la muestra	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{X}$	R
1	−5	1	0	6	0,5	11
2	−11	7	0	8	1,0	19
3	5	−2	2	7	3,0	9
4	−4	3	5	−3	0,3	9
5	0	−2	−2	−2	−1,5	2
6	4	−4	−7	1	−1,5	11
7	−3	−1	−3	6	−0,3	9
8	−1	−2	−2	−10	−3,8	9
9	−3	3	4	−3	0,3	7
10	0	−1	3	−5	−0,8	8
11	2	2	−4	−1	−0,3	6
12	2	0	0	9	2,8	9
13	0	−3	3	−3	−0,8	6
14	−7	3	14	4	3,5	21
15	−9	2	6	0	−0,3	15
16	−3	3	3	−1	−1,0	6
17	−3	8	2	7	3,5	11
18	−9	−3	−5	−3	−5,0	6
19	5	−3	−8	−1	−1,8	13
20	3	−4	−1	−2	−1,0	7
21	−6	−2	3	−1	−1,5	9
22	2	0	13	−1	3,5	14
23	−2	9	−7	8	2,0	16
24	−7	12	−1	−5	−0,3	19
25	3	−1	5	−6	0,3	11

distribución normal con los parámetros $(\bar{x}, s/\sqrt{n})$, siendo n el tamaño de la muestra. Este hecho se ilustra en la figura 3, en la que se comparan las distribuciones de probabilidad de las medias para varios valores de muestras con la distribución de la población de la que se sacaron las muestras.

Los valores medios de cada muestra caerán, por lo tanto, con una probabilidad de 99,7% dentro de los límites definidos por la relación $\bar{x} \pm \frac{3s}{\sqrt{n}}$, mientras no se modifique la población de la que se sacaron las muestras. El hecho de que la media de una muestra caiga fuera de esos límites indica, casi con certeza, que se ha producido un cambio, ya que la probabilidad teórica de aparición de tal valor es de 0,3% (tres por mil) únicamente.

Si hay que controlar un proceso desde el punto de vista del valor medio de un producto por medio de pequeñas muestras, se puede utilizar un *diagrama de control de* $\overline{X}$ como el de la figura 4 para evaluar las muestras. Este diagrama se ha trazado para controlar el equivalente de un conjunto de circuitos a base de una desviación típica de 5 cNp a ambos lados del valor cero con relación al equivalente nominal. Las líneas LCS y LCI en la parte izquierda del formulario representan, respectivamente, el límite de control superior y el *límite de control inferior*. Se han trazado a distancias correspondientes a $\pm 3 \frac{5}{\sqrt{4}} = \pm 7{,}5$ cNp (valor de la muestra n = 4), con relación a una línea central que representa la media prevista. Las medias de muestras del Cuadro 1 se han pasado a este diagrama de control. Se observa que se distribuyen en números aproximadamente iguales a uno y otro lado de la línea central, con frecuentes cambios de dirección de las líneas trazadas entre los puntos. Es de esperar que se mantenga este aspecto general del diagrama de control, mientras el proceso controlado no sufra cambios. En este caso, se dice que el proceso se halla en un estado de control estadístico.

Además del diagrama de valores medios, se necesita generalmente otro diagrama para controlar la dispersión (desviación típica) en torno a la media. El cálculo de la desviación típica incluso para una muestra muy pequeña (cuatro observaciones) es muy laborioso, por lo cual suele utilizarse en su lugar la extensión de las muestras R. El diagrama se transforma entonces en un *diagrama de control de R*, cuyos límites se trazan a base de la distribución teórica de la extensión de las muestras.

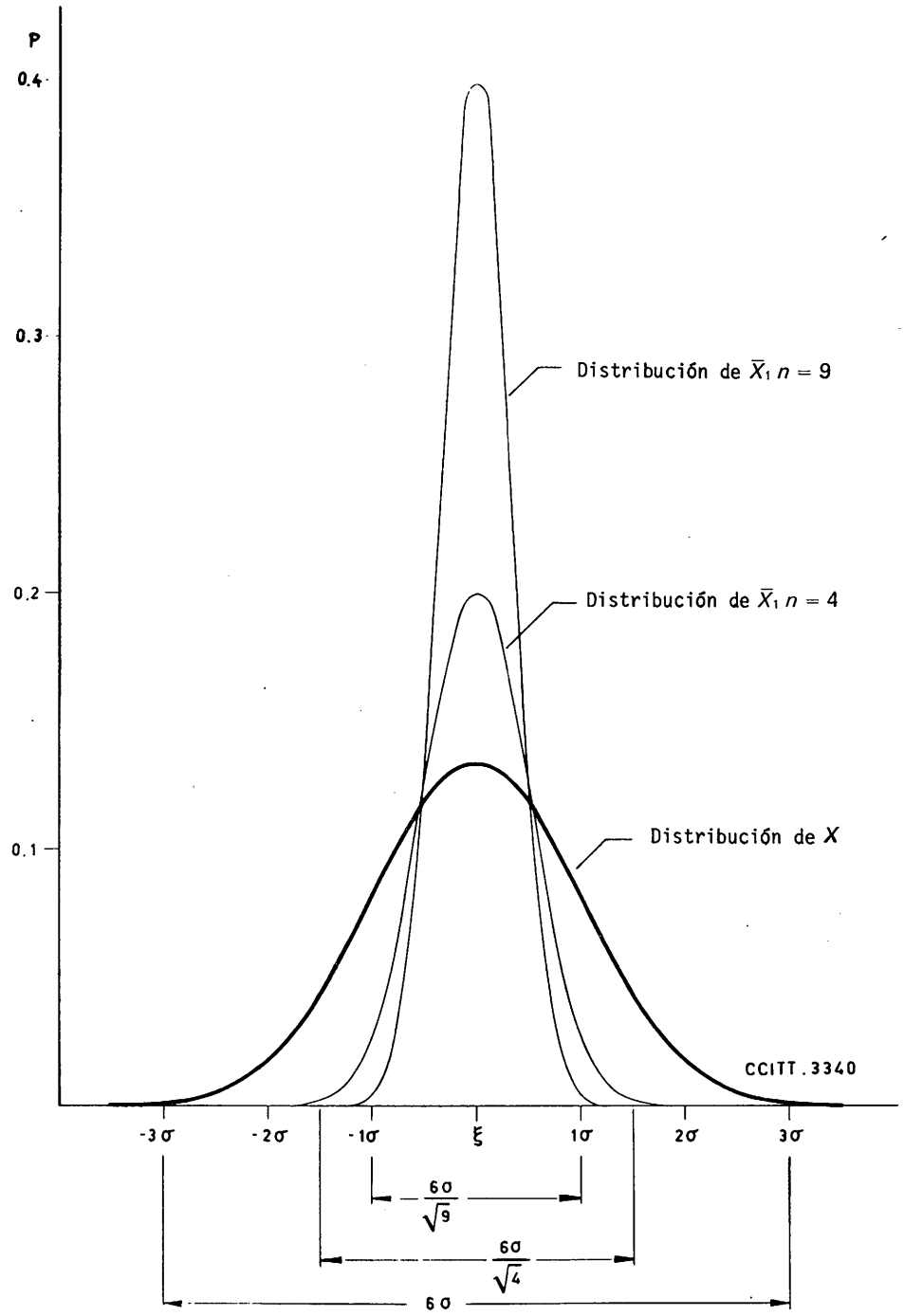


FIGURA 3. – **Distribución de las diversas observaciones (trazo grueso) y de los valores medios (trazo fino)**

Estación directora: _____

(Tramo)

Objeto: Atenuación del circuito

Valor de la muestra $\eta = 4$

Desviación típica teórica $\sigma \leqslant 5$ cNp

n	Límites de control ($\sigma = 1$) Diagrama X LCS/LCI	Límites de control ($\sigma = 1$) Diagrama R LCS	Mediana Diagrama R
2	±2,1	3,7	1,1
3	±1,7	4,4	1,7
4	±1,5	4,7	2,1
5	±1,3	4,9	2,3
6	±1,2	5,1	2,5

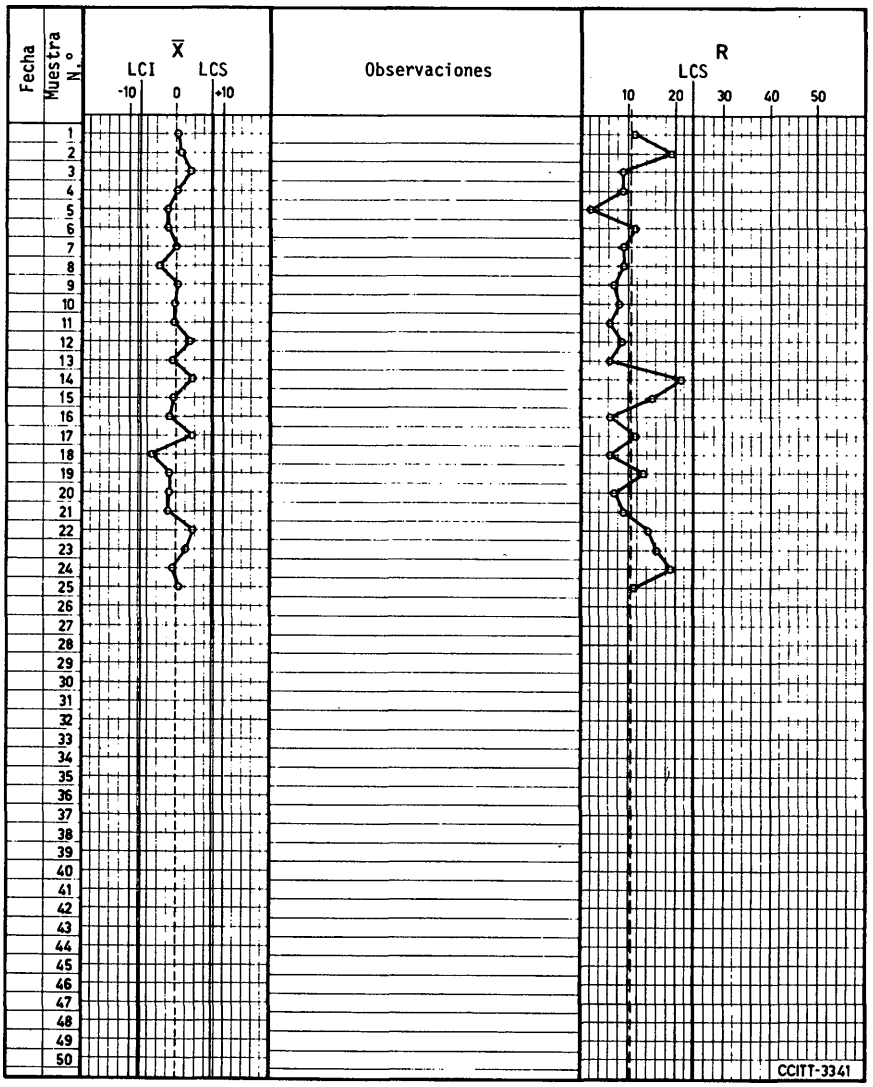


FIGURA 4. – **Diagrama de control de $\bar{X}$ y de R**

La parte derecha de la figura 4 representa un diagrama de control de R combinado con el diagrama de control de $\bar{X}$. En la parte superior del formulario figuran todos los coeficientes necesarios para determinar los límites de control. Los coeficientes relacionados con estos límites de control corresponden a los factores denominados generalmente A y D_2 en los cuadros de la mayoría de las obras sobre control estadístico de la calidad. Aparte de los factores de límite de control, un coeficiente, denominado convencionalmente d_2, permite trazar una línea central en el diagrama de control R.

En un diagrama de control de R trazado para una desviación típica de 5 cNp con $n = 4$, el límite superior de control se situará en 5 x 4,7 = 23,5 cNp, y la línea central en 5 x 2,1 = 10,5 cNp. En el diagrama de control de R de la figura 4, las extensiones de las muestras del Cuadro 1 están en el mismo orden que las medias de muestra correspondientes; la observación relativa a la tendencia general del diagrama de control de $\bar{X}$ es también válida en este caso.

3. *Aplicación práctica de los métodos de muestreo y de los diagramas de control al mantenimiento de los circuitos internacionales*

3.1 *Plan de muestreo y formulario utilizado*

En esta descripción de un método práctico de aplicación del muestreo se han observado las reglas generales siguientes:

1. El número de mediciones necesarias para constituir una muestra es de cuatro. Se obtiene este valor de muestra escogiendo dos circuitos y combinando los cuatro valores de atenuación (dos para cada sentido de transmisión).
2. El muestreo es aleatorio, es decir que la probabilidad de medida es la misma en todos los circuitos.
3. Se determina el número de muestras estipulando que cada circuito debe medirse por término medio cierto número de veces por año, por ejemplo, tres veces.
4. Las mediciones de muestras deben hacerse a intervalos regulares.

Para facilitar la especificación de las muestras, se puede utilizar un plan de muestreo como el de la figura 5, en el que los circuitos se inscriben en un orden preferido cualquiera y se atribuye un número de orden a cada circuito con miras a la selección. Las mediciones pueden abarcar series de más de 100 circuitos, a condición de que se utilicen dos o tres formularios para enumerarlos; la numeración de los circuitos de la segunda lista comienza por 101, etc. Se calcula entonces el número de muestra y se establece una distribución mensual apropiada. Pueden prepararse entonces las muestras, tomando del cuadro pares de números aleatorios e inscribiendo las designaciones de los circuitos correspondientes.

El cuadro 2 es un extracto de un cuadro de números aleatorios de muestreo. Estos cuadros suelen estar constituidos por filas y columnas de números de dos o cuatro cifras. Pueden leerse fila por fila o columna por columna tomando una, dos o más cifras a la vez según sea necesario.

CUADRO 2

NÚMEROS ALEATORIOS DE MUESTREO

0597	0344	9649	8713	0169
7807	8948	2297	6814	6988
2408	1832	5417	1047	6205
0262	5696	6158	4050	7094
6585	7169	3100	0329	9617

Plan de muestreo
Tramo: Köbenhavn-Hamburg

Estación directora: Köbenhavn
Grupos primarios directos

Circuitos que hay que medir. por término medio: (veces por año) 3

Número de circuitos en una muestra: 2

Número total de circuitos: 72

Número de muestras por mes $\frac{72 \times 3}{2 \times 12} = 9$

Atribución de muestras

Día Semana	L	M	M	J	V
1		4			
2					
3		5			
4					

Lista de circuitos

Número de orden	Número del circuito	Número de orden	Número del circuito	Número de orden	Número del circuito	Número de orden	Número del circuito
01	Z 46	26	Z 68	51	Z 94	76	
02	38	27	70	52	96	77	
03	48	28	110	53	98	78	
04	26	29	112	54	100	79	
05	50	30	114	55	102	80	
06	34	31	116	56	104	81	
07	36	32	30	57	106	82	
08	40	33	72	58	108	83	
09	42	34	6	59	M 2	84	
10	44	35	32	60	Z 118	85	
11	28	36	74	61	120	86	
12	2	37	52	62	122	87	
13	4	38	54	63	124	88	
14	8	39	56	64	126	89	
15	10	40	58	65	128	90	
16	12	41	60	66	130	91	
17	14	42	76	67	132	92	
18	16	43	78	68	134	93	
19	18	44	80	69	136	94	
20	20	45	82	70	138	95	
21	22	46	84	71	140	96	
22	24	47	86	72	142	97	
23	62	48	88	73		98	
24	64	49	90	74		99	
25	66	50	92	75		00	

FIGURA 5. — **Plan de muestreo**

Según el cuadro 2, leyendo las cifras columna por columna y haciendo caso omiso, en este jemplo, de los números superiores a 72, las nueve muestras requeridas para un mes por el plan de muestreo de la figura 5 estarán compuestas como sigue:

Muestra aleatoria

N.º	Números	Circuitos
1	05	Kh-Hmb Z 50
	24	Kh-Hmb Z 64
2	02	Kh-Hmb Z 38
	65	Kh-Hmb Z 128
3	07	Kh-Hmb Z 36
	08	Kh-Hmb Z 40
4	62	Kh-Hmb Z 122
	03	Kh-Hmb Z 48
5	18	Kh-Hmb Z 16
	56	Kh-Hmb Z 104
6	71	Kh-Hmb Z 140
	44	Kh-Hmb Z 80
7	48	Kh-Hmb Z 88
	32	Kh-Hmb Z 30
8	69	Kh-Hmb Z 136
	22	Kh-Hmb Z 24
9	54	Kh-Hmb Z 100
	61	Kh-Hmb Z 120

Estación directora: Köbenhavn

Formulario de muestra
Circuitos internacionales

Fecha 196 .

Tramo: Köbenhavn-Hamburg

Cifras aleatorias	Designación del circuito	Desviación respecto de la atenuación nominal	
		Recepción	Extremo distante
05	Kh-Hmb Z50		
24	Kh-Hmb Z64		
	Suma		
	Media ($\overline{X}$)		
	Extensión (R)		

FIGURA 6. – **Formulario de muestra**

La preparación termina con la inscripción de los circuitos elegidos en formularios de muestra como el de la figura 6.

El plan de muestreo para cada trayecto debiera comprender circuitos de constitución uniforme, a base de una clasificación general como la siguiente:

- circuitos en grupos primarios directos,
- otros circuitos.

Por razones de orden práctico, puede ser cómodo hacer distinciones suplementarias, por ejemplo, según que exista o no una regulación automática de grupo primario o, en el caso de series importantes, según los sistemas utilizados, por ejemplo, sistemas de cable o sistemas de relevadores radioeléctricos.

El plan de muestreo debe mantenerse al día de acuerdo con los cambios en el número de circuitos de la arteria en cuestión.

Cuando hay que llevar a cabo las mediciones especificadas en un formulario de muestra, se inscriben en él los cuatro valores del equivalente expresados en forma de desviaciones con relación al valor nominal, y se calculan la desviación media ($\overline{X}$) y la extensión (R).

3.2 *El diagrama de control*

Los resultados de las mediciones de muestran deben inscribirse en los diagramas de control combinados X/R tipo Shewhart, como el que ilustra la figura 4. Si la media y la extensión caen entre los límites de control o sobre los mismos, no ha lugar a modificación alguna. Si uno de los valores, o ambos, están fuera de estos límites, es prácticamente seguro que ello se debe a una causa determinada, que convendrá identificar y suprimir.

La posición de los *límites de control* en el diagrama debe ser tal que puedan tomarse medidas correctivas, de ser posible antes de que los circuitos del enlace en cuestión rebasen los *límites de tolerancia*. En consecuencia, los límites de control deben establecerse de modo que correspondan a un valor de la desviación

típica inferior a la desviación típica de la tolerancia especificada. En el punto 1 de la Recomendación M.16 del *Libro Blanco* se indican las condiciones estipuladas en el pasado para el equivalente de los circuitos internacionales:

"1. *Variaciones del equivalente de los circuitos en función del tiempo*

1.1 *En todos los circuitos*, la diferencia entre el valor medio y el valor nominal del equivalente no debe exceder de 0,6 dNp o 0,5 dB.

1.2 *En los circuitos de categoría A* en los que se seguirá utilizando durante algún tiempo equipo de tipo antiguo, hay que tomar como objetivo los siguientes valores:

a) En un circuito establecido en un solo canal de un grupo primario, la desviación típica de la variación de equivalente entre los puntos de acceso para las mediciones en este circuito no debe exceder de 1,15 dNp o 1,0 dB.

b) En un circuito establecido en los canales de dos grupos primarios o más en tándem, la desviación típica de la variación de equivalente entre los puntos de acceso para las mediciones en este circuito no debe exceder de 1,73 dNp o 1,5 dB.

1.3 *En todos los circuitos en los que se utilice equipo moderno y, en general, en los circuitos de categoría B*, el objetivo es que la desviación típica de la variación de equivalente no exceda de 1,15 dNp o 1,0 dB.

Se deja a discreción de las administraciones la elección del método que ha de utilizarse para alcanzar estos objetivos (mejora del mantenimiento, empleo de reguladores automáticos, etc.)."

En lo que concierne a la determinación de los límites de control, ello significa que la variación del equivalente de los circuitos internacionales debe estar comprendida en una gama centrada en cero, con límites de tolerancia situado a tres desviaciones típicas de los límites especificados para el valor medio del equivalente, es decir:

$$\pm 0{,}6 \pm (3 \times 1{,}15) = \pm 4{,}05 \text{ dNp, y}$$
$$\pm 0{,}6 \pm (3 \times 1{,}73) = \pm 5{,}79 \text{ dNp,}$$

correspondientes, respectivamente, a las desviaciones típicas de 1,35 dNp y 1,93 dNp. Sobre esta base, conviene establecer para los diagramas de control límites que correspondan a desviaciones típicas de 1,4, 1,0, 0,7 ó 0,5 dNp, por ejemplo, según las posibilidades de la arteria (que dependen de su longitud, complejidad, tipo de equipo, etc.), a fin de que el personal de mantenimiento pueda tomar medidas correctivas, de ser posible antes de que las modificaciones eventuales de las características de transmisión alcancen tal amplitud que se rebasen los límites de las tolerancias.

4. *Aplicación del método del diagrama de control a la medición de las señales piloto de referencia*

Para asegurar la estabilidad especificada para los enlaces en la Recomendación M.18, o una regulación satisfactoria en caso de utilizarse un equipo de regulación automática, se aplica el método de diagrama del control a la supervisión de los enlaces en grupo (primario y secundario), en una forma similar a la descrita precedentemente.

Como las señales piloto de referencia se miden a intervalos determinados, no es necesario muestreo alguno, y conviene aplicar el siguiente método.

1. Las señales piloto se agrupan en combinaciones adecuadas. Por ejemplo, las cinco señales piloto de grupo primario provenientes de un grupo secundario constituyen una combinación normal.

2. A base de la lectura a intervalos regulares de los niveles de las señales piloto de referencia, se calculan la media y la extensión y se inscriben en diagramas de control de $\bar{X}/R$ distintos para cada combinación. Los límites de control se fijan de conformidad con la Recomendación M.18 o, según los casos, teniendo en cuenta la calidad especificada para el equipo de regulación. De acuerdo con los diagramas de control, se toman las disposiciones necesarias para corregir los niveles que podrían dar lugar a un rebasamiento de los límites de control del diagrama.

5. *Bibliografía*

Las obras y artículos siguientes han inspirado y facilitado en gran medida la aplicación y adaptación, por nuestras administraciones, del método de los diagramas de control al mantenimiento de la transmisión telefónica.

1. J.B. PRINGLE y G. GAUDET: A statistical approach to telephone transmission maintenance; *Communication and Electronics*, N.º 33, noviembre de 1957.
2. A.M. GERVAISE: La gestion de la qualité; *Câbles et transmission*, N.º 1, enero de 1959.
3. H.J. JOSEPHS y R.A. HASTIE: Operational research in the Post Office, Parte Primera – Sampling by random numbers; *The Post Office Electrical Engineers' Journal*, N.º 1, abril de 1957.
4. M.J. MORONEY: *Facts from figures;* Penguin Books, London, 1953.
5. A. HALD: *Statistical theory with engineering applications*. John Wiley and Sons, New York, 1960.
6. W. UHLMANN: Statistische *Qualitätskontrolle*; B.G. Teubner Verlagsgessellschaft, Stuttgart, 1966.

II. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE TRANSMISIÓN DE LOS CIRCUITOS Y DE LAS COMUNICACIONES TELEFÓNICAS

(Nota de la American Telephone and Telegraph Company)

1. *Consideraciones generales*

Desde hace varios años, la American Telephone and Telegraph Company utiliza un método especial para evaluar la calidad de transmisión obtenida en los circuitos de su red nacional. Ese método, descrito en el Suplemento N.º 27 del tomo IV del *Libro Azul*, se basa en el análisis estadístico de las desviaciones medidas con relación a la atenuación nominal o a la atenuación del circuito prevista para la frecuencia de 1000 Hz. La aplicación de ese método y de las correspondientes medidas correctivas han dado como resultado la continua mejora de la calidad de transmisión de los circuitos, hasta el punto de que los resultados obtenidos con el sistema Bell han sido mejores que el objetivo de 1,0 dB (desviación típica).

El análisis de los resultados ha demostrado que, aunque se ha alcanzado efectivamente el valor deseado para la desviación típica, gran número de circuitos presentan aún desviaciones excesivas y que, sin duda, las partes extremas de la distribución deben aún mejorarse. Dicho de otro modo, la distribución de las desviaciones no es normal. Los cálculos estadísticos que requiere ese método son, además, complicados, llevan mucho tiempo al personal encargado de los mismos, y – como hemos podido comprobar – plantean numerosas dificultades a ese personal.

Hemos observado, además, que la evaluación de las desviaciones con relación al valor nominal de la atenuación de los circuitos no define completamente la calidad de transmisión de las comunicaciones, tal como la aprecian los abonados. En consecuencia, la American Telephone and Telegraph Company se ha propuesto elaborar un método global para evaluar la calidad de transmisión de las comunicaciones que se ofrece a los abonados. Cuando se aplique íntegramente, el nuevo sistema permitirá evaluar, no sólo la calidad de transmisión de los circuitos, sino también la de las líneas de abonado y la de varios circuitos interconectados (comunicaciones). El nuevo sistema permitirá asimismo juzgar si las características de concepción de los circuitos son adecuadas desde el punto de vista de la transmisión y del mantenimiento, y tendrá en cuenta el ruido medido tanto en los circuitos como en las líneas de abonado.

Los resultados obtenidos con la aplicación de ese plan global se expresarán mediante un índice numérico que se denominará "índice de calidad de transmisión". Este índice será la resultante de distintos índices componentes que traducirán la influencia de los distintos factores que integran el índice global. Algunos de esos componentes ya se aplican, y otros están es estudio o se prevén para el futuro.

He aquí la lista de los distintos índices componentes:

1. Índice de evaluación de la comunicación,
2. Índice de transmisión de la instalación de abonado,
3. Índice de las características nominales de la transmisión por el circuito,
4. Índice de mantenimiento para la transmisión por el circuito.

La aplicación del índice de mantenimiento para la transmisión sustituye al método descrito en el Suplemento N.º 27, parte III del tomo IV del *Libro Azul* del C.C.I.T.T.

A continuación, se hace un breve estudio de cada uno de los índices componentes:

1.1 *Índice de evaluación de la comunicación*

Se procede a evaluaciones de la comunicación mediante mediciones de transmisión en muestras de llamadas. Como en esas llamadas intervienen todos los elementos de que depende la comunicación, a excepción de las líneas y de las estaciones de abonado, proporcionan una indicación válida de la calidad de transmisión de los circuitos interconectados.

Las llamadas utilizadas como muestra, en las que se basan las evaluaciones, se transmiten a partir de una línea corta, desde la central que se evalúa, con destino a estaciones telefónicas de prueba conectadas a centrales urbanas distantes, que se obtienen automáticamente o por conducto de operadoras. Las centrales urbanas distantes y los tipos de llamada se eligen de acuerdo con las tendencias de los usuarios cuando estos piden comunicaciones. Con esas llamadas se pueden hacer 50 observaciones de la atenuación a 1000 y 50 observaciones del ruido.

Cada central urbana (centro de concentración de líneas) es objeto de una evaluación anual, a excepción de las pequeñas centrales urbanas (que dan servicio a menos de 2000 estaciones principales), que sólo se evalúan una vez cada dos años. Los resultados de las evaluaciones se combinan según una base ponderada, a fin de obtener un índice por circunscripción administrativa.

1.2 *Índice de transmisión de la instalación de abonado*

Se estudia actualmente el establecimiento de este índice. Se prevé que estará integrado por dos componentes: una para medir el grado de concordancia con las reglas relativas a la resistencia nominal, y la otra para medir la concordancia con los requisitos que deben observarse en cuestión de ruido.

Se está examinando el método que debe aplicarse para la primera de esas mediciones; en cuanto al grado de concordancia con los objetivos de ruido, se determinará a base de muestras por mediciones anuales en cada centro urbano. Las mediciones se harán en el extremo "central" de los pares de cables escogidos, con el aparato de abonado en la posición "descolgado". Se resumirán y evaluarán las mediciones por una fórmula, a fin de obtener una estimación del número de pares de alto nivel de ruido. Se prevé aplicar este índice en 1968.

1.3 *Índice de las características nominales de la transmisión por el circuito*

Se está ultimando la preparación de los elementos de base de este índice. Una vez establecido, se espera que permita medir la calidad de transmisión de los circuitos, desde los puntos de vista siguientes: objetivos de atenuación, de ruido y de adaptación. Las evaluaciones se fundarán en mediciones hechas en el momento de poner los circuitos en servicio.

1.4 *Índice de mantenimiento para la transmisión por el circuito*

Este índice estará constituido por tres componentes, dos de las cuales se utilizan ya. La tercera se aplicará en 1968.

1.4.1 *Componente de mantenimiento para la atenuación*

La parte del índice correspondiente al control de las desviaciones de atenuación se subdivide en dos partes:

a) circuitos sin amplificación o provistos de repetidores de impedancia negativa;

b) circuitos de corrientes portadoras o provistos de repetidores de otros tipos.

Las mediciones de atenuación a 1000 Hz se efectúan en cada circuito a intervalos de tiempo determinados según el tipo del sistema en el que se haya establecido el circuito. Los resultados de las mediciones se comparan con los valores nominales, y las desviaciones indican si deben adoptarse medidas correctivas. Antes de cualquier corrección, se hace una recapitulación de las desviaciones, a fin de especificar la componente "atenuación" del índice de mantenimiento para la transmisión.

1.4.2. *Componente de mantenimiento para el ruido*

La parte del índice de mantenimiento para la transmisión destinada al control de las desviaciones del ruido exige medir cada circuito por lo menos una vez al año.

Para cada circuito, se fija un límite de mantenimiento para los valores de ruido, en función de la longitud y de la composición del circuito. Se comparan los resultados de medida con los límites de mantenimiento, para ver si deben introducirse correcciones. Se determina el número de mediciones cuyos resultados rebasan los límites de mantenimiento, a fin de hallar la componente "ruido" del índice de mantenimiento para la transmisión.

1.4.3. *Componente de mantenimiento para la adaptación*

Esta componente del índice de mantenimiento para la transmisión por el circuito ha sido establecida recientemente; sirve para determinar si se mantienen las condiciones de adaptación en las centrales interurbanas en dos hilos.

2. *Método de recapitulación de los resultados*

Al recapitular los resultados de las mediciones de transmisión, se obtiene una distribución que puede definirse estadística o gráficamente. Se ha adoptado un nuevo procedimiento en el que intervienen métodos gráficos, que se considera eficaz para definir la calidad de las operaciones de mantenimiento para la transmisión por los circuitos. A continuación, se ilustra este método, aplicado al índice de mantenimiento para la transmisión.

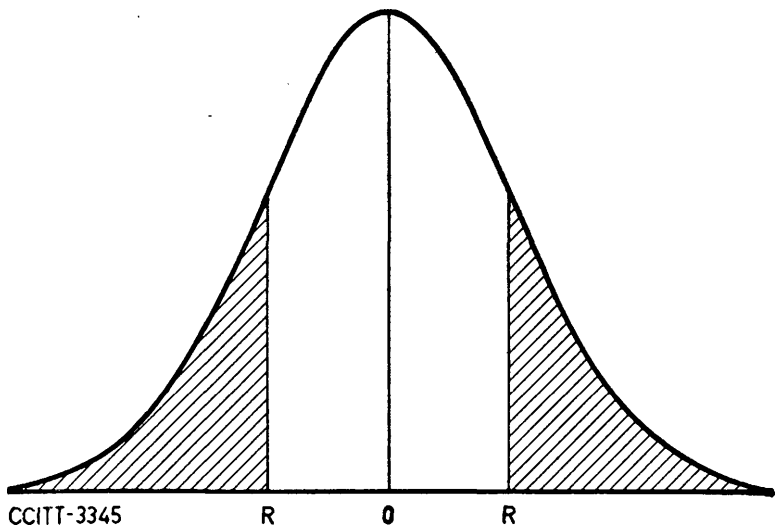


FIGURA 1. – **Distribución de las desviaciones de atenuación – Circuitos sin amplificación o con repetidores de impedancia negativa**

En la práctica, no se traza realmente la curva. Sus puntos se definen mediante el cómputo del número de desviaciones que rebasan los valores de referencia especificados.

La figura 1 representa una distribución normal de las desviaciones de atenuación puesta de manifiesto por las mediciones hechas en circuitos con repetidores de impedancia negativa y en circuitos sin amplificación. Habiéndose fijado el valor de referencia R en $\pm 0{,}7$ dB, el porcentaje de las desviaciones que rebasan 0,7 dB será superior al normal. Si el valor medio de las desviaciones es significativo, aumentará el porcentaje de las desviaciones superiores a 0,7 dB.

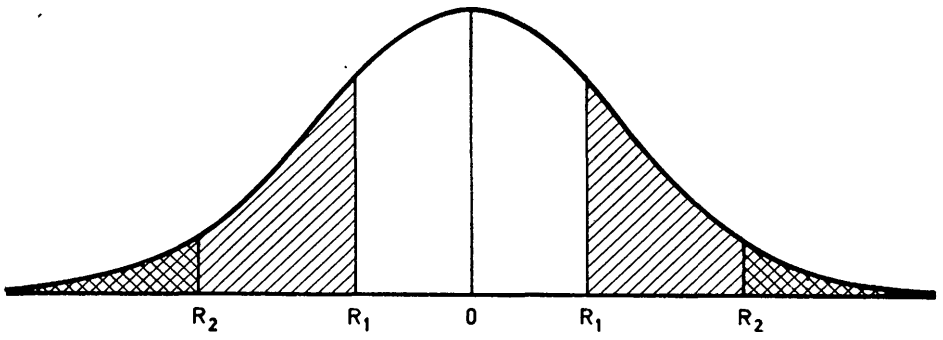


FIGURA 2. – **Distribución de las desviaciones de atenuación – Circuitos de corrientes portadoras y con repetidores de tipo distinto de impedancia negativa**

La figura 2 representa una distribución normal de las desviaciones de atenuación, puesta de manifiesto por las mediciones hechas en circuitos de corrientes portadoras y con repetidores de tipo distinto de los de impedancia negativa. Debido a la mayor dispersión de las desviaciones de atenuación de estos circuitos, se han escogido dos valores de referencia R_1 y R_2 ($\pm 0{,}7$ dB y $\pm 1{,}7$ dB), con objeto de obtener una medida más precisa de la distribución.

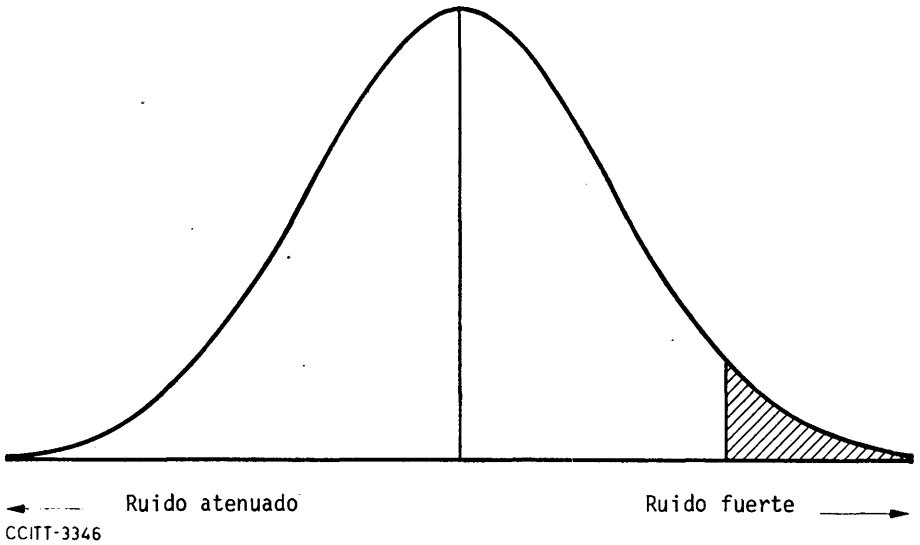


FIGURA 3. – **Distribución de las desviaciones de ruido**

La figura 3 representa una distribución típica de las desviaciones de ruido, medida con relación a los límites de mantenimiento en circuitos de distintos tipos, habida cuenta del sistema de transmisión y de su longitud. La superficie sombreada corresponde a los resultados de medida que rebasan los límites de mantenimiento, y el resto de la curva muestra la distribución de los demás resultados de medida con relación a los correspondientes límites de mantenimiento.

En cada caso, a efectos de aplicación de los índices, los porcentajes de los resultados de medida que rebasan los valores de referencia se han convertido directamente en valores de índice. Se utilizan para ello tablas de índices establecidas con arreglo a una escala de 100.

III. APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD

(Nota de la N.T.T. del Japón)

La aplicación de nuestro método de control de calidad a las líneas interurbanas ha desempeñado un papel primordial en el control de la calidad de transmisión y de la estabilidad de las conexiones. En el presente documento, se describen someramente los principios y la aplicación práctica de nuestro método, en el que se utiliza, para las líneas interurbanas, nuestro equipo ATME (equipo automático de pruebas y de medida de la calidad de transmisión de las líneas interurbanas)[1]. El principio fundamental de este método consiste en la aplicacón de técnicas estadísticas de control de calidad al control de calidad de la transmisión. El objetivo es reducir la mano de obra necesaria para medir la calidad de los circuitos, y los trabajos de corrección que hayan de efectuarse, manteniendo al mismo tiempo en el nivel deseado la calidad de los circuitos interurbanos. Se espera, además, que el método pueda adaptarse a las mejores normas de calidad de las líneas interurbanas previsibles en el futuro.

En Japón se había adoptado el método clásico de las pruebas para el control de calidad mucho antes de que construyera el ATME. Las pruebas y mediciones se hacían manualmente a base de un muestreo. Ahora bien, la experiencia ha demostrado que era difícil asegurar la estabilidad de la transmisión mediante ese método de control de calidad. Las investigaciones llevadas a cabo demostraron que la desviación cuadrática media del equivalente de todos los circuitos era de 1,6 dB, o de unos 0,2 Np por término medio, y de 1,3 a 1,5 dB, o unos 0,16 Np, en las secciones de circuitos, incluso si estaban provistas de dispositivos de control automático de ganancia en grupos secundarios.

Por otra parte, el número de circuitos directos automáticos (selección directa por el abonado) se ha desarrollado enormemente con la rápida extensión de este servicio en el plano nacional. Además, el control de la calidad de las líneas interurbanas, antes de ponerlas a disposición de los abonados, no es ya posible, de igual modo que las mediciones de control de calidad en la mayoría de los circuitos interurbanos. A fines de 1967, el número de circuitos automáticos era de unos 370 000, representando el servicio sin demora el 85,1% del tráfico en todo el país.

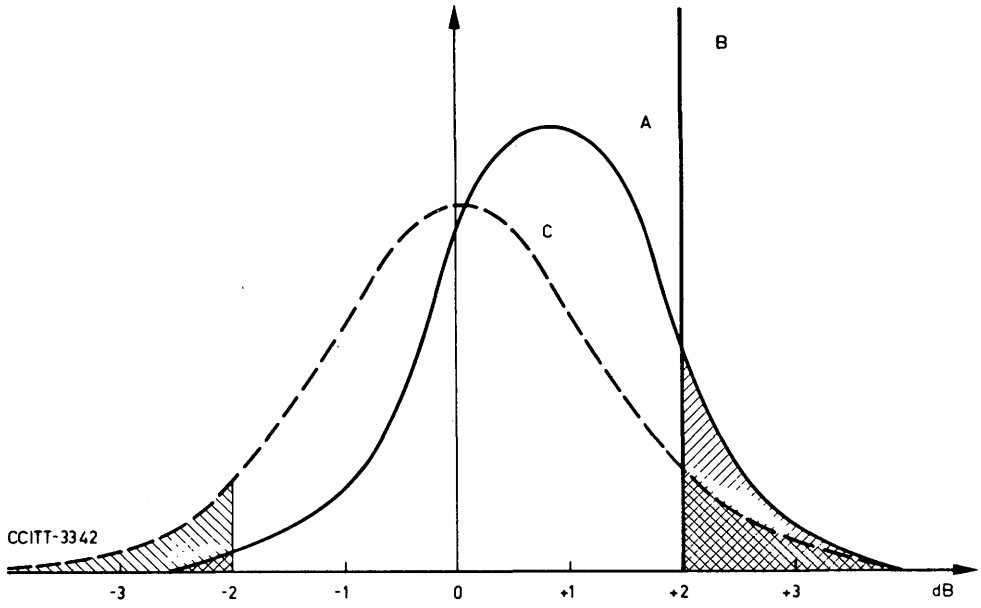
En estas condiciones, el mantenimiento de los circuitos con arreglo a las normas prescritas en las recomendaciones del C.C.I.T.T. exigía mediciones más frecuentes y precisas en gran número de circuitos, aparte de las medidas correctivas que debieran tomarse. Evidentemente, es muy poco práctico, y de un rendimiento insuficiente en lo que respecta al costo y a la mano de obra necesaria, basar un método de control de calidad en mediciones manuales. Estas consideraciones nos han inducido a diseñar nuestro ATME, y a aplicarlo al control de calidad de las líneas interurbanas. Las pruebas prácticas realizadas en los circuitos entre Tokyo y Osaka confirmaron que el ATME permitía mediciones frcuentes y precisas en un gran número de circuitos, a gran velocidad y con pocos gastos. El empleo del ATME desde 1964, en nuestro sistema de control de calidad de los circuitos interurbanos ha dado, además, resultados satisfactorios. Dicho de otro modo, la desviación cuadrática media de las variaciones del equivalente se ha reducido a menos de 1,0 dB, en comparación con el mencionado valor de 1,7 dB, en las secciones en que se ha utilizado el ATME. La mano de obra requerida para las mediciones propiamente dichas ha quedado reducida además a 1/100 (en horas de mano de obra) en comparación con las mediciones manuales clásicas.

Nuestro nuevo ATME permite realizar pruebas de conexión, así como mediciones de calidad de la transmisión; las conexiones defectuosas, a lo largo de una arteria, incluidas las que se produzcan en los equipos de conmutación, pueden detectarse fácilmente antes de que den lugar a averías en una línea de abonado. Esta característica del ATME contribuye a asegurar a los abonados un servicio de buena calidad.

1. *Consideraciones generales sobre el control de calidad de las líneas interurbanas*

En términos generales, conviene evaluar el rendimiento de los circuitos interurbanos desde dos puntos de vista: la calidad de la transmisión y la estabilidad de la conexión. La calidad de transmisión se expresa en función de la variación de la atenuación y del nivel de ruido. Desde el punto de vista estadístico, las variaciones de atenuación de la línea interurbana pueden tratarse a base del valor medio *(m)* y de la desviación típica (σ),

[1] Véase, en anexo, una breve descripción de nuestro ATME.



A: m = 0,8 dB; σ = 1 dB
B: m = 2 dB; σ = 0 dB
C: m = 9 dB; σ = 1,2 dB

FIGURA 1. — **Curva de distribución normal y proporción de circuitos de calidad inferior**

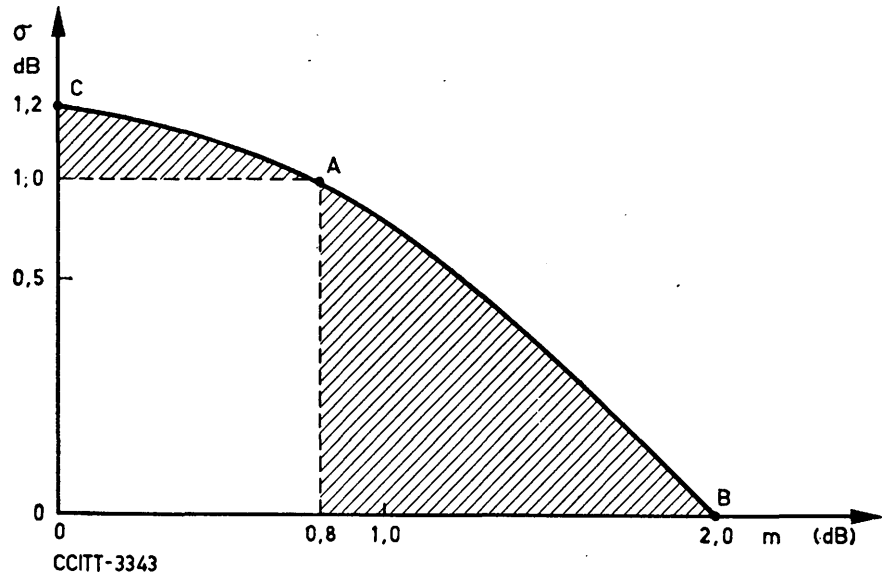


FIGURA 2. — **Razón entre m y σ para una relación de inferioridad constante de 10%**

puesto que estos valores tienen una distribución normal. Los límites de control definidos actualmente en Japón deben ser inferiores a m = 0,8 dB y a σ = 1,0 dB, lo que se considera un primer paso para alcanzar los valores recomendados por el C.C.I.T.T. Con esta distribución crítica, la proporción de circuitos en los que se rebasa el valor de $\pm$2 dB (valores especificados) (denominada en adelante relación de inferioridad respecto de $\pm$2 dB) representa aproximadamente el 10% del total de circuitos, como se indica en la figura 1A. Por consiguiente, la distribución m = 2,0 dB, σ = 0 dB, o m = 0 dB, σ = 1,2 dB, como muestran las figuras 1.B o 1C, se con-

sidera estadísticamente equivalente a la distribución de la figura 1A, puesto que todas las relaciones de inferioridad son de 10%. La razón entre m y σ con una relación de inferioridad constante se establece como se indica en la figura 2, en la cual los puntos A, B y C corresponden, respectivamente, a las distribuciones A, B y C de la figura 1.

Esta idea ha llevado a un método de control simplificado en el que se emplea la relación de inferioridad como una medida de control que debe tomarse, en la práctica, antes de aplicar el método que sólo utiliza m y σ. La relación de inferioridad es:

$$\text{Relación de inferioridad} = \frac{\Sigma \text{ (número de circuitos que rebasan el valor especificado)}}{\Sigma \text{ (número total de circuitos medidos)}} \times 100$$

En esta fórmula, Σ es la suma de cada grupo de circuitos durante un periodo de control. El método de control simplificado se considera más ventajoso desde el punto de vista de reducción de la mano de obra, ya que no requiere tomar medida alguna en relación con la zona sombreada de la figura 2.

2. *Método de control de las variaciones de atenuación*

2.1 *Límite del control*

El Cuadro 1 indica los límites de control, expresados en función de m y de σ, de las variaciones de equivalente en un grupo de líneas interurbanas en iguales condiciones. Se entiende aquí por "condiciones" el sistema de transmisión utilizado (microondas, cables coaxiles, etc.), así como la composición y dirección de los circuitos interurbanos.

CUADRO 1

LÍMITES DE CONTROL DE LA TRANSMISIÓN
VARIACIONES DE ATENUACIÓN

Clase de circuito interurbano	Valor medio (m)	Desviación típica (σ)
De tránsito	0,8 dB	1,0 dB
Directo	1,2 dB	1,5 dB

Esta variación comprende la variación en el tiempo y la debida a diferencias en los circuitos. Los límites de control se definen como satisfactorios para el 95% del total de circuitos.

2.2 *Procedimiento seguido en la práctica*

2.2.1 *Control trimestral*

Este control es adecuado para establecer la variación de la atenuación del canal interurbano durante un largo periodo. Sólo se toman disposiciones cuando la desviación de las variaciones es definitiva. En la práctica, el método se aplica en dos etapas.

a) *Control de la relación de inferioridad (1.ª etapa)*

Se obtiene tal relación totalizando los datos de tres meses, es decir, los datos de las mediciones efectuadas dos veces al mes. Los valores especificados son de ± 2 dB para un circuito interurbano de tránsito, y de ± 3 dB para un circuito interurbano directo. Cuando la relación de inferioridad es inferior al 10% (valor límite de control en esta etapa), se considera adecuada la calidad de la línea interurbana desde el punto de vista de la transmisión por un haz de circuitos, y no se toman medidas correctivas.

b) *Control de los valores de* m *y de* σ *(2.ª etapa)*

Cuando la relación de inferioridad resultante del control anterior es superior a 10%, se calculan m y σ[1], a base de los datos de medida más recientes. La variación y la desviación con relación al valor nominal se corrigen entonces por los medios apropiados, hasta que m y σ sean inferiores a los valores límites indicados en el cuadro 1.

2.2.2 *Control diario*

El control diario (que incluye el control de las variaciones de atenuación L y de las relaciones de inferioridad U) tiene por objeto obtener un valor estimado de las variaciones del equivalente de los circuitos durante un periodo más corto, por medio de los datos extraídos de las mediciones diarias. Este control sirve, en definitiva, para observar los límites de control previstos en el Cuadro 1 para las variaciones de equivalente. El siguiente Cuadro 2 indica los límites del control diario.

CUADRO 2

LÍMITES DEL CONTROL DIARIO

Clase de circuito interurbano	Variación de atenuación (Control L)	Relación de inferioridad (Control U)
De tránsito	±4 dB	20% en ±2 dB
Directo	±6 dB	20% en ±3 dB

a) *Control "L"*

Se procede al control L de la calidad de una línea interurbana aislada, a fin de localizar los circuitos con un nivel de calidad insuficiente. Si se comprueba que la variación de atenuación con relación al valor nominal rebasa el límite de control L, se deduce que el circuito interesado está sujeto a irregularidades, y se ajusta entonces cada circuito para que se aproxime el valor medio de su grupo.

b) *Control "U"*

Este método sirve para controlar las variaciones de equivalente en un periodo corto. Los límites del control U están determinados por una relación de inferioridad, del mismo modo que en la primera etapa del control trimestral. Se fijan, sin embargo, en el doble del valor de los límites del control trimestral, habida cuenta del efecto de las variaciones aleatorias de la atenuación. Cuando la relación de inferioridad rebasa dos veces consecutivas el límite de control U, se verifica y se ajusta en su caso el nivel del grupo secundario o del grupo primario, en función del valor nominal.

3. *Control del ruido*

Se evalúa el nivel del ruido de circuito comparándolo con el límite establecido, que es una relación ponderada señal/ruido de 48 dB. Las mediciones se efectúan dos veces al mes. Se verifican cuidadosamente los circuitos con un alto nivel de ruido, y se introducen las correcciones oportunas.

4. *Control de la estabilidad de las conexiones*

Para mejorar la estabilidad de las conexiones de una red, hay que reparar rápidamente las averías una vez determinados su emplazamiento y naturaleza. Conviene a tal efecto reunir los datos sobre averías, resumirlos y analizarlos, especialmente en lo que respecta a las averías cuyas causas son inciertas o de difícil detección. Se efectúa una cuidadosa investigación para determinar las averías debidas a causas comunes cuando el registro

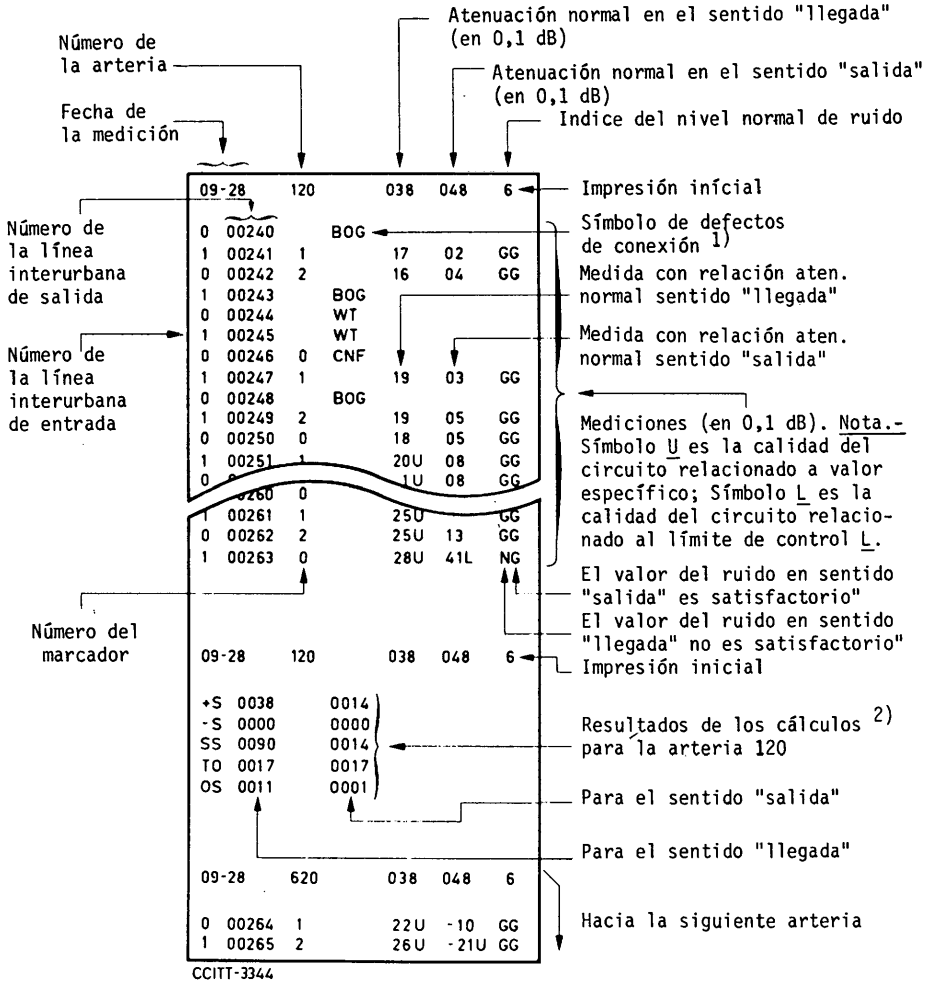
[1] El ATME puede proporcionar automáticamente los resultados de los cálculos.

totalizador de cada grupo de circuitos sometidos a iguales condiciones excede de un determinado valor. Se buscan asimismo las averías intermitentes, a base de los datos sobre averías acumulados para cada línea interurbana durante el periodo de tres meses.

ANEXO

Descripción somera del ATME

El equipo automático de pruebas y de medidas de las líneas interurbanas (ATME) permite efectuar automáticamente pruebas de conexión en equipos de conmutación y mediciones de los niveles de equivalente y de ruido en los circuitos que salen de la central de origen, mediante la interconexión de las líneas que llegan a dicha central. Está provisto, además, de un computador sencillo en cuya memoria se almacenan todos los datos necesarios para las pruebas y mediciones, lo que permite calcular el valor medio y la desviación típica de la atenuación de transmisión de un grupo de circuitos interurbanos obteniéndose un registro impreso. La figura 3 ilustra el registro impreso del computador. Las pruebas y mediciones de 120 a 140 circuitos interurbanos requieren una hora.



1) BOG: Línea interurbana ocupada en el sentido de "salida"
CNF: Prueba negativa de continuidad
OS: Número de circuitos designados por U o L
WT: Cálculo del tiempo de trabajo

2) S: Suma de las desviaciones
SS: Suma de los cuadrados de las desviaciones
TO: Suma total de los circuitos medidos

FIGURA 3. – **Ejemplo del registro impreso por el computador del ATME**

IV. MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD – RED TELEFÓNICA NACIONAL DEL REINO UNIDO

(Nota de la Post Office del Reino Unido)

Se describen seguidamente las técnicas empleadas en la red telefónica nacional de la Post Office del Reino Unido para el control de la calidad del servicio, particularmente en lo concerniente a la pérdida de comunicaciones debida a averías en equipos de conmutación o en las líneas interurbanas y de empalme entre conmutadores. El sistema telefónico del Reino Unido comprende unas 4250 centrales rurales, 1200 centrales secundarias y 500 centrales principales, con un total de casi 7,5 millones de líneas de abonado. En 6,5 millones de estas líneas se dispone de servicio interurbano automático. Durante el año 1969, las llamadas locales totalizaron 7500 millones y las llamadas interurbanas 1200 millones.

El equipo de conmutación predominante es del tipo paso a paso y el control de calidad se efectúa mediante una combinación de operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

1. *Principios generales del mantenimiento*

La Post Office del Reino Unido aplica a todos los haces de circuitos el control automático de ganancia, reduciendo con ello considerablemente las variaciones de la calidad de la transmisión; este control va acompañado de pruebas periódicas automáticas de todos los circuitos y del equipo de conmutación, que se efectúan cada noche o cada dos noches. Ello permite proceder, cada mañana, antes de que se produzca la máxima densidad de tráfico, a la reparación de las averías detectadas. Por consiguiente, para indicar los circuitos de transmisión averiados no es necesario un control de calidad por muestreo; se utilizan diversos controles estadísticos basados en estas mediciones automáticas para planificar las disposiciones a largo plazo o localizar las zonas sujetas a averías frecuentes que requieren una investigación especial.

En los párrafos que siguen se describe en más detalle la aplicación de los principios indicados.

2. *Mantenimiento periódico nocturno*

Cuando se utiliza un equipo de prueba automática para la comprobación de unidades individuales del equipo, líneas de empalme y líneas interurbanas, se asocia al mismo un dispositivo automático de impresión de fichas de control, y el conjunto funciona sin intervención de personal. En estos casos se aprovechan las horas de la noche para comprobar los equipos de las centrales. Los aparatos de prueba automáticos comienzan a funcionar, controlados por un reloj, en una posición dada y avanzan con relativa rapidez debido a lo reducido del tráfico y al menor número de unidades ocupadas. Al principio del día de trabajo, antes de la hora cargada, se reparan las averías. Estas pruebas nocturnas constituyen, fundamentalmente, una breve comprobación operacional de cada equipo o circuito, pero se completan durante los fines de semana mediante pruebas marginales más detalladas. Estas pruebas marginales tienen una duración mayor, siendo a veces necesario un mes para probar todas las unidades.

En todas las centrales, salvo en las muy pequeñas, las líneas interurbanas (circuitos que conectan centros primarios de conmutación) y los circuitos de enlace se prueban mediante aparatos de pruebas sistemáticas desde el extremo de salida. En cada caso se ocupa el circuito y se llama a un número de prueba en el extremo distante para comprobar las condiciones de la línea y el funcionamiento del equipo terminal. En los circuitos interurbanos, las llamadas se encaminan hacia un juego de relés de respuesta que intercambia señales con el aparato de pruebas sistemáticas para comprobar la atenuación de transmisión en los sentidos de transmisión y de recepción. El aparato de pruebas indica automáticamente en una ficha de control los circuitos que fallan en estas pruebas. No se hace ninguna otra prueba periódica de transmisión.

Los efectos de las variaciones de la calidad del equipo de transmisión que pueden producir fallos en haces de circuitos se limitan mediante el empleo de medios automáticos de ocupación de estos haces.

Se recurre también a las medidas suplementarias que se indican a continuación a causa de la limitación del mantenimiento periódico automático para probar las conexiones de la red, y del tiempo que transcurre entre las pruebas periódicas, durante el cual pueden producirse pérdidas de tráfico debido a averías en otras unidades.

Equipo simulador de tráfico — Cada central dispone de un aparato generador de tráfico artificial o tiene acceso al mismo. Este equipo, conectado a circuitos y a números de reserva, permite establecer las comunicaciones de prueba que puede efectuar la central. Conjuntamente se emplean equipos de respuesta a distancia para las llamadas a centrales distantes. El generador de tráfico puede funcionar en el modo "observación del servicio" para determinar el nivel de las averías, y en el modo "localización de averías" para retener una comunicación y localizar un fallo. El servicio de las unidades interurbanas se comprueba por un "equipo de medición del servicio interurbano", que transmite un programa fijo de comunicaciones de prueba hacia una selección de números de prueba accesibles a través de cada una de las arterias de salida y de una arteria local. Los resultados se registran automáticamente para cada arteria y proporcionan información al personal de mantenimiento cuando el servicio no es satisfactorio.

Detector de llamadas infructuosas — Se trata de un equipo auxiliar de mantenimiento, relativamente reciente, destinado a detectar y, en caso necesario, retener las conexiones defectuosas para tráfico real. Este método disminuye las necesidades en materia de generadores de llamadas de prueba y asegura que el muestreo corresponda estrechamente a los esquemas de tráfico de la central. Este equipo tiene acceso a las fuentes de "entrada de llamadas" de la central, comprueba el curso de cada llamada del muestreo e imprime los detalles de los defectos observados a los fines del mantenimiento.

3. *Centros de referencia*

La información referente a las comunicaciones infructuosas, enviada por los abonados, por los generadores de tráfico artificial o por los sistemas de control, se transmite al centro de referencia interesado.

Cada centro de referencia es común a un grupo de centrales, y normalmente se halla en un centro primario de conmutación. Su finalidad es proporcionar una supervisión general del funcionamiento de la red y cooperar con otros centros para resolver las dificultades experimentadas por los usuarios en las llamadas a otras partes de la red. Cada caso se registra, y se detectan e investigan las averías más importantes. En caso necesario, cada centro dispone de transmisores de llamadas para fines de confirmación, y cuando se sospecha que determinadas centrales pueden ser causa de pérdidas de comunicaciones, se establece contacto con las mismas a fin de que tomen inmediatamente medidas de corrección.

Los abonados que tropiezan con dificultades en las comunicaciones locales o interurbanas automáticas, pueden informar de ello a las operadoras de asistencia al servicio de reparaciones, que transmiten esta información al centro de referencia.

4. *Detección de la frecuencia de las averías*

Toda avería de un equipo o de un circuito se consigna en una ficha. Una vez que se ha dado curso a la notificación, es decir, que se ha reparado la avería o que el funcionamiento es satisfactorio tras una nueva prueba, se analizan las fichas conforme al procedimiento de detección de la frecuencia de las averías.

Este procedimiento permite identificar las unidades del equipo que presentan una frecuencia de averías normalmente alta. Una vigilancia especial de estas unidades puede mejorar sustancialmente su funcionamiento

y dar por resultado una reducción del promedio de averías para un grupo de equipos y, en consecuencia, una reducción en la frecuencia de las pruebas periódicas que no son automáticas. Este procedimiento también proporciona un índice de los componentes que dan origen a un mayor número de averías, lo que permite tomar medidas para la obtención de mejoras a largo plazo.

Conforme a este procedimiento, se analizan todos los informes de averías en un punto central para varias centrales y se anotan las averías frente a la unidad en que se han producido. Cuando la frecuencia de averías de una unidad excede cierto límite de control, se envía un aviso al personal encargado del control de la central, con detalles de todas las averías observadas en relación con esa unidad. Este personal debe decidir si es necesario prestar a esas unidades una atención especial que, en caso afirmativo, incluirá una comprobación completa de una lista de componentes y ajustes.

Este límite de control se ha fijado arbitrariamente en la actualidad en dos informes cada tres semanas con un segundo límite de cuatro informes cada tres meses. Estas cifras están sujetas a revisión anual, habida cuenta de los registros de años anteriores sobre la calidad del servicio y del número de averías del equipo o los circuitos.

5. *Control de las pruebas de mantenimiento periódico*

Se llevan a cabo diversas operaciones de mantenimiento periódico preventivo, que tal vez no sea posible efectuar de modo automático.

Estas operaciones comprenden:

a) La limpieza y lubricación periódica de los mecanismos;
b) La limpieza periódica de los contactos de los bancos de selectores;
c) La inspección periódica, y el ajuste en caso necesario, de las escobillas y cordones de los selectores;
d) Prueba periódica manual del funcionamiento de cada unidad del equipo, por ejemplo, los selectores y los juegos de relés, para los cuales no es posible prever equipos automáticos de prueba.

Se reduce al mínimo el trabajo de control relacionando la periodicidad de estas medidas preventivas con su productividad, expresada en términos de las averías detectadas. Los ingenieros que controlan las centrales revisan a intervalos regulares la periodicidad de cada una de las medidas preventivas y para cada tipo de equipo. Las medidas que son esencialmente para localización de averías se regulan aplicando una nota de control a los resultados de las mediciones periódicas, es decir que la relación "operaciones periódicas/unidades defectuosas detectadas" se ajustan a esa nota de control variando la frecuencia de las operaciones de mantenimiento periódico. Esto asegura que se tome en consideración la probabilidad de avería del equipo en sus condiciones de funcionamiento y, puesto que la mayoría de las averías detectadas se deben a variaciones marginales de funcionamiento y de ajuste, el número de unidades en servicio capaces de provocar pérdidas de comunicaciones queda reducido al mínimo.

6. *Estadísticas de control*

Los resultados relativos al funcionamiento se publican regularmente para información de los ingenieros de control y para fines administrativos. Estas estadísticas muestran los resultados alcanzados y permiten establecer objetivos en las siguientes esferas del mantenimiento:

- Pérdida de comunicaciones como consecuencia de defectos o insuficiencia de los equipos;
- Costo del mantenimiento;

- Notificaciones de las averías por estación por año;
- Duración de las averías (equipo de abonado);
- Averías en los cables, por cada 100 millas de cable y por año;
- Estado de funcionamiento de las líneas interurbanas.

7. *Control administrativo del mantenimiento*

En cuanto a la calidad del servicio, se utilizan índices derivados de observaciones del tráfico real en las centrales locales e interurbanas, efectuadas por personal capacitado en ubicaciones centralizadas. Los datos obtenidos de las comunicaciones observadas son procesados cada mes en un computador central con objeto de proporcionar estadísticas de la calidad de las comunicaciones en relación con 23 características separadas para cada central. Factores de ponderación, basados en la carga de tráfico, permiten obtener resultados medios para las zonas y las regiones administrativas, y para todo el sistema nacional.

El servicio administrativo encargado del control dispone de estadísticas mensuales de la calidad del servicio, confeccionadas de manera que permiten examinar las tendencias y compararlas con objetivos convenidos. Puede efectuarse un "control por excepción" gracias a datos suministrados cada mes por el computador, en los que figuran los centros cuya calidad es inferior a cierto límite de control de la calidad, fijado en un valor mediocre. A la inversa, se invita a los centros cuya calidad es superior a un límite elevado de control a que reduzcan sus actividades de mantenimiento.

Estos límites de control de la calidad del servicio los fija la administración central de la Post Office, y se basan en los puntos correspondientes a dos desviaciones típicas ($2\,\sigma$) de la distribución de los resultados en unos 2000 centros medidos, para cada uno de los doce meses del año.

Las medidas de mantenimiento precedentemente indicadas juntamente con el método descrito de medición de la calidad del servicio, proporcionan la base para el control de la calidad. Cuando se manifiestan tendencias desfavorables se adoptan medidas de carácter local y se analizan registros de resultados, a nivel regional y de la administración central, según proceda, para determinar en qué momento se precisan medidas especiales. Puede considerarse que estos procedimientos constituyen controles a corto plazo, y se efectúan continuamente.

Además, como parte del plan nacional de mantenimiento se fijan objetivos a largo plazo para la calidad de las instalaciones y los gastos de mantenimiento. Grupos de especialistas de la administración central examinan y evalúan nuevas técnicas destinadas a mejorar la calidad y a aumentar la productividad del mantenimiento, y velan por que en las regiones y zonas se disponga de estas técnicas; por ejemplo, que se desarrolle un sustituto electrónico de una unidad electromecánica que ofrece ventajas desde el punto de vista de la calidad o del personal, o que se utilice un equipo de prueba automática con preferencia a un equipo manual, que permite pruebas más frecuentes sin un aumento de los costos. La aplicación de estas técnicas por parte de los jefes de servicio permite alcanzar los objetivos de calidad y de costo a largo plazo.

Cada jefe de región, en consulta con los jefes de zona, establece previsiones anuales sobre la amplitud de las mejoras que, en lo que atañe al servicio proporcionado al usuario y a la productividad, considera que puede lograrse durante el año siguiente. Previa consulta con la administración central y posible modificación, esta previsión se convierte en el objetivo regional de calidad para el año considerado. Cada trimestre se examinan los progresos realizados para el cumplimiento del objetivo, estableciéndose cada mes estadísticas nacionales que muestran los resultados obtenidos en cada esfera importante de actividad.

V. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD PARA UN EQUILIBRIO ECONÓMICO ENTRE EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DEL EQUIPO MEDIANTE UN MÉTODO DE MANTENIMIENTO CONTROLADO

(Notas de la American Telephone and Telegraph Company)

1. *Consideraciones generales*

La American Telephone and Telegraph Company ha instituido un tipo de plan de mantenimiento *controlado* para equipos de transmisión. Este plan se basa en el análisis de datos derivados de actividades de mantenimiento *correctivo* para determinar la necesidad de realizar ciertas operaciones de mantenimiento *preventivo*. Una de sus características es el empleo de una técnica de muestreo que proporciona una seguridad razonable de que todo el equipo está en buen estado.

Uno de los factores más importantes para el éxito de un programa de este tipo es no sólo la mecánica o los detalles de organización, sino también el hecho de que el personal técnico que ha de poner en práctica el plan comprenda el conjunto del proceso y la finalidad perseguida. En las instrucciones al personal técnico se ha tratado de aclarar lo más posible aspectos importantes como el registro exacto de los detalles de las averías, la probabilidad de éstas, sus causas y los factores que en ellas intervienen, así como el problema de las averías en sí. También se dan explicaciones detalladas acerca del muestreo, y se incluyen cuadros de números aleatorios y ejemplos sobre la utilización de esta técnica.

2. *Datos de mantenimiento correctivo*

Se han creado diversos registros para uso del personal técnico en la recopilación de datos sobre operaciones de mantenimiento correctivo. Aunque a primera vista puede parecer que ello entraña una labor burocrática excesiva para los técnicos, parte de este trabajo será necesario, especialmente en el caso de grandes instalaciones, cualquiera que sea el plan de mantenimiento que se utilice. El papeleo suplementario será más que compensado por el ahorro de mano de obra en mediciones de equipo. Las ventajas que se obtienen son un mejor servicio como consecuencia de un mejor control, y una utilización más eficaz y productiva de la mano de obra disponible. La figura 1 muestra el procedimiento de mantenimiento correctivo.

2.1 *Registros*

a) *Hoja de averías del equipo*

El centro de mantenimiento es informado de las averías por diferentes conductos:

1. otros centros de mantenimiento;
2. alarmas en oficinas;
3. departamentos de notificación de averías en circuitos de abonados;
4. informes de averías por operadores;
5. prueba y mantenimiento periódico de las arterias;
6. otros conductos.

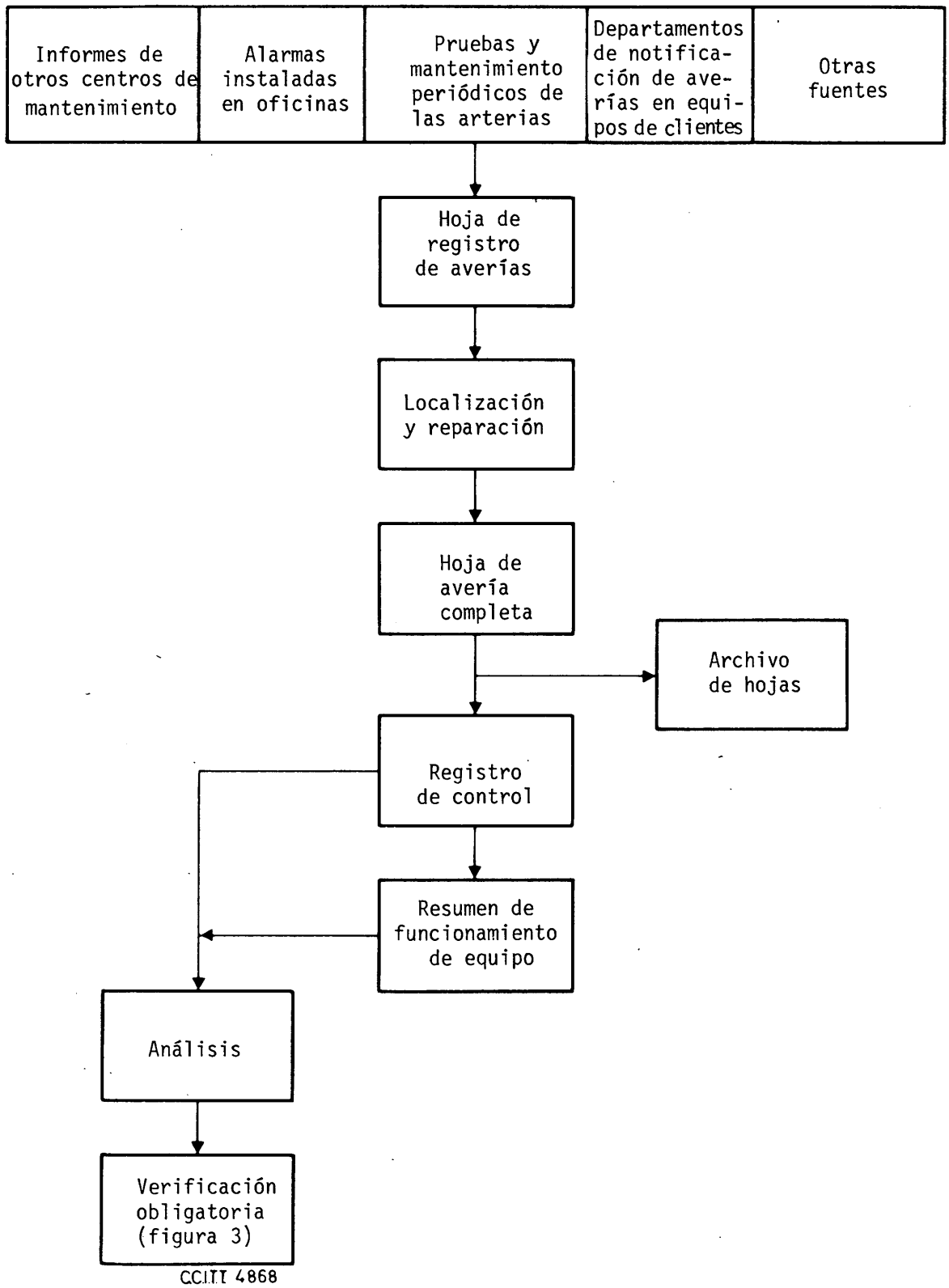


FIGURA 1. – **Mantenimiento correctivo**

El personal técnico deberá anotar en una hoja especial los detalles de cada avería que se produzca independientemente del origen de la notificación. Se hace hincapié en que estas anotaciones sean completas, exactas y legibles. La hoja de registro de averías contendrá la siguiente información:

1. número de orden
2. día, hora e iniciales del técnico
3. identificación y ubicación del equipo defectuoso
4. naturaleza de la avería notificada
5. hora de restablecimiento del servicio
6. código de la causa de la avería
7. tiempo necesario para la reparación.

b) *Registro de control del equipo*

Este registro sirve para llevar la cuenta de las averías observadas en cada tipo de equipo, por ejemplo, receptor para modulación de frecuencia, de acuerdo con la indicación de la hoja de registro de averías. Las averías se registran día por día de manera acumulativa. La comparación entre las averías reales y un índice de averías probables, previamente calculado, se efectúa por periodos de un mes y de fracciones de mes. Si el número de averías reales y de averías previstas difiere significativamente se procederá a una investigación y a ulteriores análisis. También se registrarán las medidas tomadas para corregir un elevado índice de averías.

c) *Resumen de funcionamiento de equipo*

Este registro lo utiliza sobre todo el personal técnico y de supervisión para operaciones de control y de administración. Se trata de mediciones destinadas al análisis de tendencias y a la comparación de unidades de mantenimiento, si esta comparación se considera conveniente. Para disponer de una base común, los índices de averías probables y de averías reales se refieren siempre a 100 unidades de equipo.

d) *Registro de tendencias de funcionamiento*

Este registro muestra gráficamente las tendencias de las averías.

2.2 *Análisis*

Los registros de mantenimiento correctivo se analizan continuamente a fin de detectar condiciones que pueden requerir medidas de mantenimiento preventivo.

3. *Mantenimiento preventivo*

El personal técnico prepara listas de pruebas detalladas para cada tipo de equipo. Las pruebas son de dos clases, según requieran una *operación obligatoria* o una *revisión obligatoria.* También se clasifican, según la periodicidad, en pruebas diarias, semanales y mensuales. Las pruebas que requieren una operación obligatoria deben realizarse por lo menos, con la periodicidad especificada. Las pruebas de revisión obligatoria implican que las verificaciones deben realizarse, por lo menos, con la periodicidad especificada. La revisión debe registrarse en los programas de trabajo, incluso si no se toma medida alguna.

3.1 *Programa de trabajo*

Con los datos de la lista de pruebas de equipo se prepara un programa de trabajo. Las operaciones y revisiones obligatorias se asignan al personal técnico. La figura 2 muestra estas operaciones de mantenimiento

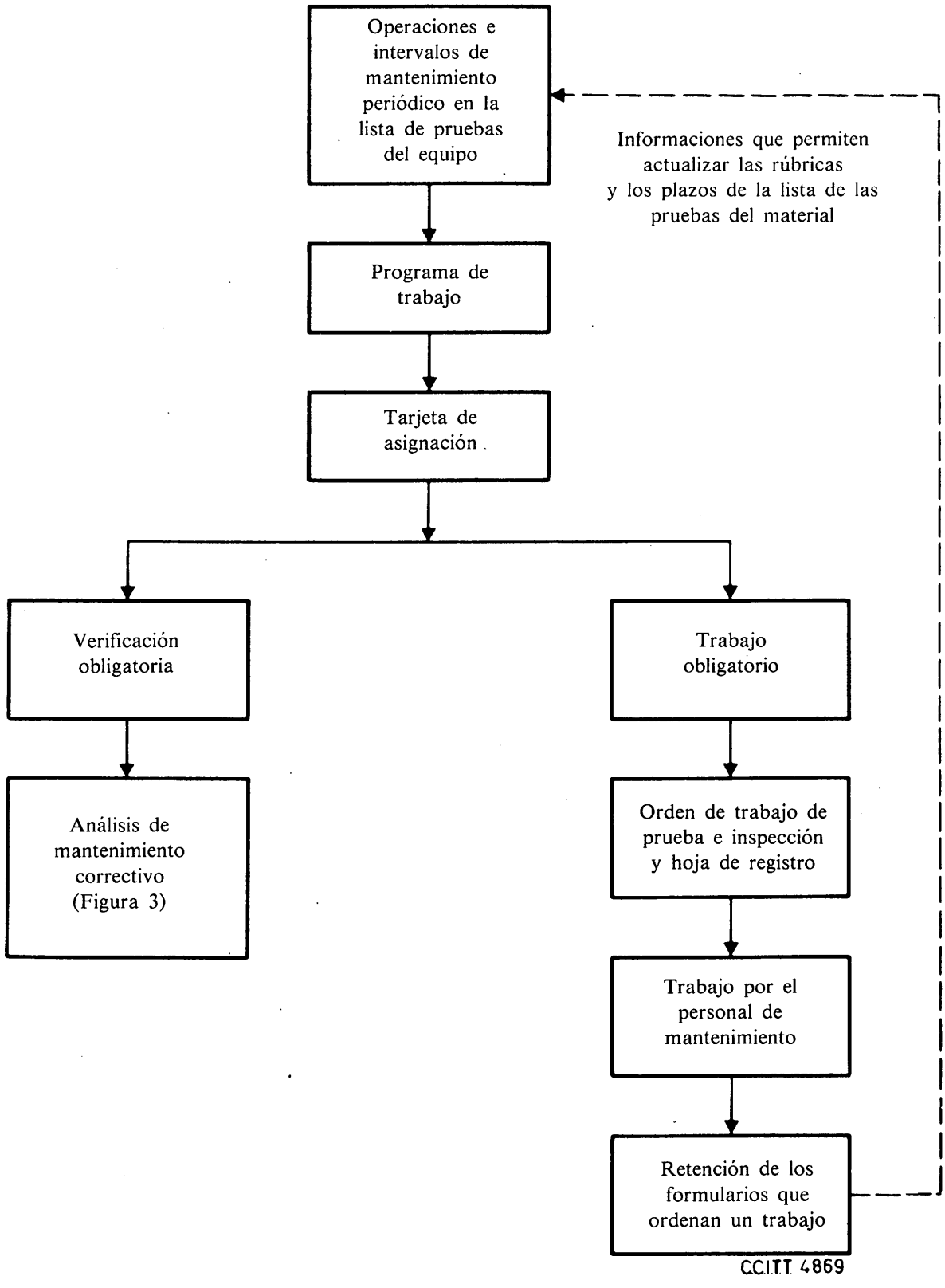


FIGURA 2. – **Mantenimiento preventivo**

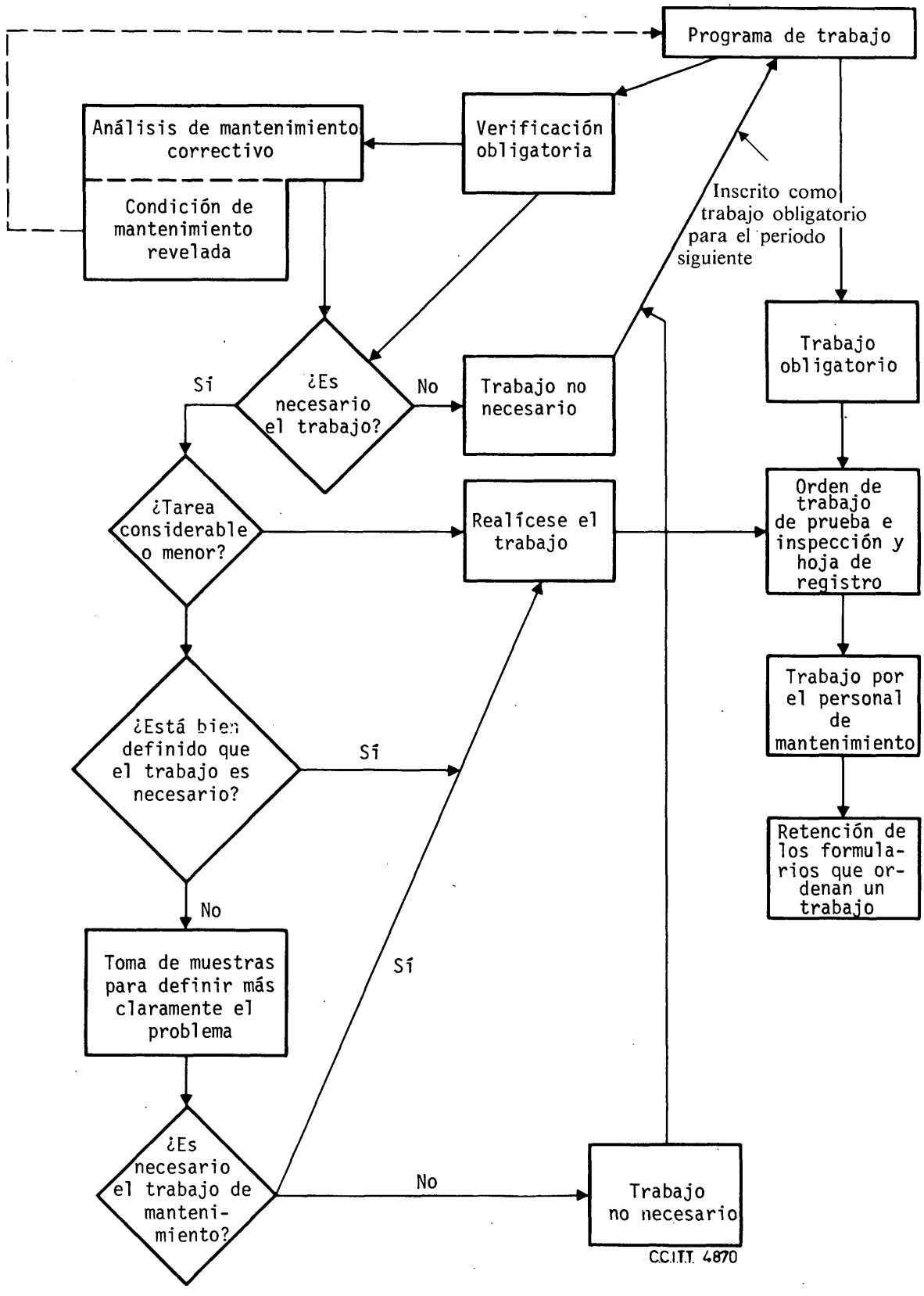


FIGURA 3 – **Mantenimiento controlado**

preventivo. Si se requiere una operación obligatoria, se prepara una orden de prueba e inspección para el técnico, así como la correspondiente hoja de registro. Se requieren operaciones obligatorias cuando:

1. está especificado en la lista de pruebas de equipo,
2. una condición de mantenimiento indica su necesidad,
3. anteriormente sólo se realizó una revisión.

3.2 *Revisión obligatoria y mantenimiento controlado*

La figura 3 muestra el procedimiento de revisión obligatoria y el equilibrio entre las operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo, en el mantenimiento controlado. Cuando se requiere una revisión obligatoria, se examina el análisis de los registros de mantenimiento correctivo y se deciden las medidas de mantenimiento que han de tomarse.

1. El trabajo no es necesario en ese momento. Esta circunstancia se registra en el programa de trabajo y en el programa para el intervalo siguiente se asienta una operación *obligatoria.*
2. El trabajo está indicado y la tarea es pequeña. Se prepara una orden de trabajo de prueba e inspección, así como una hoja de registro, y se asigna el trabajo al personal de reparaciones.
3. El trabajo está indicado y la tarea es considerable. En este caso, se prepara una orden de trabajo o se decide que es necesario un muestreo de las unidades para identificar la amplitud de la avería. Si el muestreo indica que el trabajo es necesario, se prepara una orden de trabajo. Si no es necesario, se registra en el programa de trabajo y se asienta como una unidad de trabajo obligatorio para el intervalo siguiente.

3.3 *Condiciones de muestreo con fines de mantenimiento*

El muestreo tiene por objeto evaluar el funcionamiento o la condición del equipo, y se utiliza cuando las pruebas de verificación obligatoria requieren la determinación de la condición del equipo. Es más bien científico que subjetivo, y las normas aplicadas garantizan la validez de la información obtenida. Los encargados de realizarlo cuentan con procedimientos detallados y cuadros de números aleatorios; se dan también ejemplos prácticos que facilitan la comprensión de la técnica.

La seguridad de este sistema ahorra mucho trabajo a los técnicos y permite garantizar, junto con el análisis de las averías y de las tendencias, un servicio de alta calidad.

4. *Resumen*

El equilibrio entre las operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo en el mantenimiento controlado permite economías de mantenimiento al mismo tiempo que asegura un servicio de alta calidad. El futuro desarrollo de este método exigirá la utilización de computadores para los análisis de averías de equipos, según el tipo y la frecuencia, que se extenderán a una gama más amplia de equipos. Esta información es útil no sólo para el personal técnico y de dirección, sino también para proyectistas y constructores de equipo.

Suplemento N.º 1.5

TRATAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS RESULTADOS DE MEDIDA DE LAS VARIACIONES DEL EQUIVALENTE DE LOS CIRCUITOS TELEFÓNICOS

(Nota de la Administración de la U.R.S.S.)

Los resultados de las mediciones de la estabilidad del equivalente representan un número de valores numéricos del equivalente, medidos en distintos momentos.

Para obtener un valor característico de la estabilidad del equivalente, es preciso tratar los resultados recogidos según métodos estadísticos.

Consiste este tratamiento en obtener la desviación típica de una distribución y en evaluar sus valores límites. La desviación típica de la distribución es una magnitud característica que representa la estabilidad del equivalente.

A título de ejemplo, se describe el tratamiento estadístico de los resultados de mediciones de la estabilidad del equivalente de un canal de un sistema B 12 en el curso de un año (se han tramitado los valores absolutos del equivalente).

En el cuadro del ejemplo número 1 que sigue, se representa el tratamiento estadístico de esos datos. Examinemos el contenido de las distintas columnas de ese cuadro.

En la *primera columna* se indican los límites de las intervalos para los resultados de las mediciones. Los resultados iguales a los valores límite de los intervalos se inscriben en el intervalo superior o en el intervalo inferior, pero de una manera uniforme para toda la serie. En el caso mencionado, el valor del equivalente estaba comprendido entre los límites de 1,50 y 2,60 Np (para un valor nominal de 2 neperios).

En la *segunda columna* se indica la frecuencia w_i (repetición) es decir, el número de valores del equivalente comprendidos en el intervalo considerado.

Si en los extremos de la distribución aparecen valores distintos de cero después de dos o tres valores cero para las frecuencias de los intervalos precedentes, convendrá no incluirlos en el tratamiento estadístico ya que se trata de valores excesivos aleatorios, que no son típicos de la distribución de que se trata.

Sumando todos los valores de la segunda columna, pueden definirse los valores de la *tercera columna,* que representan las frecuencias relativas $\left(\frac{w_i}{n}\right)$. Se obtienen estos valores dividiendo la frecuencia correspondiente al intervalo en cuestión por el número total de mediciones.

Con los valores de la tercera columna se puede obtener una curva empírica de la distribución en una forma diferencial (histograma). Para construir la curva integral de la distribución, se inscriben en la *cuarta columna* del cuadro las frecuencias relativas acumuladas $\left(\Sigma\frac{w_i}{n}\right)$. La suma $\frac{w_1}{n}+\frac{w_2}{n}+\ldots+\frac{w_i}{n}$ tiende hacia 1 y, para el último término de la columna, es igual a 1 si se hacen los cálculos con suficiente precisión.

Para la continuación de los cálculos y para determinar el valor medio y la desviación típica, es preferible, para facilitar la labor, utilizar un procedimiento que consiste en elegir un origen condicional A, que es un valor mediano de un intervalo cualquiera. Todo valor de la serie puede en general tomarse como origen condicional. No obstante, al escoger ese origen, debe procurarse que su valor esté lo más cerca posible del valor medio que se definirá ulteriormente con mayor exactitud. Después de esa operación, los valores numéricos de las columnas 6 y 7 serán mínimos y, por consiguiente, se simplificarán los cálculos.

Para la elección del origen condicional se emplea el siguiente método:

La serie de pruebas comprende 3539 observaciones. Al sumar las frecuencias (segunda columna), de arriba a abajo o viceversa, en una determinada fase de la adición se obtendrá un número próximo a $\frac{n}{2}$

$$\frac{n}{2} = \frac{3539}{2} = 1769.$$

La suma de los números de los 11 primeros intervalos da como resultado

$$2 + 7 + 13 + 48 + 28 + 68 + 136 + 206 + 278 + 387 + 330 = 1503$$

evidentemente inferior a $\frac{n}{2} = 1769$.

Si se agrega la frecuencia del intervalo siguiente, se halla un número superior a $\frac{n}{2}$, ya que $1503 + 408 = 1911$.

Como origen condicional conviene, por tanto, tomar el punto medio del intervalo 2,05 y 2,10.

Elegido el origen condicional, se rellena la *quinta columna* que representa las desviaciones de los puntos medios de los intervalos (x') con relación al origen condicional (A).

Los valores de la quinta columna se evalúan mediante la siguiente fórmula:

$$x' = \frac{x - A}{K} \tag{1}$$

en donde

A es el origen condicional,
x el punto medio de cualquier intervalo,
K el valor del intervalo.

Los valores calculados con arreglo a esta fórmula estarán siempre representados por una serie de números sucesivos:

$$-n, -(n-1), \ldots, -4, -3, -2, -1 \quad 1, 2, 3 \ldots, +(m-1), +m.$$

Para rellenar la *sexta columna* hay que multiplicar los valores de la segunda por los valores correspondientes a la quinta ($w \cdot x'$). La suma de los valores de la sexta columna permite verificar con mayor precisión si la división de la suma de los valores de la sexta columna por el número total de mediciones debe estar dentro de los límites:

$$-0{,}5 < \frac{\sum w_i \cdot x'_i}{n} < +0{,}5. \tag{2}$$

En el caso mencionado

$$\frac{\sum w_i \cdot x'_i}{n} = \frac{668}{3539} = 0{,}18.$$

Si no se cumple la desigualdad (2) convendrá tomar como origen condicional el punto medio del intervalo inmediato, superior o inferior, y hacer de nuevo la verificación.

El valor medio del valor aleatorio en las pruebas está determinado por la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = A + \frac{\sum w_i \cdot x'_i}{n} \cdot K \tag{3}$$

en donde

A es el origen condicional, y
K el valor del intervalo.

Como resultado del ejemplo número 1 se obtiene, pues:

$$\bar{x} = 2{,}075 + \frac{668}{3539} \cdot 0{,}05 = 2{,}048 \text{ Np.}$$

Para obtener los valores de la *séptima columna,* se multiplican los cuadrados de las desviaciones de los puntos medios de los intervalos con relación al origen condicional (valores de la quinta columna al cuadrado) por las correspondientes frecuencias (valores de la segunda columna): $(w \cdot x'^2)$. Pueden obtenerse los valores de la séptima columna multiplicando los de la sexta por los valores correspondientes de la quinta.

La suma de los valores de la séptima columna permite definir la desviación típica mediante la fórmula:

$$\sigma = K \sqrt{\frac{\sum x'^2_i \cdot w_i}{n} - \left(\frac{\sum x'_i \cdot w_i}{n}\right)^2} \qquad (4)$$

en donde K es el valor del intervalo.

Como resultados del ejemplo N.° 1 se obtiene, pues:

$$\sigma = 0{,}05 \sqrt{\frac{43\,130}{3539} - \left(\frac{668}{3539}\right)^2} = 0{,}17 \text{ Np.}$$

Se puede, a veces, dar aquí por terminado el tratamiento de los resultados de medida, siempre que $\bar{x}$ y σ caractericen en cierto grado el valor aleatorio en prueba.

*
* *

Para determinar los valores límites, es decir, las desviaciones máximas admisibles, puede utilizarse la función de integración de la serie empírica de la distribución (valores de la cuarta columna). Para la serie de distribución dada, por ejemplo, la probabilidad de no rebasar el valor de 2,50 Np sería de 0,9913.

Sin embargo, como el número de mediciones está limitado, la seguridad de esta estimación de los valores límite es siempre inferior a 1.

Para determinar los valores límites con completa seguridad no se aplica la curva empírica de distribución, sino el criterio de Kolmogoroff.

Con este fin, al lado de la curva empírica de distribución en forma integral, se representan gráficamente los límites de confianza, determinados por la siguiente desigualdad:

$$F(t) - \frac{\lambda_q}{\sqrt{n}} < \overline{F}(t) < F(t) + \frac{\lambda_q}{\sqrt{n}}$$

en donde
$F(t)$ = es la función de distribución de la selección dada,
λ_q = el argumento de la función $K(\lambda)$ del cuadro,
n = el número de mediciones (en la selección),
$\overline{F}(t)$ = la función de distribución del conjunto.

Según el número de mediciones efectuadas (n) convendrá adoptar diferentes valores apropiados para el intervalo de confianza (véase el cuadro 1).

La seguridad de la estimación se ajustará entonces al valor máximo de la serie.

CUADRO 1

Número de mediciones (n)	< a 100	100 a 200	200 a 5000	5000 a 10000	10000 a 100000
Intervalo de confianza $1 - K(\lambda)$ (q%)	5	3	1	0,2	0,01
Argumento λ de la función $K(\lambda)$	1,358	1,450	1,627	1,680	2,230

Si $n = 3539$, se toma $q = 1\%$ y $\lambda = 1{,}627$.

Conocido el valor de λ se determinan los valores de la *décima columna,* que representan los resultados de la adición de los valores de la cuarta columna y de un valor constante $d = \frac{\lambda}{\sqrt{n}}$. En el caso que se examina,

$$d = \frac{1{,}627}{\sqrt{3539}} = 0{,}0273$$

$F_n(x) + \frac{\lambda}{\sqrt{n}}$ es el límite inferior del intervalo de confianza mediante el cual se determina el valor límite inferior de la série de distribución.

En la *undécima columna* se indican los resultados de la sustracción del valor constante $d = \frac{\lambda}{\sqrt{n}}$ de los valores de la cuarta columna, lo que constituye los valores de la función de la curva límite superior del intervalo de confianza $F_n(x) - \frac{\lambda}{\sqrt{n}}$.

A partir de esta curva, se determina el valor límite superior de la serie de distribución. La probabilidad de no rebasar el valor de 2,60 Np para el equivalente o la ganancia de inserción (véase el cuadro del ejemplo N.° 1) es de 0,97.

La curva límite inferior sirve para determinar el valor límite inferior de la serie. En el caso que se examina, con una probabilidad de variación del equivalente (o de la ganancia de inserción) de 0,97 o de (1 − 0,03), alcanzará 1,55 Np, es decir, que la disminución del equivalente con relación al valor nominal de 2 Np será, con esta probabilidad de 0,97, inferior a 0,45 Np.

Con una probabilidad de 0,94 o (1 − 0,03 − 0,03), el equivalente (o la ganancia de inserción) se mantiene entre los límites de 1,55 Np y 2,60 Np (con un valor nominal de 2 Np).

La confiabilidad de esta estimación es de 0,99 (q = 1,0%).

Las figuras 1 y 2 representan las curvas integrales de distribución para el ejemplo en cuestión.

Como se ve en la figura 1, en abscisas se representan los valores aleatorios y en ordenadas las probabilidades. Las escalas de los dos ejes son uniformes.

La figura 2 se representa con una escala de "probabilidad". En ordenadas, se representan los valores aleatorios según una escala uniforme. En abscisas, se indican los valores de probabilidad según la escala especial de probabilidades (escala que corresponde a la representación de la función integral de las probabilidades en forma de una línea recta).

En el cuadro correspondiente al ejemplo N.° 2, se indica el tratamiento de los resultados de la estabilidad durante una hora del sistema B 12, en el curso de un año de mediciones.

(El tratamiento de las desviaciones del equivalente con relación al origen durante una hora de mediciones se ha efectuado por un método similar al del ejemplo N.° 1)

La figura 3 muestra la curva integral de distribución para el ejemplo N.° 2 según una escala de probabilidad.

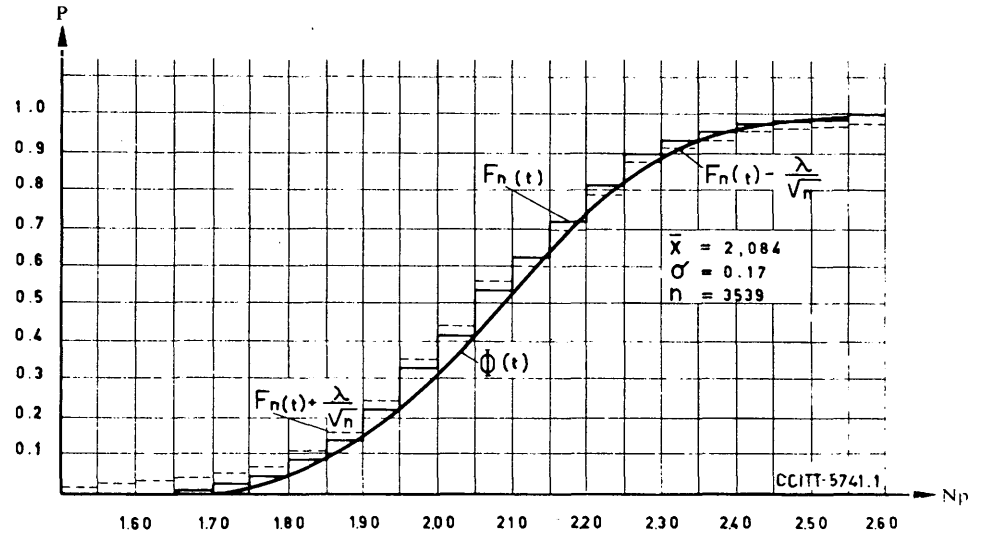


FIGURA 1. — **Curva integral de distribución de los resultados del tratamiento del ejemplo N.° 1**
(véase el cuadro 1)

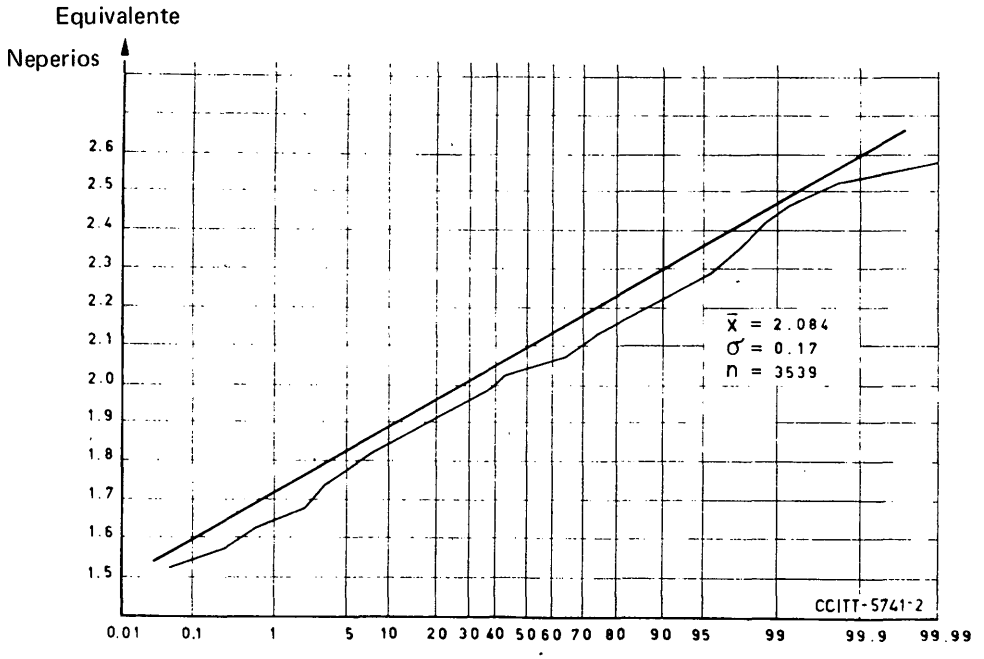


FIGURA 2. — **Curva integral de distribución de los resultados del tratamiento del ejemplo N.° 1**
(escala de probabilidad) (véase el cuadro 1)

CUADRO PARA EL EJEMPLO N.º 1

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS DE MEDIDA DE LA ESTABILIDAD DEL EQUIVALENTE EN UN CANAL DE UN SISTEMA B 12 (MEDICIONES REALIZADAS DURANTE UN AÑO)

$n = 3539$ $A = 2{,}075$ $K = 0{,}05$ $\bar{x}' = 0{,}18$ $\bar{x} = 2{,}084$ $\sigma = +0{,}17$

n = número de mediciones

A = origen condicional (valor mediano de un intervalo, escogido arbitrariamente como origen)

K = valor del intervalo

Intervalo	w	$\frac{w}{n}$	$\sum \frac{w}{n}$	x'	$x'w$	x'^2w	$t = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$	$\Phi(t)$*	$F_n(t)+\frac{\lambda}{\sqrt{n}}$	$F_n(t)-\frac{\lambda}{\sqrt{n}}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1,50-1,55	2	0,0005	0,0005	−11	− 22	242	−3,28	0,0005	0,0278	
1,55-1,60	7	0,0020	0,0025	−10	− 70	700	−2,99	0,0014	0,0298	
1,60-1,65	13	0,0036	0,0061	− 9	−117	1053	−2,70	0,0035	0,0334	
1,65-1,70	48	0,0137	0,0198	− 8	−384	3072	−2,40	0,0082	0,0471	
1,70-1,75	28	0,0079	0,0277	− 7	−196	1372	−2,11	0,0174	0,0550	
1,75-1,80	68	0,0192	0,0469	− 6	−408	2448	−1,81	0,0351	0,0742	
1,80-1,85	136	0,0384	0,0853	− 5	−680	3400	−1,52	0,0643	0,1126	
1,85-1,90	206	0,0582	0,1435	− 4	−824	3296	−1,22	0,1112		
1,90-1,95	278	0,0786	0,2221	− 3	−834	2502	−0,93	0,1762		
1,95-2,00	387	0,1094	0,3315	− 2	−774	1548	−0,64	0,2611		
2,00-2,05	330	0,0932	0,4247	− 1	−330	330	−0,34	0,3669		
2,05-2,10	408	0,1153	0,5400	0	0	0	−0,05	0,4801		
2,10-2,15	309	0,0873	0,6273	1	309	309	+0,24	0,5948		
2,15-2,20	346	0,0978	0,7251	2	692	1384	+0,53	0,7019		
2,20-2,25	335	0,0947	0,8198	3	1005	3015	+0,82	0,7938		
2,25-2,30	293	0,0828	0,9026	4	1172	4688	+1,12	0,8686		0,8753
2,30-2,35	150	0,0424	0,9450	5	750	3750	+1,41	0,9207		0,9177
2,35-2,40	79	0,0223	0,9673	6	474	2844	+1,71	0,9563		0,9400
2,40-2,45	63	0,0178	0,9851	7	441	3087	+2,00	0,9772		0,9578
2,45-2,50	22	0,0062	0,9913	8	176	1408	+2,30	0,9892		0,9640
2,50-2,55	22	0,0062	0,9975	9	198	1782	+2,59	0,9952		0,9696
2,55-2,60	9	0,0025	1,0000	10	90	900	+2,89	0,9980		0,9727
					668	43130				

* $\Phi(t)$ = valores del cuadro de la integral de probabilidades (distribución de Gauss-Laplace).

CUADRO PARA EL EJEMPLO N.º 2

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS DE MEDIDA DE LA ESTABILIDAD DEL EQUIVALENTE DURANTE UNA HORA EN UN CANAL DE UN SISTEMA B 12 (MEDICIONES HECHAS EN UN AÑO)

$n = 3537$ $A = 0{,}025$ $K = 0{,}05$ $x' = 0{,}31$ $\bar{x} = 0{,}01$ $\sigma = \pm 0{,}086$

Intervalo	w	$\frac{w}{n}$	$\sum \frac{w}{n}$	x'	$x'w$	x'^2w	$t = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$	$\Phi(t)$*	$F_n(t)+\frac{\lambda}{\sqrt{n}}$	$F_n(t)-\frac{\lambda}{\sqrt{n}}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
−0,45 a −0,40	12	0,0034	0,0034	−8	− 96	768	−4,82	0,0000	0,0307	
−0,40 a −0,35	4	0,0011	0,0045	−7	− 26	196	−4,24	0,0000	0,0318	
−0,35 a −0.30	6	0,0017	0,0062	−6	− 36	216	−3,66	0,0001	0,0335	
−0,30 a −0,25	23	0,0065	0,0127	−5	−115	525	−3,08	0,0011	0,0400	
−0,25 a −0,20	50	0,0141	0,0268	−4	−200	800	−2,50	0,0063	0,0541	
−0,20 a −0,15	71	0,0201	0,0469	−3	−213	639	−1,91	0,0281	0,0742	
−0,15 a −0,10	218	0,0616	0,1085	−2	−436	872	−1,33	0,0918	0,1258	
−0,10 a −0,05	415	0,1173	0,2258	−1	−415	415	−0,75	0,2265		
−0,05 a 0	1230	0,3478	0,5736	0	0	0	−0,17	0,4325		
0-0,05	829	0,2344	0,8080	1	829	829	+0,40	0,6554		
0,05-0,10	426	0,1204	0,9284	2	852	1704	+0,98	0,8364		0,9011
0,10-0,15	144	0,0407	0,9691	3	432	1296	+1,56	0,9406		0,9418
0,15-0,20	58	0,0164	0,9855	4	232	928	+2,15	0,9842		0,9552
0,20-0,25	26	0,0074	0,9929	5	130	650	+2,73	0,9968		0,9656
0,25-0,30	15	0,0042	0,9971	6	90	540	+3,31	0,9995		0,9698
0,30-0,35	5	0,0014	0,9985	7	35	245	+3,89	0,9999		0,9712
0,35-0,40	5	0,0014	0,9999	8	40	320	+4,47	0,9999		0,9726
					1101	10943				

* $\Phi(t)$ = valores del cuadro de la integral de probabilidades (distribución de Gauss-Laplace).

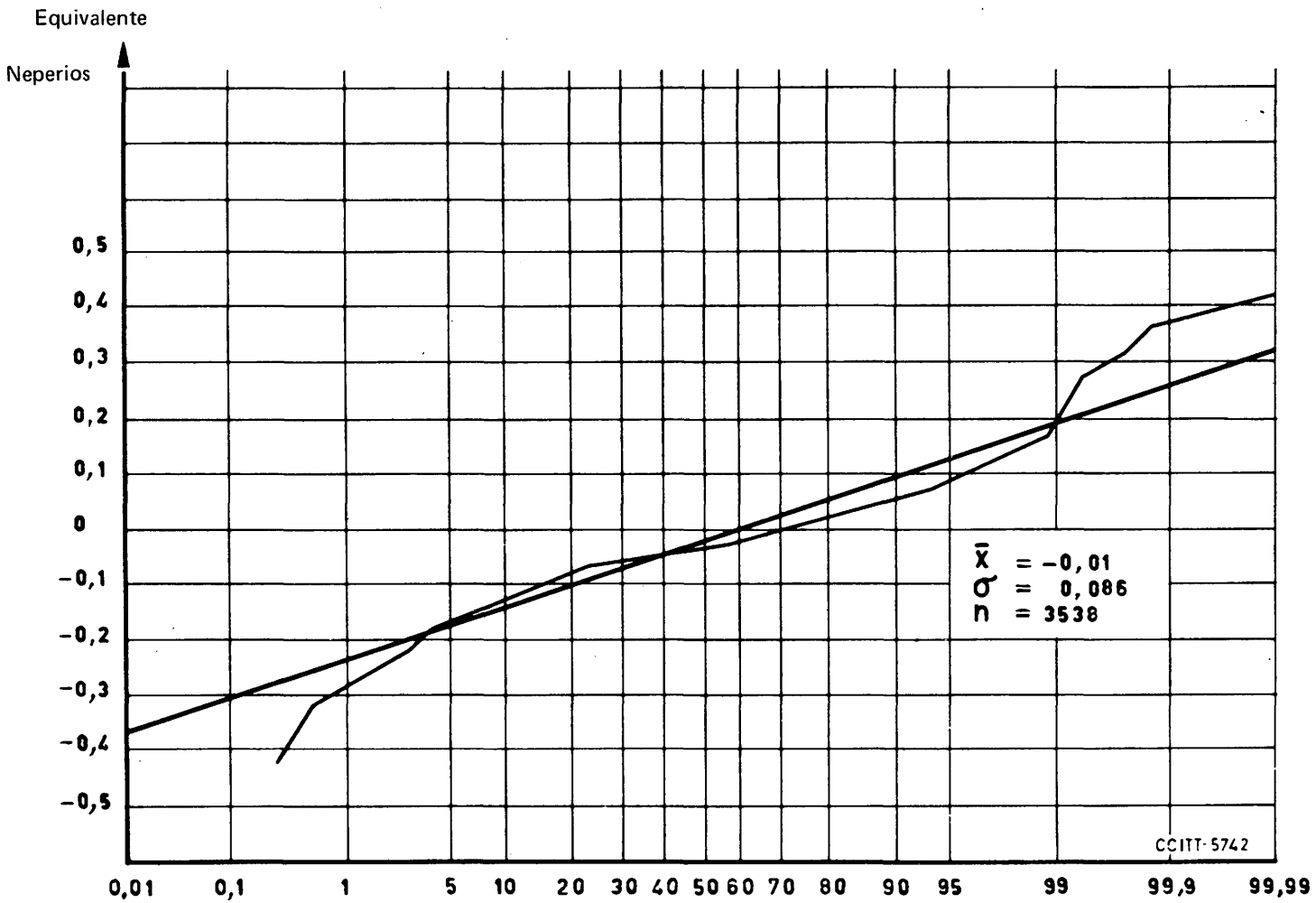


FIGURA 3. – **Curva integral de distribución de los resultados del tratamiento del ejemplo N.º 2**
(escala de probabilidad)

Suplemento N.º 1.6

EXIGENCIAS DE LA TEORÍA ESTADÍSTICA

1. *Introducción*

Las Recomendaciones del C.C.I.T.T. en materia de transmisión tienen por objeto asegurar que en el establecimiento de una comunicación, y en todo el curso de ésta, la información transmitida desde un extremo sea recibida en el otro en condiciones satisfactorias, a saber: inteligibilidad suficiente, calidad satisfactoria, baja proporción de errores, etc.; estas condiciones varían según el tipo de los datos que han de transmitirse y los equipos de recepción; no obstante, para una recepción adecuada es necesario siempre que el nivel recibido sea:

- lo suficientemente elevado para que la señal recibida pueda separarse fácilmente de las señales parásitas causadas por la excitación térmica, los fenómenos de diafonía, las perturbaciones radioeléctricas, etc.
- lo suficientemente bajo para que la señal útil no produzca diversos fenómenos no lineales (distorsión no lineal, intermodulación, sobrecarga, etc.), perjudiciales tanto a su propia restitución como a la de las señales que utilizan el mismo sistema de transmisión.

Para conocer en todo instante "t", el nivel en el extremo receptor del circuito, es necesario conocer el encaminamiento de esta comunicación y los equivalentes de las diversas secciones de la cadena de transmisión establecida. El conocimiento de estas dos informaciones depende de múltiples factores exteriores (estado de ocupación de otros circuitos, tensiones de alimentación, características de los componentes, temperatura, ...); la determinación de estos factores, además de constituir una tarea excesiva, proporcionaría un volumen de información tan enorme que sería prácticamente inutilizable. Es, precisamente, para tratar de fenómenos en los que se ha renunciado, voluntariamente o no, a entrar en un análisis lo suficientemente detallado para poder permanecer sobre una base determinista, que se ha desarrollado la teoría de la probabilidad; sin embargo, es necesario elegir el modelo teórico más apropiado desde los puntos de vista de la conformidad con los datos suministrados por la experiencia y de la simplicidad en la utilización.

2. *Modelos teóricos*

En primer lugar hay que elegir la magnitud que caracterizará el fenómeno estudiado; ésta será, por ejemplo, el equivalente en 800 Hz de una sección cualquiera de las que forman parte de una cadena de transmisión (centro de conmutación, circuito interurbano, línea de abonado). El valor de este equivalente en el instante t se designará por $a(t)$.

En segundo término es necesario elegir los conjuntos que se considera necesario distinguir. Por ejemplo, podrá establecerse una distinción entre los circuitos encaminados por satélite y los encaminados por cable, o entre los circuitos encaminados por un grupo primario directo y los encaminados, por lo menos, por dos canales de grupos primarios en tándem; por el contrario, puede considerarse superfluo establecer una distinción del mismo circuito en dos instantes diferentes.

Esta elección refleja el nivel en que se ha decidido detener el análisis: cada nivel se considerará en efecto como "estadísticamente homogéneo" y todo resultado $a(t)$ de una medición en el instante t del equivalente de un elemento cualquiera de este conjunto será considerado como un resultado particular de la única variable aleatoria A que caracteriza el conjunto en el instante t. Esta hipótesis entraña que, cuando se trata de una variable aleatoria, sólo puede obtenerse experimentalmente el conjunto de valores que corresponden a sus diversos resultados, y la frecuencia relativa de ocurrencia de cada valor en ese conjunto. En consecuencia, es posible definir una variable aleatoria si se conoce el conjunto en el que ésta adopta sus valores, y una medida con relación a este conjunto de tal naturaleza que la medición de todo subconjunto sea proporcional a la frecuencia de ocurrencia de cualquiera de los valores contenidos en este subconjunto (variable aleatoria canónica). Es conveniente tomar el valor 1 como la magnitud del conjunto de todos los valores posibles, y se designa esta magnitud por probabilidad: esta es la ley de probabilidad de la variable aleatoria considerada.

La tercera elección es la del modelo que se ajustará más al fenómeno estudiado. El modelo más general está constituido por los valores de cada una de las variables aleatorias A_t, correspondientes a los diversos instantes t, es decir, por una familia arbitraria a priori $\{A_t\}_{t \in R}$ + de variables aleatorias, siendo el subíndice t

un número real positivo: en este caso se dice que se trata de un *proceso estocástico.* Por el contrario, puede observarse desde el principio que la variación del equivalente *a(t)* de un circuito en función del tiempo es una función continua o, por lo menos, si se quieren tener en cuenta ciertos incidentes que pueden afectar a la transmisión (averías en enlaces coaxiles, desvanecimiento, etc.), una función con límites a la izquierda y continua a la derecha; entonces se tomará por modelo una probabilidad dada, bien en el espacio de las funciones continuas (primer caso), o bien en el de las funciones provistas de límites a la izquierda y continuas a la derecha (segundo caso); es decir, el modelo corresponderá a una variable aleatoria A con valores en un espacio funcional. Este segundo modelo no es más que un caso particular del primero, pero más "físico", y es suficiente para la mayoría de las aplicaciones[1].

3. *Hipótesis complementarias*

Estas hipótesis deben reflejar nuestro conocimiento del fenómeno estudiado, conocimiento que puede provenir de resultados obtenidos en el curso de procedimientos de mediciones o del estudio de los procesos físicos en cuestión. Dichas hipótesis permiten entonces deducir, del modelo teórico adoptado, las consecuencias verificables experimentalmente, y formular previsiones (véase la sección IV más adelante).

Cuando se trata del equivalente de una sección cualquiera de una cadena de transmisión (por ejemplo, un circuito) se parte generalmente de dos hipótesis:

.N. A es una variable aleatoria gaussiana[2]*;*

.S. La ley de probabilidad de A es invariante en presencia de una traslación en el tiempo[3].

Las otras Comisiones de estudio adoptan implícita o explícitamente la hipótesis N cuando se refieren al objetivo de 1,0 dB fijado por la Comisión de estudio IV para la desviación típica de todos los circuitos, cualquiera que sea su tipo. Esta hipótesis es aceptable dada la multiplicidad de causas de las variaciones del equivalente (estúdiese en relación con el teorema del límite central).

La hipótesis S es la que sirve de base a la mayor parte de las predicciones: es aceptable dada la existencia de un mantenimiento preventivo bien organizado.

En las hipótesis N (naturaleza gaussiana) y S (naturaleza estacionaria) la ley de probabilidad de A sólo depende de dos parámetros: la media M, independiente del tiempo por haberse adoptado la hipótesis S, y la función de correlación C que sólo depende del intervalo entre dos instantes considerados[4]. Todas las variables aleatorias A tienen la misma desviación típica, cuyo valor común es el valor de C para $h = 0$.

4. *Estudio de un problema particular: El paso de un umbral*

4.1 *Objeto del estudio*

Un objetivo de calidad, por ejemplo para circuitos, se expresa generalmente por el porcentaje de circuitos que cumplen ciertas normas, siendo una de ellas la de que el equivalente *a(t)* de un circuito no debe diferir del valor nominal en un valor superior a un límite L. En consecuencia, es importante poder deducir del esquema teórico y de las hipótesis complementarias adoptadas magnitudes características como el porcentaje de circuitos que en un instante determinado se encontrarán fuera de los límites, y la duración media de los intervalos de tiempo en que *a(t)* rebasará el valor L en cada circuito.

---

[1] Las condiciones en que un proceso estocástico puede considerarse como una variable aleatoria con valores en un espacio funcional han sido objeto de numerosos estudios en los últimos años. El lector interesado hallará una exposición de conjunto, bastante elemental, en el libro de Guelfand y Vilenkin: *Las distribuciones*, tomo IV "Aplicaciones del análisis armónico", capítulos 3 y 4 (editado en ruso, inglés y francés); el trabajo más reciente y más completo es un artículo de L. Schwartz "Cylindrical probabilities and radonifying applications" publicado en el *Boletín de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Tokio*, sección 1A Matemáticas, volumen 18, N.º 2.

[2] A es una variable aleatoria gaussiana si, para toda n, cualesquiera que sean los instantes $t_1, t_2, \ldots t_n$, la variable aleatoria $(A_{t_1}, A_{t_2}, \ldots A_{t_n})$ con valores en R^n, admite como ley de probabilidad una ley normal de n dimensiones.

[3] Para todo número entero n y para toda magnitud real h, cualesquiera que sean los instantes $t_1, t_2, \ldots t_n$, las variables aleatorias $(A_{t_1}, A_{t_2}, \ldots, A_{t_n})$ y $(A_{t_1}+h, A_{t_2}+h, \ldots, A_{t_n}+h)$ cumplen la misma ley.

[4] Sean m_t la ley de la variable aleatoria A_t con valores en R, y $m_{t_1}, {}_{t_2}$ el valor de la variable aleatoria (A_{t_1}, A_{t_2}) con valores en R^2. Entonces se tiene $[M = \int_R x \mathrm{d}m_t$ y $\tau(t_1, t_2) = \iint_{R^2} xy \mathrm{d}m_{t_1, t_2} = C(h)$ con $h = t_2 - t_1]$.

4.2 *Porcentaje medio de circuitos "fuera de los límites"*

Aunque los valores observados en un instante dado del equivalente de los 12 circuitos de un grupo primario, o de los 60 circuitos del mismo grupo secundario, estén estrechamente correlacionados[1] puede tomarse como porcentaje medio de los circuitos cuyo equivalente $a(t)$ será superior a L en el instante t, la probabilidad $P\{a(t) > L\}$ de que la variable aleatoria gaussiana $a(t)$, cuya media y desviación típica son M y S respectivamente (hipótesis *N*), rebase el valor L (véase el *Libro Verde*, tomo IV, Suplemento 1.3, cuadro 1, columna 3).

4.3 *Duración media de los intervalos de tiempo en que* a(t) *rebasa el valor* L *en un circuito determinado*

Esta característica es interesante por dos razones: por una parte, precisa la perturbación experimentada por el usuario y, por otra, una idea del intervalo de tiempo durante el cual conviene observar un circuito antes de emitir un juicio sobre su estabilidad[2]. El resultado que se expresa más abajo da una evaluación explícita sobre este particular, partiendo de las hipótesis complementarias que se mencionan a continuación:

Sea A_t un proceso estocástico gaussiano (hipótesis *N*), estacionario (hipótesis *S*) con una media M y una función de correlación C, en el que se supone también que los resultados de $a(t)$ son casi todos derivables y que las derivadas $a(t)$ son continuas (hipótesis *D*)[3]; la duración media Δ de los intervalos de tiempo en que $a(t)$ será superior a L se da entonces por: $\Delta = \frac{1}{\lambda} P\{a(t) > L\}$ donde $P\{a(t) > L\}$ es la magnitud introducida en el punto 4.1 para una variable aleatoria gaussiana de media M, de desviación típica $S = C(0)$, y donde λ tiene por valor $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{-C''(0)}{S}} \exp\left\{-\frac{(L-M)^2}{2S}\right\}$. $C''(0)$ es el valor en el origen de la segunda derivada de la función de correlación, y caracteriza la manera en que $C(h)$ decrece cuando h aumenta a partir de cero; su valor está relacionado pues con el tiempo que debe transcurrir entre los dos instantes t_1 y t_2 para que $a(t_1)$ y $a(t_2)$ puedan ser considerados como prácticamente independientes. El ejemplo numérico dado a continuación tiene por objeto ilustrar esta relación.

Ejemplo numérico: Supongamos que la función de correlación $C(t)$ está expresada por $S\exp\left\{-\frac{t^2}{2T^2}\right\}$: $C(0) = S$ et $C''(0) = -\frac{S}{T^2}$. Si $a(t)$ es una variable gaussiana de media $M = 0$ y desviación típica $S = 1$ dB (véase la Recomendación M.16), para $L = 3$ dB se obtendrá $\Delta = \frac{0{,}13499}{100} \times \frac{\sqrt{2\pi T}}{0{,}00443}$, o sea, $\Delta = 0{,}765\ T$. Ahora bien, puede considerarse que para $|t_1 - t_2| \geqslant 3T$, $a(t_1)$ y $a(t_2)$ son, en el caso considerado, prácticamente independientes.

5. *Contenido de la Recomendación M.16*

Los objetivos de la Recomendación M.16 están expresados en función de los *verdaderos* valores M y S de la medida y de la desviación típica de las variaciones con respecto al tiempo del equivalente de un circuito. Es evidente, habida cuenta de lo expresado anteriormente, que respetando ciertas hipótesis teóricas que parecen estar de acuerdo con la realidad, este conocimiento de M y S permite predecir los valores probables de algunas de las magnitudes que reflejan, más directamente que M y S, la calidad de los circuitos, e incluso trabajar en

[1] Véase la Contribución COM IV-N.° 119, punto 3.2 (periodo 1968-1972). En esta Contribución se presentan las conclusiones de los estudios emprendidos por el Instituto de Investigaciones del Deutsch Bundespost, publicados por el mencionado Instituto en forma de informe técnico: Technischer Bericht A452 TBr 10 von Rudolf Göldner "Das Statistische Verhalten des Pegels von trägerfrequent genführten Fernleitungen". En este informe se hallarán valiosas indicaciones sobre la validez de las hipótesis *N* y *S*.

[2] Véase COM IV-N.° 47, (periodo 1968-1972), página 17 punto a) "las consecuencias del periodo de medición". Si el periodo de observación es corto en comparación con la duración media de los intervalos de tiempo en que $a(t)$ excede de L en un circuito determinado, se corre el riesgo, en efecto, de llegar a la conclusión partiendo de los resultados de este periodo de observación, que $a(t)$ es *siempre* superior a L y que debe procederse a un ajuste en consecuencia.

[3] Todo proceso gaussiano estacionario que no satisface la hipótesis *D* oscila indefinidamente en todo intervalo $(t, t + h)$ por muy pequeño que éste sea.

base de dichas magnitudes. Sin embargo, los verdaderos valores de M y S no pueden obtenerse experimentalmente[1]. Lo que se observa son valores particulares $a(t)$ de la variable aleatoria A_t, valores que sólo pueden proporcionar *estimaciones* de M y S más o menos precisas, sobre la base siguiente: la estimación de una magnitud es tanto más precisa cuanto menor sea el menor de los intervalos, de modo que sólo haya un $q\%$ de probabilidades de que el valor *verdadero* de esta magnitud caiga fuera de los límites del intervalo considerado. Estos intervalos se denominan intervalos de confianza en el nivel de confianza $(100 - q)\%$ y sólo es válido comparar estimaciones para las que se hayan determinado los intervalos de confianza correspondientes.

En estas condiciones, parece necesario que la Recomendación M.16 precise la manera de determinar, *partiendo de las observaciones efectuadas*, que un circuito presenta una estabilidad insuficiente y que conviene, en consecuencia, aplicar una de las disposiciones mencionadas en el punto 1.2 del nuevo texto de la mencionada Recomendación.

La Recomendación M.16 debería incluir, por ejemplo, un punto 1.3 cuyo texto sería el siguiente:

1.3 La estabilidad de un circuito se considerará insuficiente si, habiéndose determinado a partir de mediciones ya efectuadas los intervalos de confianza I_M e I_S asociados a las estimaciones de la media M y de la desviación típica S, se cumple por lo menos una de las dos condiciones siguientes:

Los intervalos I_M y (−0,5 dB; +0,5 dB) no tienen valores comunes,

Los intervalos I_S y (0 dB; 1,0 dB) no tienen valores comunes.

Los intervalos de confianza I_M e I_S se determinarán con relación al nivel de confianza de 95%.

Cuando se compruebe que un circuito es de estabilidad insuficiente conviene aplicar una de las cláusulas mencionadas en el punto 1.2, por acuerdo mutuo entre las Administraciones o Empresas privadas de explotación reconocidas.

Observación. — Debe advertirse que la casi totalidad de los métodos de estimación y de determinación de los intervalos de confianza asociados se basan en que son conocidos los n valores de n resultados *independientes* de *la* variable aleatoria considerada. Ahora bien, los puntos 4.2 y 4.3 muestran que, por una parte, los n valores obtenidos en el mismo instante para el equivalente de los circuitos de un mismo grupo primario o de un grupo secundario estaban estrechamente correlacionados, y por otra parte que conviene dejar transcurrir cierto tiempo entre dos mediciones de un mismo circuito para poder considerarlas como independientes. Admitir desde el principio que los resultados disponibles corresponden a resultados independientes conduce, a medida que aumenta la duración de la observación, a obtener estimaciones sucesivas incompatibles entre sí; este problema ha sido tratado especialmente en las Contribuciones COM IV-N.º 20 (U.R.S.S.) del periodo 1968-1972 "Apreciación estadística de la estabilidad y de la calidad de la transmisión en función del tiempo" y COM IV-N.º 119 (República Federal de Alemania) del periodo 1968-1972, punto 3.4 "Influencia del tiempo de observación en los resultados"[2]. Para obviar esta dificultad, en lugar de verificar cada vez la naturaleza independiente de las muestras utilizadas, sería más adecuado disponer de resultados generales relativos a los intervalos que deben observarse entre dos tomas sucesivas de muestras, estudiando, por ejemplo, cuáles son las cuestiones de correlación que se presentan normalmente.

BIBLIOGRAFÍA

A partir del momento en que se decide abandonar la base determinista (véase el punto 1), los únicos instrumentos apropiados son los elaborados en el curso de los últimos 50 años por los especialistas en teoría de la probabilidad y especialmente en la teoría de la decisión estadística. El trabajo de referencia en este campo sigue siendo el libro de E. Lehman: *Testing Statistical Hypotheses* (Wiley 1959); puede citarse también la obra de Yu. V. Linnik: *Statistical Problems with nuisance parameters* (Nauka, Moscú, 1966, publicada en ruso, inglés y francés), la de Cramer: *Mathematical Methods of Statistics* (elemental) y la de Van der Waerden: *"Mathematical Statistics"* (publicada en alemán, inglés, francés y ruso).

[1] Esta es una consecuencia directa de la renuncia, voluntaria o involuntaria a "realizar un análisis con nivel lo suficientemente fino para poder permanecer sobre una base determinista" (véase el punto 1).

[2] Suponer además que se trata de n resultados de *la* misma variable aleatoria es conforme a la hipótesis S, pero es evidentemente incorrecto si la estabilidad del circuito varía, por ejemplo, debido a que la constitución del circuito se ha complicado, o a que se utiliza un canal de un grupo primario que ha dejado de tener regulación automática.

2. TÉCNICAS DE MEDIDA

Suplemento N.º 2.1

OBSERVACIONES GENERALES SOBRE LOS APARATOS Y MÉTODOS DE MEDIDA

1. *Precisión de las mediciones*

Las técnicas de medida de los diferentes parámetros de funcionamiento de los sistemas de transmisión deben elaborarse de modo que se reduzca al mínimo el número de errores que disminuyen la precisión global de las mediciones. Cuando sean varios los métodos de medida aceptables para un parámetro determinado, se elegirá, siempre que sea posible, el que entrañe el menor riesgo de error. Por ejemplo, la atenuación de inserción se puede medir por el método directo, que consiste en utilizar una fuente calibrada de señales de nivel estable y un aparato calibrado de medidas de nivel, o por el método comparativo, que requiere un equipo y un atenuador de referencia preciso. Con el método directo, todas las imprecisiones inherentes al funcionamiento del equipo influirán en la exactitud global de la medición. Si se aplica el método comparativo, puede procederse de modo que los errores de medida se deban sólo al atenuador, con lo cual su magnitud será muy pequeña. Por otra parte, con el método comparativo no es necesario que esté calibrado el aparato de medida del nivel.

Conviene prestar la debida atención a la adaptación de las impedancias en la transmisión y en la recepción de los aparatos de medida a las impedancias respectivas a la entrada y a la salida del sistema o red medidos (véase el Suplemento N.º 2.5).

Incluso en los aparatos de medida relativamente perfeccionados, las imprecisiones inherentes al funcionamiento pueden introducir importantes errores en el resultado final. Por ejemplo, si se hace uso de un aparato selectivo de medida de nivel muy sencillo, concebido para mediciones directas en una gama determinada de niveles y de frecuencias, es posible que los errores individuales se acumulen en la siguiente forma:

Característica indicación de nivel/frecuencia:	$\pm$0,2 dB (0,23 dNp)
Errores en la calibración del contador:	de $\pm$0,1 dB (0,12 dNp) a $\pm$0,25 dB (0,29 dNp), según la naturaleza de las indicaciones proporcionadas por el aparato
Variaciones de temperatura:	$\pm$0,2 dB (0,23 dNp)
Error debido al atenuador (conmutador de gamas de frecuencias):	$\pm$0,15 dB (0,17 dNp) en alta frecuencia; $\pm$1 dB (0,12 dNp) en baja frecuencia (si se trata de un aparato de medida heterodino).

Cuando se incorpora un oscilador calibrador al aparato selectivo de medida de nivel, estos errores reducen la precisión de las mediciones del nivel de salida del oscilador, nivel que, a su vez, puede estar afectado por los errores siguientes:

errores de ajuste: $\pm$0,05 dB (0,06 dNp)

variación del nivel en función de la temperatura: $\pm$0,1 dB (0,12 dNp).

Al calcular el total de los errores mencionados, el error "más probable" de medida, para cualquier frecuencia o nivel de señal compatible con el aparato de medida utilizado, será para este equipo de 0,4 dB (0,46 dNp) aproximadamente.

Para analizar los factores de que puede depender la mejora de la precisión global, cabe recurrir a un indicador, colocado en el aparato de medida del nivel, provisto de un imán concebido de manera que el campo magnético que actúa sobre el elemento indicador le desvíe según una escala logarítmica, y de un dispositivo mecánico de supresión del cero. Ajustando debidamente estos dispositivos, se puede obtener un aparato graduado en decibelios (neperios) en una forma casi lineal en toda la longitud de la escala. Los valores típicos de las relaciones de corriente entre extremos aplicables a este instrumento pueden dar escalas lineales para valores de 6, 12, 20 o incluso 30 dB (7, 14, 25 ó 35 dNp). El instrumento de escala logarítmica de 12 dB (14 dNp) sería particularmente útil empleado conjuntamente con un atenuador (conmutador de gamas de frecuencias) por pasos de 10 dB (10 dNp) en el aparato de medida de nivel. El error de calibrado en toda la gama de funcionamiento de ese aparato sería del orden de $\pm$0,1 dB($\pm$0,12 dNp) comparado con los errores máximos de $\pm$0,25 dB (+0,29 dNp) citados en el ejemplo precedente.

Se puede construir, aunque a un costo más elevado, un aparato de medida más estable en función de la temperatura y con una característica mejor para la indicación nivel/frecuencia. Sin embargo, aun si se logra aumentar en una 50% la estabilidad en función de la temperatura y la respuesta de frecuencia, e incluso empleando en el equipo de recepción un contador preciso graduado en decibelios (neperios) según una escala lineal, el error "más probable" de medida seguiría siendo del orden de 0,25 dB (0,29 dNp).

En los casos especiales en que se mide continuamente el nivel de un tono de medida de una sola frecuencia, o señal piloto, puede utilizarse simplemente un aparato de medida muy estable y de sensibilidad constante. Las desviaciones del nivel de la señal respecto del nivel normal pueden leerse directamente en la escala del instrumento indicador. Si el aparato es del tipo de escala logarítmica con supresión del cero, lo que da una gama de 6 dB (7 dNp), la precisión del calibrado será del orden de 0,05 dB (0,06 dNp). Con este aparato, el error "más probable" de medida será del orden de 0,15 dB (0,17 dNp).

Además de las imprecisiones mencionadas, debidas al equipo de medida, el "factor humano" puede introducir errores de hasta 0,5 dB cuando las mediciones se efectúan en malas condiciones. Esto puede remediarse utilizando técnicas automáticas de medida. No obstante, aunque sea posible construir aparatos de medida de precisión comparable a la de los mencionados más arriba, la inestabilidad de nivel de los circuitos de apreciación limitará la resolución óptima a 0,1 dB aproximadamente.

2. *Utilización de la presentación numérica*

Observación. — Hay que hacer una distinción entre los instrumentos que aseguran una representación numérica de una magnitud continuamente variable (por ejemplo, un decibelímetro numérico) y los que cuentan esencialmente acontecimientos y se prestan, por tanto, a una presentación numérica (por ejemplo, los contadores de proporciones de errores de los sistemas M.I.C.). Los instrumentos pertenecientes a esta segunda categoría no se tratan en la presente sección.

En general, se considera conveniente la presentación numérica para ciertas mediciones de transmisión (pero no para todas). La magnitud que haya que medir debe ser, de preferencia, estable, ya que con esta forma

de presentación es más difícil estimar visualmente el ritmo y la amplitud de las fluctuaciones de una magnitud variable que con la presentación clásica a base de una escala y de una aguja.

La presentación numérica convendría con personal no especializado, pero las consideraciones económicas, así como la complejidad técnica y el volumen admisible para los aparatos portátiles, impedirán eventualmente que su uso se generalice.

Los instrumentos de presentación numérica pueden utilizarse para las mediciones que requieran la más elevada precisión. Reducen los errores subjetivos y, con frecuencia, por un mismo coste, les es más fácil a los fabricantes dar mayor precisión a un equipo de presentación numérica que a uno clásico de cuadrante y aguja, ya que a menudo en el primero es fácil hacer que el error en la última cifra significativa sea menor que el error en la graduación del segundo.

La lectura con la presentación numérica es generalmente más rápida que con una escala; por ello, el primer tipo de aparato es generalmente superior al segundo en las mediciones que se suceden rápidamente. Puede ser útil dotar los aparatos de presentación numérica de una salida para impresión o perforación.

Se estima que la presentación numérica no es apropiada cuando la magnitud que hay que medir varía continuamente (como ocurre, por ejemplo, cuando se ajusta el nivel de una señal con un potenciómetro); hay que dar preferencia entonces a un aparato indicador clásico de cuadrante y aguja. En cambio, si el ajuste se hace por pasos, la presentación numérica sería satisfactoria.

Para la localización de las fuentes de averías que den lugar a variaciones de nivel, los instrumentos de presentación numérica no son tan indicados como los de aguja, pero se pueden utilizar si están dotados de una salida que desemboque en un dispositivo impresor. No convienen al estudio de los defectos intermitentes.

Los instrumentos de presentación numérica se utilizan, o podrían servir:

- para el regstro automático de resultados de medida, en especial para su tratamiento ulterior por computador,
- en combinación con aparatos automáticos de medida de la atenuación y del nivel.

3. *Elección entre el método de lectura directa y los métodos de cero o de comparación*

(Cabe señalar que numerosos tipos de instrumentos de presentación numérica funcionan por el método de cero o de comparación, y que su precisión depende de la estabilidad a largo plazo de un dispositivo interno de referencia, por ejemplo, un diodo Zener. No obstante, la presente sección trata de métodos manuales de cero o de comparación, por lo cual los instrumentos de presentación numérica se consideran aquí como de lectura directa).

Por lo común, los métodos de cero o de comparación que implican la manipulación de un control de ajuste sólo deben emplearse para las mediciones que exijan la mayor precisión posible. Numerosas Administraciones reservan estos métodos a los centros de reparación, a los laboratorios o a ciertos centros importantes.

Los métodos de cero o de comparación se utilizan para:

- calibrar las fuentes de energía de referencia,
- controlar las amplificadores de línea, los atenuadores y otros elementos del equipo de transmisión,
- medir las atenuaciones diadónicas, los niveles de ruido, y el margen contra las armónicas.

En Estados Unidos de América se emplea también este método para medir el nivel de las señales piloto. Este método sería ventajoso con instrumentos portátiles, ya que su estabilidad está asegurada, en principio, por órganos relativamente robustos, por ejemplo, atenuadores, en lugar de un indicador.

Se considera en general que los métodos de lectura directa son convenientes para la mayoría de los otros tipos de mediciones, en particular cuando se quiere ahorrar tiempo o dinero.

Ciertos aparatos de medida de precisión comprenden controles manuales y un instrumento de lectura directa. Son los aparatos denominados "de lente de nivel" o "de desplazamiento del cero", en los que por

ejemplo, el nivel de entrada que hay que medir se iguala con el de la señal de referencia con una precisión de, por ejemplo, $\pm 0{,}5$ dB, mediante atenuadores insertados por conmutación; el paso menor será en este caso de 1 dB, y la diferencia residual entre la señal medida y la señal de referencia se lee en un decibelímetro de cero central, que indica tanto el signo como el valor de esa diferencia. El nivel medido es igual a la suma del ajuste del atenuador y de la indicación del decibelímetro. Es fácil graduar éste en una forma adecuada para la interpolación.

4. *Empleo de aparatos de medida selectivos*

Hay que recurrir a aparatos de medida selectivos cuando la señal deseada está acompañada de otras señales o ruidos de nivel relativamente elevado, por ejemplo, los niveles de diafonía. Estos aparatos pueden ser de frecuencia fija o de variación continua. Por lo general, los primeros son precisos y rápidos y producen errores subjetivos mínimos. Sus usos son, sin embargo, limitados y su costo sería elevado si se tratara de diversificar los modelos.

Por su parte, los aparatos selectivos de variación continua de frecuencia exigen una mayor competencia por parte del operador y a veces, en ciertas aplicaciones, no son tan precisos ni tan rápidos como los de frecuencia fija.

Los aparatos selectivos de frecuencia fija se utilizan para medir los niveles:

- de las señales piloto de grupo primario y de grupo secundario,
- de las frecuencias adicionales de medida en los sistemas de alta frecuencia por línea,
- de las señales piloto de regulación de línea,
- de las frecuencias tradicionales de medida (bien que, en ciertos casos, éstas puedan medirse y se miden con aparatos selectivos de variación continua),
- de las armónicas marginales en los circuitos para transmisiones radiofónicas (junto con señales particulares de medida transmitidas en frecuencias fijas),
- del ruido en los aparatos de control de los sistemas de banda ancha,
- para las mediciones entre canales en los sistemas de 12, 60 y 120 canales.

Algunas Administraciones disponen de aparatos selectivos de medida de frecuencia fija para medir señales piloto de orden inferior; por ejemplo, las cinco señales piloto de grupo primario pueden medirse en las frecuencias en que aparecen en el grupo secundario de base, al mismo tiempo que la señal piloto de grupo secundario, en todos los puntos en que se disponga de éste último, por ejemplo, en el repartidor de grupo secundario.

Es útil dotar a los aparatos selectivos de frecuencia fija utilizados para medir las señales piloto de los medios necesarios para accionar un registrador.

Los aparatos selectivos de variación continua son de aplicación universal cuando se trata de medir señales en frecuencias discretas, por ejemplo, una señal de medida transmitida por un canal, en la posición que ocupa en el espectro de banda ancha.

5. *Compensación de las atenuaciones que se producen en las secciones de medida y en los cordones de medida*

Es cómodo hacer una distinción general entre los instrumentos de medida montados en un punto central, a menudo necesariamente alejado del equipo de transmisión, y los instrumentos de medida montados en bastidores que pueden hallarse cerca del equipo de transmisión, o los aparatos de medida portátiles, que pueden colocarse al lado del equipo de transmisión.

5.1 *Aparatos de medida montados en un punto central*

Son un ejemplo los aparatos automáticos de medida de circuitos y los puestos centrales de medida que dan servicio a instalaciones distantes. A menudo, la práctica consiste en compensar la atenuación de la conexión o

de la sección de medida con modificadores o líneas artificiales complementarias, de ser preciso con igualación y compensación de la atenuación residual por una elevación apropiada del nivel de transmisión o de la sensibilidad de recepción, a fin de que el valor indicado por el aparato de medida represente efectivamente el nivel en el equipo de transmisión distante.

5.2 *Aparatos de medida montados o colocados cerca del equipo de transmisión*

En este caso, la técnica preferida consiste en reducir al mínimo la longitud de los cordones de medida. A menudo se puede escoger un método de calibrado que tenga en cuenta la atenuación debida a los cordones de medida.

Los cordones deben ser cortos con relación a la longitud de onda más pequeña de las señales comprendidas en el espectro que se mide. Cuando ello no sea posible, se puede insertar en derivación un conductor de medida desacoplado del trayecto de transmisión (por ejemplo, mediante un híbrido de medida, que puede ser un transformador o una red de resistencias), adecuadamente conectado a los terminales del aparato de medida. En este caso conviene que la composición y la longitud del conductor de medida sean análogas a las del trayecto de transmisión entre el equipo de transmisión y el repartidor correspondiente, para que las mediciones hechas en el extremo de ese conductor sean iguales a las que hubieran podido hacerse en el repartidor.

6. *Mantenimiento de los aparatos de medida*

Es difícil, en un resumen como el presente, mencionar la gran variedad de prácticas adoptadas por las diversas Administraciones y empresas privadas de explotación.

6.1 *Controles simples de los aparatos de medida*

La mayoría de los generadores de señales y de los aparatos de medida del nivel llevan un calibrador que permite calibrarlos en una frecuencia de referencia. El calibrado se acentúa generalmente antes de cada utilización o tan frecuentemente como sea necesario.

El personal de las estaciones de repetidores controla frecuentemente la frecuencia de referencia y el nivel de la señal de referencia del generador de señales o del aparato de medida del nivel, a menudo siguiendo las instrucciones de los fabricantes de esos aparatos.

6.2 *Control de las características especificadas para el equipo*

En numerosos casos, los agentes de las estaciones de repetidores deben hacer controles periódicos (trimestrales, por ejemplo) de las características más importantes especificadas para los aparatos y, en su caso, proceder a un nuevo calibrado. A veces, son los inspectores quienes efectúan este trabajo.

Los aparatos defectuosos o cuyo calibrado es demasiado complicado, se envían al taller central de reparaciones o, en ciertos casos, al fabricante (con quien la Administración habrá sin duda establecido un acuerdo para la reparación y nuevo calibrado del equipo). Muchas veces, el taller de reparación o el fabricante sustituyen inmediatamente los aparatos, pero en ocasiones hay que esperar que los reparen o calibren. En el taller central de reparaciones (o en la fábrica), se aprovecha la oportunidad para verificar si todas las características del aparato se ajustan perfectamente a las especificaciones del pliego de condiciones.

País u organismo	Periodicidad de los controles			¿Se sustituye el aparato?	Observaciones
	Por personal de las estaciones de repetidores	En un centro regional	En un centro nacional		
R.F. de Alemania		Cada dos años		Sin respuesta	Se prefiere que el fabricante efectúe controles suplementarios si el equipo es complejo
Reino Unido	Cada tres meses, sólo en la frecuencia de referencia		Cada dos años	Sí	El Reino Unido cree que una periodicidad de dos años es quizás insuficiente y sugiere un año
Noruega	Control periódico por inspectores itinerantes		*	Sí	* Se hacen controles, pero no se ha indicado la periodicidad
Cable and Wireless	Cada seis meses			Sin respuesta	
Países Bajos			Cada dos años	A petición	Se proyecta un control anual
Suiza	Cada tres años* Cada tres años**			No	* Control del régimen del generador de señales en 1 mW, seguido de la comparación de los aparatos de medida de nivel con el generador ** El fabricante verifica si se respetan las especificaciones del pliego de condiciones
Suecia			Una vez al año	Sí	
R.A.I.	Controles periódicos		Periódicamente si es preciso	Sí	
O.R.T.F.	Controles periódicos			Sin respuesta	* Comparación de los generadores de señal con instrumentos patrón. Comparación de los aparatos de medida del nivel con los generadores de señal
O.R.F.	Cada seis meses		*		* Ejecución en el laboratorio de las calibraciones especiales necesarias
A.B.C.	Una vez por semana, en la frecuencia de referencia y en otras frecuencias discretas			Sí	* Un servicio especial de mantenimiento se encarga del mantenimiento general y de localizar los defectos complejos
Finlandia	No se indica la periodicidad*	Una vez al año**		Sí	* Controles simples ** Control de las características de funcionamiento en un centro de mantenimiento y de reparación
Austria	No se indica la periodicidad*	**		Sí	* Control de las características de funcionamiento y mantenimiento general ** Reparaciones en centros especiales

País u organismo	Periodicidad de los controles			¿Se sustituye el aparato?	Observaciones
	Por personal de las estaciones de repetidores	En un centro regional	En un centro nacional		
N.T.T.	Mantenimiento regular		*	Sí	* Análisis de los defectos y revisión general (a veces por personal del fabricante)
A.T. & T.		Semestral o trianual según la complejidad del instrumento		Sí	
Polonia		Una vez al año		No	

7. *Fuentes de energía de los aparatos de medida*

7.1 *Aparatos portátiles*

En general, un aparato portátil ha de poder funcionar con una batería de acumuladores o de pilas secas incorporada al mismo. Si se adoptan acumuladores, el aparato debe estar concebido para funcionar con la corriente de la red mientras se recargan los acumuladores.

Hay que prever medios para medir la tensión de alimentación durante el funcionamiento del aparato, así como un indicador que advierta cuándo hay que reemplazar (o recargar) los elementos de la batería. En ciertas Administraciones, los aparatos portátiles utilizados en regiones aisladas pueden ser alimentados por la batería del vehículo del operario encargado de las mediciones.

Cuando el consumo de energía de un aparato es superior a la capacidad de las baterías incorporadas, debe poder funcionar tanto con la corriente de la red como con la corriente alterna suministrada por los grupos electrógenos que suelen emplearse en las pequeñas estaciones o en las estaciones aisladas. En este caso, el aparato de medida portátil debe funcionar satisfactoriamente, incluso con variaciones de tensión y de frecuencia de $\pm 10\%$ (valor típico), lo que puede lograrse incorporando un regulador.

7.2 *Aparatos montados en bastidores*

Con este tipo de aparatos, las prácticas son muy diversas. Ciertas Administraciones prevén una fuente especial de corriente alterna que sirve únicamente para los aparatos de medida. Esta fuente se regula con precisión y se controla frecuentemente (dos veces al día según una Administración). Otras incorporan un regulador en el aparato de medida, que se conecta entonces a la instalación normal de alimentación de corriente alterna o continua de la estación; el aparato de medida debe funcionar satisfactoriamente, incluso con variaciones de $\pm 10\%$ de la tensión de alimentación.

La influencia de las variaciones de la tensión de alimentación en el aparato de medida se controla con una periodicidad que oscila entre una vez cada 6 meses (aparatos de tubos) a una vez cada dos años (aparatos transistorizados).

8. *Otras características deseables de los aparatos de medida que conviene tener en cuenta*

8.1 *Aparatos selectivos*

a) condiciones relativas a la banda de paso;

b) condiciones relativas a la banda suprimida;

c) condiciones relativas a la supresión de las frecuencias no deseadas, por ejemplo, las frecuencias imagen y las frecuencias de batido;

d) condiciones relativas a la sobrecarga de la sección de banda ancha de los aparatos heterodinos.

8.2 *Aparatos portátiles*

a) características mecánicas, incluidas la facilidad de manejo y la resistencia a los choques mecánicos;

b) seguridad, incluida la puesta a tierra, el aislamiento, etc.;

c) características en condiciones climáticas extremas, como las que se dan en los países septentrionales o ecuatoriales.

8.3 *Influencia en el funcionamiento*

a) de los campos magnéticos y eléctricos circundantes;

b) de los sistemas de puesta a tierra.

Además, ciertas Administraciones han sugerido que se especifique, exijan o consideren los siguientes puntos:

a) toma para aparatos externos, frecuencímetros, registradores, o auriculares;

b) limitación del juego en las escalas graduadas en frecuencia;

c) mantenimiento de la precisión del nivel de salida en toda la gama de la escala graduada en frecuencia;

d) reducción del efecto de paralaje cuando se requiere una precisión elevada (un método sugerido consiste en utilizar un instrumento cuya aguja se desplace delante de un espejo);

e) disposición del aparato de modo que la aguja se mueva en el mismo sentido que la escala;

f) la rotación de un mando en el sentido de las agujas del reloj debe corresponder a un aumento del parámetro sobre el que actúa;

g) tipo de rectificación utilizado en los aparatos de medida del nivel;

h) constante de tiempo del indicador;

j) ausencia de armónicas en la señal de salida del generador de señales (el mismo límite que para la condición relativa a las armónicas);

k) limitación de las señales perturbadoras generadas por los aparatos de medida del nivel que pueden inyectarse en el circuito medido;

l) las escalas de los aparatos de medida del nivel deben graduarse en valores de nivel de potencia con relación a 1 milivatio (en dBm o dNm), por pasos no superiores a 0,5 dB o a 0,5 dNp. El calibrado debiera efectuarse por referencia a una señal sinusoidal;

m) es conveniente que los generadores de señales de medida y los aparatos de medida del nivel de alta frecuencia incluyan medios para calibrarlos. En otros casos, así como para el calibrado primario de los circuitos de calibrado incorporados, hay que disponer de medios que permitan controlar cómodamente los aparatos por referencia a una fuente normalizada de potencia de prueba. Los medios de ajuste del calibrado de los aparatos cuando se controlan con relación a fuentes externas, deben concebirse de modo que los ajustes sean intencionados y no fortuitos. Las fuentes externas utilizadas para el calibrado deben controlarse mediante un patrón secundario, comparado a su vez con un patrón primario tan a menudo como sea necesario para respetar las condiciones precedentemente especificadas;

n) aunque se trata de una cuestión de poca monta, una Administración ha sugerido que la frecuencia intermedia de los aparatos selectivos de medida no sea superior a 50 kHz, y que se prevea una toma a la que pueda conectarse un aparato para medir el nivel de la señal en la frecuencia intermedia;

o) otra Administración recomienda el empleo de símbolos y signos de explotación uniforme, y la entrega por los fabricantes del modo de empleo del aparato en el idioma del país en que se haya de utilizar;

p) se considera conveniente que los resultados de las medidas aparezcan en forma de desviaciones con relación a los valores nominales, y que no se exija del usuario del aparato de medida que conozca dichos valores nominales. Esta prescripción podría aplicarse estableciendo todos los puntos de medida en los lugares en que se efectúan mediciones de tipo análogo con relación a un valor común, o construyendo el aparato de medida de modo que su sensibilidad se ajuste automáticamente en función del punto de medida al que esté conectado. Se trata especialmente de los pupitres centrales de medida, en los que un mismo operador puede medir magnitudes diversas en diferentes puntos de una gran instalación.

q) una Administración recomienda el empleo de una indicación visual que advierta que se han rebasado o que no se alcanzan los límites prescritos.

Suplemento N.° 2.2

MEDICIONES DE ATENUACIÓN

1. *Definiciones*

a) *Atenuación*

Se llama atenuación a la disminución de la potencia de una señal transmitida de un punto a otro. La atenuación se expresa habitualmente en decibelios o en neperios.

Para evitar confusiones, este término necesita un calificativo.

b) *Atenuación de inserción*

(Véase la definición 05.22 del *Repertorio de definiciones de los términos esenciales empleados en las telecomunicaciones*, ediciones en francés e inglés.)

La atenuación de inserción de un cuadripolo intercalado entre dos impedancias Z_E (transmisor) y Z_R (receptor) es la expresión en unidades de transmisión de la razón P_1/P_2, en la cual P_1 es la potencia aparente recibida por el receptor Z_R *antes* de intercalar el cuadripolo considerado, y P_2 la potencia aparente recibida por el receptor Z_R *después* de intercalarse el cuadripolo considerado.

Tal atenuación la da la expresión:

$$10 \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_2} \right| \text{ decibelios o } \frac{1}{2} \log_e \left| \frac{P_1}{P_2} \right| \text{ neperios.}$$

Si el número así obtenido es negativo, se trata de una ganancia de inserción.

La medición se hace según el esquema de la figura 1. Para obtener la razón de las potencias aparentes, suele medirse la razón de las tensiones en los terminales de la impedancia Z_R *antes* y *después* de insertarse el cuadripolo.

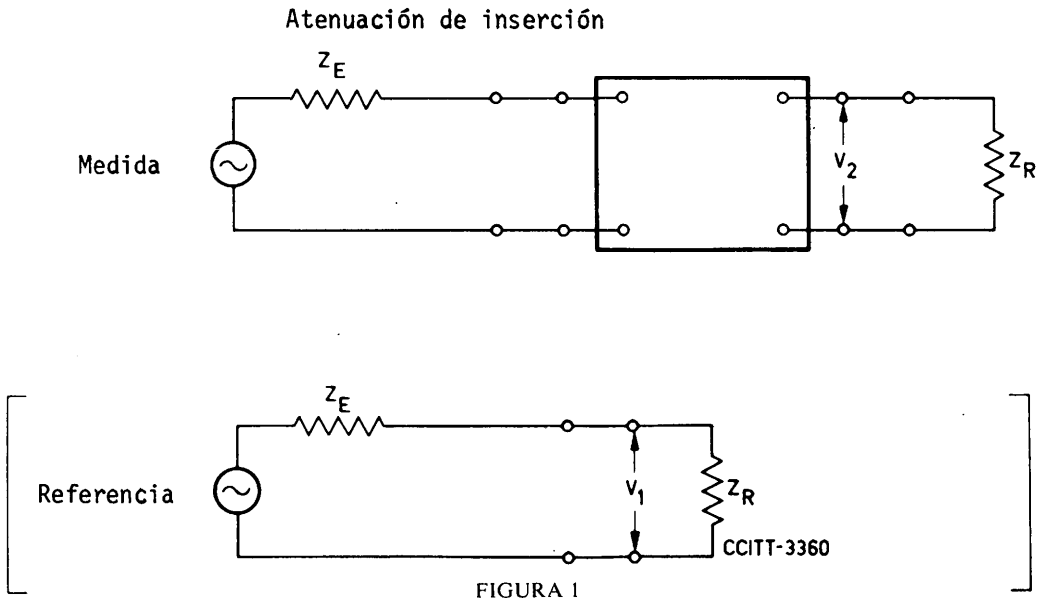


FIGURA 1

c) *Atenuación compuesta*

(Véase la definición 05,20 del *Repertorio de definiciones de los términos esenciales utilizados en las telecomunicaciones,* ediciones en francés e inglés.)

La atenuación compuesta de un cuadripolo intercalado entre dos impedancias Z_E (transmisor) y Z_R (receptor) es la expresión en unidades de transmisión de la razón

$$\left|\frac{P_0}{P_2}\right|$$

en la cual P_0 es la potencia aparente que el transmisor Z_E suministraría a un receptor de impedancia Z_E, y P_2 la potencia aparente que el mismo transmisor suministra a través del cuadripolo considerado, al receptor Z_R. Si el número así obtenido es negativo, se trata de una *"ganancia compuesta"*.

La atenuación compuesta, como la atenuación de inserción, corresponde a potencias aparentes, pero en el caso de la atenuación compuesta, la referencia con que se compara la potencia aparente suministrada a la impedancia Z_R (receptor), por intermedio del cuadripolo considerado, no depende de la impedancia Z_R. En el caso de la atenuación compuesta, esta referencia es constante y no depende del transmisor.

La atenuación compuesta se mide según el esquema de la figura 2.

Si las impedancias del transmisor y del receptor son iguales, la atenuación compuesta es numéricamente igual a la atenuación de inserción. A decir verdad, la atenuación de un circuito telefónico, por ejemplo, es una atenuación compuesta más bien que una atenuación de inserción, ya que cuando el receptor y el transmisor están a cierta distancia uno de otro, no se pueden respetar las condiciones impuestas por la definición de la atenuación de inserción.

En el caso particular en que tanto la impedancia del transmisor como la del receptor consisten en una resistencia pura de 600 ohmios, la atenuación compuesta se denomina a veces "equivalente" del circuito; se trata, pues, de la atenuación de inserción de este circuito en el caso particular en que se inserta entre dos resistencias puras de 600 ohmios cada una.

El equivalente es el concepto práctico que se utiliza para expresar la atenuación de un circuito telefónico entre extremos en dos hilos. Hay que evitar el empleo del equivalente para una línea insertada entre dos impedancias que no son iguales a 600 ohmios (caso de un par de cable de corrientes portadoras, con una impedancia de unos 150 ohmios, o de un par coaxil, cuya impedancia es del orden de 75 ohmios).

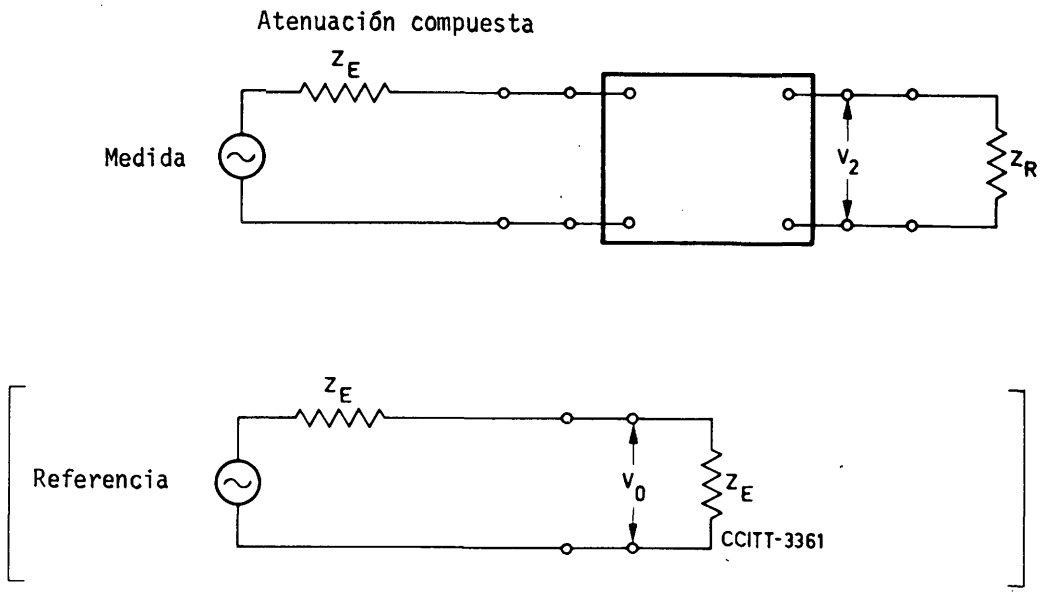


FIGURA 2

2. *Realización práctica de las mediciones*

El equipo para medir la atenuación o la ganancia se compone esencialmente de un generador que suministra la señal de prueba y de un instrumento para medir el nivel de la señal recibida. Según la naturaleza del equipo o del sistema probado, el generador suministrará una señal de una frecuencia determinada o situada en una gama dada, cuyo nivel puede variar dentro de límites apropiados. El instrumento de medida es, en principio, un voltímetro graduado en niveles de tensión o en niveles de potencia. El equipo de medida comprende generalmente dispositivos de transmisión y de recepción que establecen las condiciones de transmisión y de recepción deseadas, con las impedancias apropiadas para las mediciones que se han de efectuar.

Normalmente se emplean dos métodos para medir las atenuaciones o las ganancias: la lectura directa y la comparación.

Cuando los dos extremos del cuadripolo son accesibles en un mismo punto, las mediciones se hacen como indican las figuras 1 y 2.

a) *Mediciones por lectura directa*

La linea o la red *N* medida se inserta entre un dispositivo transmisor G y un instrumento de medida *M* (figura 3).

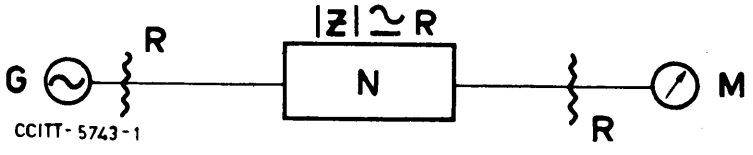


FIGURA 3

En la práctica, el dispositivo transmisor *G* simula un generador de tensión constante con la fuerza electromotriz y la impedancia de una fuente conocida. El calibrado inicial de este aparato se mantiene por referencia a la potencia que entrega este generador a un termopar de la impedancia deseada. El instrumento de medida *M* permite medir directametne el nivel de *potencia* de la señal recibida a la salida de *N*. La diferencia entre los niveles de potencia en la transmisión y en la recepción constituye una medida directa de la atenuación (o de la ganancia) de inserción de *N*. Los circuitos del generador y del instrumento de medida deben concebirse y utlizarse de manera que reproduzcan las condiciones de impedancia deseadas en la transmisión y en la recepción. La figura representa el caso más simple, que es también el más corriente, en el que las impedancias terminales son iguales a la impedancia de entrada y de salidad del cuadripolo.

b) *Mediciones por el método de comparación*

En la figura 4, la salida del dispositivo transmisor *G* está conectada a una red bifurcada que permite aplicarla, por una parte, a la red *N* que se quiere medir y, por otra, a un atenuador calibrado *A*. En el extremo receptor, un circuito de medida *M* permite comparar los niveles de señal recibidos a través de la red y del atenuador calibrado.

La atenuación introducida por *A* se ajusta de modo que *M* indique el mismo nivel, tanto si está conectado a la salida de *N* como a la salida de *A*. En estas condiciones, la atenuación de inserción de la red es igual al valor leído en el atenuador calibrado.

Se puede generalizar este método y medir la atenuación global de un circuito o de un sistema cuyos dos extremos no sean accesibles en un mismo punto. Hay que disponer entonces de un segundo generador en el

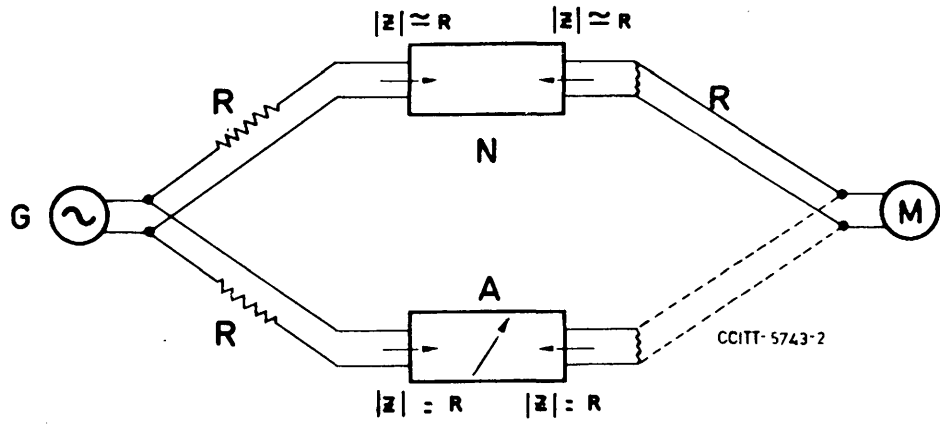


FIGURA 4

extremo del circuito que se quiere medir. En el extremo de transmisión, el generador de señales de prueba se ajusta de modo que suministre al circuito la frecuencia deseada con un nivel adecuado. En el extremo de recepción, el segundo generador envía la misma frecuencia con el mismo nivel a un atenuador calibrado. El instrumento de medida sirve para comparar el nivel de la señal recibida por el circuito que se mide con el de la señal recibida a través del atenuador calibrado, que se ajusta hasta que ambos niveles sean iguales. La lectura del atenuador calibrado indica entonces la atenuación del circuito.

Conviene señalar que estos métodos de comparación no exigen un instrumento de medida graduado. Se puede emplear un aparato indicador no graduado, de sensibilidad apropiada, ya que la precisión de las mediciones es función de la precisión del atenuador calibrado. Al hacer las mediciones hay que tener debidamente en cuenta las condiciones de impedancia en la transmisión y en la recepción. La figura 4 representa el caso más sencillo, que es asimismo el más común, en el cual las impedancias terminales son idénticas, por una parte a las impedancias de entrada y de salida del cuadripolo y, por otra, a las impedancias de entrada y de salida del atenuador.

c) *Medición del equivalente*

Para medir el equivalente de un circuito, éste es alimentado en un extremo por un generador con una impedancia interna de 600 ohmios y termina en el otro en una impedancia de 600 ohmios. Hay que señalar que el equivalente medido no depende de la fuerza electromotriz del generador utilizado.

En la práctica, se utiliza a menudo, por razones de comodidad, un "generador normal" (véase la definición N.º 2 del *Repertorio de definiciones de los términos esenciales empleados en las telecomunicaciones,* ediciones en francés e inglés). El equivalente es entonces igual (pero de signo opuesto) al valor del nivel absoluto de potenecia o de tensión en el extremo del circuito terminado en 600 ohmios.

Suplemento N.° 2.3

MEDICIONES DE NIVEL

1. *Consideraciones generales*

Las mediciones de nivel tienen por objeto determinar el nivel de una señal de medida en distintos puntos. Se efectúan siempre con un voltímetro de alta impedancia como instrumento básico.

La terminología utilizada para calificar las mediciones de nivel difiere según los países y esas diferencias constituyen una posible fuente de errores.

Intervienen tres factores en la calificación de una medición de nivel:

1. La magnitud de referencia que sirve para expresar los resultados en forma de relación (y, por consiguiente, en unidades de transmisión); tal magnitud puede ser una potencia o una tensión;

2. La unidad de transmisión utilizada para expresar los resultados: decibelio o neperio;

3. El método empleado para la medición: medición en derivación o en terminación:

a) medición en derivación: el aparato de medida de alta impedancia se conecta en derivación al circuito, sin modificar éste;

b) medición en terminación: el circuito se corta en el punto de medida y se termina en una resistencia pura (en general, esa resistencia forma parte del instrumento de medida para que pueda utilizarse cuando sea necesario); las mediciones se hacen en los terminales de esa resistencia.

Estos tres factores son independientes. Las mediciones en derivación no están sistemáticamente asociadas a las mediciones cuya magnitud de referencia es una tensión, del mismo modo que las mediciones en terminación no lo están a las que toman como magnitud de referencia una potencia. Tampoco deben considerarse los neperios especialmente relacionados con una medición de tensión, ni los decibelios con una medición de potencia. Los usos nacionales pueden hacer que en un determinado país parezcan naturales esas asociaciones de ideas pero, en otros países, pueden perfectamente existir asociaciones diferentes.

2. *Práctica seguida en el Reino Unido*

Los resultados de las mediciones de transmisión se expresan normalmente en forma de relaciones de potencia, en decibelios con relación a un milivatio. Las mediciones en derivación y en terminación se efectúan con un instrumento graduado en decibelios con relación a 1 mW de potencia disipada en una resistencia pura de un valor R determinado; por ejemplo, para las mediciones en un punto con una impedancia de 600 ohmios, se emplea un instrumento graduado en decibelios con relación a la tensión en los terminales de una resistencia pura de 600 ohmios cuando ésta disipa una potencia de 1 mW. En dicho instrumento, la indicación 0 dB con relación a 1 mW corresponde a una tensión en los terminales de 0,775 voltios. Un instrumento así graduado indica, pues, el nivel verdadero de potencia en el punto de medida, pero solamente cuando la impedancia del circuito en dicho punto es igual a R, valor para el cual se ha calibrado el instrumento de medida.

Las mediciones de transmisión realizadas en el Reino Unido implican, pues, que la impedancia del circuito tenga su valor nominal, y al construir el material se cuida de que la impedancia en los puntos de medida se acerque lo más posible a este valor nominal. Por lo general, la desviación con relación al valor nominal es muy pequeña, y pueden despreciarse los errores debidos al uso de instrumentos graduados por referencia a la impedancia nominal. Si la impedancia Z más allá del punto de medida difiere del valor nominal R en ese punto, la diferencia entre el valor leído y el valor verdadero la da la expresión:

$$10 \log_{10} \left| \frac{R}{Z} \right| \text{ decibelios.}$$

Para los distintos valores de impedancia nominal hallados en la práctica, se utilizan instrumentos de medida calibrados en función de esas diversas impedancias, o provistos de dispositivos que permiten pasar a la escala apropiada. En el Reino Unido, son de uso corriente los instrumentos graduados en decibelios con relación a 1 mW disipado en 600 ohmios, 140 ohmios y 75 ohmios.

Si se hace una medición con un instrumento calibrado para un valor de resistencia que difiera notablemente de la impedancia nominal en el punto de medida, deberá corregirse la indicación de modo que el resultado se exprese por una razón de potencia en decibelios con relación a 1 mW. Por ejemplo, si se hace una medición en un punto cuya impedancia sea de 75 ohmios con un instrumento graduado para una potencia de 1 mW en 600 ohmios, se aplicará un factor de corrección de 10 log 600/75 = 9 dB.

Por tanto,

Nivel de potencia = lectura del instrumento + 9 dB.

El instrumento de medida utilizado para una medición dada está determinado por la indicación de la resistencia R, que disipa una potencia de 1 mW cuando la tensión en sus terminales corresponde a la graduación 0 dB del instrumento. Tal instrumento se denomina en inglés *"R-ohm-meter"* (por ejemplo: *600-ohm-meter).* Debe evitarse, pues, toda confusión entre:

a) la resistencia R que define el calibrado de la graduación, y

b) la resistencia interna (elevada) del instrumento de medida.

3. *Práctica seguida en Francia* (niveles absolutos)

Para las mediciones en derivación (y a menudo para las mediciones en terminación), el aparato está graduado para indicar el "nivel absoluto de tensión", es decir, el logaritmo de la relación entre la tensión existente en sus terminales y 0,775 V [1], cualquiera que sea la impedancia nominal del circuito en el punto considerado.

A base de esa indicación y conocida la impedancia Z del circuito más allá del punto considerado, puede evaluarse el nivel absoluto de potencia agregando a la lectura el término:

$$\frac{1}{2} \log \left| \frac{600}{Z} \right| \text{ neperios.}$$

En las mediciones en terminación, Z es la impedancia en la que termina efectivamente el circuito.

En realidad, los métodos descritos en los puntos 2 y 3 no presentan diferencias fundamentales. Las indicaciones de un aparato basado en el método del punto 2 y de otro basado en el método del punto 3 presentan una diferencia constante igual a

$$\left(10 \log_{10} \frac{R}{600}\right) \text{ decibelios o } \left(\frac{1}{2} \log_e \frac{R}{600}\right) \text{ neperios.}$$

Puede decirse que las mediciones según el método del punto 2 son mediciones de nivel absoluto de tensión en las cuales la tensión de referencia corresponde a la indicación cero no es ya necesariamente 0,775 V sino

$$0{,}775 \times \sqrt{\frac{R}{600}} \text{ voltios}$$

expresión en la cual R es la impedancia de referencia del aparato de medida.

[1] Tensión en terminales de una resistencia pura de 600 ohmios cuando ésta disipa una potencia de 1 mW.

En las mediciones a frecuencias vocales, R es igual a 600 ohmios en la mayoría de los casos y, por consiguiente, los dos métodos de medida dan como resultado el mismo valor.

4. *Diferencias de graduación y de terminología según los países*

La figura 1 ilustra las diferencias existentes en las indicaciones según el método de medida y el tipo de aparato utilizado.

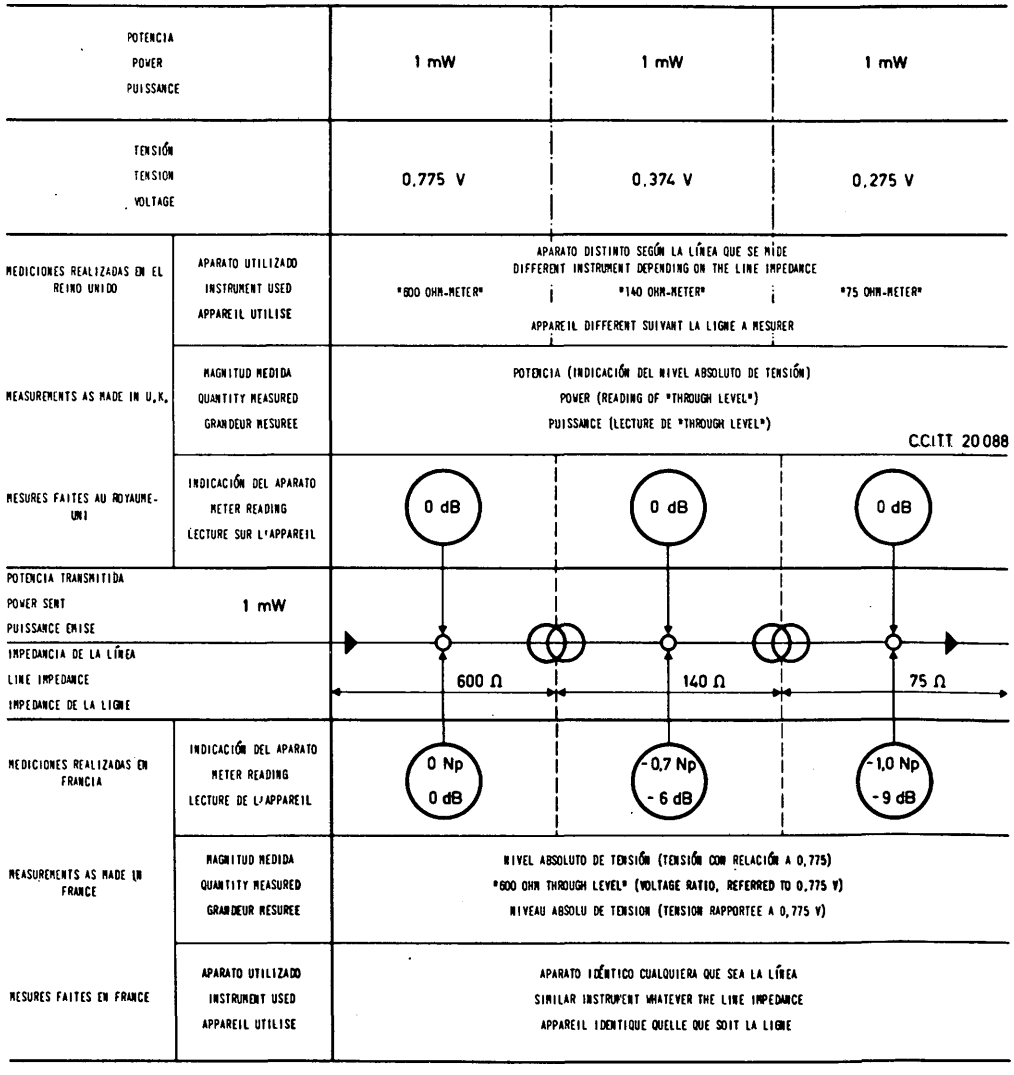
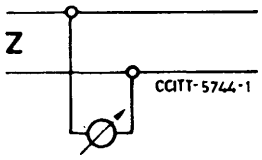


FIGURA 1

A continuación, se indican los términos equivalentes en francés y en inglés correspondientes a los distintos métodos de medida:

1. Mediciones en derivación

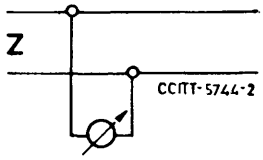
PRÁCTICA FRANCESA



Término francés	Término inglés correspondiente
"Niveau absolu de tension"	"Voltage level (referred to 0.775 volt) or 600-ohm through level"

PRÁCTICA INGLESA

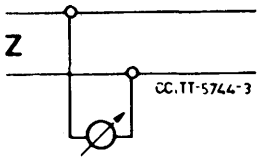
Medición normal en línea



(Aparato de medida correspondiente a la impedancia del circuito)

Término inglés	Término francés correspondiente
"Through level"	"Niveau absolu de puissance mesuré en dérivation"

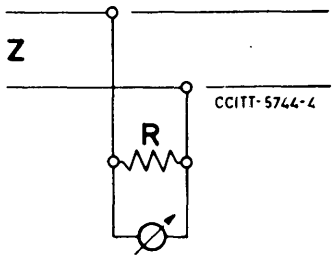
(Medición especial: por ejemplo, par de alimentación en corrientes portadoras)



(Aparato de medida no correspondiente a la impedancia del circuito)

"R-ohm through level"	No existe término francés correspondiente para todos los casos Si se trata de un "600 ohm-meter": niveau absolu de tension

2. Medición en terminación



R = valor nominal de Z (graduación del aparato y impedancia de term. corresp. a la impedancia del circuito)

Término inglés	Término francés correspondiente
"Terminated level" y también "Equivalent" si en el extremo transmisor el generador tiene una imp. interna de 600 ohmios: y R - 600 ohmios	"Niveau absolu de puissance mesuré sur terminaison"

5. *Nivel relativo*

(El nivel de que se trata es ante todo un "nivel relativo de potencia", pero puede emitirse la palabra "potencia".)

Por regla general, para determinar los niveles de las señales y del ruido en un sistema de telecomunicación, conviene definir el nivel en un punto de referencia. Luego, se puede establecer la relación entre el nivel en ese punto de referencia y el nivel en cualquier otro punto del sistema, si se conocen la atenuación o la ganancia entre los dos puntos.

El nivel relativo en un punto de un sistema de transmisión indica el valor de la ganancia o de la atenuación introducida por el sistema entre ese punto y otro punto del sistema elegido como punto de referencia. Se hace uso de la anotación dBr o de dNr (en la cual la letra *r* significa "relativo").

Las condiciones en los puntos de referencia de los sistemas nacionales pueden diferir de un país a otro, por lo cual el nivel de referencia de la red internacional no debe relacionarse con el nivel de referencia de un sistema nacional. En el caso de las telecomunicaciones internacionales, se utiliza un punto ficticio como punto de nivel relativo cero para el cálculo de los niveles relativos nominales. Existe tal punto ficticio en el extremo transmisor de cada canal de un circuito en cuatro hilos establecido por conmutación, antes del extremo virtual. Se define como punto de nivel + 3,5 dB (+ 4,0 dNp) con relación al nivel en el extremo virtual.

Puede tomarse como "punto de referencia para la transmisión" cualquier punto con un nivel relativo cero; conviene, empero, aplicar la expresión "punto de referencia para la transmisión internacional" únicamente al punto de nivel relativo cero situado a + 3,5 dB (+ 4,0 dNp) antes del extremo virtual de transmisión, al principio de la cadena internacional.

Todo circuito telefónico internacional en cuatro hilos puede emplearse con fines muy diversos. En una comunicación, este circuito servirá, por ejemplo, para enlazar un CT3 a otro CT3, mientras que en otra enlazará un CT2 a un CT1. Es, pues necesario fijar niveles relativos nominales para un circuito. Los niveles relativos nominales en los extremos virtuales de un circuito internacional tienen en la frecuencia de referencia los siguientes valores:

−3,5 dBr (−4,0 dNr) en la transmisión,
−4,0 dBr (−4,6 dNr) en la recepción,

con relación al punto de referencia para la transmisión internacional.

En un centro de tránsito, se considera que los extremos virtuales de dos circuitos *internacionales* que deban interconectarse están enlazados directamente entre sí, sin línea artificial intermedia ni amplificador.

Se tiene así la seguridad de que, como la atenuación nominal de cada circuito internacional entre extremos virtuales es de 0,5 dB (0,6 dNp), cada cadena de *n* circuitos internacionales tendrá una atenuación nominal en tránsito igual a *n* veces 0,5 dB (0,6 dNp) en cada sentido de transmisión.

Cuando en una cadena de circuitos se elige como punto de referencia el punto de referencia para la transmisión internacional del primero de esos circuitos, los valores reales de los niveles relativos del segundo circuito y de los circuitos siguientes pueden diferir de los niveles relativos nominales fijados por separado para cada uno de los circuitos; no es, sin embargo, necesario tener en cuenta esos niveles relativos reales a efectos de planificación y de mantenimiento.

Si se trata de un sistema de corrientes portadoras, el valor del nivel relativo indicado en los puntos de alta frecuencia es el correspondiente a un circuito telefónico establecido en un canal del sistema, abstracción hecha de todos los demás canales, es decir, suponiendo que están todos inactivos.

Suplemento N.º 2.4

MEDICIÓN DE LA DIAFONÍA

La diafonía entre diferentes circuitos telefónicos se debe principalmente a acoplamientos capacitivos entre pares simétricos y puede suponerse que la atenuación diafónica disminuye 6 dB por octava a medida que aumenta la frecuencia.

La sencillez de esta relación permite caracterizar la atenuación debida a la diafonía inteligible por mediciones en una sola frecuencia.

Empleando un sofómetro como instrumento de medida, puede demostrarse que el resultado de medir la atenuación diafónica de un trayecto en la frecuencia de 1100 Hz da un valor numérico aproximadamente igual que al medir la diafonía producida por una fuente de ruido aleatorio de espectro uniforme, ponderada para que corresponda a la señal telefónica convencional.

Si se desea, puede medirse la atenuación diafónica a las frecuencias de 800 o de 1000 Hz; el valor medido será entonces 3 dB (800 Hz) ó 1 dB (1000 Hz) inferior a la atenuación real debida a la diafonía inteligible. Por ejemplo, si el valor exigido es de 70 dB, deberán obtenerse 73 dB a 800 Hz (ó 71 dB en 1000 Hz).

Para medir la diafonía, pueden emplearse los métodos siguientes:

1. Medición a una frecuencia única, generalmente a una frecuencia de referencia (800 ó 1000 Hz);

2. Medición a varias frecuencias, por ejemplo, 500, 1000, 2000 Hz, tomándose el valor medio de las corrientes o tensiones medidas;

3. Medición por medio de un ruido aleatorio de espectro uniforme o de una señal constituida por una serie de armónicas próximas cuya forma sea la de una curva de densidad de potencia vocal (tomo III del *Libro Azul,* figura 26 de la Recomendación G.227); en este caso, las mediciones se hacen con un sofómetro;

4. Pruebas telefonométricas en las cuales se emplea la palabra como fuente perturbadora, y la diafonía se mide por audición y comparación del nivel recibido con una fuente de referencia cuyo nivel puede regularse mediante una red de calibración.

En la figura 1, se representa el esquema de principio válido para todos los métodos de medida. La señal perturbadora se aplica al canal perturbador, con un nivel generalmente no superior a 0 dBm0 (1 mW en un punto de nivel relativo 0); se mide entonces el nivel de la diafonía en el canal perturbado. La paradiafonía se mide en el extremo del canal perturbado próximo de la fuente de la señal perturbadora (en la figura 1, la paradiafonía sería la medida por M1). La telediafonía se mide en el extremo del canal perturbado distante de la fuente de perturbación (en la figura 1, la telediafonía sería medida por M2).

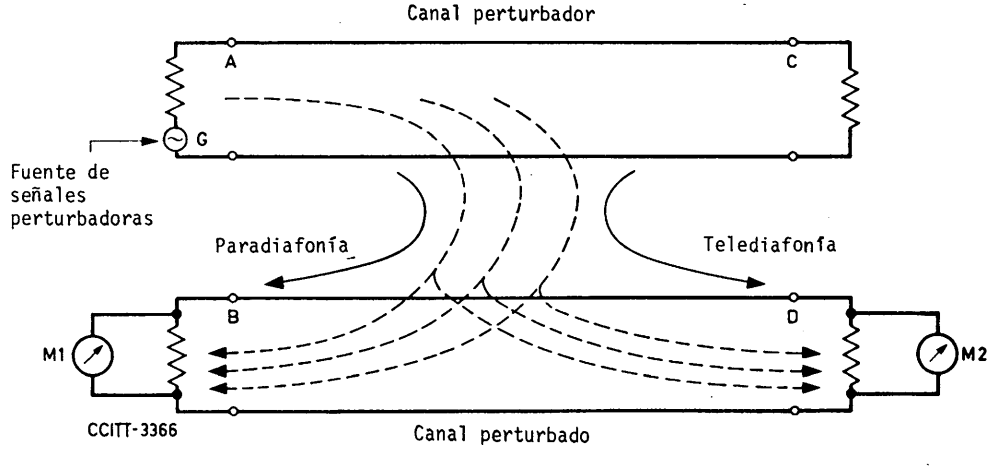


FIGURA 1

El canal perturbador y el canal perturbado pueden constituir los dos canales de transmisión de un mismo circuito en cuatro hilos; en este caso, es la paradiafonía (diafonía ida y retorno) la que conviene medir. Si el canal perturbador y el canal perturbado no pertenecen al mismo circuito en cuatro hilos, la diafonía se designa como diafonía entre circuitos. Si la transmisión se efectúa en los dos canales en sentido opuesto, la paradiafonía es importante; por el contrario, si funcionan en el mismo sentido de transmisión, debe tenerse en cuenta la telediafonía.

La paradiafonía o la telediafonía medidas pueden expresarse como sigue:

Atenuación diafónica. — Relación, en unidades de transmisión, entre la potencia suministrada por una fuente (G, en la figura 1) a un canal perturbador y la potencia recibida en el punto de medida del canal perturbado, estando correctamente adaptados ambos canales en los dos extremos. En general, se mide la atenuación diafónica cuando se desea obtener de manera directa el valor de la diafonía entre pares de cable.

Relación señal/diafonía. — Es generalmente más significativo, en el caso de sistemas completos de transmisión, expresar la diafonía por la relación señal/diafonía, como suele hacer el C.C.I.T.T. La relación señal/diafonía es la razón, en unidades de transmisión, entre el nivel de potencia de la señal deseada en el canal perturbado y el nivel de potencia de la señal de diafonía en el canal perturbador, estando los dos canales alimentados de modo que, en el punto considerado, el nivel de la señal deseada sea igual en cada uno de ellos al nivel relativo nominal para el canal en ese punto.

Razón entre la atenuación diafónica y la relación/diafonía. — En la hipótesis de que:

i) la atenuación diafónica entre dos puntos sea de ..... x dB
ii) el nivel relativo nominal en el punto del canal perturbado en que se mide la diafonía sea de ..... $+y$ dBr
iii) el nivel relativo nominal en el punto en que la señal perturbadora se introduce sea de ..... $+z$ dBr,

la relación señal diafonía será $x - (z + y)$ dB.

Diafonía en las centrales. — En general, las mediciones de diafonía en diversos trayectos que atraviesen una central podrán hacerse por el método de una sola frecuencia (método 1 anterior); sin embargo, de ser necesario, se aplicará el método de tres frecuencias (método 2 precedente), cuya precisión es mayor.

Diafonía en un circuito internacional o en una cadena de circuitos internacionales. — La medición de la diafonía en circuitos completos o en cadenas de circuitos se hará generalmente según el método 3 anterior, y los resultados se expresarán en forma de relaciones señal/diafonía. En el caso de los circuitos telefónicos utilizados para la telegrafía armónica, la relación paradiafónica entre los dos sentidos de transmisión debe medirse a cada frecuencia portadora de telegrafía, es decir, en los múltiplos impares de 60 Hz, entre 420 y 3180 Hz inclusive. En circuitos de gran longitud o en cadenas de circuitos, puede ser difícil hacer mediciones de diafonía en frecuencias únicas, debido a las pequeñas variaciones de frecuencia de los osciladores maestros que alimenten el equipo de transferencia en distintos puntos distribuidos a lo largo del circuito o de la cadena de circuitos.

Resumen de algunos límites que se recomiendan para la diafonía

A. Centrales internacionales (Recomendación G.142, B, tomo III del *Libro Azul)*

i) Entre conexiones distintas, el límite no debe ser inferior a 70 dB (80 dNp); (se entiende por "conexión", el par de hilos correspondientes a un sentido de transmisión que conectan el punto de entrada de un circuito que llega a la central con el punto de salida de otro circuito que sale de ella).

ii) Cuando las conexiones (según la definición que precede) constituyen los canales de ida y de retorno de una cadena de circuitos en cuatro hilos, la relación señal/diafonía no debe ser inferior a 60 dB (69 dNp).

B. *Circuitos internacionales* (Recomendación B.151, D, tomo III del *Libro Blanco*)

i) Entre dos circuitos completos, en posición de servicio terminal, la relación telediafónica o paradiafónica no será inferior a 58 dB (67 dNp).

ii) Entre los canales de ida y de retorno de un circuito telefónico en cuatro hilos, el límite inferior de la paradiafonía será:

a)	Circuitos telefónicos ordinarios:	43 dB (50 dNp)
b)	Circuitos con concentradores de tráfico:	58 dB (67 dNp)
c)	Circuitos con supresores de eco modernos:	55 dB (63 dNp)
	preferentemente:	60 dB (69 dNp)

Suplemento N.º 2.5

ERRORES DE MEDIDA Y DIFERENCIAS DEBIDAS A LAS IMPRECISIONES DE IMPEDANCIA DE LOS APARATOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA. EMPLEO DE PUNTOS DE MEDIDA DESACOPLADOS

(Texto facilitado por la Post Office del Reino Unido)

Precisión de las impedancias de los equipos de transmisión y de los aparatos de medida

Para que los errores de ajuste debidos a errores de impedancia no sean excesivos, se propone que la atenuación de adaptación del equipo de medida (aparatos de medida y osciladores) sea por lo menos igual a 30 dB con relación a la resistencia nominal de construcción, y que la correspondiente atenuación de adaptación del equipo de transmisión sea por lo menos igual a 20 dB.

A continuación se indican las consideraciones que han permitido fijar este límite, en las cuales, a fin de facilitar los cálculos, se han escogido como valor de la resistencia de referencia nominal 1 ohmio y como tensión de referencia nominal 1 voltio.

Las diferentes impedancias se designan como sigue:

M = impedancia del aparato de medida utilizado en la estación;

S = impedancia del oscilador de transmisión de la estación;

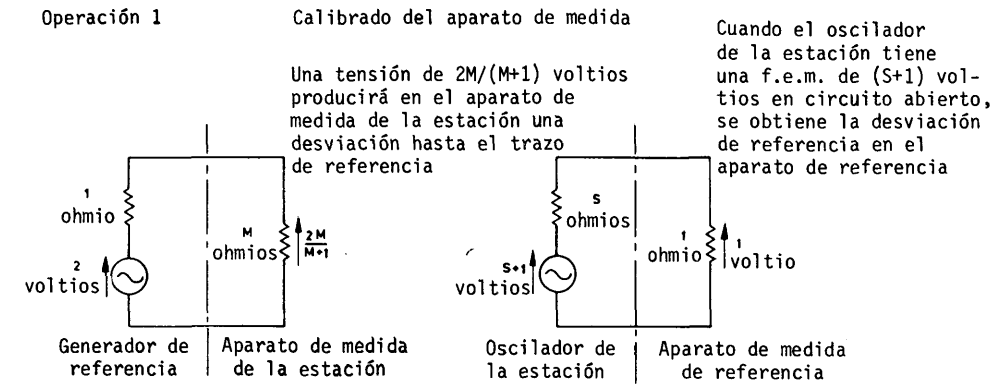
G = impedancia del generador equivalente que representa la salida de un equipo de recepción. Se trata, por tanto, de la impedancia de salida del circuito "de la izquierda";

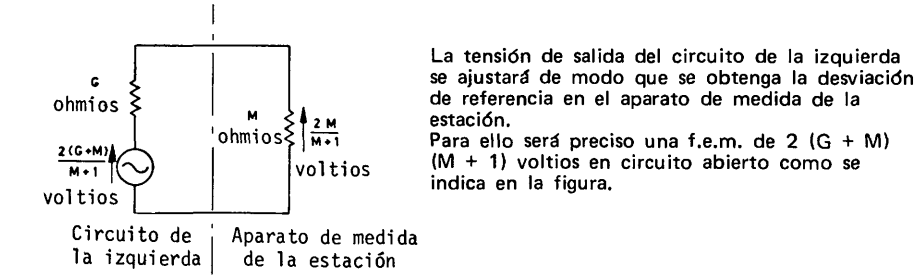
T = impedancia de la carga presentada por la entrada de un equipo de transmisión. Se trata, por tanto, de la impedancia de entrada del circuito "de la derecha".

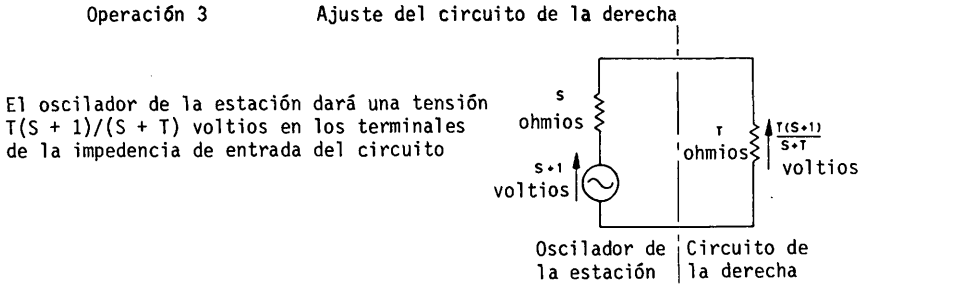
Para evaluar el error que puede resultar de las desviaciones de las distintas impedancias con relación a sus valores nominales, se considerarán sucesivamente las diversas operaciones que se realizan cuando se miden independientemente dos circuitos, que se conectan luego entre sí.

Esas distintas operaciones se representan en la figura 1, en la que puede apreciarse que se produce generalmente una modificación de tensión en los terminales de T, impedancia de entrada del circuito "de la derecha".

El "generador de referencia" y "el aparato de medida de referencia" pueden considerarse como calibres secundarios para el calibrado de los aparatos de medida ordinarios, denominados, en la figura 1, "generador de la estación" y "oscilador de la estación".







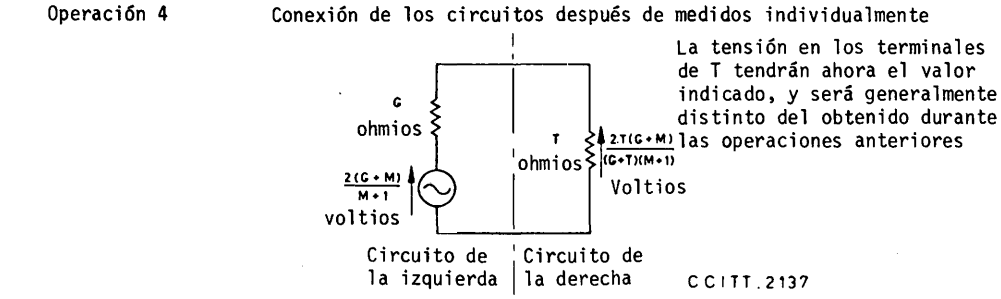


FIGURA 1. – **Etapas sucesivas de ajuste de dos circuitos que muestran cómo pueden introducirse errores**

La relación entre las dos tensiones determinadas durante las etapas 3 y 4 de la figura 1 es la relación de error para la ganancia de la tensión. Por lo tanto, esa relación será = tensión en los terminales de T medida durante la operación 4/tensión en los terminales de T, medida durante la operación 3. Se obtiene, pues un error positivo =

$$20 \log_{10} \left| \frac{2(G + M)(S + T)}{(G + T)(M + 1) S + 1)} \right| \text{ dB} \qquad (1)$$

Será más cómodo escribir esta expresión introduciendo los coeficientes de reflexión de G, M, S y T con relación a 1 ohmio. Se introducirán, pues, las siguientes magnitudes, en las cuales las letras minúsculas designan los coeficientes de reflexión:

$$g = (G - 1)/(G + 1);$$
$$s = (S - 1)/(S + 1);$$
$$m = (M - 1)/(M + 1);$$
$$t = (T - 1)/(T + 1);$$

insertando estas expresiones en la ecuación (1) se obtendrá:

$$\text{Error} = 20 \log_{10} \left| \frac{(1 - gm)(1 - st)}{(1 - gt)} \right| \text{ dB}$$

Como M, T, S y G son generalmente valores complejos, los coeficientes de reflexión lo serán también, y el módulo del factor de error podrá tener cierto número de valores comprendidos en una gama. Para calcular el máximo valor posible, se supondrá una combinación desfavorable (sin duda poco probable) de ángulos de fase, en la cual el numerador sea máximo y el denominador mínimo (o viceversa). Se obtendrá así:

Error positivo máximo posible:

$$20 \log_{10} \left| \frac{(1 + |g| \cdot |m|)(1 + |s| \cdot |t|)}{(1 - |g| \cdot |t|)} \right| \text{ dB}$$

Error negativo máximo posible:

$$20 \log_{10} \left| \frac{(1 + |g| \cdot |t|)}{(1 - |g| \cdot |m|)(1 - |s| \cdot |t|)} \right| \text{ dB}$$

Estas expresiones se han calculado para cierto número de valores de los coeficientes de reflexión. En la figura 2 se representan gráficamente los máximos valores posibles (es decir, el mayor de estos dos valores).

Se observa que si la atenuación de adaptación de los equipos de transmisión (transmisor y receptor) es igual a 20 dB y la de los aparatos de medida a 30 dB (valores que parecen constituir un par de objetivos normalmente realizables), el error máximo posible será de 0,14 dB. En la práctica, puede suponerse razonablemente que los errores serán bastante más pequeños.

Diferencia entre mediciones del nivel de transmisión en terminación y del nivel de transmisión directa

Si la impedancia de los aparatos de medida y de los órganos de transmisión difiere del valor nominal, se observarán diferencias entre las mediciones del nivel de transmisión en terminación y las mediciones del nivel de transmisión directa.

A continuación se indica un método de cálculo de la diferencia máxima entre estas mediciones. Se ha trazado una curva que representa esta diferencia máxima en función de la atenuación de adaptación (con relación a la resistencia nominal de construcción) de los aparatos utilizados para la transmisión y para las mediciones.

Método de cálculo de la diferencia máxima

La figura 3 a ilustra las condiciones cuando se mide el nivel en terminación y la figura 3 b, las condiciones correspondientes a una medición de nivel de transmisión directa. Las impedancias se designan por las mismas letras empleadas en la primera sección.

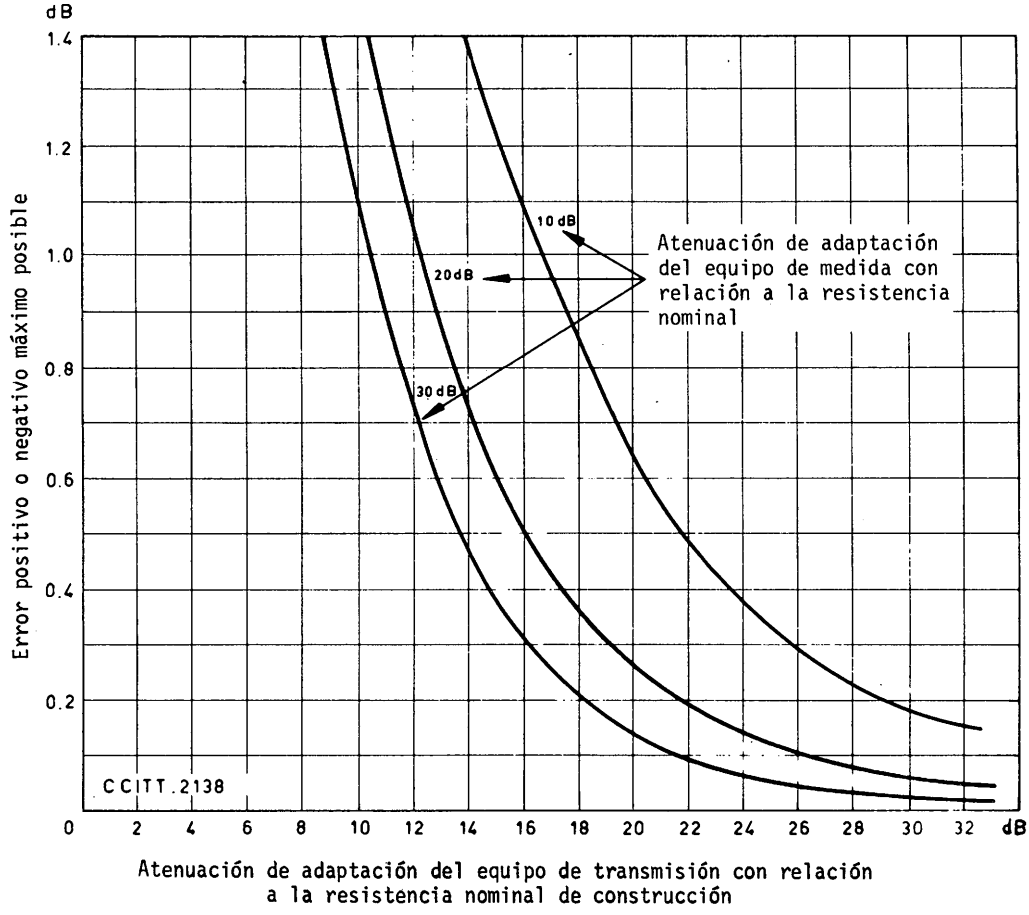


FIGURA 2. – **Errores debidos a desequilibrios de impedancia en los aparatos de medida y los órganos de transmisión**

En lo que atañe a la figura 3, en el supuesto de que el aparato de medida siga indicando de manera precisa la tensión en sus terminales, esté o no en circuito su impedancia interna, el valor máximo de la relación buscada será:

Relación entre las diferencias de tensión = tensión en los terminales de T/tensión en los terminales de M

$$= T(G + M) \quad M(G + T) \tag{2}$$

Si, como anteriormente: $t = (T - 1)/(T + 1)$, $g = (G - 1)/(G + 1)$ y

$$m = (M - 1)/(M + 1),$$

al llevar estas expresiones a la fórmula (2) se obtendrá:

Relación entre diferencias de tensión:

$$= \frac{(1 + t)(mg - 1)}{(1 + m)(tg - 1)} \tag{3}$$

Si se toma el valor máximo de esta expresión, eligiendo la combinación más desfavorable de ángulos de fase, los valores máximos de las relaciones serán:

$$\text{Relación positiva} = (1 + |m|)(1 + |t| \cdot |g|) \div (1 - |t|)(1 - |m| \cdot |g|) \tag{4}$$

$$\text{Relación negativa} = (1 + |t|)(1 + |m| \cdot |g|) \div (1 - |m|)(1 - |t| \cdot |g|) \tag{5}$$

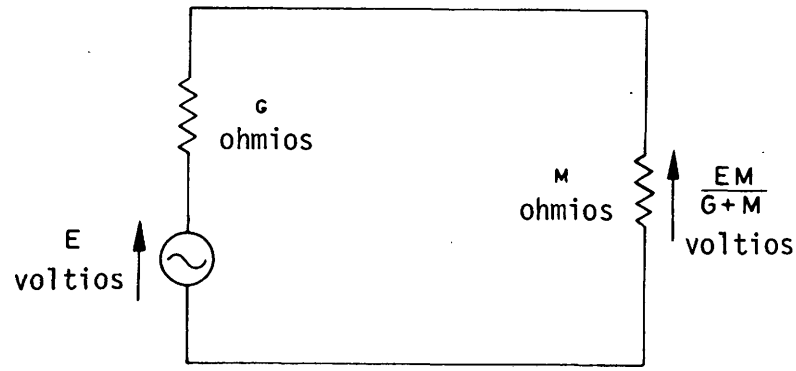


FIGURA 3 a. — **Medición del nivel en terminación**

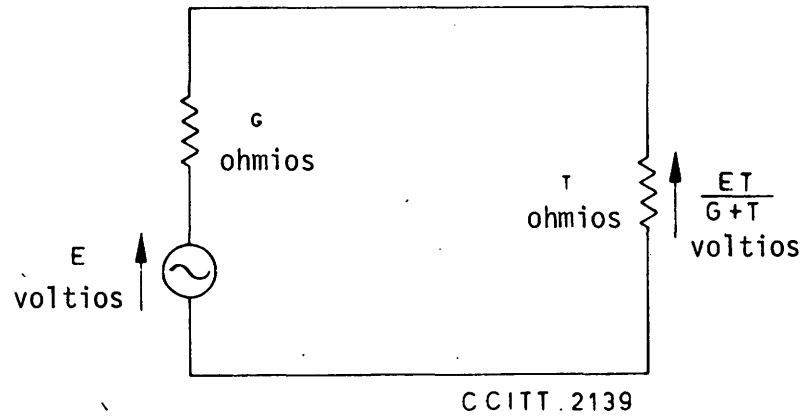


FIGURA 3 b. — **Medición directa del nivel**

Para el trazado de las curvas de la figura 4, se emplea la expresión que da la mayor diferencia absoluta, que muestra la máxima diferencia posible entre las mediciones efectuadas en terminación y las directas en función de la atenuación de adaptación (con relación a la resistencia nominal de construcción) para el equipo de medida y los órganos de transmisión. Como puede comprobarse, caben diferencias importantes que, no obstante, no deben considerarse como errores, aunque pueden motivarlos si, por ejemplo, se "ajusta" de nuevo el equipo de transmisión para intentar inútilmente "corregir" la diferencia.

Empleo de puntos de medida desacoplados

En principio, se emplean dos medios para obtener puntos de medida desacoplados por medio de órganos pasivos (es decir, sin tener en cuenta el empleo de amplificadores separadores):

- acopladores de medida, de transformador o de resistencia;
- resistencias con toma intermedia.

Conviene distinguir entre los *acopladores de medida*, que se consideran aquí como dispositivos que desacoplan efectivamente el trayecto de transmisión del trayecto de medida, y las resistencias con toma intermedia, que se consideran como dispositivos que desacoplan solamente el punto de medida del trayecto de transmisión, pero no la inversa. La expresión *puntos de medida desacoplados* designa ambos métodos. Se recomienda tener en cuenta esta distinción.

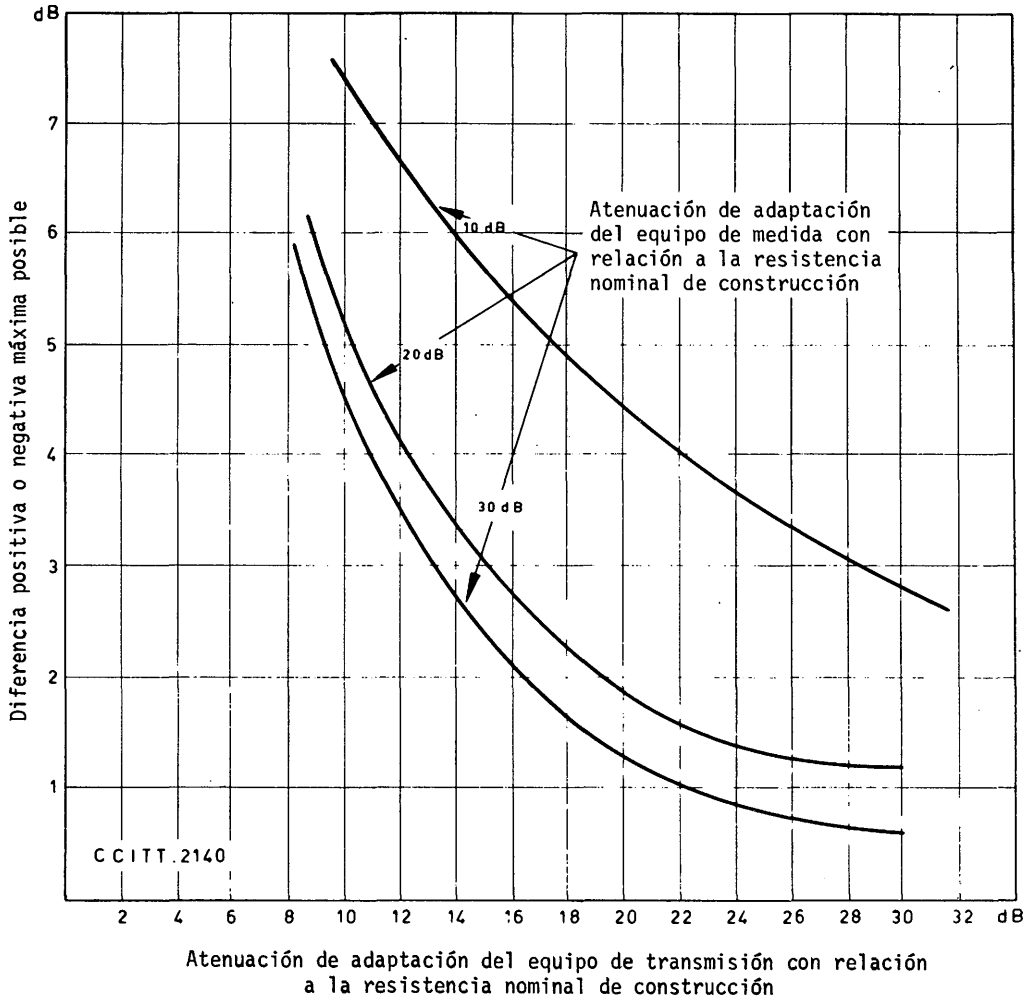


FIGURA 4. — **Diferencia entre las mediciones de nivel directas y en terminación debida a desequilibrios de impedancia en los aparatos de medida y en los órganos de transmisión**

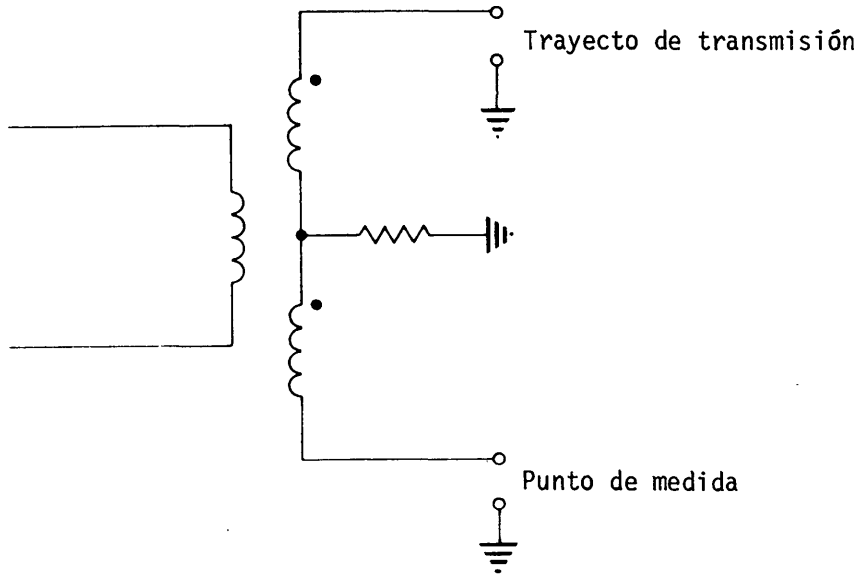
Para reducir la influencia en los sistemas de transmisión de toda manipulación incorrecta de los aparatos de medida, se considera conveniente que los puntos de medida estén efectivamente desacoplados del trayecto de transmisión. De este modo, los cortocircuitos o rupturas de circuito que se produzcan en el punto de medición tendrán efectos despreciables en el trayecto de transmisión. Una condición límite típica consiste en que el cortocircuito de un punto de medida que quedaría de otro modo en circuito abierto no modifique el nivel en el trayecto principal más de 0,1 dB (0,1 dNp).

Otra ventaja de los puntos de medida desacoplados por acopladores de medida es que las dos series de mediciones (la de nivel directo y la de nivel en terminación), recomendadas en determinados métodos de ajuste de circuitos, por ejemplo en la Recomendación M.46, pueden sustituirse por otra serie única de mediciones, con la consiguiente economía de tiempo y de esfuerzos.

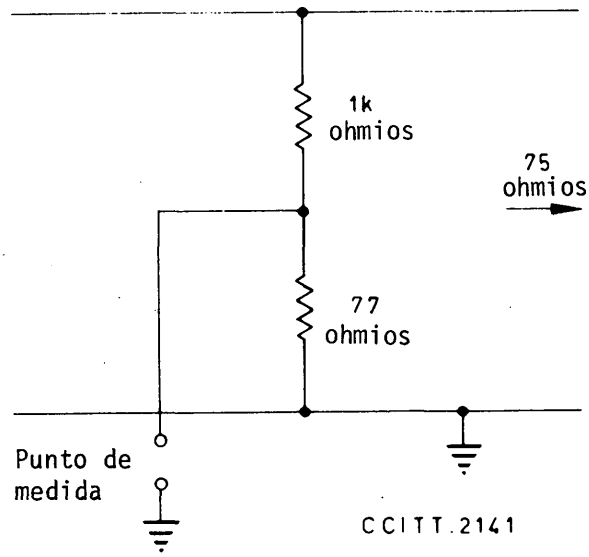
La utilización de los puntos de medida desacoplados se limita generalmente a los grupos primarios, secundarios, etc., en los cuales un error de explotación puede repercutir en grandes anchuras de banda.

Acopladores de medida

Si se emplea un acoplador de medida, el trayecto de transmisión y el de medida están mutuamente desacoplados, de modo que las mediciones hechas en el punto de medida no garantizan que el nivel indicado sea efectivamente el transmitido por el trayecto principal. Si el acoplador de medida es simétrico, existe la posibilidad de emplear la doble salida para establecer un trayecto o un encaminamiento alternativo con cordones de conexión, sin riesgo de interferencia de las señales en el trayecto o encaminamiento principal.



Acoplador de medida de transformador para desacoplar el punto de medida del trayecto de transmisión y viceversa



Resistencia con toma intermedia para desacoplar el punto de medida del trayecto de transmisión, pero no éste de aquél

FIGURA 5. — **Ejemplos de puntos de medida desacoplados**

Algunos países han encontrado conveniente utilizar montajes con acopladores de medida para inyectar señales de medida, por ejemplo, entre grupos secundarios. Sin embargo, en este caso se corre el riesgo de transmitir, por inadvertencia, señales de medida no deseadas e interferentes por el canal de transmisión.

Los acopladores de medida simétricos del tipo de transformador introducen en el trayecto de transmisión una atenuación nominal de 3 dB que debe compensarse de algún modo si se quieren mantener los niveles normales de las señales en el repartidor. Otra solución consiste en modificar esos niveles normales.

Los acopladores de medida asimétricos pueden disponerse de modo que introduzcan en el trayecto de transmisión una atenuación menos importante; se excluye así la posibilidad de utilizar la doble salida, y, además, se reduce el nivel de la señal disponible en el punto de medida.

Resistencias con toma intermedia

En este caso, el punto de medida está desacoplado del trayecto de transmisión, pero no éste de aquél, de modo que toda la variación de la impedancia en la que termina el trayecto de transmisión se percibe en el punto de medida. En principio, se puede, pues, efectuar por este método mediciones que indiquen el valor verdadero de la potencia en el trayecto de transmisión, pero puede haber evidentemente una diferencia entre las mediciones en estación (con el equipo terminado en impedancias nominales) y las mediciones en servicio (con el equipo conectado al circuito).

La figura 5 representa una disposición típica. No es necesario especificar la atenuación de adaptación (con relación a 75 ohmios en el ejemplo considerado) de la impedancia que presenta el punto de medida.

Las resistencias con toma intermedia son de pequeñas dimensiones, y su empleo introduce sólo una atenuación despreciable en el trayecto de transmisión. Se reduce el nivel de la señal disponible para la medición. No se tiene la posibilidad de utilizar el punto de medida en procedimientos de compensación.

Suplemento N.º 2.6

INDICACIONES ERRÓNEAS DE LOS APARATOS DE MEDIDA DEL NIVEL DEBIDO A SEÑALES INTERFERENTES

Por regla general, cuando se mide el nivel de una señal en presencia de una señal interferente, la indicación adolece de un error, cuya magnitud depende de la forma de cada una de las dos señales y de la naturaleza del detector del aparato de medida.

Tipos de instrumentos

Los circuitos de los instrumentos detectores-indicadores pueden clasificarse según la característica de la señal que indiquen:

a) *Valor de cresta* — Son instrumentos dotados a menudo de un rectificador de onda completa, con una constante de tiempo breve para la carga y larga para la descarga. La denominación más conveniente para la mayoría de los instrumentos de este tipo es la de "indicador de cuasi-cresta".

b) *Valor eficaz* — Se trata de aparatos que comprenden elementos no lineales con una característica global cuadrática, como los detectores térmicos. Ciertos instrumentos sólo indican el valor eficaz cuando la señal

aplicada es sinusoidal, y dan una indicación imprecisa si la forma de la señal es compleja. Seguidamente se consideran sólo los instrumentos que indican el valor eficaz correcto.

c) *Valor medio de la corriente suministrada por un rectificador lineal de onda completa.*— Se trata de instrumentos que comprenden normalmente circuitos rectificadores. Un rectificador pasa del estado de conducción al estado de no conducción, y viceversa, en el momento en que la onda aplicada pasa por cero, de modo que se transmite una alternancia completa de la fuente a la carga y el valor medio resulta de la integración de esta alternancia (o semionda). Se emplea normalmente un circuito rectificador de puente, de suerte que el valor indicado es el valor medio de la corriente obtenida por rectificación lineal de onda completa.

Errores de lectura

La figura 1 indica los errores de lectura causados por señales sinusoidales interferentes de diversos niveles con relación al de la señal sinusoidal aplicada (denominada también señal deseada).

La *curva 1 a* indica el error máximo posible para todo aparato, en la hipótesis de que las dos señales tengan la misma frecuencia y estén exactamente en fase. Da también el error máximo de un instrumento indicador de cresta (verdadera), a condición de que las dos señales no estén en relación armónica (o subarmónica).

La *curva 1 b* da el error máximo posible correspondiente al caso en que las dos señales están exactamente en oposición de fase. El error es entonces negativo, es decir que el nivel de la señal compuesta es inferior al de la señal aplicada.

La *curva 2* da el error medio de un instrumento indicador del valor eficaz (verdadero), para dos señales cualesquiera de diferente frecuencia.

La *curva 3* da el error máximo de un instrumento indicador del valor medio de una corriente rectificada linealmente, para dos señales cualesquiera de diferente frecuencia que no están en relación armónica (o subarmónica).

Señales cuyas frecuencias estén en relación armónica

1. *Instrumento indicador de cresta.*— La curva 1a indica el error introducido por una señal perturbadora sinusoidal cuya frecuencia está en relación armónica (o subarmónica) con la de la señal aplicada, cuando la diferencia relativa puede producir el valor de cresta más elevado posible, es decir un valor de cresta igual a la suma de los valores de cresta de las componentes sinusoidales.

2. *Instrumento indicador del valor eficaz (verdadero).*— La curva 2 indica el error introducido por una señal perturbadora sinusoidal en relación armónica (o subarmónica) con la señal aplicada.

3. *Instrumento indicador del valor medio de una corriente rectificada linealmente*

a) Armónicas (o subarmónicas) impares. Los errores máximos posibles pueden representarse en un diagrama aplicando la expresión $20 \log_{10} (1 \pm \frac{a}{n})$ dB, donde n es el orden de la armónica (o subarmónica) impar. Las armónicas (o subarmónicas) impares pueden dar lugar a errores positivos o negativos, y conviene utilizar el signo apropiado en la expresión precedente. Las curvas indican el error máximo posible cuando hay coincidencia entre los máximos de la señal aplicada y de la señal perturbadora.

b) Armónicas (o subarmónicas) pares. La curva 2 indica el error máximo posible cuando hay coincidencia entre los máximos de la señal aplicada y de la señal perturbadora.

Las armónicas (o subarmónicas) pares sólo dan lugar a errores positivos.

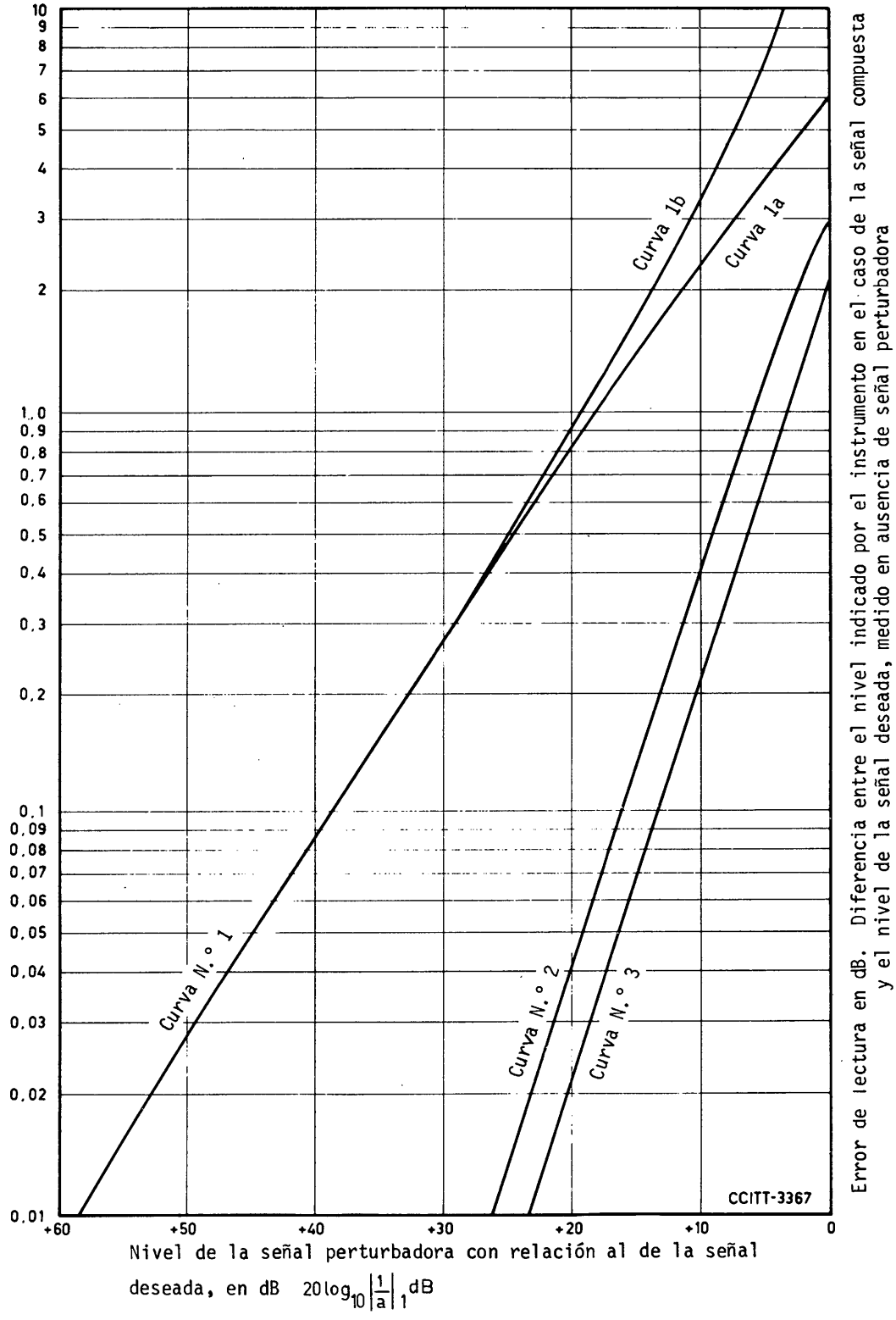


FIGURA 1. — **Errores de lectura debidos a la presencia de señales perturbadoras**

Suplemento N.° 2.7

MEDICIÓN DEL TIEMPO DE PROPAGACIÓN DE GRUPO Y DE LA DISTORSIÓN DEL TIEMPO DE PROPAGACIÓN DE GRUPO

En un sistema de transmisión con una característica de fase B (ω), el tiempo de propagación de grupo para un valor particular de la pulsación ω_0 en la banda de paso del sistema está dado por la pendiente de la característica de fase para este valor de pulsación, esto es:

$$\tau_g(\omega_0) = \left.\frac{dB}{d\omega}\right|_{\omega = \omega_0}$$

Por regla general, esta magnitud es diferente del tiempo de propagación de fase, que se expresa por:

$$\tau_p(\omega_0) = \frac{B(\omega_0)}{\omega_0}$$

En los sistemas de telecomunicaciones físicamente realizables, la energía o la información no puede transportarse con tiempos de propagación inferiores a τ_g; en estos sistemas, $\tau_g \geqslant \tau_p$. Estas magnitudes se representan en la figura 1.

En tales sistemas, el tiempo de propagación τ_g no puede ser inferior a cero. Se desprende de ello que la característica de fase no puede tener una pendiente negativa. Además, si el tiempo mínimo de propagación de grupo tiene un valor finito diferente de cero, la característica de fase de tal sistema no puede tener una pendiente nula, es decir que no puede existir un punto de inflexión en la curva $B(\omega)$ [1].

Método de Nyquist para medir el tiempo de propagación de grupo

Sea una onda portadora de pulsación c, modulada en amplitud por una señal de pulsación p, con $p \ll c$. El desfasaje sufrido por la envolvente de la señal transmitida constituye una medida directa del cambio de fase diferencial en c, lo que permite medir el tiempo de propagación de grupo en c.

Considérese ahora el caso particular en el que la señal aplicada a la entrada de un sistema de transmisión con una característica de fase $B(\omega)$ y una característica de ganancia uniforme próxima de c, es una portadora modulada $(1 + m \text{ seno } pt) \text{ seno } ct$. Se demuestra entonces que la señal moduladora, una vez reconstituida por detección cuadrática en el receptor, tiene la forma k seno $(pt + \varphi)$

con
$$\text{tg } \varphi = \frac{\text{seno } \theta_U + \text{seno } \theta_L}{\cos \theta_U + \cos \theta_L}$$

en donde θ_U y θ_L designan las fases de las frecuencias laterales superior e inferior en la recepción, con relación a la fase de la portadora recibida (véase la figura 2).

La expresión de tg φ puede escribirse también:

$$\text{tg } \varphi = \text{tg } \left(\frac{\theta_U + \theta_L}{2}\right)$$

Por lo tanto,
$$\varphi = \frac{\theta_U + \theta_L}{2} \text{ (sin tener en cuenta la ambigüedad } n\pi).$$

[1] Es imposible construir cuadripolos cuya característica de fase de inserción en régimen permanente presente pendientes negativas y puntos de inflexión (véase, por ejemplo, J. Wobst: "Signalbeschleunigung durch negative Gruppen- und Phasenlaufzeit — *Nachrichtentechnik* — 14 (1964 Volumen 6). No obstante, en tiempo real, estas redes no pueden suministrar una señal de salida antes de que se aplique una señal a la entrada, de modo que no se viola la ley de causa y efecto. Afortunadamente, los circuitos de telecomunicaciones que salvan distancias físicas normales no presentan por lo general sutilezas de este género. En estas circunstancias, las proposiciones restrictivas precedentemente formuladas son aplicables a ellos.

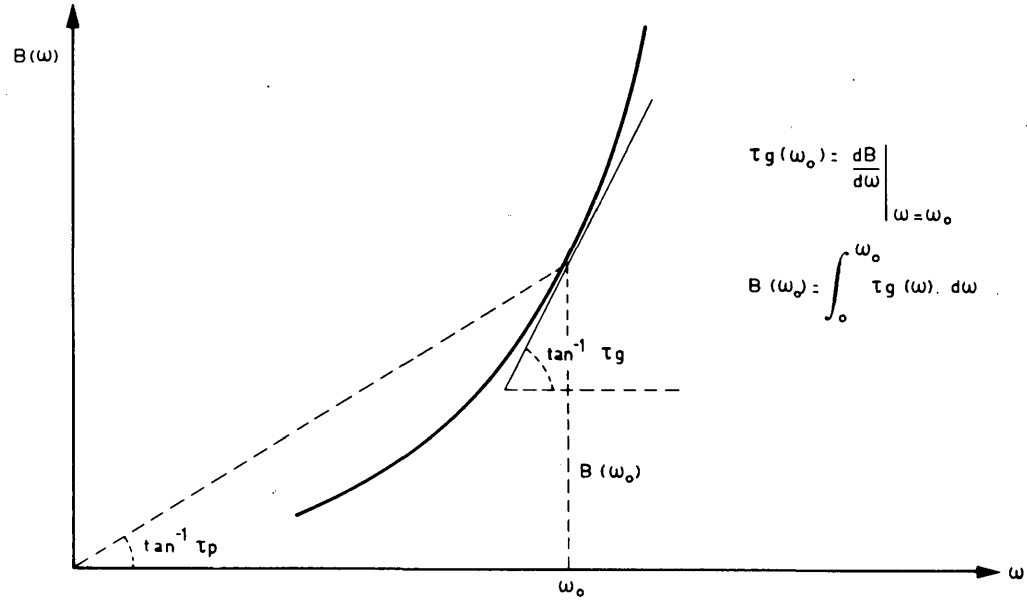


FIGURA 1

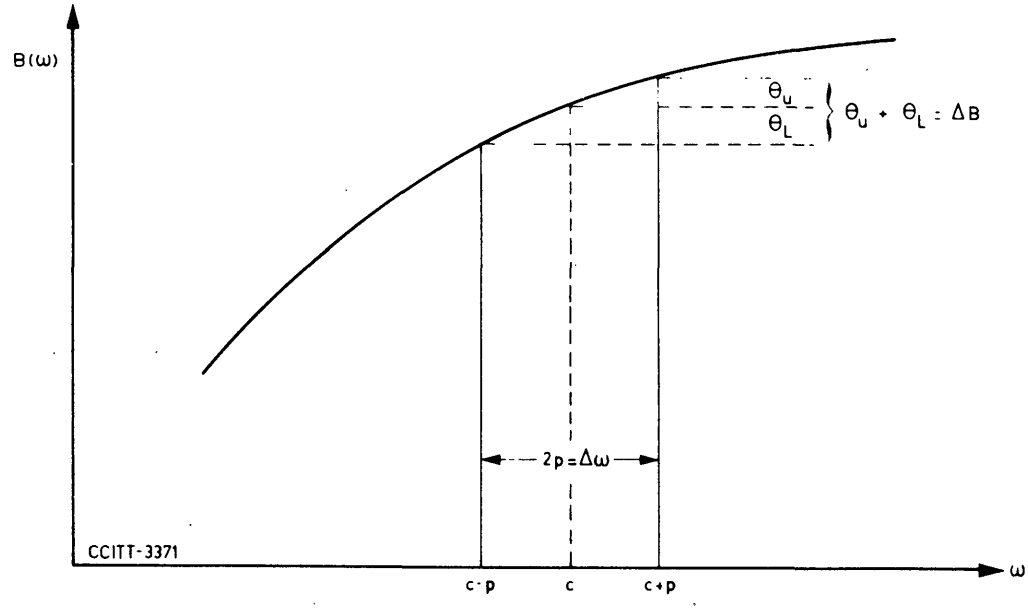


FIGURA 2

Pero de la figura 2 se desprende que:

$$\frac{\theta_U + \theta_L}{2} = \frac{\Delta B}{2}$$

Supóngase, por otra parte, que se puede medir el desfasaje y que se conoce la pulsación p de la señal moduladora; en tal caso, dado que:

$$\frac{\varphi}{p} = \frac{\Delta B}{2p} = \frac{\Delta B}{\Delta\omega}\bigg|_{\text{en torno } c} \approx \frac{dB}{d\omega}\bigg|_{\omega = c}$$

se dispone de un medio para medir directamente el tiempo de propagación de grupo.

Este razonamiento es válido para una señal de portadora modulada en amplitud. Se puede utilizar también la modulación de frecuencia, pero ello no presenta ventaja alguna desde el punto de vista del ruido, ya que el índice de modulación debe ser reducido (por ejemplo, 0,2 para las frecuencias portadoras más bajas) si se quiere que $\Delta\omega$ se aproxime a $d\omega$. En consecuencia, sólo existen dos frecuencias laterales principales, y la señal de línea es muy similar a la que produciría una modulación de amplitud.

Gama de medida del tiempo de propagación

La gama máxima del tiempo de propagación de grupo que se puede medir con certeza depende del periodo de la frecuencia moduladora; por ejemplo, con una frecuencia de modulación de 25 Hz, la gama exenta de ambigüedad es de 1/25 de segundo = 40 ms. Esta gama se reduce proporcionalmente en los aparatos en que la detección de fase va precedida de la selección de una armónica de la frecuencia de modulación.

Tiempo de propagación de grupo relativo

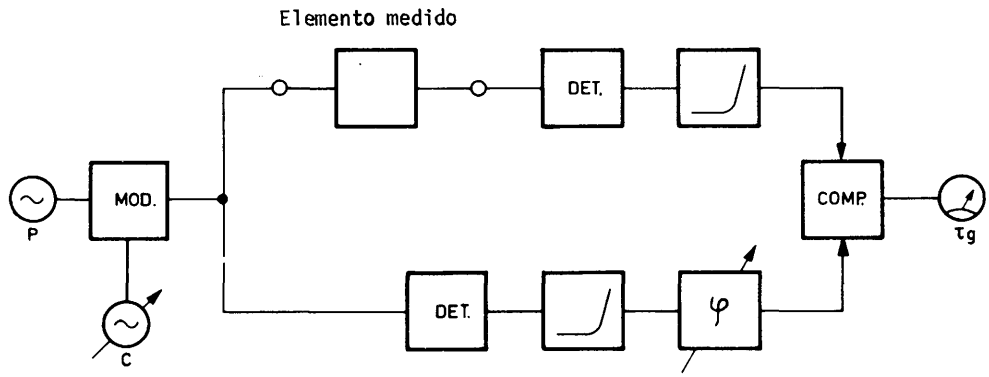
Si bien el tiempo de propagación de grupo es una magnitud absoluta, la mayoría de los métodos prácticos de medida basados en el principio de Nyquist sólo permiten medirlo a una frecuencia particular con relación a otra.

Esta restricción no dificulta la medición de la distorsión del tiempo de propagación de grupo, pero obliga a referir las mediciones a una frecuencia de referencia. Como tal frecuencia no es forzosamente igual a la correspondiente al tiempo mínimo de propagación, es posible obtener valores negativos.

Principios de los aparatos de medida

La mayoría de los aparatos de medida se construyen según uno de los montajes siguientes:

1. La entrada y la salida del elemento medido (por ejemplo, un filtro) son accesibles al operador.



P = oscilador de modulación

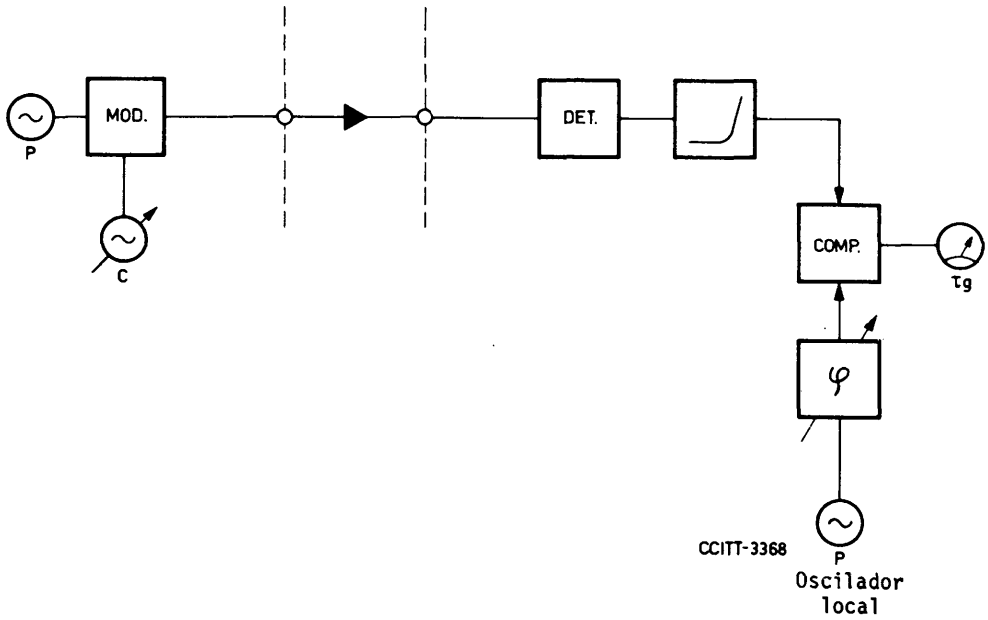
C = oscilador de portadora

φ = red de desfasaje ajustada de manera que el tiempo de propagación indicado sea nulo para la frecuencia portadora de referencia

2. La entrada y la salida no se hallan en el mismo lugar (por ejemplo un circuito telefónico)

a) Sólo se puede utilizar un sentido de transmisión:

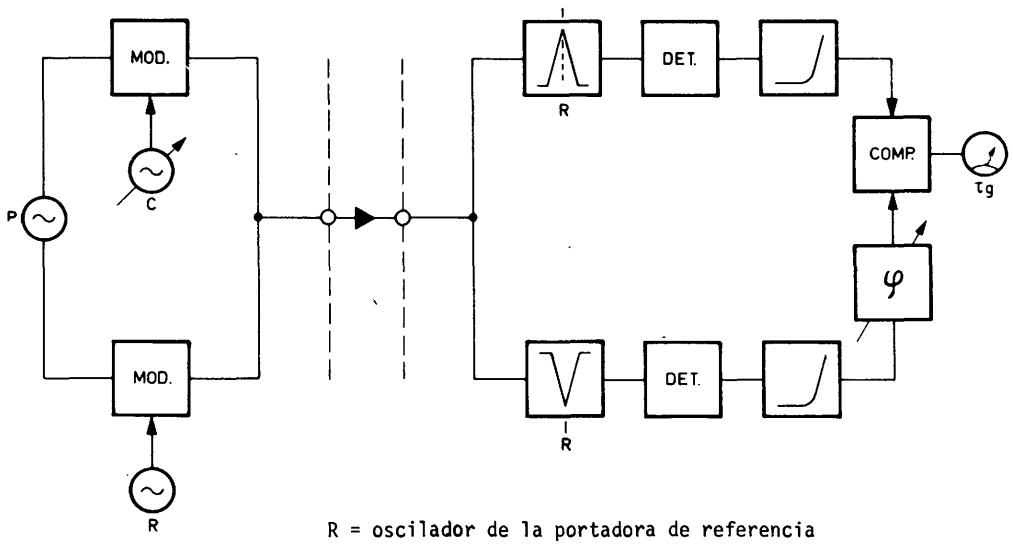
i) Dos osciladores de modulación



Un factor importante es la estabilidad del oscilador local respecto del oscilador de modulación en la transmisión, durante el periodo de medida

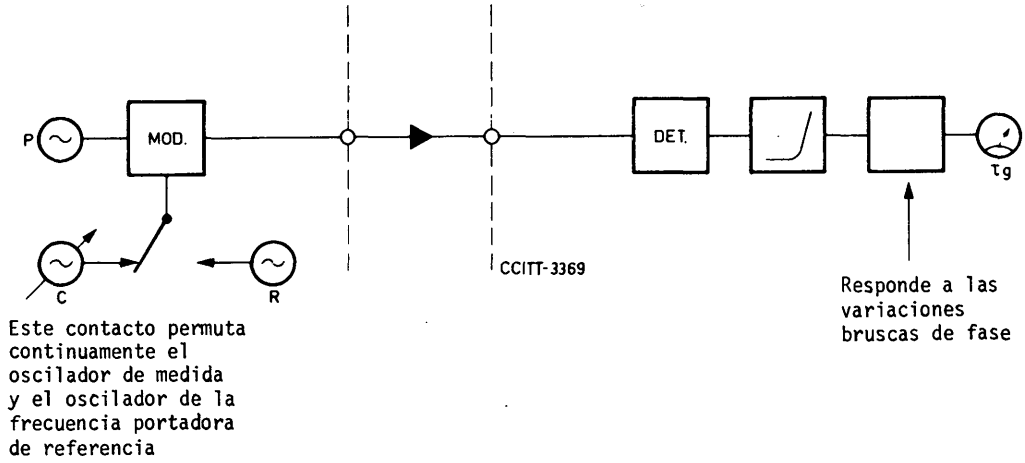
ii) Un solo oscilador de modulación

Sistema por distribución de frecuencia

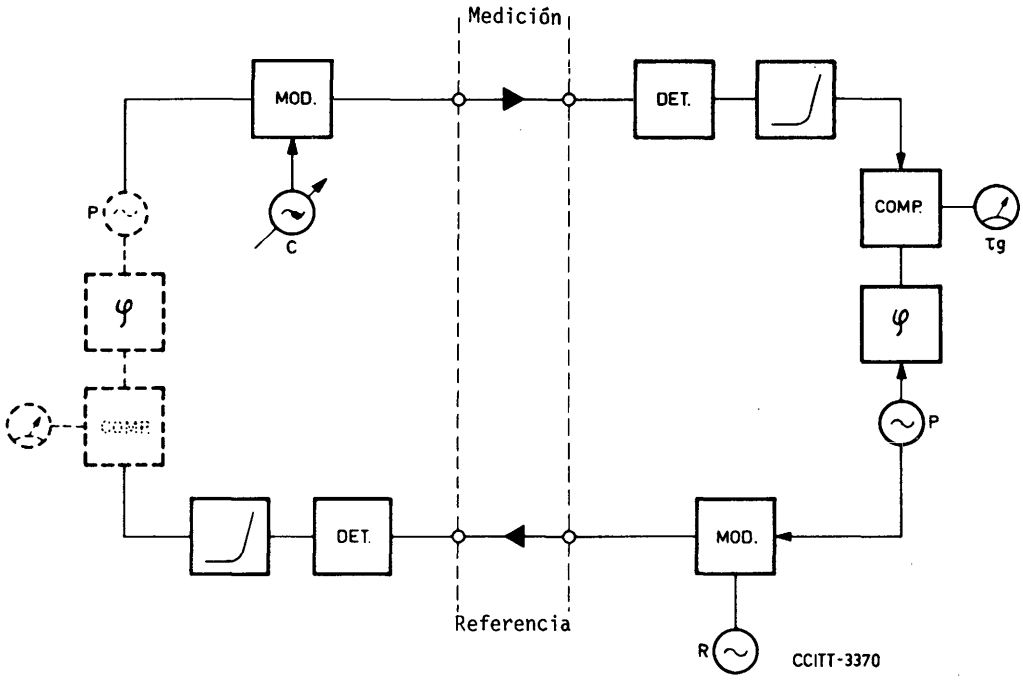


R = oscilador de la portadora de referencia

Sistema por distribución en el tiempo



b) Se pueden utilizar los dos sentidos de transmisión



Los dos sentidos de transmisión forman un bucle; en consecuencia, el oscilador de modulación y el comparador pueden estar también en el extremo de transmisión, como se indica en trazos interrumpidos.

Todos los métodos precedentemente ilustrados indican que la diferencia de fase entre la señal moduladora, reconstituida a base de la frecuencia portadora, y la frecuencia de referencia se mide con ayuda de una red de desfasaje y de un comparador, que actúan directamente sobre señales sinusoidales. En la práctica se aplican a veces otros métodos. Por ejemplo, se puede detectar el paso de las dos sinusoides por el valor cero y provocar así el funcionamiento alternativo de un multivibrador biestable; se obtiene de ese modo un tren de impulsos cuya amplitud media es proporcional a la anchura de los impulsos, que es a su vez proporcional a la diferencia de fase entre las sinusoides iniciales. Una variante de este método consiste en medir directamente, por métodos numéricos clásicos, el tiempo que transcurre entre dos pasos sucesivos por cero; se obtiene así una medición directa del tiempo de propagación.

Si la frecuencia de medida y la de modulación se obtienen por división de una frecuencia más elevada, se puede recurrir a una serie de conmutadores de décadas que funcionen en combinación con los divisores de décadas, para ajustar en el receptor la fase de la frecuencia moduladora de referencia. De este modo, la diferencia de fase residual entre la frecuencia recibida y la frecuencia moduladora de referencia es pequeña y puede leerse con gran precisión en la gama de máxima sensibilidad del circuito de medida.

Fuentes de errores en la medición del tiempo de propagación de grupo

A continuación se enumeran las posibles fuentes de errores, algunas de las cuales pueden neutralizarse mediante dispositivos especiales de sincronización.

Introducen errores ciertas características del elemento medido y las imperfecciones del aparato de medida.

Características del elemento que se mide

- Distorsión de ganancia y de fase;
- Distorsión no lineal;
- Característica no lineal del tiempo de propagación de grupo;
- Deriva de frecuencia;
- Ruido y señales parásitas.

Imperfecciones del aparato de medida

- Error en la medición de las fases;
- Falta de sincronismo entre el oscilador de modulación y el oscilador de referencia cuando funciona en vacío;
- Falta de precisión de la frecuencia absoluta del oscilador de modulación;
- Falta de precisión de la frecuencia absoluta del oscilador de frecuencia portadora.

Estos factores se estudian en los párrafos siguientes.

Influencia de la distorsión de ganancia y de fase en la banda $\Delta\omega$

Si la característica de ganancia del sistema de transmisión no es uniforme en la banda $\Delta\omega$, se obtienen dos frecuencias laterales de diferente amplitud. En principio, esto puede dar lugar a errores. Sean $G(\omega)$ la característica de ganancia y A_U y A_L las amplitudes respectivas de la frecuencia lateral superior y de la frecuencia lateral inferior con relación a la amplitud de la frecuencia portadora, que cabe suponer, sin perjuicio de la generalidad del razonamiento, igual a la unidad. Estas condiciones se ilustran en la figura 3.

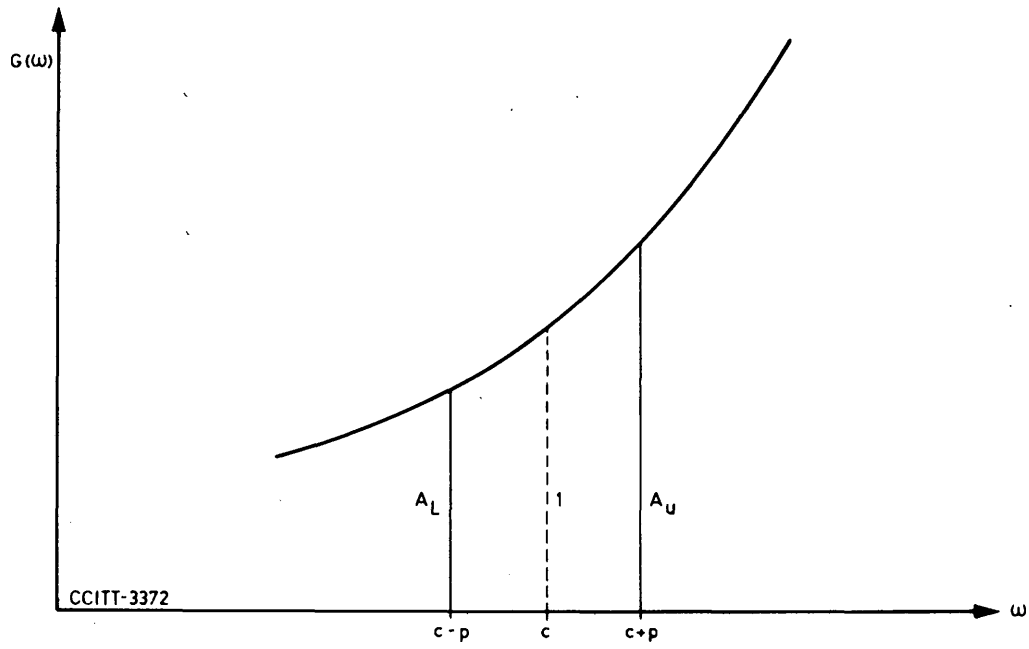


FIGURA 3

La expresión precedente para φ, ángulo de fase de la señal moduladora reconstituida, es ahora una función de las amplitudes A_U y A_L, a saber:

$$\text{tg } \varphi = \frac{A_U \text{ seno } \theta_U + A_L \text{ seno } \theta_L}{A_U \cos \theta_U + A_L \cos \theta_L}$$

a) Si $\theta_U = \theta_L = \dfrac{\Delta B}{2}$, es decir, si no hay curvatura de fase en la gama $\Delta\omega$, la expresión de tg φ se reduce a $\text{tg } \dfrac{\Delta B}{2}$. En otras palabras, el ángulo de fase medido es independiente de la distorsión de la ganancia.

b) Si hay cierta curvatura de fase, es decir si $\theta_U - \theta_L$ es pequeña pero no nula, se obtiene:

$$\text{tg } \varphi = \left[\frac{\Delta B}{2} - \frac{A_U - A_L}{A_U + A_L} \cdot \frac{\theta_{\bar{U}} - \theta_L}{2}\right]$$

Se ha introducido, por lo tanto, un error de fase cuya expresión es:

$$\varepsilon = -\frac{A_U - A_L}{A_U + A_L} \cdot \frac{\theta_U - \theta_L}{2} \text{ radianes}$$

(sin tener en cuenta la ambigüedad $n\pi$).

En la hipótesis de que esta curvatura de fase sea exclusivamente parabólica, se demuestra que esta expresión puede escribirse de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \frac{A_U - A_L}{A_U + A_L} \cdot \frac{p^2}{2} \cdot \frac{d\tau_g}{d\omega}$$

lo que prueba que los valores medidos del tiempo de propagación de grupo que definen los puntos de inflexión — es decir, los máximos y los mínimos de la característica medida del tiempo de propagación de grupo — no contienen errores imputables a la distorsión de ganancia.

En principio, se puede anular la influencia de la distorsión de ganancia por medio de una modulación de banda lateral única o de doble banda lateral con portadora suprimida. En modulación de banda lateral única, la medición se hace a una frecuencia situada en el punto medio entre la frecuencia portadora y la banda lateral.

Distorsión no lineal

Las distorsiones brutas no lineales pueden introducir errores si la señal de medida y la señal portadora de referencia modulada se transmiten simultáneamente por el elemento medido. Las interferencias entre estas dos señales producen bandas laterales parásitas y una distorsión armónica. Este tipo de distorsión puede introducir también errores de medida en los aparatos en que la comparación de fase exige la elección de una armónica de la frecuencia moduladora. Los otros métodos descritos en el párrafo precedente no están sujetos a errores debidos a distorsiones no lineales.

Falta de linealidad de la característica de tiempo de propagación de grupo

El estudio del caso general es difícil. Hay que señalar, sin embargo, que un tipo importante de característica de tiempo de propagación de grupo no lineal frecuentemente observado, es aquél en que la característica comprende una ondulación casi sinusoidal. Estas características se presentan frecuentemente en las redes compensadas, y asimismo en las redes en ambos sentidos cuyas impedancias terminales presentan irregularidades simples como los circuitos telefónicos. La figura 4 muestra un ejemplo teórico de una porción de una característica de ese género.

El ciclo de variación se repite a intervalos de q radianes a lo largo del eje ω. Factores físicos hacen que valor medio del tiempo de propagación de grupo, no pueda ser inferior a T, amplitud de la variación sinusoidal.

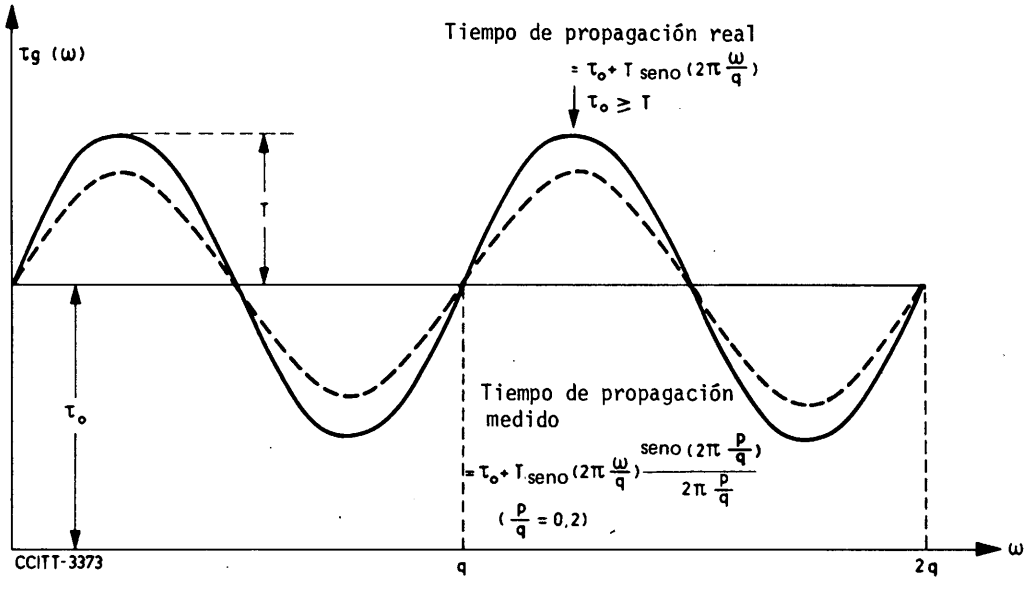


FIGURA 4. – **Característica sinusoidal de tiempo de propagación, que ilustra la diferencia (error) entre los valores medidos y los valores reales**

Una característica de tiempo de propagación de grupo como la que acaba de especificarse proviene de una característica de fase que tiene por expresión:

$$B(\omega) = \int_0^{\omega} \left[\tau_0 + T \text{ seno } \left(2\pi \frac{\omega}{q}\right) \right] d\omega$$

$$= \omega\tau_0 - \frac{Tq}{2\pi} \cos \left(2\pi \frac{\omega}{q}\right)$$

esta característica se ilustra en la figura 5.

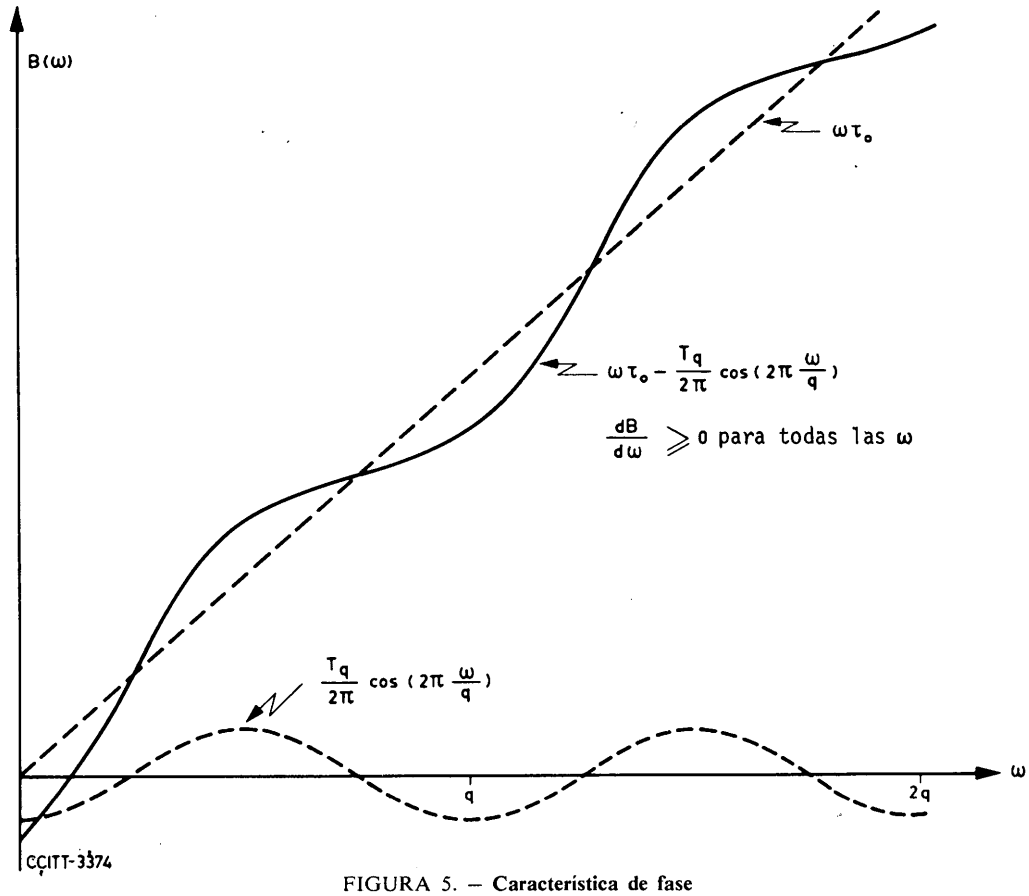


FIGURA 5. – **Característica de fase**

Se demuestra que el tiempo de propagación medido está dado por:

$$\left.\frac{\Delta B}{\Delta \omega}\right|_{\text{alrededor de } c} = \tau_0 + T \text{ seno } \left(2\pi \frac{c}{q}\right) \cdot \frac{\text{seno } x}{x}$$

en donde

c = pulsación de la portadora
q = pulsación de la ondulación

$$x = 2\pi \frac{p}{q} = 2\pi \cdot \frac{\text{frecuencia de la ondulación}}{\text{frecuencia de la modulación}}$$

mientras que el tiempo verdadero de propagación se expresa por:

$$\left.\frac{dB}{d\omega}\right|_{\omega = c} = \tau_0 + T \text{ seno } 2\pi \frac{c}{q}$$

Si se compara la característica medida con la característica verdadera, se observa que un aumento de la frecuencia de modulación provoca una disminución de la amplitud de la ondulación medida. La figura 4 ilustra la diferencia entre el tiempo verdadero de propagación (curva de trazo continuo) y el tiempo de propagación medido (curva de trazo interrumpido) para una relación de 0,2 entre la frecuencia de modulación y la frecuencia de ondulación.

La expresión siguiente da el error relativo en la amplitud de la ondulación medida:

$$\frac{\text{(amplitud verdadera)} - \text{(amplitud medida)}}{\text{amplitud verdadera}} = 1 - \frac{\text{seno } 2\pi\frac{p}{q}}{2\pi\frac{p}{q}}$$

La figura 6 representa el error relativo en función de la relación frecuencia moduladora/frecuencia de la ondulación.

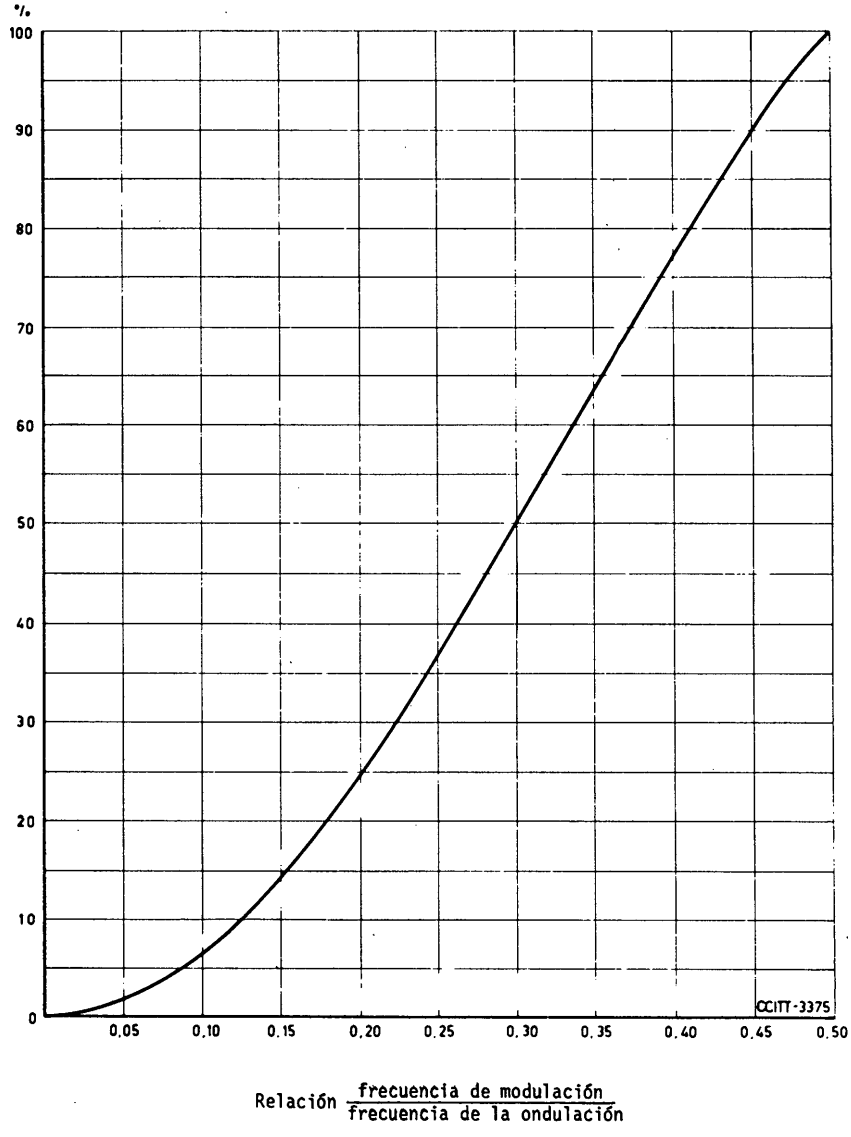


FIGURA 6 – **Error relativo del tiempo de propagación medido, en función de la relación frecuencia de modulación/frecuencia de la ondulación**

Deriva de frecuencia

La causa más importante de las derivas de frecuencia en las redes de telecomunicaciones es la presencia de frecuencias portadoras asíncronas en los sistemas de multiplaje por distribución de frecuencia. Esto lleva aparejado un desplazamiento de valor constante de la frecuencia de cada señal transmitida, en tanto que la señal de salida demodulada no sufre cambio alguno de frecuencia; la única incertidumbre en cuanto al resultado de la medición es el valor exacto de la frecuencia portadora en que se efectúa. Estas consideraciones son asimismo válidas para la señal de referencia, si ésta se transmite a una frecuencia portadora fija.

Se introducen ciertos errores si la deriva de frecuencia no es una sección del circuito medido varía durante la medición, obligando así a la señal de portadora y a las frecuencias laterales que la acompañan a explotar la característica de tiempo de propagación de grupo de varias secciones sucesivas. De ello pueden resultar variaciones, en la recepción, de la fase de la frecuencia moduladora y, por lo tanto, errores. Una frecuencia portadora de referencia podría sufrir variaciones similares.

Ruido y señales parásitas

a) *Ruido*

En principio, los aparatos que incluyen un comparador de fase constituyen una fuente de errores si penetran en el comparador señales de ruido u otras señales parásitas. Pueden originarse ruidos de esta naturaleza en el elemento medido, que puede ser, por ejemplo, un circuito telefónico.

Si la potencia de ruido tiene una distribución uniforme, la expresión siguiente indica el error cuadrático medio del tiempo de propagación de ruido medido para potencias reducidas de ruido, es decir, para valores favorables de la relación señal/ruido:

$$\text{Error cuadrático medio} = \frac{1}{mp}\sqrt{\frac{\text{potencia de ruido que penetra en el comparador de fase}}{\text{potencia de la señal de portadora}}}$$

en donde m y p designan respectivamente el porcentaje de modulación y la pulsación de la señal modulante.

La potencia de ruido que penetra en el comparador depende de la potencia de ruido que se origina en el elemento medido y de la anchura de banda efectiva del comparador de fase.

Con aparatos de medida del tiempo de propagación de grupo que permiten obtener a la salida del comparador de fase un valor medio en un intervalo de tiempo (relativamente) largo, se puede lograr una protección casi absoluta contra las potencias de ruido corrientemente observadas en las líneas; en efecto, el comparador de fase no tiene que transmitir una información variable, de modo que su anchura de banda efectiva puede ser cercana a cero. Si hay que transmitir una variación de fase (relativamente) rápida (por ejemplo, para una presentación obtenida por barrido), hay que utilizar un comparador de fase con una anchura de banda de valor finito no nulo, con lo que existe el peligro de que la señal de salida no esté ya protegida contra los efectos del ruido.

En ciertos aparatos, la anchura de banda del comparador puede estar comprendida entre 1/100 y 1/10 de la frecuencia de modulación, por ejemplo de 0,4 a 4 Hz para una frecuencia de modulación de 40 Hz.

Ejemplo de aplicación de la fórmula que da el error introducido por el ruido

Considérese un circuito de tipo telefónico (300 a 3400 Hz) con un nivel de potencia de ruido sofométrico de −50 dBm0p. El nivel de la portadora se ajusta en −10 dBm0, el índice de modulación es de 0,4, la frecuencia de modulación 40 Hz y la anchura de banda efectiva del comparador es 4 Hz. Para −50 dBm0p, el nivel de la potencia de ruido limitada por la anchura de banda y que obedece a una distribución uniforme es de −50 + 2,5 = −47,5 dBm0, mientras que la anchura de banda efectiva para este nivel de potencia de ruido es

de 3400 − 300 = 3100 Hz. En consecuencia, el nivel de fase se reduce a −47,5 − 10 log (3100/4) = −47,5 − 28,9 = −76,4 dBm0. Como el nivel de potencia de la señal de portadora es de −10 dBm0, la expresión en decibelios del término que se encuentra bajo el signo radical es −76,4 − (−10) = −66,4 dB, lo que corresponde a una relación de potencia de $(1/2089)^2$.

$$\text{Error cuadrático medio} = \frac{1}{0{,}4\ 2\pi\ 40} \cdot \frac{1}{2089} \text{ segundos} = 4{,}76\ \mu\text{s}.$$

Por lo tanto, el error cuadrático medio es de 5 μs.

La figura 7 da los valores del error cuadrático medio en la medición del tiempo de propagación de grupo en función de la relación señal/ruido en el elemento medido, para varios valores de la frecuencia de modulación. La relación señal/ruido indicada en abscisas se expresa por:

$$10 \log_{10} \left| \frac{\text{potencia de la señal de portadora}}{\text{potencia de ruido aleatorio ponderada, distribuida uniformemente en la banda 300–3400 Hz y limitada a esta banda}} \right| \text{dB}$$

Las curvas se han trazado para un índice de modulación $m = 0{,}4$, y la anchura de banda del comparador se ha normalizado en 1 Hz.

Estas curvas pueden utilizarse para otros valores de los parámetros, de la siguiente manera:

i) *Anchura de banda del comparador diferente de 1 Hz*

Si el comparador tiene una anchura de banda de y Hz, se toma en abscisas el valor requerido de la relación señal/ruido, *disminuido* en 10 log y dB. Por ejemplo, el error correspondiente a una relación señal/ruido de 40 dB, con una frecuencia de modulación de 40 Hz y una anchura de banda del comparador de 4 Hz, se encuentra sobre la curva 40 Hz para una señal señal/ruido de 40 − 10 log 4 = 34 dB. Se halla un valor del orden de 5 μs.

ii) *Frecuencias de modulación diferentes de las indicadas en la figura*

El error es inversamente proporcional a la frecuencia de modulación. Por ejemplo, los errores correspondientes a una frecuencia de modulación de 200 Hz serán diez veces menores que los indicados por la curva 20 Hz.

iii) *Índice de modulación diferente de 0,4*

El error es inversamente proporcional al índice de modulación. En consecuencia, si este índice de modulación es igual a y, se multiplica la ordenada por $0{,}4/y$.

b) *Señales perturbadoras de una sola frecuencia*

Se puede establecer una expresión análoga para el error debido a una señal perturbadora de una sola frecuencia comprendida en el intervalo de medida. Esta expresión es la siguiente:

$$\text{Error} = \frac{1}{mp} \cdot \frac{\text{amplitud de la señal perturbadora}}{\text{amplitud de la señal de portadora}}$$

En esta fórmula no intervienen ni la relación potencia de ruido ponderado/ruido no ponderado (2,5 dB), ni la relación 1 Hz/3100 Hz (35 dB) para la anchura de banda del comparador. Por ello, se pueden utilizar

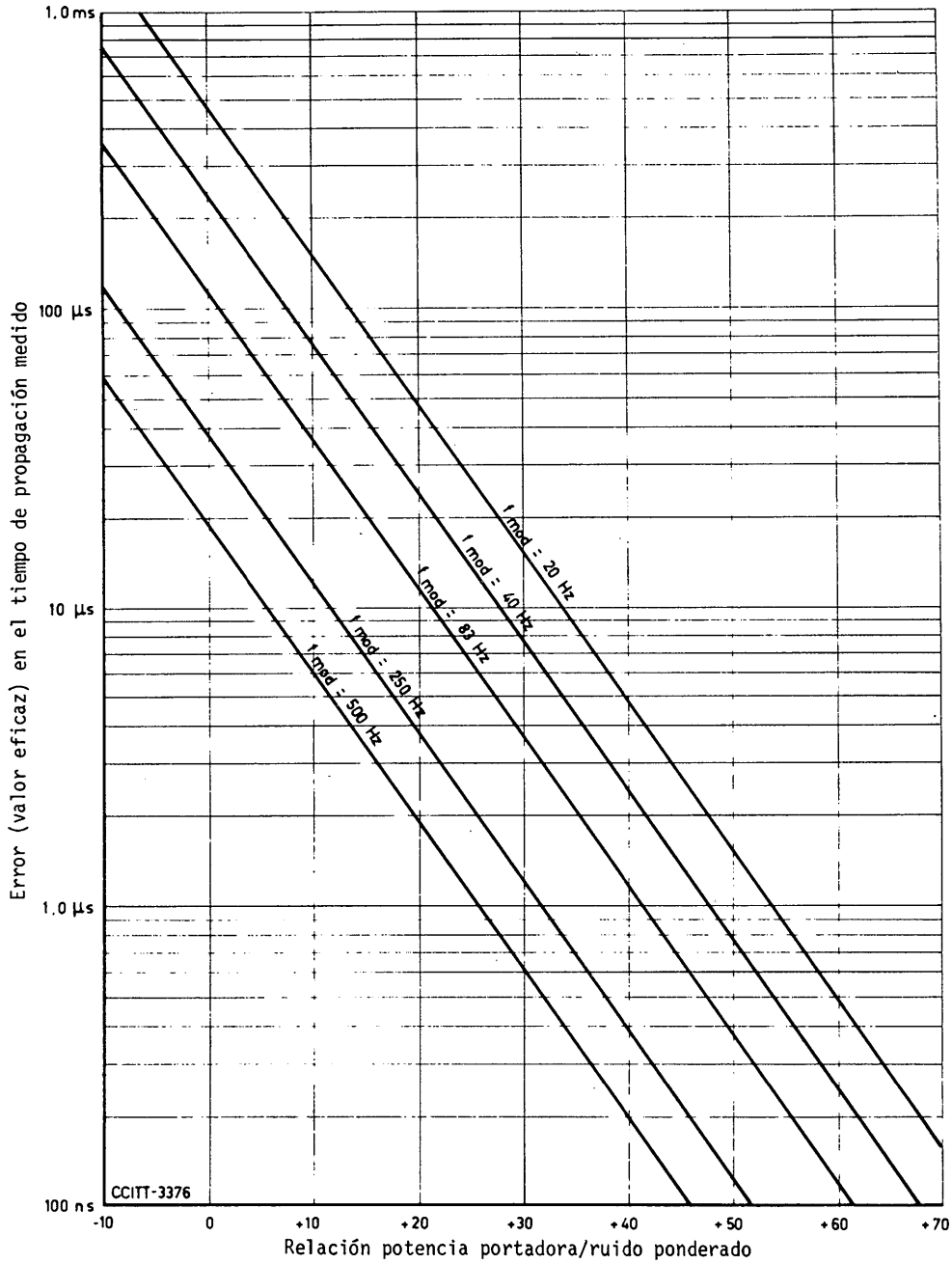


FIGURA 7. – **Valor eficaz del error en los valores medidos del tiempo de propagación, en función de la relación potencia portadora/ruido ponderado (el ruido está distribuido uniformemente en la banda 300–3400 Hz y limitado a la misma), para varios valores de la frecuencia de modulación**

en este caso las curvas de la figura 7, tomando la abscisa que corresponde al valor requerido para la señal/ruido *disminuido* en 33 dB. Así, con una relación señal de portadora/señal perturbadora de 50 dB, el error para una frecuencia de modulación de 40 Hz hay que buscarlo en la curva de 40 Hz, frente a una relación señal/ruido de 50 − 33 = 17 dB; se hallan unos 30 μs.

Error en la medición de las fases

Suponiendo que $\Delta\tau_g$ segundos sea la resolución requerida para el tiempo de propagacion de grupo, y $\Delta\varphi$ radianes de precisión que puede obtenerse al medir la fase, el valor necesario de la pulsación de la señal de modulación será:

$$p \geqslant \frac{\Delta\varphi}{\Delta\tau_g} \text{ radianes/segundo.}$$

Si se designan por f Hz (= p/2π) la frecuencia de modulación y se expresa $\Delta\varphi$ en grados, la relación pasa a ser

$$f \geqslant \frac{\Delta\varphi^\circ}{360\,\Delta\tau_g} \text{ Hz.}$$

Por ejemplo, si la precisión de la medición de fase es de 0,25° y si se necesita una resolución de 10 μs para el tiempo de propagación, la frecuencia de modulación es:

$$f \geqslant \frac{0{,}25^\circ}{360^\circ \times 10^{-5}} = 69{,}5 \text{ Hz.}$$

La frecuencia de modulación debe ser tanto más elevada cuanto mayor es la precisión necesaria para el tiempo de propagación (es decir, cuanto menor es el valor de $\Delta\tau_g$). No obstante, cuanto más elevada es la frecuencia de modulación, menor es la resolución con relación a la distorsión del tiempo de propagación. Por consiguiente, al elegir la frecuencia de modulación hay que llegar a un equilibrio entre la precisión de la medición y la resolución para la distorsión final.

La figura 8 representa la precisión requerida de la medición de fase en función de la precisión de medida del tiempo de propagación de grupo, para varios valores de la frecuencia de modulación.

Falta de sincronismo entre el oscilador de modulación y el oscilador de referencia durante el funcionamiento en vacío

En ciertos aparatos de medida del tiempo de propagación de grupo, los osciladores de modulación y de referencia son independientes entre sí durante el funcionamiento en vacío. Es preciso entonces que la estabilidad a corto plazo de ambos osciladores satisfaga ciertas condiciones, a fin de que los errores debidos a la falta de sincronismo sean lo suficientemente pequeños. Si se designa por p radiantes/segundo la pulsación de la señal de modulación y por $(1 + k)\,p$ radianes/segundo la pulsación de la señal de referencia, se acumula durante la medición una diferencia de fase $(1 + k) - p = kp$ radianes/segundo.

En una medición de M segundos de duración, la diferencia de fase total acumulada será de kMp radianes, lo que corresponde a un tiempo de propagación anormal de kM segundos. Para que este error no exceda de segundos, es preciso que kM $\leqslant \varepsilon$, es decir que $k \leqslant$ a $\frac{\varepsilon}{M}$.

Por ejemplo, si se quiere que el error acumulado no exceda de 1 μs en un periodo de 10 minutos, es necesario que $k \leqslant \frac{1\ \mu\text{s}}{600\ \text{s}} = 1{,}7 \times 10^{-9}$.

Si en este ejemplo se quisiese repartir la tolerancia entre los dos osciladores, cada uno de ellos debería tener una estabilidad a corto plazo mejor que 10^{-9}.

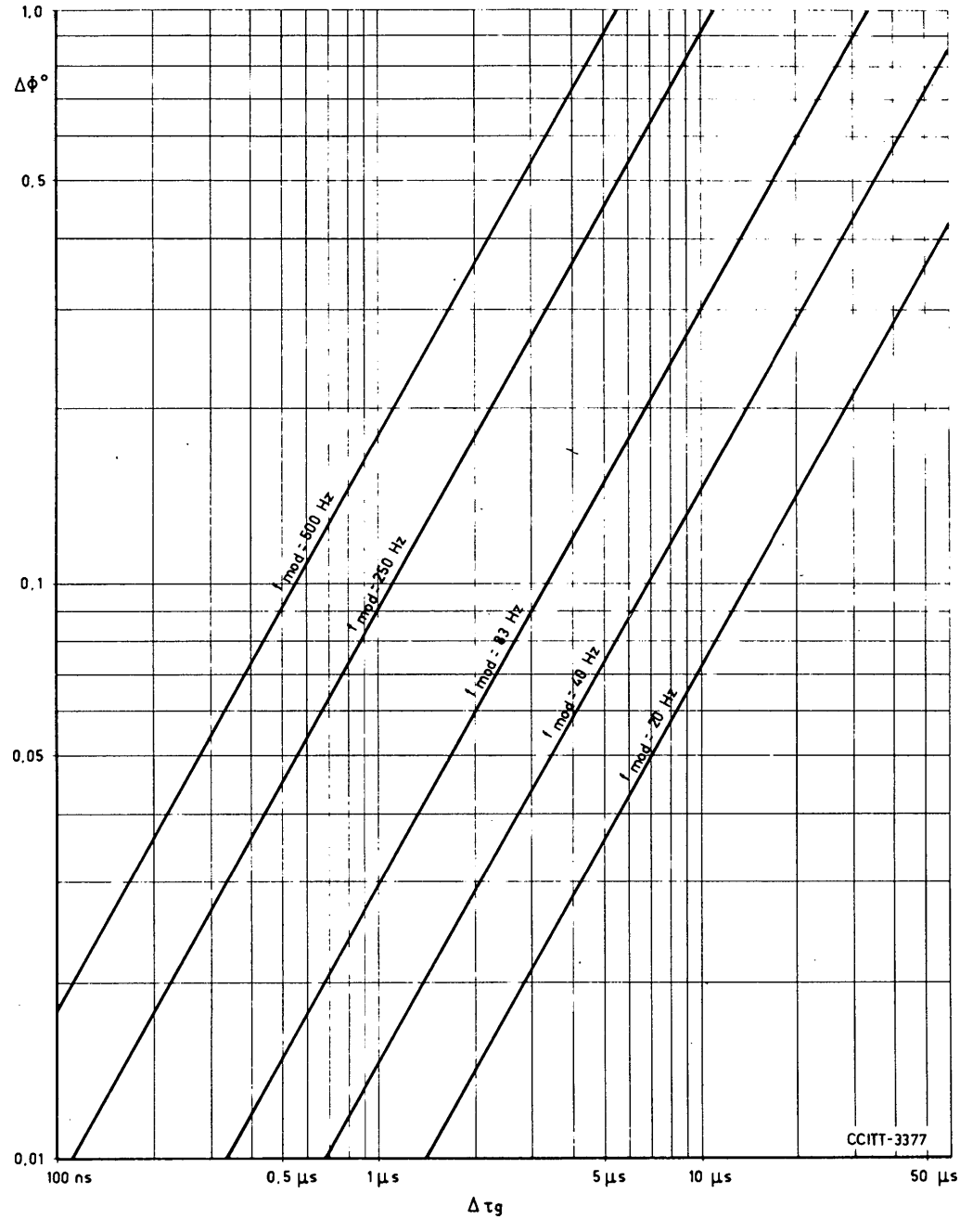


FIGURA 8. — **Precisión requerida de la medición de fase $\Delta\varphi$ en función de la precisión de medida del tiempo de propagación $\Delta\tau$, para diversos valores de la frecuencia de modulación**

Falta de precisión de la frecuencia absoluta del oscilador de modulación

La precisión que puede lograrse es del mismo orden de magnitud que la del ajuste de frecuencia del oscilador de modulación. Por ejemplo, una señal moduladora cuya frecuencia exceda en 1% la frecuencia para la que está calibrado el aparato, explora una porción de la característica de fase superior en un 1% a la anchura nominal. En el supuesto de que la característica de fase sea prácticamente lineal en la banda $\Delta\omega$, resultará una diferencia de fase superior en un 1% al valor normal. En consecuencia, los valores de distorsión calculados (diferencia entre tiempos de propagación de grupo medidos a dos o más frecuencias) adolecerán también de un error del 1%.

Falta de precisión de la frecuencia absoluta del oscilador de frecuencia portadora

El error imputable al hecho de que la frecuencia del oscilador de portadora difiere de la frecuencia indicada se reduce, prácticamente, a una incertidumbre en lo que concierne a la frecuencia portadora a que se ha efectuado la medición. Esta incertidumbre existe en todas las mediciones de transmisión en que interviene la frecuencia.

Otros métodos de medida del tiempo de propagación de grupo

Los métodos de medida que no se basan en el principio de Nyquist implican la medición directa de la característica de fase en la banda de paso del elemento medido. Estos métodos solo pueden aplicarse en laboratorio. Pueden citarse los siguientes:

a) Método del cero, en el que se hacen variar la fase y la amplitud de una de las dos señales para obtener señales de igual amplitud y signo opuesto;

b) Método de la suma y diferencia vectoriales, en el que una fuente única proporciona dos canales de medida. El primer canal contiene un atenuador y el segundo el elemento medido. Los aparatos se ajustan para obtener dos tensiones de salida de igual amplitud, lo que permite determinar fácilmente el ángulo de fase a base de la suma y de la diferencia vectoriales de las tensiones de salida;

c) Método de la frecuencia π. La señal a la entrada del elemento medido se aplica a una fuente de tensión sinusoidal de frecuencia variable. Las señales de entrada y de salida se aplican a los amplificadores X e Y de un osciloscopio (que deben tener las mismas características de fase). Se toma nota de las frecuencias indicadas por una línea recta en las figuras de Lissajous, en las cuales el elemento medido introduce un múltiplo entero de radianes. Sean f_1, f_2, f_3 Hz, etc., esas frecuencias en orden creciente. El valor medio del tiempo de propagación de grupo en el primer intervalo $f_1 - f_2$ está dado entonces por:

$$\frac{\Delta B}{\Delta \omega} = \frac{\pi}{2\pi (f_2 - f_1)} = \frac{1}{2 (f_2 - f_1)} \text{ segundo.}$$

Análogamente, el valor medio de ese tiempo de propagación en el intervalo siguiente es de $\frac{1}{2 (f_3 - f_2)}$ segundos, y así sucesivamente.

A base de estos valores calculados se puede trazar una curva del tiempo de propagación de grupo en función de la frecuencia, haciendo corresponder el tiempo de propagación de cada intervalo con la frecuencia central de ese interrvalo.

El principio del método se ilustra en el ejemplo siguiente (algo artificial).

Frecuencias π		$2(f_{n+1} - f_n)$	Tiempo de propagación de grupo	Frecuencia central del intervalo $\frac{f_n + f_{n+1}}{2}$
	kHz	kHz	µs	kHz
f_1	5			
		20	50	10
f_2	15			
		40	25	25
f_3	35			
		50	20	47,5
f_4	60			
		40	25	70
f_5	80			

Los valores de las dos últimas columnas pueden servir para construir una característica de tiempo de propagación de grupo.

Suplemento N.º 2.8

MEDICIÓN DE LAS VARIACIONES BRUSCAS DE FASE EN LOS CIRCUITOS

Primer método

Intervienen en él los canales de ida y de retorno del circuito que se mide. (Puede no convenir en el caso de los circuitos por satélite.) Los canales de ida y de retorno de un mismo circuito se ponen en bucle en el extremo distante, lo que permite eliminar las derivas de frecuencia entre los puntos de transmisión y recepción. Entre la señal transmitida y la señal recibida hay una diferencia de fase que es función de la diferencia de fase total en el circuito.

Como las dos señales aplicadas al modulador en anillo de la figura 1 tienen la misma frecuencia, la tensión aplicada al amperímetro registrador A contendrá una componente continua, función de la diferencia de fase entre esas señales. Por lo tanto, si esa diferencia de fase es constante, la indicación del amperímetro también lo será, y las variaciones bruscas de fase en el sistema de transmisión se registrarán como variaciones bruscas de la indicación del amperímetro.

La indicación del amperímetro también depende, sin embargo, del nivel de la señal recibida, lo que significa que las variaciones de atenuación del sistema de transmisión influirán también en la indicación. Esta influencia puede evitarse parcialmente haciendo pasar la señal recibida por un limitador de crestas antes de aplicarla al modulador. Sólo se logrará empero la independencia cuando el nivel de la señal recibida sea más elevado que el del limitador de crestas. Si se puede suponer que el desfasaje, con excepción hecha de las variaciones bruscas de fase, es constante durante un periodo prolongado, se podrá eliminar la influencia de las variaciones de atenuación sin emplear un limitador de cresta ajustando el elemento de desfasaje representado en la figura 1 de modo que se obtenga una diferencia de 90° entre las señales transmitidas y recibidas. Con este ajuste se obtiene una componente continua igual a 0, lo que quiere decir que sólo las variaciones de fase y no las variaciones de atenuación harán desviar la aguja.

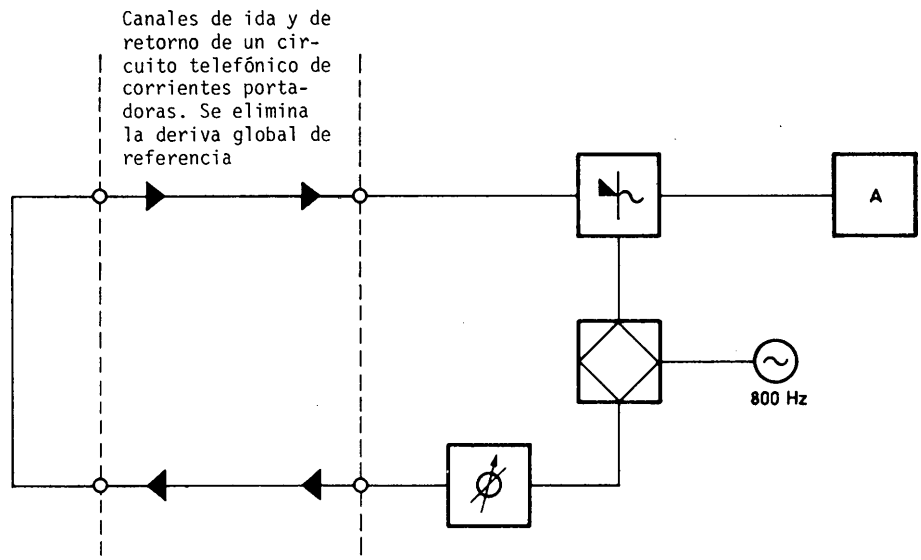


FIGURA 1. – **Empleo de los canales de ida y de retorno de un circuito telefónico de corrientes portadoras para medir las variaciones bruscas de fase**

Segundo método

Según este método, en el que se utiliza un solo sentido de transmisión del circuito que se mide (y que es conveniente para cualquier circuito por satélite), se transmite una señal a una de las estaciones terminales del circuito y se efectúan adiciones en la otra estación terminal.

La señal recibida y una señal de igual frecuencia producida por un oscilador local (figura 2) se aplican a un modulador, de modo que a la salida de éste se obtenga una corriente continua en el amperímetro registrador A. Una red RC con una constante de tiempo adecuada permite aprovechar esta tensión continua para sincronizar el oscilador en 800 Hz. La tensión aplicada al amperímetro es así función de la diferencia de fase entre las señales. Si se produce una variación brusca de fase, varía la tensión a la salida del modulador; lo mismo ocurre, por lo tanto, con la tensión de sincronización del oscilador, lo que tiende a producir una variación de fase proporcional en el oscilador de modo que la diferencia de fase entre las dos señales tiende a adquirir de nuevo el valor que tenía antes de la variación de fase.

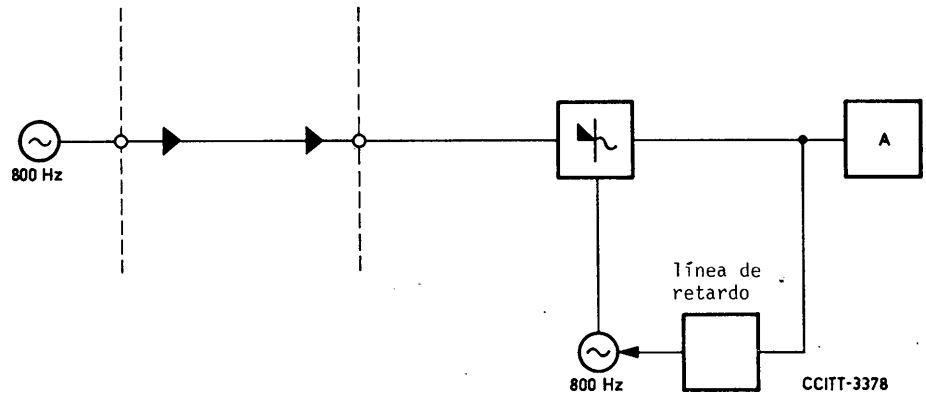


FIGURA 2. – **Empleo de un solo sentido de transmisión de un circuito telefónico de corrientes portadoras para medir las variaciones bruscas de fase**

La presencia de la red RC retarda la tensión de sincronización con relación a la tensión a la salida del modulador y, de este modo, el amperímetro tiene tiempo para registrar una variación. Hay que advertir que, en caso de una variación brusca de fase, el amperímetro indicará una variación y volverá luego a su posición inicial. Para obtener la máxima sensibilidad frente a las variaciones de fase, la diferencia de fase entre las dos señales deberá ajustarse en 90°, de manera que la tensión a la salida del modulador sea nula.

Para este ajuste se modifica el control de frecuencia del oscilador. Para que la diferencia de fase se mantenga cerca de 90°, es preciso que la gama de frecuencias en que es posible sincronizar el oscilador sea superior a la variación máxima de frecuencia de la señal recibida; la sincronización permite entonces mantener la diferencia de fase requerida (90°) en toda esta gama de frecuencias. Además, la estabilidad de frecuencia de los dos osciladores de 800 Hz debe ser muy elevada. Para que las variaciones de nivel de la señal recibida no influyan en la desviación de la aguja, se inserta un limitador de crestas antes del modulador. La condición necesaria para que las desviaciones de la aguja constituyan una medida de las variaciones de fase, es que la duración de estas variaciones sea reducida con relación a la constante de tiempo de la red RC.

Dispositivo de registro de las variaciones bruscas de fase

(Nota de la Administración danesa)

Se transmite por un canal telefónico una señal de prueba de frecuencia comprendida entre 1000 y 2000 Hz. El dispositivo de registro de las variaciones bruscas de fase se conecta al extremo de recepción. La señal recibida pasa por un limitador, un amplificador y un disparador Schmitt. A la salida de ese disparador la señal es rectangular, y su magnitud y forma son independientes del nivel de la señal de entrada.

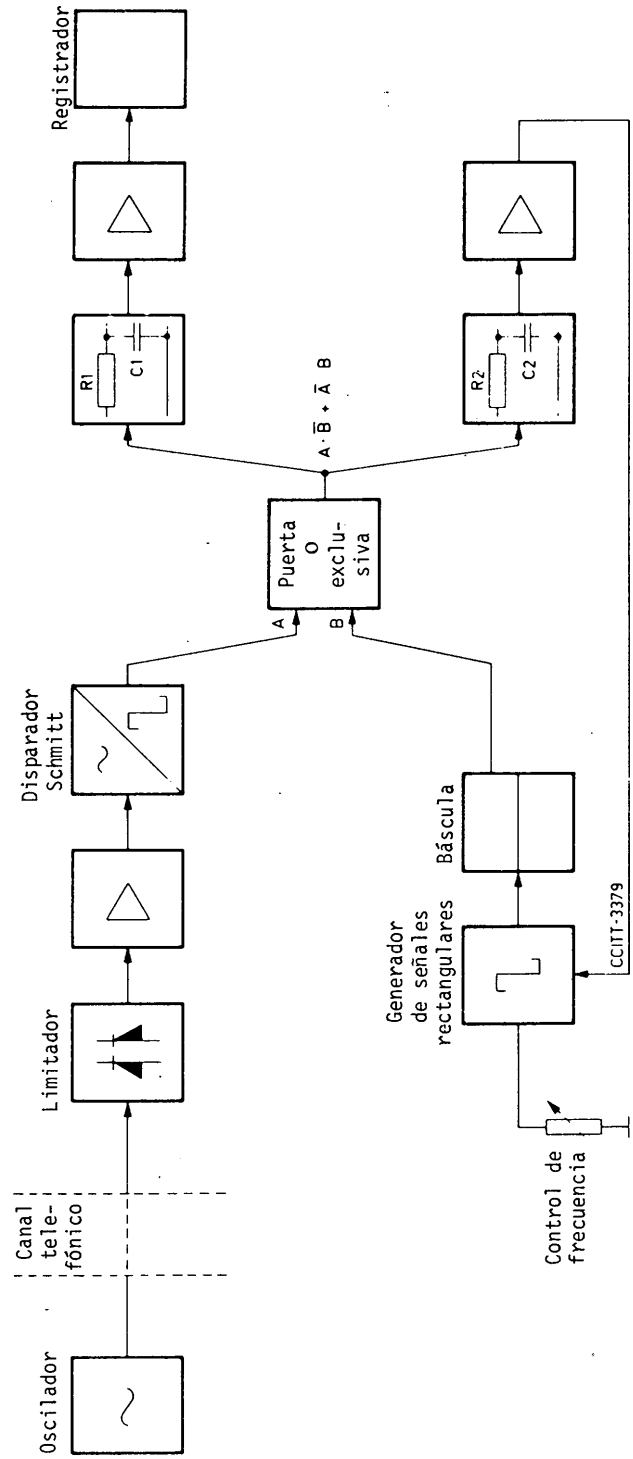


FIGURA 1. – Dispositivo de registro de las variaciones bruscas de fase en los circuitos

Un generador de señales rectangulares incorporado produce una tensión cuya frecuencia es el doble de la frecuencia de la señal recibida. Esta tensión se transmite a una báscula que reduce la frecuencia a la mitad, con lo cual se obtiene una tensión rectangular de la misma frecuencia que la señal recibida. El montaje tiene por objeto obtener duraciones iguales para los dos semiperiodos de la tensión. La frecuencia del generador de señales rectangulares se ajusta, en parte, manualmente, y en parte mediante una tensión externa de sincronización.

La señal *A* proveniente del disparador Schmitt y la señal *B* de la báscula se envían a una puerta O exclusiva que funciona como detector de fase. Si las señales *A* y *B* están en fase, la puerta producirá una tensión continua negativa. Si *A* y *B* están en oposición de fase, la señal de salida será una tensión continua positiva. Con una diferencia de fase de 90°, se obtiene una tensión rectangular del doble de frecuencia que la señal de entrada, con semiperiodos de igual duración. Para los demás valores de diferencia de fase, la tensión de salida será también rectangular, pero los dos semiperiodos no tendrán la misma duración. El valor medio de la tensión indica la diferencia de fase entre *A* y *B*, ya que es proporcional a esta última.

El detector de fase está conectado a un aparato registrador por una red RC y un amplificador. Por medio de otra red RC y de un amplificador, se aplica una tensión de sincronización al generador de señales rectangulares. Las constantes de tiempo de las dos redes RC son diferentes; R2C2 es mucho mayor que R1C1, de modo que la tensión de sincronización del oscilador está retardada con relación a la aplicada al registrador.

Por lo tanto, si la fase de la señal recibida sufre una variación, el aparato la indicará por una desviación de su aguja, hasta que la fase del oscilador haya sido corregida por la tensión de sincronización. La corrección corresponderá a la variación de fase de la señal recibida, y la diferencia de fase entre *A* y *B* volverá así a su valor inicial.

La diferencia de fase entre *A* y *B* se ajusta en 90° mediante el control manual de la frecuencia del oscilador, que funciona como un regulador de fase cuando se obtiene el sincronismo.

Suplemento N.° 2.9

PRUEBAS DE VIBRACIÓN

1. *Introducción*

1.1 Las pruebas de vibración constituyen un método de prueba de los equipos de transmisión, que permite localizar y suprimir los "malos contactos" antes de que perturben el servicio. La expresión "malos contactos" se toma aquí en su sentido más amplio.

1.2 El funcionamiento de un sistema de transmisión telefónica se evalúa generalmente en función de la calidad del servicio que presta al usuario y al servicio de explotación. Las causas de las averías detectadas sólo pueden hallarse si tales averías duran lo suficiente para que puedan localizarse por mediciones de transmisión. En razón de su gran persistencia, gran número de malos contactos intermitentes reducen la calidad del servicio durante largos periodos, y dan lugar a una serie de informes de avería antes de que el personal de mantenimiento pueda localizarlos y eliminarlos. Durante esos periodos, la utilización de los circuitos y de los servicios técnicos es poco racional.

1.3 Sin duda alguna, los malos contactos son una de las principales causas de la inestabilidad y de las interrupciones breves de los circuitos. Pueden deberse a un defecto de diseño o de fabricación de un elemento, o a un montaje defectuoso. Pueden producirse en la fase de instalación del equipo o durante el servicio.

Sin un equipo de prueba especial, son escasas las probabilidades de localizar todos los malos contactos. Para obtener un circuito de la calidad prevista es esencial eliminarlos todos.

Esto puede hacerse sometiendo cada punto del circuito a una prueba de vibración, seguida de una inspección visual minuciosa; luego, mediante un decibelímetro registrador, se observa de manera continua el nivel de una señal transmitida por el circuito durante 24 horas consecutivas como mínimo, en días laborables. Si la última prueba revela que el equivalente del circuito no es estable, conviene efectuar pruebas suplementarias.

2. *Principio de la prueba*

La prueba de vibración consiste en hacer pasar por el equipo examinado una señal de prueba de nivel suficientemente bajo y de frecuencia adecuada, sometiendo cada parte del equipo, en etapas sucesivas, a vibraciones de intensidad progresivamente creciente.

Las vibraciones hacen variar el estado eléctrico del punto en que existe un contacto defectuoso, lo que produce en ese punto una modulación de la señal de prueba. Las bandas laterales de modulación que aparecen a la salida del equipo son detectadas por un dispositivo apropiado y pasan a un amplificador de altavoz de elevada ganancia, en el que producen chasquidos audibles. Sin embargo, las vibraciones o choques de intensidad superior a un valor determinado pueden dañar ciertos equipos modernos. Hay, pues, que tomar precauciones. Véase a este respecto el punto 6.3 siguiente.

3. *Características generales de los aparatos utilizados*

3.1 *Frecuencia de las señales de prueba*

En la mayoría de los casos puede ser suficiente una señal de prueba de una sola frecuencia, y lo más común es elegir una frecuencia próxima al centro de la banda transmitida por el equipo probado. Las pruebas con una sola frecuencia pueden resultar insuficientes en el caso de filtros, de correctores de distorsión o de amplificadores de banda ancha; cuando una prueba con una sola frecuencia da resultados poco concluyentes, es preferible hacer varias pruebas de vibración con cierto número de frecuencias.

En el caso de los equipos de frecuencias vocales, la frecuencia de la señal de prueba debe estar comprendida en la gama 300-3400 Hz, pero como las principales componentes del ruido microfónico de los tubos son inferiores a 1000 Hz, es preferible que las frecuencias de prueba estén fuera de la gama 300-1000 Hz.

Para probar los canales de transmisión de los equipos de frecuencias portadoras en las bandas de grupo primario de 12-60 kHz y 60-108 kHz y en la banda de grupo secundario de 312-552 kHz, por ejemplo, hay que utilizar como mínimo tres frecuencias de prueba. Es cómodo emplear las frecuencias medias de estas bandas, o sea 36, 84 y 432 kHz.

Para probar equipos generadores de sistemas de corrientes portadoras, el efecto de las vibraciones se observa en los terminales de salida del equipo.

3.2 *Sensibilidad*

3.2.1 Suele suponerse que toda variación perceptible de la resistencia de una conexión por efecto de vibraciones traduce la presencia de un mal contacto, que puede empeorar a la larga; en la mayoría de los casos, una variación del orden de 0,01 ohmios debe considerarse significativa.

Los aparatos elementales de prueba del tipo "demodulador" pueden indicar incluso las variaciones de nivel de potencia transmitido de sólo 0,1 decibelios aproximadamente; estas variaciones de nivel las provocan variaciones de resistencia del orden de 14 ohmios en un circuito de 600 ohmios, y del orden de 1,8 ohmios en un circuito de 75 ohmios. Conviene recordar, por otra parte, que la impedancia de los circuitos asociados a los equipos de transmisión puede ser de un megaohmio o más, y que muchas de las conexiones más importantes están situadas a gran distancia de los principales canales de transmisión.

3.2.2 La experiencia enseña, sin embargo, que para los trabajos de carácter práctico y general no es conveniente que el aparato de prueba sea sensible a las variaciones inferiores a 0,01 decibelios, en razón de los efectos engañosos a que pueden dar lugar, durante las pruebas de vibración, elementos como los cristales de cuarzo, las inductancias de núcleo de hierro y los transformadores, incluso si están exentos de defectos.

Los otros factores que hay que tener en cuenta en la búsqueda de malos contactos son la fase y la duración de las variaciones que provocan. Cuando se comparan aparatos de prueba, es cómodo considerar únicamente la amplitud de las variaciones que se les aplican. Para obtener indicaciones claras es conveniente registrar las variaciones durante 1 milisegundo como mínimo. Esto equivale a decir que la anchura de banda del aparato de prueba debe ser, por lo menos, de 500 Hz, y preferentemente de 1000 Hz.

3.3 *Nivel de las señales de prueba*

3.3.1 La experiencia adquirida con las pruebas de vibración muestra que es indispensable utilizar un altavoz como aparato indicador en el extremo de la cadena; este aparato permite al operador distinguir de oído las características de amplitud y de duración de las variaciones producidas por las conexiones intermitentes, y establecer una correspondencia entre las variaciones del nivel de transmisión y los movimientos o vibraciones del elemento sometido a prueba. La principal dificultad para construir aparatos de prueba reside en la necesidad de obtener una relación señal/ruido satisfactoria.

3.3.2 Es conveniente que atraviese el equipo estudiado una señal de prueba de nivel no demasiado elevado, a fin de evitar la ruptura eléctrica de las películas de óxido u otras películas parásitas susceptibles de formarse en los puntos de conexión. Se cree que hay que aplicar a la gran mayoría de esas películas una diferencia de potencial de un valor de cresta de 0,1 voltios para provocar la ruptura. Por ello, suele considerarse conveniente un nivel relativo de potencia/señal de prueba de −20 decibelios, lo que corresponde a tensiones de cresta de 0,11 voltios y de 0,04 voltios en un punto de nivel relativo cero en circuitos de 600 ohmios y de 75 ohmios, respectivamente.

Las variaciones de 0,01 decibelios que se detecten equivaldrán a señales perturbadoras con un nivel relativo de potencia del orden de −60 decibelios. En ciertos elementos de los equipos de transmisión, el nivel relativo de la potencia perturbadora total en una anchura de banda de 1000 Hz puede ser del orden de −80 decibelios; las perturbaciones en cuestión están constituidas por murmullos confusos, o por perturbaciones audibles o de otro tipo debidas a la diafonía, a los acoplamientos entre fuentes de alimentación, al efecto microfónico de los tubos de vacío y a los ruidos erráticos intrínsecos.

En la hipótesis de que sea necesaria una relación mínima señal/ruido de 10 decibelios para que el aparato de prueba funcione satisfactoriamente, el nivel relativo de la señal de prueba requerido para detectar una variación de 0,01 decibelio debe ser del orden de −10 decibelios (−80 + 10 + 60 = −10 decibelios). Para detectar una variación de 0,001 decibelios, el nivel relativo de la señal de prueba debe ser como mínimo de +10 decibelios.

3.3.3 Las condiciones expuestas son incompatibles entre sí. Con todo, se cree que los mejores resultados globales se obtienen cuando el nivel relativo de la señal de prueba es sensiblemente nulo, aunque en la práctica pueda ser conveniente hacer pruebas suplementarias con un nivel relativo del orden de −10 decibelios.

4. *Métodos empleados para descubrir los defectos*

Existen varios métodos adecuados para descubrir los malos contactos. Se describen a continuación los principales, llamados método del puente, método del demodulador y método de la banda lateral.

4.1 *Método del puente*

4.1.1 Consiste en aplicar a un puente la señal de prueba que aparece a la salida del equipo probado, y en aplicar en oposición otra señal de la misma amplitud y fase, a fin de obtener una señal resultante nula. Toda variación del nivel de cualquiera de estas señales, por ejemplo como consecuencia de una variación de la

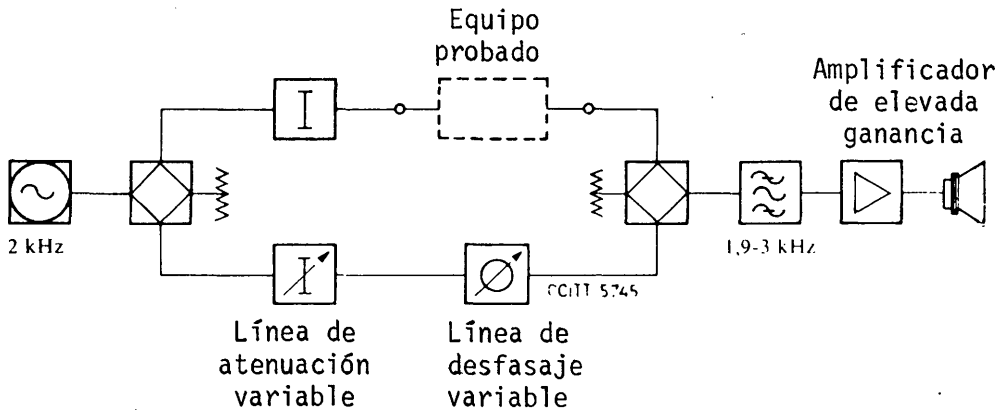


FIGURA 1

atenuación o de la fase en el equipo probado, produce a la salida del puente una señal, que se aplica a un altavoz.

La figura 1 muestra el esquema de principio de la instalación utilizada para las pruebas a frecuencias vocales.

4.1.2 Los siguientes puntos presentan cierta importancia:

a) El oscilador utilizado debe tener una gran estabilidad de frecuencia a corto plazo; en efecto, las derivas de frecuencia del oscilador desequilibrarían el puente y darían lugar a una señal de salida errónea. Este efecto podría acentuarlo el hecho de que el funcionamiento de los correctores de fase existentes depende en cierta medida de la frecuencia.

b) El filtro pasabanda tiene por función reducir el nivel del ruido de fondo y el de las armónicas de la señal de prueba; su banda de paso es de unos 1000 Hz.

c) La elección de la frecuencia de la señal de prueba depende principalmente de las consideraciones siguientes:

i) Conviene evitar la gama de frecuencias por debajo de 1000 Hz, que contiene las principales componentes del ruido microfónico de los tubos de vacío.

ii) Las características de sensibilidad de los altavoces y del oído humano aconsejan elegir la frecuencia de la señal de prueba, así como la banda lateral, en la gama 2000-4000 Hz.

iii) La frecuencia de la señal de prueba debe estar cerca de uno de los extremos de la banda de paso del filtro, a fin de obtener un efecto de asimetría y una relación señal/ruido óptima en condiciones medias.

4.2 *Método del demodulador*

4.2.1 Consiste en aplicar primero la señal de prueba que aparece a la salida del equipo probado a un "demodulador", y después a un altavoz; se hace así audible toda modulación de la señal de prueba causada por un mal contacto. La figura 2 ilustra el principio del método, tal como se emplearía para probar equipos de corrientes portadoras.

Cuando la resistencia de una conexión varía por efecto de las vibraciones, la velocidad de variación de esta resistencia es lo suficientemente grande para que la señal modulada así producida contenga importantes componentes en la gama de las frecuencias audibles; en otras palabras, la variación de la resistencia puede producir crujidos audibles o series de chasquidos.

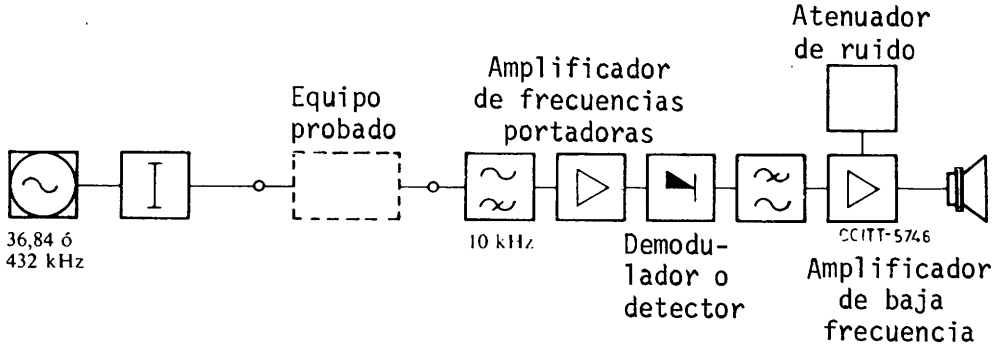


FIGURA 2

4.2.2 Los principales puntos de interés son los siguientes:

a) El filtro de paso alto de 10 kHz sirve para suprimir todos los ruidos de frecuencia audible provenientes del equipo probado. Teóricamente, se obtendría una relación señal/ruido mejor con un filtro pasabanda de unos 1000 Hz de anchura de banda y eligiendo la frecuencia de la señal de prueba de modo que caiga cerca de uno de los extremos de esta banda de paso; sin embargo, se ha observado en la práctica que tales filtros ofrecen pocas ventajas con relación a los de paso alto cuando se trata de probar equipos clásicos de corrientes portadoras. No es necesario un filtro si el amplificador de frecuencias portadoras tiene una atenuación suficiente en la gama de frecuencias vocales.

b) Conviene utilizar el atenuador de ruido (de preferencia con una constante de tiempo reducida) en combinación con el amplificador *BF*, a fin de reducir o de suprimir por completo el ruido continuo, que puede molestar al operador. Este atenuador debe ser de umbral variable, para poder utilizarlo en los diferentes casos que puedan presentarse en la práctica.

Conviene advertir que el atenuador de ruido mejora considerablemente la relación señal/ruido en el altavoz, pero que no la reduce en forma apreciable a la salida del equipo probado; en otras palabras, no permite reducir el nivel de la señal de prueba.

4.2.3 El método ilustrado en la figura 2 puede emplearse para las pruebas a frecuencias vocales, si:

a) La frecuencia del oscilador corresponde a las condiciones de las pruebas a frecuencias vocales;

b) La frecuencia de corte del filtro de paso alto se reduce hasta unos 2000 Hz;

c) El amplificador de frecuencias portadoras se reemplaza por un amplificador de frecuencias vocales;

d) El filtro de paso bajo conectado entre el demodulador y el último amplificador *BF* introduce, para la frecuencia de prueba y para sus armónicas, una atenuación suficiente para que el altavoz no emita sonido alguno en las condiciones normales. Para obtener una sensibilidad de 0,01 decibelios hay que obtener un índice de discriminación del orden de 90 decibelios con relación a la frecuencia de la señal de prueba, y de 70 decibelios con relación a la segunda y a la tercera armónicas.

4.3 *Método de la banda lateral*

4.3.1 Este método, ilustrado en la figura 3, consiste en aplicar la señal de prueba "modulada por el contacto defectuoso" a un filtro que elimina la señal y una de las bandas laterales de modulación; la otra banda lateral se aplica a un amplificador *BF*, cuya señal de salida produce un sonido audible en el altavoz.

Este método sólo puede emplearse en las pruebas a frecuencias vocales.

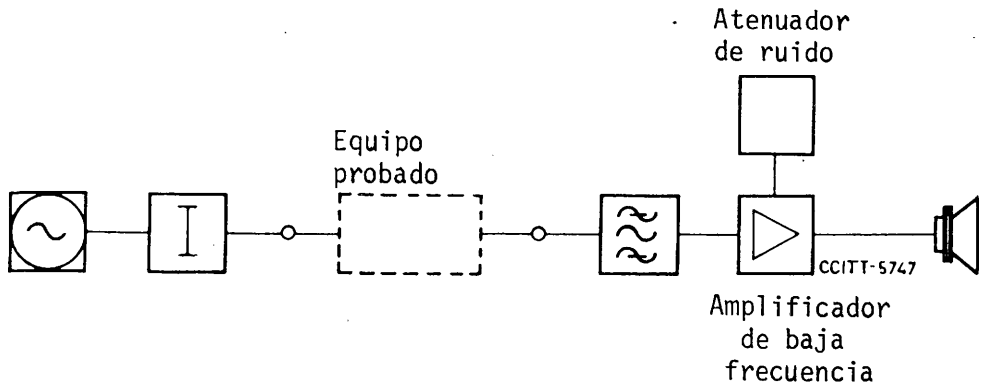


FIGURA 3

4.3.2 El filtro pasabanda tiene esencialmente la misma función que el filtro de paso bajo del método anterior; los índices de discriminación con relación a la frecuencia de la señal de prueba y a sus armónicas deben ser los mismos que en este último método. Además, el filtro debe proporcionar cierta protección contra el ruido microfónico de los tubos de vacío.

Como este método utiliza también un circuito de atenuación del ruido, los sonidos producidos por el altavoz son análogos a los obtenidos por el método del demodulador.

5. *Comparación de los métodos de prueba*

5.1 La principal diferencia entre los tres métodos es la siguiente: mientras que el método del puente es sensible a las variaciones lentas y a las variaciones rápidas que se producen en el equipo probado, el método del demodulador y el de la banda lateral sólo dan resultados en presencia de variaciones rápidas; a este respecto se puede decir que el método del puente es el más sensible.

En ciertos casos, sin embargo, la sensibilidad a las variaciones lentas puede ser un inconveniente. Por ejemplo, cuando se prueba un amplificador con un reducido índice de realimentación negativa, hay que restablecer frecuentemente el equilibrio del puente a causa de las variaciones debidas a las fluctuaciones de la tensión de alimentación, a los fenómenos que se producen durante el "caldeo", etc. Asimismo, cuando se prueba un conmutador de control de ganancia, puede ser necesario restablecer el equilibrio del puente para cada posición del conmutador.

5.2 Por lo tanto, para la prueba de equipos de corrientes portadoras debe preferirse el método del demodulador en los trabajos de carácter práctico y general; este método, insensible a las variaciones lentas, ofrece la ventaja de que no exige ajustes demasiado precisos o frecuentes. Además, a diferencia del método del puente, puede emplearse para probar generadores de frecuencias portadoras.

5.3 El método del demodulador y el método de la banda lateral dan resultados prácticos idénticos, pero el segundo es particularmente interesante a causa de su sencillez.

6. *Método de aplicación de las vibraciones y precauciones que deben tomarse*

6.1 Al hacer pruebas de vibración hay que tener presente ante todo la naturaleza de los defectos debidos a malos contactos y la facilidad con que pueden suprimirse temporalmente muchos de esos defectos. Se han observado contactos defectuosos tan inestables que basta con soplar suavemente sobre ellos para que se produzcan chasquidos en el altavoz. Esta ligerísima perturbación es también suficiente para hacerlos desaparecer por completo. Para evitar la desaparición de contactos defectuosos es, pues, esencial que no se mueva el conjunto del equipo examinado.

6.2 Lo primero que hay que hacer en las pruebas de vibración, antes de quitar cualquier cubierta o de manipular bridas o conexiones análogas, es aplicar la señal de prueba y conectar el aparato de prueba al equipo. Se desplazan entonces casi imperceptiblemente las conexiones exteriores y se escuchan al mismo tiempo si se producen chasquidos en el altavoz. Se quita luego la cubierta del equipo con todo el cuidado posible. Si se producen chasquidos en el altavoz, será señal de que se ha hecho vibrar un mal contacto.

La experiencia demuestra que el mejor modo de probar los elementos y el cableado de los paneles es hacerlo en cierto orden; por ejemplo, se hacen girar suavemente los controles de ajuste de ganancia, se retiran lenta y cuidadosamente los tubos de vacío haciéndolos girar suavemente en su suporte y luego, con una pequeña herramienta aislada eléctricamente, por ejemplo el mango de un destornillador, se tocan suavemente (sin golpearlos) los soportes de cableado, los contactos, las soldaduras y los elementos de circuito, escuchando al mismo tiempo si se producen chasquidos en el altavoz. Es posible que se oiga un chasquido al tocar ligeramente una conexión y que ello no se reproduzca al tocarla por segunda vez por haberse hecho desaparecer el mal contacto. Un mal contacto puede, sin embargo, volver a manifestarse en una etapa ulterior de las pruebas.

6.3 Se repite luego esta serie de operaciones golpeando muy ligeramente todas las conexiones, las patillas y todos los elementos del circuito (incluidos los tubos de vacío), y se busca la causa de cada chasquido. Localizado un defecto, se suprime éste antes de proseguir la prueba. Se cambian los tubos de vacío que presentan un efecto microfónico anormal o cuyos electrodos tengan juego. Para verificar los transformadores de núcleo de hierro y las inductancias, y para comprobar si estos elementos presentan soldaduras defectuosas o un efecto microfónico, se golpea ligeramente cada superficie accesible del conjunto que los contiene.

Se repite esta operación una tercera vez golpeando más fuerte, de manera que vibren los malos contactos mantenidos mecánicamente por resina o por remaches y que las cubiertas transmitan a los elementos y cables por ellas protegidos vibraciones suficientemente intensas.

Para probar los conjuntos que comprendan transistores y otros semiconductores convendrá utilizar un dispositivo de impacto controlado, por ejemplo, una herramienta de resorte, a fin de evitar deterioros. Los diodos con punta de contacto no deben ser sometidos a pruebas de vibración. En el caso de estos elementos, se puede variar la corriente continua que los atraviese, manteniendo su intensidad dentro de los límites nominales fijados para el diodo. Esta clase de pruebas pondrá de manifiesto la mayoría de los contactos defectuosos durante el caldeo del diodo.

6.4 Por último, se tira suavemente de todos los hilos y de todas las patillas, según el eje del hilo y perpendicularmente a él, lo que permite descubrir las juntas mecánicas rígidas pero defectuosas desde el punto de vista eléctrico. La fuerza ejercida debe estar en consonancia con el tipo de hilo y con el elemento, a fin de no causar daños. Un hilo entallado al pelarlo, o que se haya vuelto quebradizo con el tiempo, puede romperse fácilmente al realizar esta operación, pero es preferible que se rompa al verificar el equipo a que se rompa durante la limpieza por personal sin conocimientos técnicos.

6.5 Un hilo roto, que asegure todavía un contacto eléctrico, se corroe al cabo de cierto tiempo y da lugar a un defecto inestable. Se ponen en su sitio las resistencias de carbón y los pequeños condensadores suspendidos del cableado que puedan entrar en contacto con patillas, puntos de puesta a tierra o cubiertas, si se han desplazado ligeramente.

Se golpea suavemente con el puño la superficie de las cubiertas de los filtros de cristal herméticamente sellados, con contactos de presión entre los cristales y su base. Las vibraciones excesivas pueden, sin embargo, hacer desaparecer de manera temporal un mal contacto existente, o desplazar completamente un cristal de su base.

Al comprobar un equipo con tubos de vacío, se verifican también las conexiones de alimentación de energía. Los malos contactos en las conexiones a las barras ómnibus, fusibles y reguladores de tensión dan asimismo lugar a chasquidos en el altavoz cuando se les hace vibrar.

Suprimidos todos los defectos en un equipo, se coloca de nuevo la cubierta y se la golpea bastante fuerte con el puño cerrado. No deben oirse chasquidos en el altavoz.

Un pequeño destornillador con mango de madera de unas dos onzas (unos 30 gramos) es adecuado para aplicar vibraciones a los equipos, pero si el mango no está recubierto de caucho, puede ser imposible distinguir el ruido mecánico directo, producido por los golpes, de los débiles chasquidos que se producen al mismo tiempo en el altavoz. En cambio, el oído puede distinguir generalmente el ruido que se espera oir al golpear, de los chasquidos fortuitos, incluso en presencia de un ruido permanente.

Se ha ideado un alicate especial con largas mordazas flexibles, aisladas, para coger los hilos durante las pruebas de vibración.

7. *Aplicación en el caso de los equipos nuevos*

La aplicación de pruebas de vibración a los equipos nuevos pone de manifiesto los contactos defectuosos no detectados durante las diversas etapas de fabricación, desde las pruebas de los elementos hasta las pruebas finales de recepción, que plantearán dificultades para el mantenimiento mientras no se los descubra como consecuencia de informes de avería.

Se ha demostrado que el hecho de eliminar los defectos antes de las pruebas en servicio permite disminuir la duración de las pruebas de recepción y establece programas más eficaces para estas pruebas. Pueden transcurrir varios meses entre la fabricación de los elementos y el momento en que se termina un panel cableado, y durante ese tiempo pueden aparecer soldaduras defectuosas; éstas pueden localizarse mediante pruebas de vibración en fábrica antes de las pruebas eléctricas normales.

8. *Malos contactos*

Entre los malos contactos observados, muchos desaparecen temporalmente, sin que se percate uno de ello, al aplicar los métodos normales de mantenimiento. La disminución del grado de servicio debida a estos defectos no se pone plenamente de manifiesto en los registros normales de averías. Los malos contactos pueden deberse a:

- conexiones no soldadas o a soldaduras defectuosas;
- potenciómetros variables de devanado;
- malas soldaduras por puntos de los hilos de resistencia y de los electrodos de los tubos de vacío;
- los zócalos de los tubos de vacío y las patillas de estos tubos;
- los muelles y casquillos de las bridas;
- conexiones sin soldar remachadas o atornilladas;
- el cuerpo o los muelles de clavijas o jacks;
- láminas de contacto de jacks y de llaves;
- contactos de relés no sometidos a una corriente de polarización;
- hilos rotos, con un mal contacto mecánico;
- contactos parásitos entre hilos, o entre hilos y masa;
- conexiones flojas en rectificadores de óxido de cobre;
- malos contactos en cristales piezoeléctricos montados a presión en los filtros de cristal;
- malas conexiones de conductores blindados;
- malas conexiones de bobinas térmicas y en sus soportes;
- malas conexiones entre los fusibles de línea y sus soportes.

9. *Vigilancia continua*

9.1 *Disposiciones generales*

Una prueba de vibración es una operación que requiere mucha habilidad, e incluso con personal calificado no se tiene la seguridad de eliminar de entrada todos los malos contactos en los equipos utilizados en un circuito telefónico. Conviene, pues, observar continuamente los circuitos para asegurarse de que están exentos de defectos. Estas observaciones se llevan a cabo en los circuitos por medio de una señal sinusoidal de medida y de uno o varios decibelímetros.

9.2 *Estabilidad de un circuito*

Cuando un canal de transmisión está exento de malos contactos y de elementos inestables y los equipos están alimentados por fuentes estabilizadas de energía, las variaciones de nivel en ese canal se deben a variaciones de carácter fundamental tales como variaciones, con la temperatura, de la atenuación de los cables de pares coaxiales o simétricos. En los circuitos de frecuencias vocales, la influencia de la temperatura es muy débil, y, por consiguiente, es de esperar que las variaciones diarias del nivel de una señal de prueba transmitida por el canal sean igualmente débiles.

El uso de decibelímetros registradores ha demostrado que, si un circuito está exento de defectos, las variaciones de nivel en el tiempo pueden alcanzar valores comprendidos entre 0,2 decibelios y 1 decibelio, según la longitud del circuito y el tipo de amplificador. Un circuito de frecuencia vocal de 400 millas (1 milla = 1609 metros), con amplificadores de realimentación negativa, no debe presentar variaciones superiores a ±0,2 decibelios. Un circuito con malos contactos y elementos o tubos de vacío defectuosos presenta variaciones considerables de nivel durante cortos periodos y, si los malos contactos están sometidos a vibraciones, se producirán variaciones trasitorias que podrán cortar el circuito durante algunos milisegundos. Un mal contacto en el canal de realimentación de un amplificador puede dar lugar a aumentos momentáneos del nivel registrado por el decibelímetro.

En general, un defecto capaz de modificar el equivalente de un circuito presenta un comportamiento típico y produce un trazo típico en el gráfico del decibelímetro. Por lo tanto, es posible a veces identificar el tipo de defecto mediante el registro hecho durante cierto periodo con un decibelímetro.

9.3 *Verificación continua de los canales de transmisión en servicio*

Un solo mal contacto transitorio recurrente puede ser, y es a menudo, causa de muchas de las averías señaladas en un circuito. Desde el punto de vista de los servicios de mantenimiento y de explotación, no es, sin embargo, conveniente retirar un circuito del servicio para someterlo a pruebas de vibración o a observaciones continuas de larga duración para descubrir, quizás, un solo defecto; este aspecto de la cuestión es aún más importante en el caso de una línea de alta frecuencia de un sistema de corrientes portadoras en pares simétricos o coaxiles.

La verificación continua de los canales de transmisión en servicio es, por consiguiente, una solución atractiva, tanto desde el punto de vista de la explotación como del mantenimiento. Permite disminuir el tiempo de inmovilización de un circuito por averías y mejorar la calidad del mismo en los periodos sin averías. Gracias a ello, el personal técnico de mantenimiento puede reparar sin prisas las averías y devolver el circuito o el sistema de corrientes portadoras a la explotación sólo cuando tiene la completa certeza de que se halla exentos de defectos. Permite también a este personal verificar de manera periódica la calidad de los circuitos en servicio, así como localizar y reparar los defectos antes de que el servicio se vea gravemente afectado por ellos, o de que señale una avería.

10. *Registros típicos y su interpretación*

10.1 *Registros típicos*

A continuación se muestran (figuras 4 a 8) ejemplos típicos de registros obtenidos en circuitos en servicio.

10.2 *Interpretación de los registros*

La figura 4 representa la indicación obtenida para un circuito de telegrafía armónica para frecuencias vocales de 400 millas de longitud, en bucle, dos años y medio después de su inspección mediante pruebas de vibración.

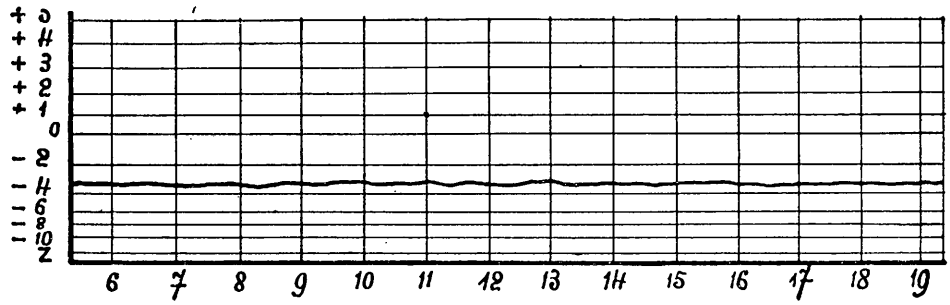


FIGURA 4. – **Registro en un circuito de telegrafía armónica para frecuencias vocales de 400 millas de longitud en bucle, dos años y medio después de una prueba de vibración**

La figura 5 muestra el gráfico obtenido en un circuito de corrientes portadoras de 450 millas constituido por un sistema de 12 canales de corrientes portadoras de 250 millas y un sistema en pares coaxiles de

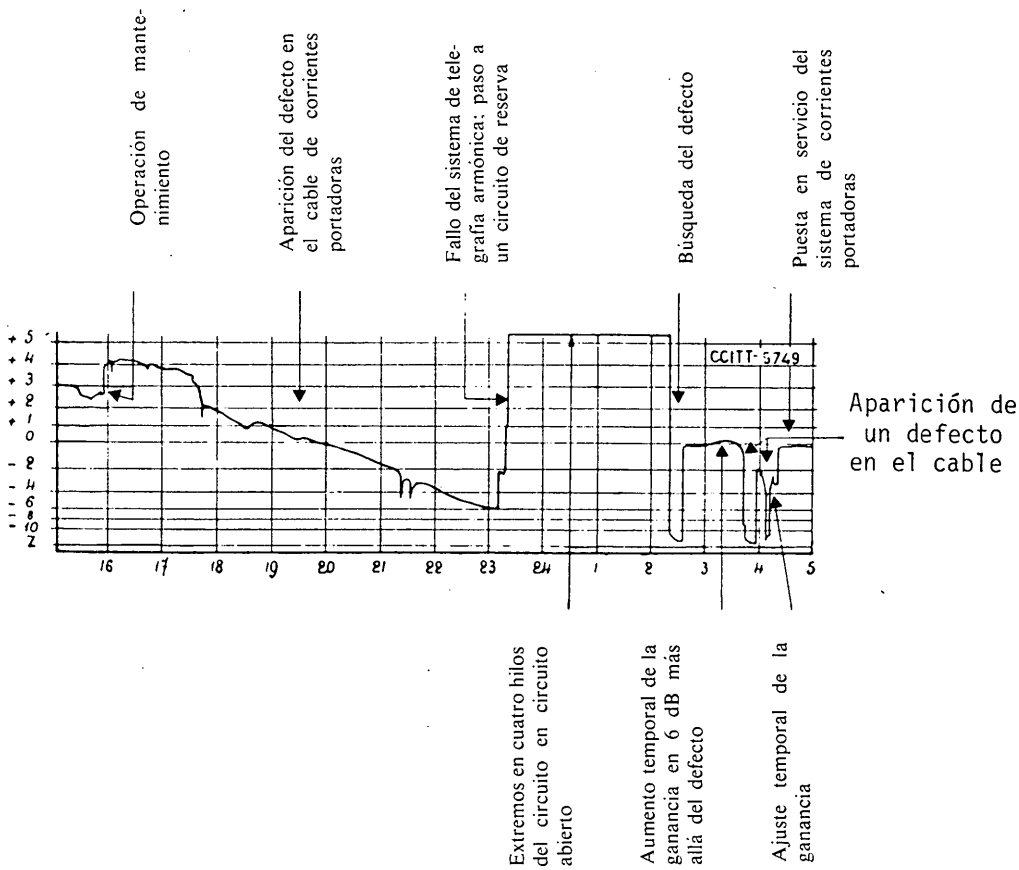


FIGURA 5. – **Registro producido por un defecto característico en un circuito de corrientes portadoras de 450 millas**

200 millas. Empleando dispositivos de observación de una señal piloto de 60 kHz, se observó la presencia de defectos en la parte del circuito correspondiente al sistema de 12 canales de corrientes portadoras, que fueron finalmente localizados mediante pruebas de vibración. Durante seis meses, se inspeccionó en todas las estaciones de repetidores el canal de transmisión en pares coaxiles, lo que obligó a retirar del servicio el sistema de corrientes portadoras cada fin de semana.

La figura 6 es un registro de las averías sucesivas de un sistema de telegrafía armónica establecido en un canal de corrientes portadoras, como consecuencia de contactos entre electrodos en un tubo de vacío del panel de canal del sistema de corrientes portadoras. En los dos casos, se inscribió la mención "medido y correcto" al indicarse el defecto.

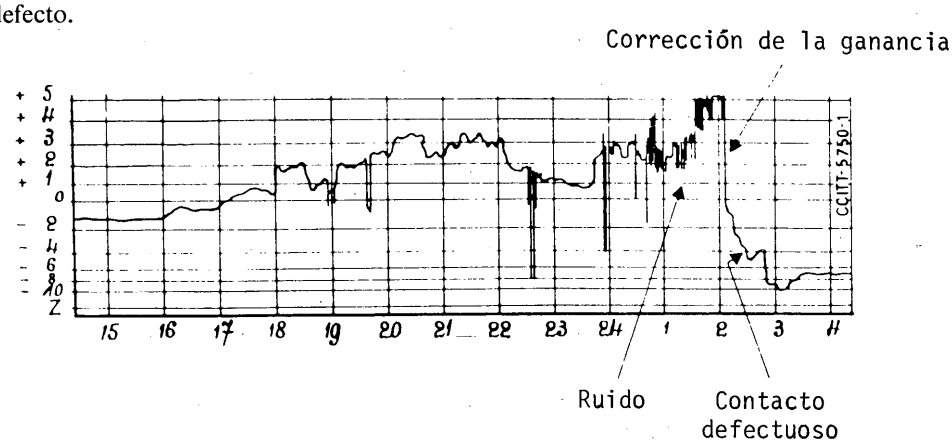


FIGURA 6. — **Registro obtenido en un circuito de corrientes portadoras de 450 millas**

La figura 7 representa un registro de averías sucesivas debidas a un mal contacto localizado en una estación de repetidores no atendida. Dada la duración de la avería y la hora a que se produjo, muy probablemente no se hubiera podido identificar y localizar el defecto por el método normal de búsqueda de averías o por mediciones de transmisión.

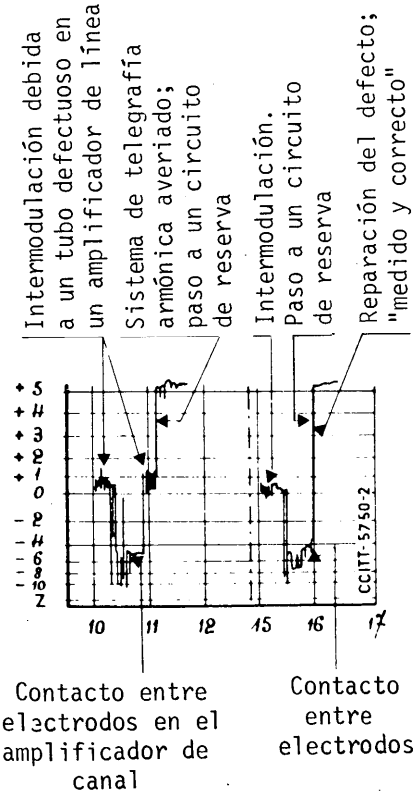


FIGURA 7. — **Registro resultante de un contacto entre electrodos en un tubo de un panel de canal del sistema de corrientes portadoras**

La figura 8 representa la indicación producida por un defecto característico en un cable de pares simétricos.

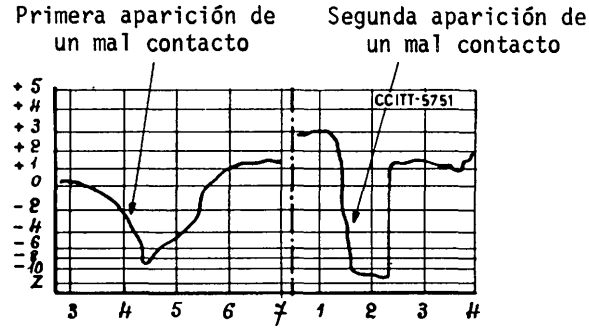


FIGURA 8. — **Gráfico producido por un mal contacto**

Suplemento N.º 2.10

MÉTODO DE MEDIDA DE LA DERIVA DE FRECUENCIA INTRODUCIDA POR UN CANAL DE CORRIENTES PORTADORAS

El método utilizado se funda en el hecho de que la relación armónica entre dos frecuencias sinusoidales desaparece si se añade a cada una de ellas una misma frecuencia. La figura 1 ilustra claramente el principio del dispositivo. Mediante un oscilador de 1000 Hz, se obtienen dos señales, de 1000 y 2000 Hz respectivamente, que son transmitidas. En el extremo receptor de un canal que introduce una deriva de Hz, las señales dejan de estar en relación armónica, y es posible extraer y medir la deriva de frecuencia. Se emplea, además, un oscilos-copio catódico para determinar el sentido de la deriva de frecuencia. Ciertas Administraciones, entre ellas la del Reino Unido, aplican este método.

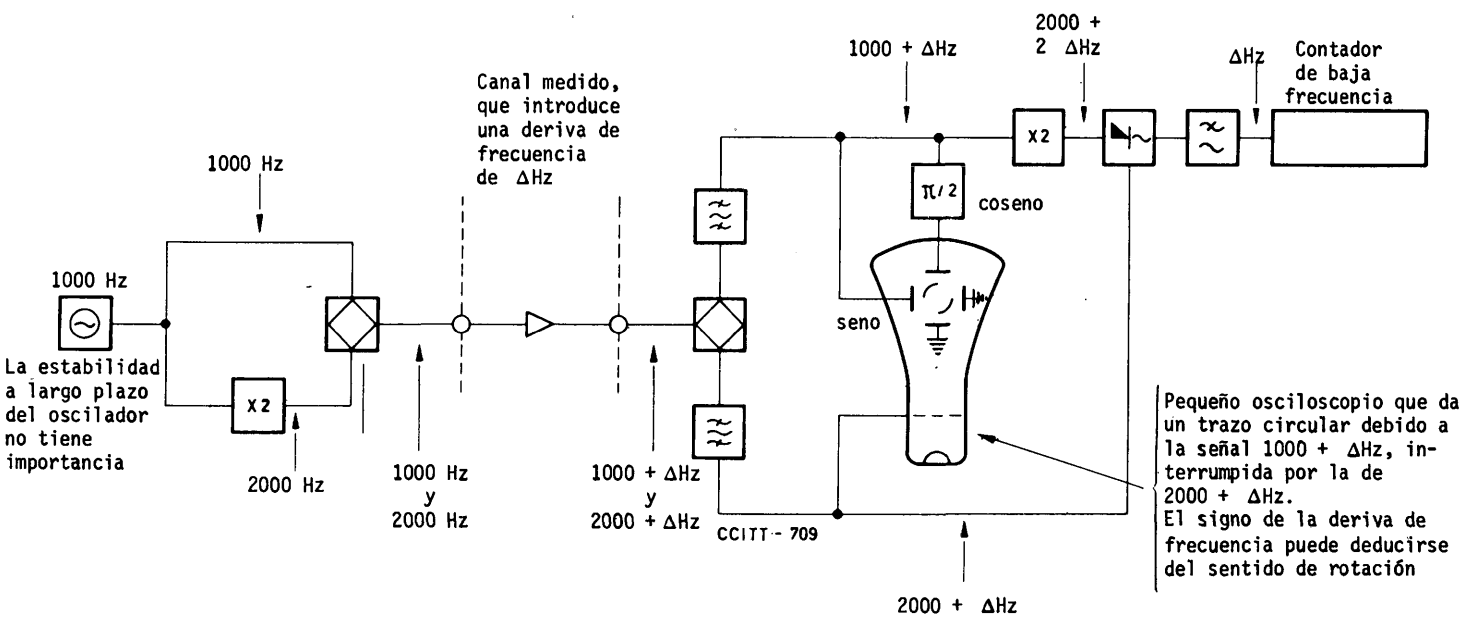


FIGURA 1. – **Método de medida de la deriva de frecuencia en un canal de corrientes portadoras**

Suplemento N.º 2.11

VERIFICACIÓN RÁPIDA DEL CONTROL DEL ECO

La Recomendación M.58 trata el establecimiento y ajuste de un circuito telefónico internacional del servicio público. En el presente suplemento se describe un método de verificación rápida del control del eco cuando se establecen inicialmente circuitos equipados con supresores de eco que requieren tal control.

1. Esta prueba debe realizarse una vez completadas todas las mediciones del equivalente y del ruido del circuito establecido. Consiste en un intercambio de tonos para verificar si el supresor de eco de cada terminal del circuito funciona correctamente.

2. El control del circuito debe iniciar la prueba con el centro de mantenimiento internacional distante. La prueba debe realizarse durante el ajuste inicial de cada circuito (manual y automático) equipado con un supresor en cada terminal, si no se tiene la absoluta certeza de que el control del eco es eficaz en ambos extremos.

3. Se designa por A el centro de mantenimiento que llama y por B el centro de mantenimiento llamado; debe aplicarse el siguiente procedimiento, e intercambiando A y B.

3.1 A transmite un tono de 800 ó 1000 Hz con un nivel de −15 dBm0 hacia B.

3.2 B transmite un tono de 800 ó 1000 Hz con un nivel de −21 dBm0 hacia A una vez que se ha oído el tono de 800 ó 1000 Hz en B.

3.3 En A no se debe oír ningún tono de 800 ó 1000 Hz. Si se oye, quiere decir que no hay supresión en B. El supresor de eco de B debe verificarse de la forma apropiada según el tipo de supresor conectado al circuito.

3.4 A interrumpe su tono de 800 ó 1000 Hz para provocar la liberación del supresor de eco de B.

3.5 El tono de 800 ó 1000 Hz de B debe oírse en A, como verificación de que el supresor de B no se ha liberado. *Si no se oye*, es preciso verificar el supresor de eco de B.

3.6 Se interrumpen todos los tonos de 800 ó 1000 Hz de A y B. Esta prueba es, simplemente, una verificación para determinar si el supresor de eco está realmente conectado al circuito en cada terminal. *No es en ningún caso un sustituto de una prueba detallada de los supresores de eco.*

Suplemento N.º 2.12

ADQUISICIÓN Y PROCESO DE DATOS RELATIVOS AL NIVEL DE LAS SEÑALES PILOTO DE GRUPO PRIMARIO Y SECUNDARIO

(Información suministrada por K.D.D., Japón)

1. *Introducción*

Con relación a la Cuestión 1/IV "Estabilidad de la red internacional" conviene señalar que, para el mantenimiento de gran número de circuitos, es sumamente conveniente adoptar métodos automáticos, que permitan reducir el personal encargado de mediciones periódicas y proporcionen datos seguros para los análisis estadísticos.

Aunque varios países emplean ya el aparato automático de medida experimental (A.A.M.E.) para efectuar mediciones automáticas en los circuitos telefónicos establecidos por conmutación, el método manual sigue siendo el más corriente en el caso de las señales piloto de *grupo primario o secundario.*

En el presente suplemento se describe en términos generales un equipo automático para la adquisición de datos sobre el nivel de estas señales piloto (*Pilot Level Data Acquisition System*), designado "PILDAS".

2. *Funciones del equipo PILDAS*

Teniendo en cuenta los objetivos de estabilidad de transmisión indicados en la Recomendación M.18 y los diferentes puntos de la Cuestión 1/IV, el margen total de error introducido por el equipo de medida está limitado a ± 0,1 dB.

La concepción del equipo PILDAS permite respetar esta condición. En un panel de lectura, el hipsómetro indica los valores medidos (cuatro cifras); el valor mínimo que puede medirse es 0,01 dB. Cada valor se perfora en una cinta de papel, en forma apta para computador, y al mismo tiempo se imprime en página.

La figura 1 ilustra el esquema de principio del equipo. Como indica el cuadro 1, la señal de entrada corresponde a la banda de un grupo primario de base que contiene una señal piloto de grupo primario o, simultáneamente, una señal piloto de grupo primario y una señal piloto de grupo secundario. El cuadro 2 indica las principales características del equipo PILDAS.

En funcionamiento automático, la medición de un canal dura 1,6 segundos. Las mediciones periódicas se efectúan según el modo del nivel relativo, consistente en comparar el nivel de la señal piloto con el nivel nominal de una señal de referencia. El error global de los resultados de medida (diferencia con relación al nivel nominal) es a lo sumo de ± 0,1 dB en la gama de medición de ± 6 dB.

Para perforar, en cinta de papel, los valores medidos se emplea el código del alfabeto internacional N.º 5; estos valores van acompañados de las siguientes indicaciones: mes, día, hora y minutos, número del canal, signo de la diferencia, etc. Además, los valores se imprimen en página para las necesidades del mantenimiento diario. Para facilitar la verificación se señalan con un asterisco los valores que rebasan cierto límite.

Pueden efectuarse mediciones ocasionales del nivel de una señal piloto mediante un procedimiento manual, que permite medir un solo canal o avanzar a razón de un canal por vez.

El equipo PILDAS permite el acceso a distancia. Si una red dispone de varios equipos de tipo PILDAS, la telemedida y el intercambio de los datos entre dichos equipos se efectúan a través de canales asignados a la transmisión de datos.

3. *Proceso de los datos*

Una vez al mes se procesan las cintas perforadas en un computador que calcula el número de muestras (*N*); los valores medios (*M*), las desviaciones típicas (*S*) y los valores utilizados para establecer el histograma (convendría indicar las clases prescritas en el apéndice al Anexo a la Cuestión 1/IV).

El programa del computador permite agrupar después del proceso estos valores estadísticos según las tres categorías siguientes:

- grupos primarios (o secundarios) aislados,
- grupos primarios (o secundarios) con igual destino,
- grupos primarios (o secundarios) de un mismo sistema de transmisión.

Los valores del histograma para los grupos primarios o secundarios con igual destino (que deben enviarse al relator especial encargado del estudio de la Cuestión 1/IV), se extraen de los análisis anuales de los datos y se consignan en los formularios indicados en el apéndice al Anexo a la Cuestión 1/IV.

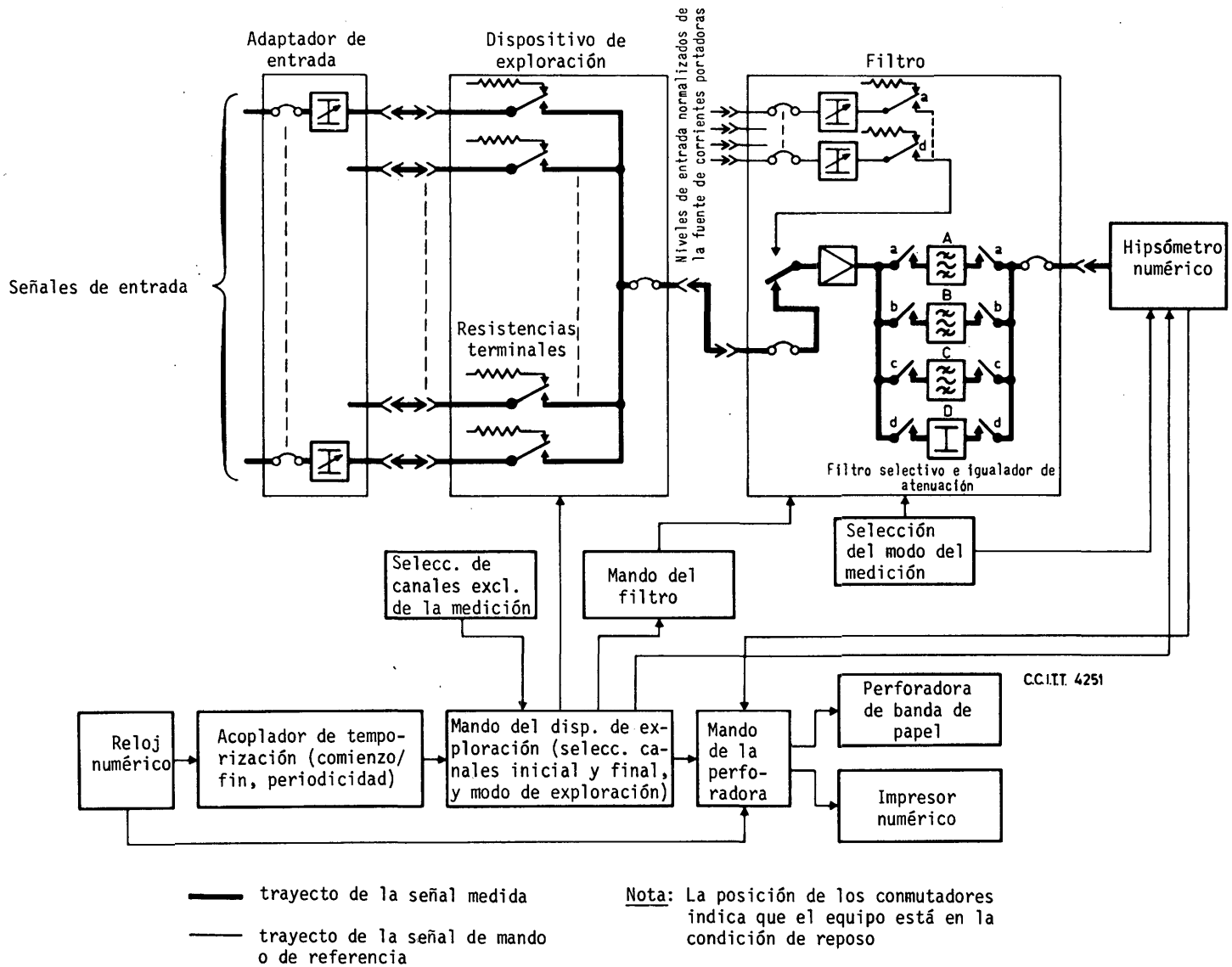


FIGURA 1. – **Esquema de principio del sistema de adquisición de datos relativos al nivel de las señales piloto (PILDAS)**

CUADRO 1

SEÑALES PILOTO QUE PUEDE MEDIR EL EQUIPO PILDAS

Señal piloto de grupo secundario	411,92 kHz (medida en la banda de frecuencias del grupo de base; 104,08 kHz) 547,92 kHz (medida en la banda de frecuencias del grupo de base; 64,08 kHz)
Señal piloto de grupo primario	84,08 kHz 104,08 kHz

CUADRO 2

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO PILDAS

Función	Descripción
Selección del modo de exploración	Permite elegir entre exploración periódica, continua y manual (medición de un solo canal o canal por canal)
Selección de la periodicidad de la exploración	Permite establecer la periodicidad de 24 horas para las mediciones diarias. Pueden utilizarse ocasionalmente otras periodicidades, inferiores a 24 horas
Selección de la hora de comienzo y de fin	Permite establecer la hora de comienzo y de fin de la exploración periódica o continua
Selección de los canales inicial y final	Permite elegir los canales inicial y final de la exploración
Selección de los canales que no deben medirse	Permite excluir de la exploración los canales que no requieren medición
Selección del modo de medición del nivel	Permite elegir entre nivel absoluto (dBm) y nivel relativo (dBr)
Filtro selectivo	Indica si debe insertarse un filtro en cada trayecto de medida; el modo de inserción depende del tipo de exploración

4. *Resultados de medida del equipo PILDAS*

Las figuras 2 y 3 muestran ejemplos de los resultados obtenidos con el equipo PILDAS, para grupos primarios o secundarios sometidos a observaciones especiales, a fin de detectar las variaciones de nivel que ocurren durante un día. Las mediciones, efectuadas de hora en hora, duraron una semana.

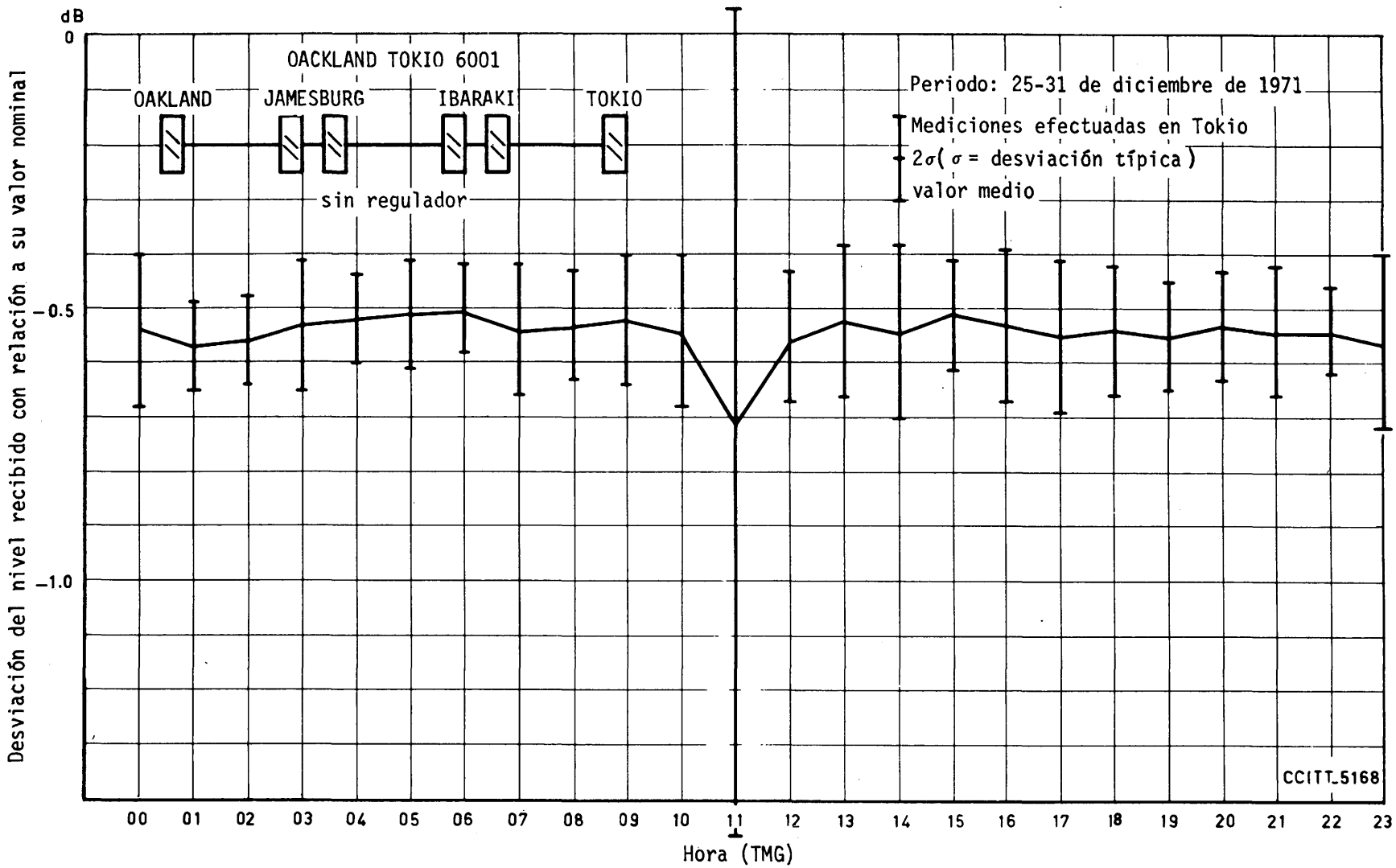


FIGURA 2. – **Resultados obtenidos con el equipo PILDAS**

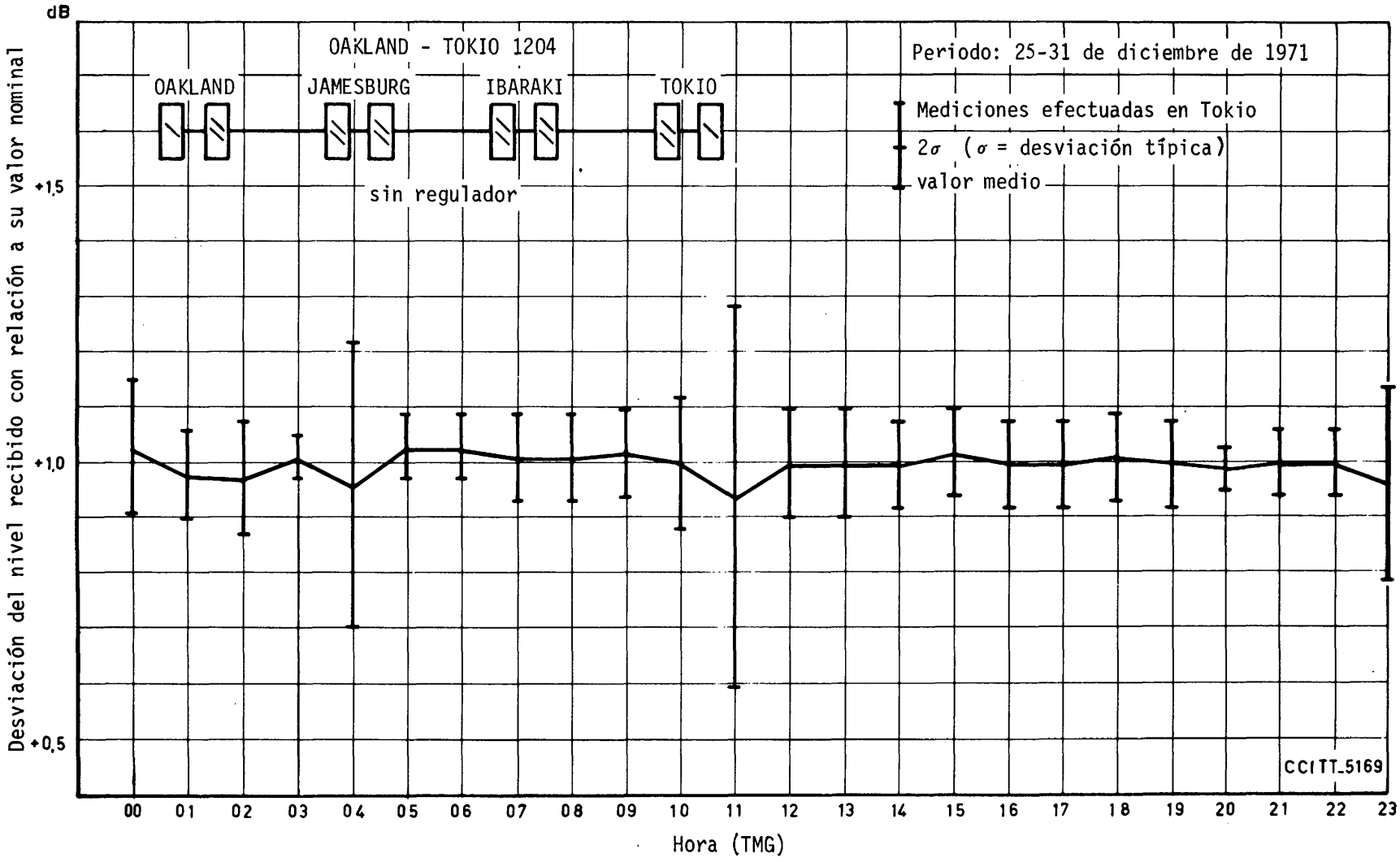


FIGURA 3. — **Resultados obtenidos con el equipo PILDAS**

3. REQUISITOS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Suplemento N.º 3.1

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS APARATOS DE MEDIDA GENERADORES DE FRECUENCIAS SINUSOIDALES E INSTRUMENTOS PARA MEDICIONES DE NIVEL

A. *Generadores de frecuencias sinusoidales de uso general, de lectura directa y de variación continua (sin barrido de frecuencia)*

En el cuadro 1 se indican las características fundamentales de una serie de generadores de frecuencias sinusoidales de uso general, de lectura directa y de variación continua.

Si se desea disponer de frecuencias discretas, los valores nominales apropiados a las necesidades internacionales figuran en la Recomendación M.58 para los circuitos de tipo telefónico, y en la Recomendación M.21 para los circuitos radiofónicos.

B. *Aparatos para mediciones de nivel de uso general, de lectura directa y de banda ancha o selectivos (sin barrido de frecuencia ni frecuencia fija)*

En el cuadro 2 se indican los requisitos correspondientes a las características fundamentales de una serie de aparatos de medida de nivel de uso general, de lectura directa y de banda ancha o selectivos.

El C.C.I.T.T. estudia otros aparatos de medida, por ejemplo, aparatos de uso general con barrido de frecuencia y aparatos de frecuencia fija y de nivel fijo, especialmente destinados a la medición de los niveles de las señales piloto, etc. Estos aparatos se describirán en las próximas ediciones de este Suplemento. A título de información, se señala que en el tomo IV del *Libro Verde* figuran varias Recomendaciones de la serie O que contienen especificaciones para otros aparatos de medida.

CUADRO 1

CONDICIONES RELATIVAS A LAS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS GENERADORES DE FRECUENCIAS SINUSOIDALES

(sin barrido de frecuencia)

	Circuitos de tipo telefónico	Circuitos radiofónicos	Grupos primarios, grupos secundarios y sistemas de 12, 60, 120 ó 300 canales	Grupos terciarios, grupos cuaternarios y sistemas de 900 a 2700 canales
1	2	3	4	5
Frecuencia				
a) Gama	de 200 Hz a 4 kHz	de 30 Hz a 20 kHz	de 4 a 1400 kHz	de 60 kHz a 17 MHz
b) Precisión del ajuste inicial, sin contador de frecuencias, a 20° C y con tensiones de alimentación nominales	±1% ± 1 Hz	±1% ± 1 Hz	por debajo de 120 kHz ±0,2% ± 100 Hz a 120 kHz y por encima de ±0,2% ± 1 kHz	±0,002% ± 300 Hz
c) Estabilidad				
— durante una hora, a 20° C, con tensiones de alimentación nominales	±1%	±2%	±0,01% ± 250 Hz	±0,005% ± 250 Hz
— para graduaciones de 10° C en una gama de temperaturas especificada, con tensiones de alimentación nominales (Nota)	±0,1%	±0,1%	±0,1% ± 250 Hz	±0,002% ± 10 Hz
— para una variación del 10% de la alimentación a 20°C	±0,5%	±0,5%	±0,05% ± 250 Hz	±0,001% ± 10 Hz
Nivel de salida				
a) Gama	de +10 a −40 dBm (de +12 a −45 dNm)	de +20 a −40 dBm (de +23 a −45 dNm)	de +10 a −60 dBm (de +12 a −70 dNm)	de +10 a −60 dBm (de +12 a −70 dNm)
b) Precisión para 0 dBm (0 dNm) y en la frecuencia de referencia, a 20° C y con tensiones de alimentación nominales	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,2 dB (±0,2 dNp)	±0,2 dB (±0,2 dNp)
c) Precisión para un nivel o una frecuencia cualquiera de la gama	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,5 dB (±0,6 dNp)
d) Estabilidad				
— durante una hora a 20° C, con tensiones de alimentación nominales	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)
— para graduaciones de 10° C en una gama de temperaturas especificada y con tensiones de alimentación nominales (véase la nota)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)
— para una variación del 10% de la tensión de alimentación a 20° C	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)
Pureza a la salida				
Relación entre la potencia total de salida y la potencia de las señales parásitas (ruido, frecuencias armónicas y no armónicas)	como mínimo 40 dB (46 dNp)	como mínimo 50 dB (57 dNp)	como mínimo 46 dB (53 dNp)	como mínimo 46 dB (53 dNp)
Impedancia de salida				
a) Valor nominal (pueden especificarse otros valores de ser necesario)	600 ohmios (simétrico)	600 ohmios (simétrico) o 6 ohmios (simétrico) como máximo para los métodos de tensión constante	75 ohmios (asimétrico), 150 ohmios (simétrico) o 600 ohmios (simétrico)	50 ó 75 ohmios (asimétrico)
b) Atenuación de adaptación con relación al valor nominal	como mínimo 30 dB (35 dNp)	como mínimo 30 dB (35 dNp)	como mínimo 30 dB (35 dNp)	como mínimo 30 dB (35 dNp)
c) Simetría con relación a tierra (en su caso)	como mínimo 40 dB (46 dNp)	como mínimo 60 dB (70 dNp)	como mínimo 40 dB (46 dNp)	

Nota. — Conviene especificar la gama de temperaturas en la que deben funcionar satisfactoriamente los aparatos. Tal gama depende en gran medida de la zona geográfica.

CUADRO 2

CONDICIONES RELATIVAS A LAS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS APARATOS DE MEDIDA DE NIVEL, DE BANDA ANCHA O SELECTIVOS

(sin barrido de frecuencia ni frecuencia fija)

	Circuitos de tipo telefónico	Circuitos radiofónicos	Grupos primarios, grupos secundarios y sistemas de 12, 60, 120 ó 300 canales	Grupos terciarios grupos cuaternarios y sistemas de 900 a 2700 canales
1	2	3	4	5
Frecuencia				
a) Gama	de 200 Hz a 4 kHz	de 30 Hz a 20 kHz	de 4 a 1400 kHz	de 60 kHz a 17 MHz
b) Anchura de banda nominal para las mediciones selectivas (Nota 1)	40 Hz	40 Hz	600 Hz y 4 kHz	600 Hz y 4 kHz
Gama de nivel de entrada				
a) Aparatos de banda ancha	de ± 20 a – 50 dBm (de + 23 a – 58 dNm) hasta – 70 dBm (– 80 dNm) con precisión reducida	de + 20 a – 50 dBm (de + 23 a – 58 dNm) hasta – 70 dBm (– 80 dNm) con precisión reducida	de + 20 a – 50 dBm (de + 23 a – 58 dNm)	de + 20 a – 50 dBm (de + 23 a – 58 dNm)
b) Aparatos selectivos	de + 20 a – 80 dBm (de + 23 a – 92 dNm)	de + 20 a – 80 dBm (de + 23 a – 92 dNm)	de + 20 a – 90 dBm (de + 23 a – 100 dNm) hasta – 110 dBm (– 127 dNm) con precisión reducida	de + 20 a – 90 dBm (de + 23 a – 100 dNm) hasta – 110 dBm (– 127 dNm) con precisión reducida
Precisión de la medición				
a) Para 0 dBm (0 dNm) y a la frecuencia de referencia, a 20° C y con tensiones de alimentación nominales, si el aparato está provisto de un dispositivo interno de calibrado	±0,2 dB (±0,2 dNp)	±0,2 dB (±0,2 dNp)	±0,2 dB (±0,2 dNp)	±0,2 dB (±0,2 dNp)
	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)
b) Para un nivel y una frecuencia cualesquiera de las gamas (Nota 2)	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,5 dB (±0,6 dNp)
Estabilidad del nivel indicado (Nota 3)				
a) Durante 1 hora, a 20° C con tensiones de alimentación nominales	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)
b) Durante 48 horas, a 20° C y con tensiones de alimentación nominales	±0,3 dB (±0,4 dNp)	±0,3 dB (±0,4 dNp)	±0,3 dB (±0,4 dNp)	±0,3 dB (±0,4 dNp)
c) Para graduaciones de 10° C, en una gama de temperaturas especificada y con tensiones de alimentación nominales (Nota 4)	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,5 dB (±0,6 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)
d) Para una variación de 10% de la tensión de alimentación a 20° C	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)	±0,1 dB (±0,1 dNp)
Nivel de las señales parásitas				
Generadas por el propio aparato y observadas en los terminales de entrada, con relación al nivel mínimo de entrada admisible medido en las bornas de entrada	– 20 dB (– 23 dNp) o inferior	– 20 dB (– 23 dNp) o inferior	– 20 dB (– 23 dNp) o inferior	– 20 dB (– 23 dNp) o inferior

CUADRO 2 (*concl.*)

	Circuitos de tipo telefónico	Circuitos radiofónicos	Grupos primarios, ocupados secundarios y sistemas de 12, 60, 120 ó 300 canales	Grupos terciarios grupos cuaternarios y sistemas de 900 a 2700 canales
1	2	3	4	5
Impedancia de entrada				
a) Valor nominal para mediciones en terminación. De ser necesario, pueden especificarse otros valores nominales	600 ohmios (simétrico)	600 ohmios (simétrico), o por lo menos 20×10^3 ohmios (simétrico) para los métodos con tensión constante	75 ohmios (asimétrico), 150 ó 600 ohmios (simétrico o asimétrico)	50 ó 75 ohmios (asimétrico)
b) Valor para mediciones de nivel absoluto	por lo menos 25×10^3 ohmios (simétrico)	por lo menos 20×10^3 ohmios	No se recomiendan mediciones de nivel absoluto	No se recomiendan mediciones de nivel absoluto
c) Atenuación de adaptación con relación al valor nominal (para las mediciones en terminación)	por lo menos 30 dB (35 dNp)	por lo menos 30 dB (35 dNp)	por lo menos 30 dB (35 dNp)	por lo menos 30 dB (35 dNp)
d) Simetría con relación a tierra; dado el caso, nivel absoluto o medición en terminación	por lo menos 40 dB (46 dNp)	por lo menos 60 dB (70 dNp)	por lo menos 40 dB (46 dNp)	
Atenuación de la frecuencia imagen	por lo menos 50 dB (58 dNp)	por lo menos 50 dB (58 dNp)	por lo menos 60 dB (70 dNp)	por lo menos 60 dB (70 dNp)

Nota 1. — Las características de la banda nominal para las mediciones selectivas deben especificarse con bastante detalle.

Nota 2. — Aunque se especifique que la atenuación de adaptación efectiva de la impedancia de entrada no debe rebasar 30 dB (25 dNp), el aparato (cuando se conecte a un generador que tenga exactamente el valor nominal apropiado) debe ajustarse de modo que indique el nivel que se observaría en los terminales de una impedancia, con una atenuación de adaptación de por lo menos 40 dB (46 dNp) con relación al valor nominal.

Nota 3. — Los límites de estabilidad tienen en cuenta los efectos de la variación de frecuencia de cualquier oscilador que forme parte de un aparato de medida selectivo.

Nota 4. — Conviene especificar la gama de temperaturas en la que deben funcionar satisfactoriamente los aparatos. Tal gama depende en gran medida de la ubicación geográfica.

Suplemento N.º 3.2

APARATOS DE MEDIDA DEL RUIDO EN LOS CIRCUITOS DE TELECOMUNICACIONES

1. *Consideraciones generales*

Para establecer normas de funcionamiento a los efectos de las telecomunicaciones, es preciso poder medir la molestia ocasionada por los ruidos. Para las telecomunicaciones internacionales, conviene expresar los resultados de esas mediciones en términos internacionalmente comprensibles. En este suplemento se hace un resumen actualizado (1968) de los términos más corrientemente empleados para expresar valores del ruido. Cuando se miden ruidos, hay que poder apreciar cuantitativamente su influencia en un oyente, de modo que a dos ruidos cuyo valor estimado produzca la misma molestia en la audición correspondan en la medición valores numéricos iguales. Para ello, deben tenerse en cuenta los dos factores principales siguientes:

- las características más importantes del mecanismo auditivo humano (factor subjetivo);
- las características del sistema de telecomunicación medido (factor objetivo).

Para poner de manifiesto el factor subjetivo, debe tenerse en cuenta la molestia ocasionada por el ruido en presencia y en ausencia de conversación. Deben evaluarse, pues, los efectos molestos relativos de las componentes de ruido a una frecuencia única en un enlace telefónico, así como la forma en que el oído integra dichas componentes en función de la frecuencia y del tiempo necesario para obtener el efecto global.

Como hay diferencias individuales de una persona a otra, tanto en lo que atañe al factor subjetivo como al factor objetivo, será preciso adoptar como norma una determinada característica media, a fin de que sea posible evaluar de manera práctica el efecto molesto de los ruidos. Las mediciones se hacen entonces con un aparato normalizado que posea esa característica. Según los fines especiales para los que se utilicen los aparatos, sus características diferirán necesariamente entre sí; además, habrá que modificarlas en función de los cambios que experimente el factor objetivo como consecuencia de perfeccionamiento introducidos en la concepción de los sistemas de telecomunicación.

El aparato ideado para medir el ruido en un equipo de telecomunicación está esencialmente compuesto por un voltímetro con las características dinámicas especificadas, conectado al circuito en el que se quieren medir los ruidos por medio de una red de ponderación con una característica atenuación/frecuencia determinada, denominada "característica de ponderación". Los principales organismos normalizadores de las características de ponderación, el C.C.I.T.T. (anteriormente el C.C.I.F.) y la American Telephone and Telegraph Company, llegaron a sus respectivas características de ponderación después de haber efectuado pruebas subjetivas con equipos especiales de telecomunicación. Cada uno de esos organismos ha especificado dos clases de características de ponderación, una para los circuitos telefónicos comerciales y otra para los circuitos radiofónicos. En el punto 2, se describen en detalle las distintas características de ponderación aplicadas, así como su origen y la fecha de su introducción. Algunas diferencias de detalle entre las características, impiden convertir con precisión y sencillez los resultados obtenidos con un determinado aparato de medida del ruido de modo que se hallen los que se obtendrían con otro aparato; pero son posibles conversiones aproximadas. Estas se indican en el punto 3. En la Recomendación P.53 del tomo V, se detallan las especificaciones del sofómetro del C.C.I.T.T., y en las figuras 1 a 6 y en los cuadro 1 a 4 que siguen se indican algunas características interesantes. Los aparatos empleados en los Estados Unidos de América para medir los ruidos de circuito se describen en anexo, donde se representan también gráficamente las distintas características.

2. *Lista de las características de ponderación de los sofómetros y de los aparatos de medida del ruido de circuito*

Tipo de característica	Especificada por	Fecha de su normalización
Circuito telefónico Circuito radiofónico	C.C.I.F. (Budapest)	1934 (sustituida)
Circuito telefónico línea 144 receptor 144	Estados Unidos	1941 (anticuada)
Circuito telefónico línea F1A receptor HA1	Estados Unidos	1941 (anticuada)
Circuito telefónico	C.C.I.F. (Montreux)	1946
Circuito telefónico	C.C.I.F. (París)	1949
Circuito radiofónico mensaje C	Estados Unidos	hacia 1959
Circuito telefónico Circuito radiofónico	C.C.I.T.T. (Nueva Delhi)	(soló modificaciones secundarias a las características de 1946 y de 1949)
Circuito radiofónico (5 kHz)	Estados Unidos	1941 [a]

[a] Sin embargo, la característica más reciente indicada para el aparato de medida del ruido en los circuitos radiofónicos de Estados Unidos difiere de la indicada por la A.T. & T. al C.C.I.F. en 1947-1948.

3. Medición de los ruidos en los circuitos telefónicos

3.1 *Comparación de las características de ponderación*

Las distintas caracteristiscas de ponderación utilizadas actualmente para los circuitos telefónicos son las siguientes:

En el plano internacional — Sofómetro del C.C.I.T.T. con red de ponderación 1960

En Estados Unidos — Aparato de medida de los ruidos de circuito con:

- ponderación para línea 144 (anticuada)
- ponderación para línea F1A (anticuada)
- ponderación para mensaje C

Las mediciones hechas con el sofómetro del C.C.I.T.T. se expresan en milivoltios, y los valores límites se dan generalmente en tensiones medidas en los terminàles de una resistencia terminal pura de 600 ohmios. La ponderación es nula para una señal sinusoidal de 800 Hz.

Las mediciones efectuadas con el aparato estadounidense se expresan en decibelios con relación a una potencia de ruido de referencia dada. La potencia de referencia para 1000 Hz tiene por nivel, según el tipo de ponderación:

Ponderación para línea 144 (anticuada) — 90 dBm (resultados expresados en dBrn)

Ponderación para línea F1A (anticuada) — 85 dBm (resultados expresados en dBa)

Ponderación para mensaje C — 90 dBm (resultados expresados en dBrnC)

CUADRO 1

COEFICIENTE DE PONDERACIÓN PARA CIRCUITOS TELEFÓNICOS [a]

(véase la figura 1)

Frecuencia en Hz	Valor nominal en dB con relación al valor en 800 Hz	Tolerancias
50	-63,0	
100	-41,0	
150	-29,0	
200	-21,0	
300	-10,6	
400	- 6,3	
500	- 3,6	50 a 300 Hz ± 2 dB
600	- 2,0	300 a 800 Hz ± 1 dB
800	0,0	800 Hz ± 0 dB
1000	+ 1,0	800 a 3000 Hz ± 1 dB
1200	0,0	3000 a 3500 Hz ± 2 dB
1500	- 1,30	3500 a 5000 Hz ± 3 dB
2000	- 3,00	
2500	- 4,20	
3000	- 5,60	
3500	- 8,5	
4000	-15,0	
5000	-36,0	

[a] Véase la Recomendación G.223 del tomo III *del Libro Blanco* para los valores más detallados.

Existe cierta correspondencia entre las formas de las distintas características de ponderación. Gracias a ella se pueden hacer conversiones más o menos precisas para pasar de la indicación dada por un aparato a la facilitada por otro. Puesto que ha quedado anticuada la característica de ponderación para la línea 144 de Estados Unidos, se hará caso omiso de ella en adelante. La correspondiente a la línea F1A está también anticuada, pero se conservará por ser de interés.

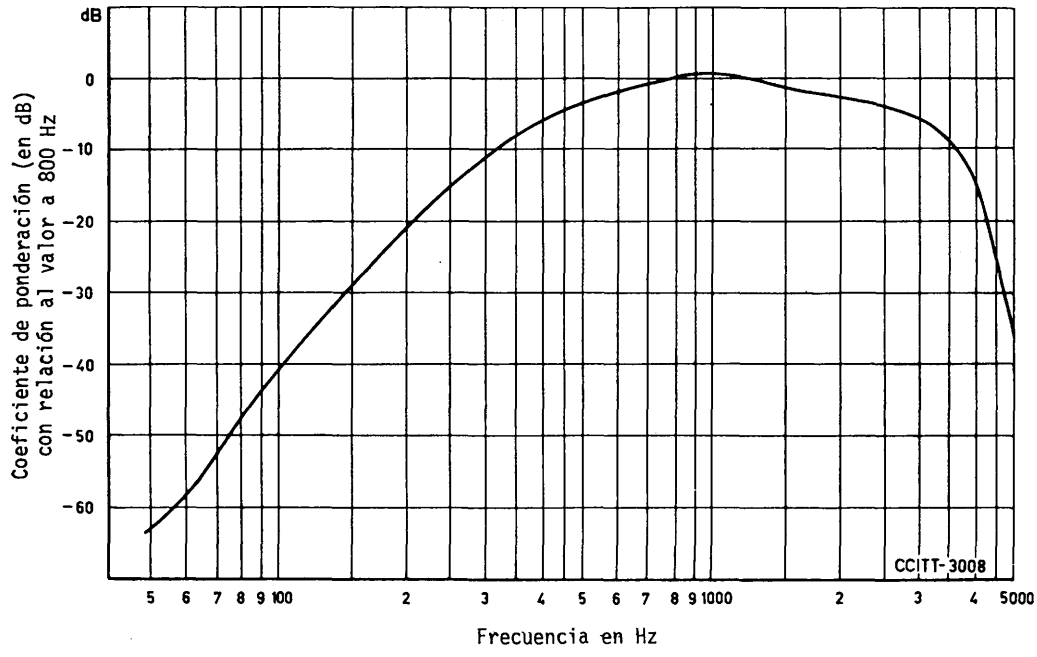


FIGURA 1. — **Curva de la red de ponderación del sofómetro del C.C.I.T.T. empleada para medir los ruidos en los circuitos telefónicos**

CUADRO 2

COEFICIENTE DE PONDERACIÓN «MENSAJE C»
(véase la figura 2)

Frecuencia en Hz	Valor nominal en dB con relación al valor a 1000 Hz	Tolerancias
60	-55,7	
100	-42,5	
200	-25,0	
300	-16,5	
400	-11,4	
500	-7,5	
600	-4,7	
700	-2,7	
800	-1,5	
900	-0,6	60 a 300 Hz ± 2 dB
1000	0	300 a 1000 Hz ± 1 dB
1200	-0,2	1000 Hz 0 dB
1300	-0,5	1000 a 3000 Hz ± 1 dB
1500	-1,0	3000 a 3500 Hz ± 2 dB
1800	-1,3	3500 a 5000 Hz ± 3 dB
2000	-1,3	
2500	-1,4	
2800	-1,9	
3000	-2,5	
3300	-5,2	
3500	-7,6	
4000	-14,5	
4500	-21,5	
5000	-28,5	

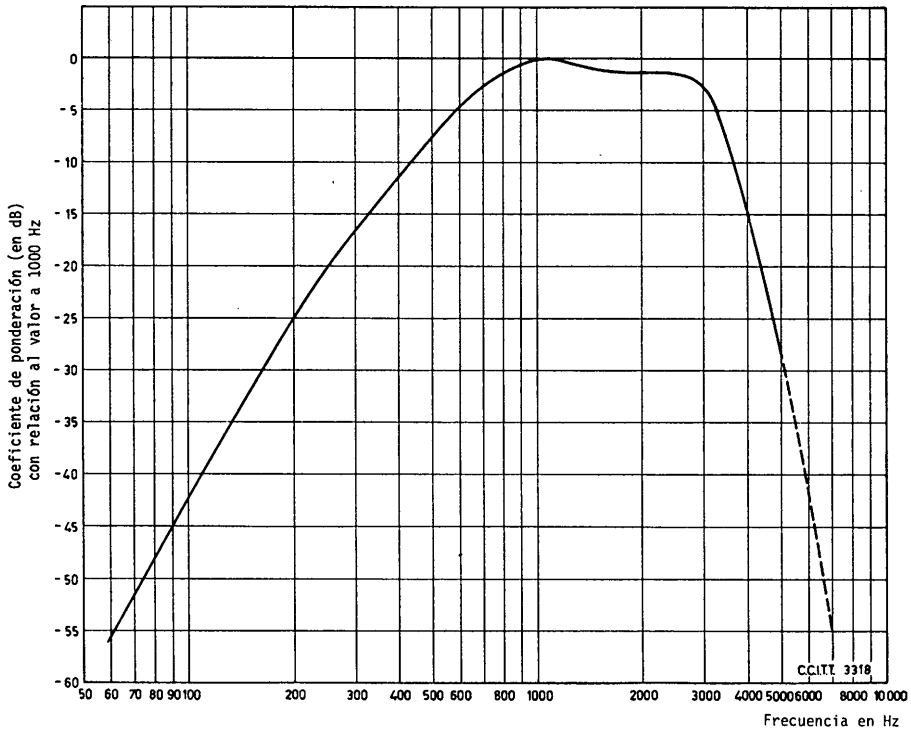


FIGURA 2. – **Curva de ponderación "mensaje C"**

La forma de la característica más reciente (1960) del sofómetro del C.C.I.T.T. para circuitos telefónicos se indica en la figura 1; difiere de la ponderación para mensajes C en lo siguiente:

3.1.1 Las ponderaciones para mensajes C y para la línea F1A dan un peso nulo en la parte superior de la característica para 1000 Hz.

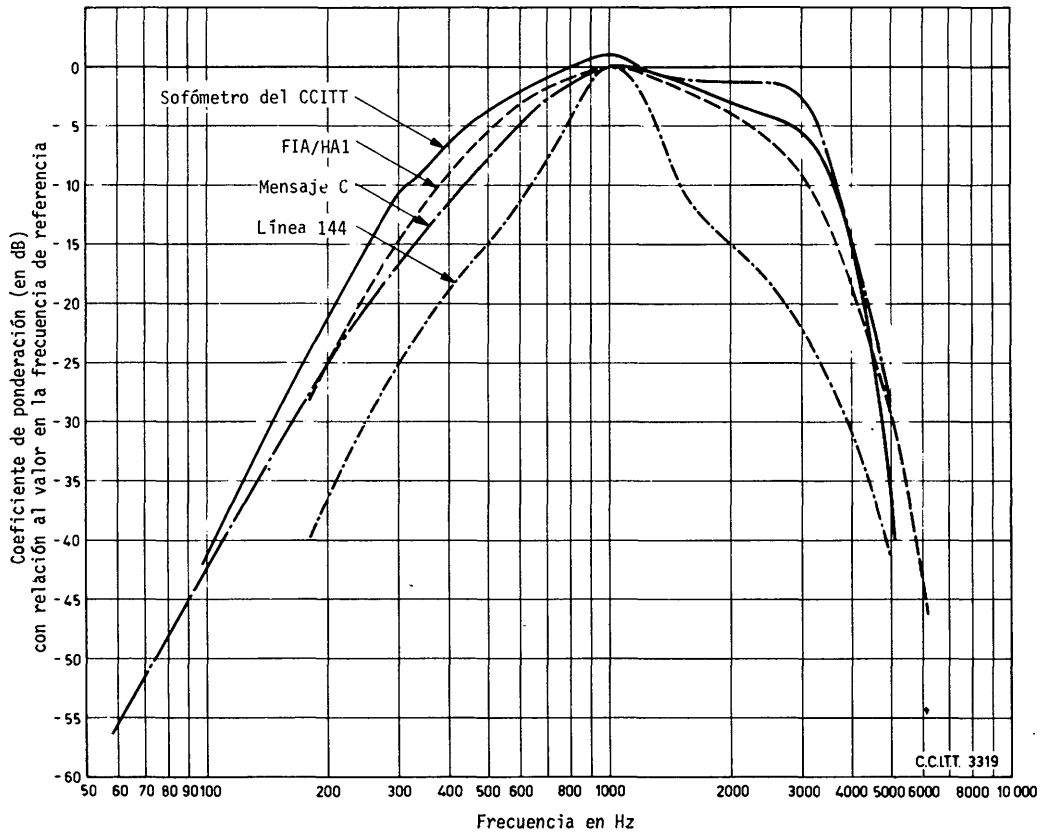
3.1.2 La ponderación para mensajes C da un peso algo inferior al de la característica del sofómetro C.C.I.T.T. de 1960 a las frecuencias por debajo de 800 Hz, y un peso más elevado a las comprendidas entre 1500 y 3500 Hz.

3.1.3 La ponderación del sofómetro da un peso relativo nulo a las frecuencias de 800 Hz y 1200 Hz. A 1000 Hz la ponderación es de +1,0 dB.

La forma de la característica de ponderación para mensajes C, normalizada en Estados Unidos, difiere notablemente de las demás, aunque la diferencia de ponderación a 1000 Hz y a 800 Hz para una señal sinusoidal sea la misma que en el caso de la ponderación para la línea F1A.

En el cuadro 2 se indican los valores de los coeficientes de ponderación para mensajes C. Esos valores se expresan en dB con relación a un punto de referencia de 0 dB en 1000 Hz. Las tolerancias admitidas para la respuesta de frecuencia de cualquier aparato de medida del ruido equipado para la ponderación de mensajes C se indican asimismo en ese cuadro.

La figura 2 ilustra una curva trazada con ayuda de los valores normales indicados en el cuadro 2.



Todas las curvas se refieren a 1000 Hz menos la curva del sofómetro que corresponde a 800 Hz.
La ponderación "línea 144" se representa a título informativo.

FIGURA 3. – **Curvas de ponderación comparadas de los aparatos estadounidenses para medir el ruido de circuito y del sofómetro del C.C.I.T.T. para los circuitos telefónicos**

3.2 *Conversión para una señal sinusoidal de 800 Hz*

De lo dicho en el punto 3.1 se deduce que, con una señal sinusoidal de 800 Hz que produzca 0,775 voltios en los terminales de una resistencia pura de 600 ohmios, se obtienen los resultados siguientes:

Sofómetro con red de ponderación 1960 del C.C.I.T.T. — 775 milivoltios (lo que corresponde a 0 dBm en las condiciones indicadas en la especificación)

Aparato estadounidense de medida del ruido

- con ponderación para línea F1A +85 − 1 = +84 dBa
- con ponderación para mensaje C +90 − 1 = +89 dBrnC (redondeado al más próximo dB)

Sin embargo, aparte de la diferencia entre las distintas características a 800 y 1000 Hz, estos resultados no tienen en cuenta la forma de las características, y sólo con la característica de ponderación para línea F1A, de forma aproximadamente igual a la de la característica 1960 del C.C.I.T.T., se observará la diferencia indicada más arriba en mediciones de ruido. En la figura 3, se comparan las distintas características.

3.3 *Factores de conversión para las mediciones generales de ruido* [1]

3.3.1 *dBa en dBrnC*

Se ha considerado que, en las mediciones generales realizadas en Estados Unidos, la correspondencia entre los resultados obtenidos con aparatos de ponderación para línea F1A y para mensaje C, respectivamente, la da en números redondos la relación:

$+A$ dBrnC = $+B$ dBa $+6$ [1]

Las relaciones generales que siguen constituyen, pues, una aproximación bastante buena para las mediciones generales de ruido hechas en una línea metálica con las distintas redes de ponderación utilizadas actualmente.

3.3.2 *Milivoltios sofométricos en dBmp*

$$x \text{ dBmp} = 20 \log \frac{0{,}775}{y \times 10^{-3}}$$

en donde y es el valor en milivoltios indicado por un sofómetro provisto de una red de ponderación 1960 del C.C.I.T.T. y x es la conversión en decibelios con relación a un milivatio, en el supuesto de que se efectúe la medición en los terminales de una resistencia pura de 600 ohmios (el signo de x se elige convenientemente).

3.3.3 *dBa en dBrnp*

x dBmp = (B − 85 + 1); en donde B es el valor indicado por el aparato estadounidense de medida del ruido de circuito, expresado en dBa (con ponderación para línea F1A).

3.3.4 *dBrnC en dBa*

$+B$ dBa = A dBrnc − 6 [1]

en donde B es el valor indicado por el aparato estadounidense con ponderación para línea F1A, y A el valor indicado por el aparato estadounidense con ponderación para mensaje C.

3.3.5 *dBrnC en dBmp*

$$x \text{ dBmp} = (A - 85 + 1 - 6)^{1}$$
$$= (A - 90)$$

en donde A es el valor indicado por el aparato estadounidense con ponderación para mensaje C.

---

[1] Para la conversión eventual de valores en dBrnC, es preciso aplicar diversos factores de conversión para las distintass clases de ruido.

Las cifras que se indican aquí se refieren al ruido general de un circuito establecido en una línea metálica. Para las demás clases de ruido y para el ruido con relación a tierra, el valor de 6 indicado aquí debe sustituirse por otros valores del apéndice al anexo a este suplemento.

4. *Mediciones de ruido en los circuitos para transmisiones radiofónicas*

La característica de ponderación actual del C.C.I.T.T. para circuitos para transmisiones radiofónicas fue adoptada por el C.C.I.F. en 1949, salvo en lo relativo a los límites de tolerancia. En el cuadro 4 figuran los valores especificados para esta característica, indicados en la página 230 del tomo V del *Libro Rojo*. La curva de la red de ponderación se reproduce en la figura 4.

La característica actual se ha establecido a partir de valores facilitados por la A.T. & T. Co. La utilizada hoy en día en América del Norte (véanse el cuadro 3 y la figura 5) difiere, sin embargo, ligeramente de la propuesta al C.C.I.F. en 1974-1948. Como puede comprobarse en el cuadro 4, los valores nominales de los coeficientes de ponderación del C.C.I.T.T. están aproximadamente comprendidos en las tolerancias indicadas para los coeficientes de ponderación de América del Norte.

En la figura 6, se hace una comparación gráfica de los valores límite de la curva de ponderación del C.C.I.T.T. con los valores nominales de la curva de ponderación empleada en América del Norte.

No se sabe si hay que aplicar o no un factor de corrección a los coeficientes de ponderación para circuitos radiofónicos C.C.I.T.T. y América del Norte.

CUADRO 3

COEFICIENTE DE PONDERACIÓN PARA CIRCUITOS RADIOFÓNICOS DE AMÉRICA DEL NORTE

(véase la figura 5)

Frecuencia en Hz	Valor nominal en dB con relación al valor de 1000 Hz	Tolerancias
100	− 26,3	
200	− 17,3	
300	− 12,2	±2
400	− 9,0	
500	− 6,6	
600	− 4,7	
700	− 3,2	
800	− 2,0	
900	− 0,8	±1
1 000	0	
1 500	+ 3,2	
2 000	+ 4,8	
2 500	+ 5,6	
3 000	+ 6,0	±2
4 000	+ 6,5	
5 000	+ 6,5	
6 000	+ 6,4	
7 000	+ 5,8	±3
8 000	+ 4,0	
9 000	− 1,5	
10 000	− 8,5 [a]	±4

[a] La atenuación debe seguir aumentando a razón de 12 dB por octava como mínimo, mientras la atenuación de inserción de la red no alcance 60 dB.

CUADRO 4

COMPARACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE PONDERACIÓN ESPECIFICADOS PARA EL SOFÓMETRO DEL C.C.I.T.T., PARA CIRCUITOS RADIOFÓNICOS, CON LOS COEFICIENTES DE PONDERACIÓN PARA CIRCUITOS RADIOFÓNICOS EMPLEADOS EN AMÉRICA DEL NORTE

Frecuencia (Hz)	Coeficientes de ponderación para circuitos radiofónicos con relación al valor de 1000 Hz							
	C.C.I.T.T.					América del Norte		
	Neperios		Decibelios		Límites de la tolerancia en dB	Límites de la tolerancia en dB	Decibelios	
	Valores nominales	Tolerancias	Valores nominales	Tolerancias			Tolerancias	Valores nominales
20	⩽ 4,6		⩽ −40					
50	3,95	±0,17	34,3	±1,5	−35,8 a −32,8			
60	−3,70	±0,17	−32,2	±1,5	−33,7 a −30,7			
100	−3,00	±0,17	−26,1	±1,5	−27,6 a −24,6	−28,3 a −24,3	±2	−26,3
200	−2,00	±0,17	−17,3	±1,5	−18,8 a −15,8	−19,3 a −15,3	±2	−17,3
300						−14,3 a −10,3	±2	−12,2
400	−1,01	±0,17	− 8,8	±1,5	−10,3 a − 7,3	−11,0 a − 7,0	±2	− 9,0
500						− 8,6 a − 4,6	±2	− 6,6
600						− 5,7 a − 3,7	±1	− 4,7
700						− 4,2 a − 2,2	±1	− 3,2
800	−0,22	±0,17	− 1,9	±1,5	− 3,4 a − 0,4	− 3,0 a − 1,0	±1	− 2,0
900						− 1,8 a + 0,2	±1	− 0,8
1 000	0		0			− 1 a + 1	±1	0
1 500						+ 2,2 a + 4,2	±1	+ 3,2
2 000	+0,61	±0,17	+ 5,3	±1,5	+ 5,8 a + 8,8	+ 3,8 a + 5,8	±1	+ 4,5
2 500						+ 3,6 a + 7,6	±2	+ 5,6
3 000						+ 4,0 a + 8,0	±2	+ 6,0
4 000	+0,94	±0,17	+ 8,2	±1,5	+ 6,7 a + 9,7	+ 4,5 a + 8,5	±2	+ 6,5
5 000	+0,97	±0,17	+ 8,4	±1,5	+ 6,9 a + 9,9	+ 4,5 a + 8,5	±2	+ 6,5
6 000	+0,94	±0,17	+ 8,2	±1,5	+ 6,7 a + 9,7	+ 3,4 a + 9,4	±3	+ 6,4
7 000	+0,84	±0,17	+ 7,2	±1,5	+ 5,7 a + 8,7	+ 2,8 a + 8,8	±3	+ 5,8
8 000	+0,59	±0,17	+ 5,1	±1,5	+ 3,6 a + 6,6	+ 1,06 a + 7,0	±3	+ 4,0
9 000	−0,03	±0,35	− 0,3	±3,0	− 3,3 a + 2,7	− 2,5 a + 6,5	±4	− 1,5
10 000	−1,12	±0,35	− 9,7	±3,0	−12,7 a − 6,7	−12,5 a − 4,5	±4	− 8,5[a]
13 000	⩽ −3,5		⩽ −30					
20 000	⩽ −4		⩽ −35					

[a] La atenuación debe seguir aumentando a razón de 12 dB por octava como mínimo mientras la atenuación de inserción de la red no alcance 60 dB.

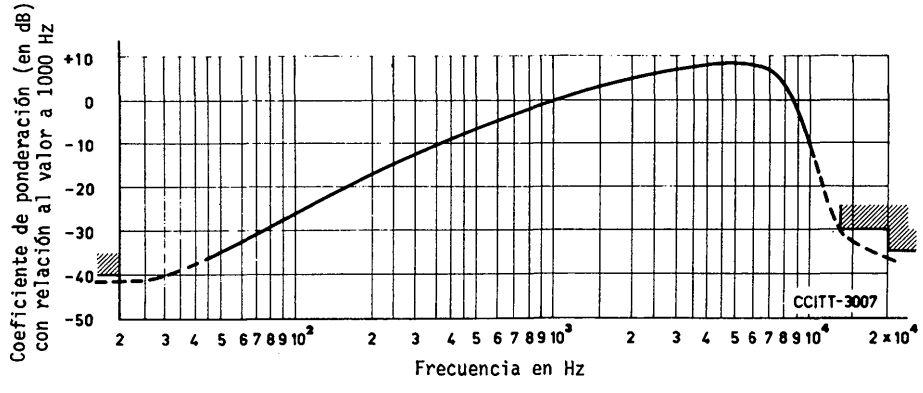


FIGURA 4. — **Curva de la red de ponderación del sofómetro del C.C.I.T.T. para mediciones de ruido en los circuitos para transmisiones radiofónicas**

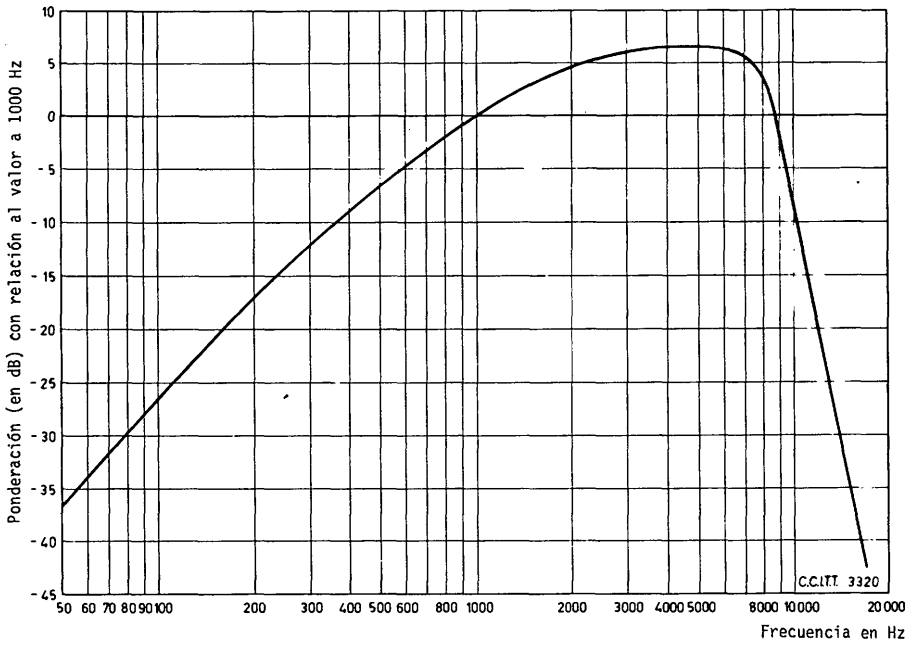
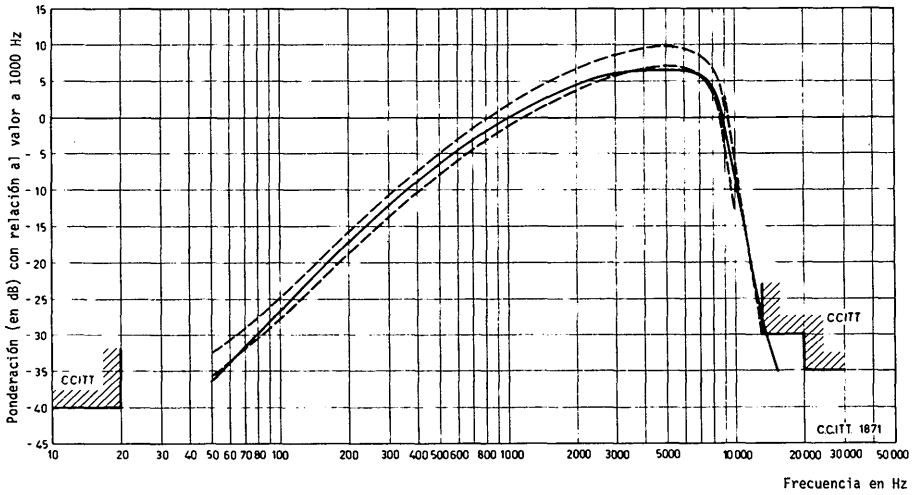


FIGURA 5. — **Curva de la red de ponderación utilizada en América del Norte para la medición del ruido en los circuitos para transmisiones radiofónicas**

(WE Instruction Bulletin No. 1302, Edición N.º 1, equipo de medida del ruido 3A; 594 003 A)



— — — — — Limites de tolerancia especificados para la curva de la red de ponderación del sofómetro del C.C.I.T.T. (1960) para las mediciones de ruido en circuitos radiofónicos (punto cero a 1000 Hz)

——————— Curva de la red de ponderación empleada para los circuitos radiofónicos en América del Norte

FIGURA 6. — **Comparación de las curvas de las redes de ponderación para las mediciones de ruido en circuitos radiofónicos**

ANEXO

(al Suplemento N.º 3.2)

Aparatos de medida del ruido empleados en los Estados Unidos de América

1. *Consideraciones generales*

Se han utilizado diversas combinaciones de aparatos para medir el ruido. Los más antiguos se han sustituido en general por el aparato de medida N.º 3. A continuación se hace una reseña de carácter histórico de los antiguos aparatos de medida y se describe el aparato tipo N.º 3.

1.1 *Aparatos 2A y 2B para la medición del ruido (anticuado)*

El aparato 2A para la medición del ruido de circuito, introducido en 1937, fue el primer dispositivo que permitió alcanzar el objetivo esencial representado por la medición del ruido en los circuitos para la transmisión de mensajes. Era portátil y reproducía bastante bien las principales características del mecanismo auditivo. En la figura 7, se representa esquemáticamente ese aparato.

Lo integraban diversos circuitos de entrada, cierto número de filtros para simular las características de ponderación (siendo la principal para las mediciones de ruido la correspondiente a la línea 144), un atenuador, un amplificador de tubos de vacío de tres pasos, un detector (de óxido de cobre) con una característica casi cuadrática para la suma en potencia de las componentes ponderadas, y un decibelímetro con un tiempo de integración de 200 milisegundos[1], que indicaba el nivel de ruido en dBrn. Comprendía también una fuente de alimentación autónoma, constituida por una batería, y medios para el calibrado interno. Aunque sus órganos estuviesen concebidos principalmente para la medición del ruido, el aparato ofrecía otras posibilidades. Por ejemplo, permitía también medir el volumen y el nivel sonoros, funciones que más adelante se han previsto sistemáticamente en otros aparatos fundamentales de medida.

Las impedancias de entrada se elegían de modo que fuesen compatibles con el sistema telefónico. Una entrada de línea de 600 ohmios permitía hacer mediciones de ruido en terminación en circuitos interurbanos. Tal entrada estaba concebida para funcionar con la ponderación para 144 líneas, o con una ponderación más plana, apropiada para la medición del ruido en circuitos radiofónicos de 8 kHz. Se podía, además,emplear una impedancia en puente de 200 ohmios para medir el ruido en los terminales del receptor (que tiene una baja impedancia). La ponderación aplicada en la medición del ruido del receptor era una variante de la ponderación para 144 líneas, que tenía en cuenta la característica de transferencia, entre la línea y el receptor, del aparato telefónico.

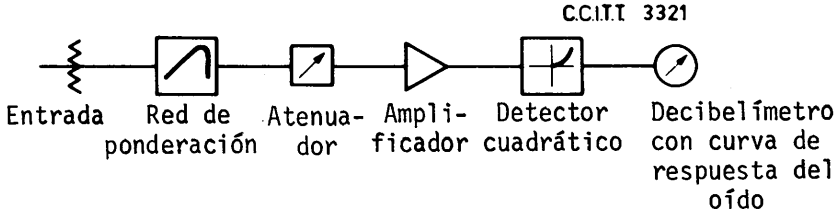


FIGURA 7. – **Esquema del aparato 2A para la medición del ruido de circuito**

Además de estos tres dispositivos de entrada fundamentales, una entrada en derivación de 600 ohmios permitía medir el ruido en circuitos telefónicos en servicio. El circuito de entrada para medir el ruido con relación a tierra consistía en una resistencia de 100 000 ohmios en serie con la entrada de línea. Esta disposición ofrecía una gran impedancia de entrada con relación a tierra y reducía la sensibilidad a fin de que el valor del ruido entre línea y tierra fuese comparable al valor del ruido transversal.

Para llevar a cabo una de esas mediciones, bastaba conectar el circuito probado a la entrada apropiada y ajustar el atenuador hasta que la aguja del aparato se encontrara en su campo útil. La medición estaba constituida por la suma del valor de ajuste del atenuador y de la indicación del aparato. El primero cubría una gama de 60 dB y el segundo una gama de 18 dB. En todos los casos, el ruido de referencia era el valor indicado por el aparato (es decir, "cero") cuando, en el punto de medida se disipaba una potencia de 10^{-12} vatios a 1000 Hz. El ruido mínimo que podía medirse era de unos 10 dBrn.

[1] Es más o menos el tiempo que requiere el oído para apreciar completamente la intensidad de un sonido.

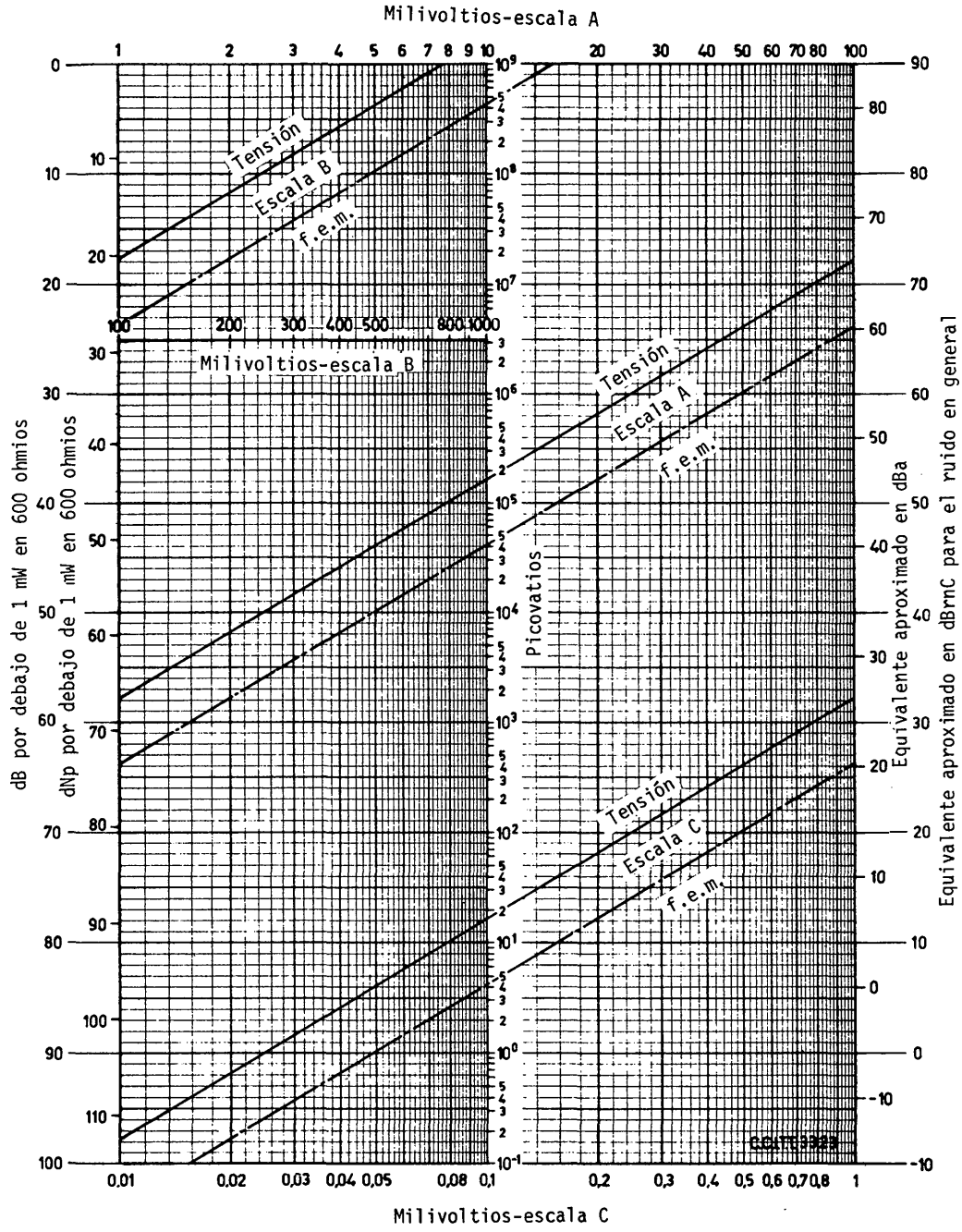


FIGURA 8. – **Diagrama que indica los valores de tensión y de fuerza electromotriz (f.e.m.) en milivoltios, los valores correspondientes en dB y dNp por debajo de un milivatio en los terminales de una resistencia de 600 ohmios, y los valores equivalentes en dBrnC y en dBa**

La "entrada de sonido", asociada a un micrófono y a un transformador de adaptación apropiados, permitía hacer uso del aparato para medir niveles sonoros. El nivel mínimo mensurable dependía del micrófono y del transformador, pero con modelos normales de micrófono de condensador y de transformador se podían medir niveles sonoros hasta 55 dB por debajo del nivel de referencia. La ponderación aplicada en estas mediciones era muy similar a la ponderación *A*, corriente entonces en las mediciones de nivel sonoro. Para la medición del sonido, se elegía un nivel de referencia equivalente a 10^{-16} W/cm^2 a 1000 Hz.

Un grave inconveniente del aparato era que, para la mitad de las 12 mediciones que podían hacerse con él, debían aplicarse diferentes factores de corrección para obtener valores numéricos correctos.

El aparato 2B no era más que una versión modificada del aparato 2A. Introducido en 1941, comprendía la ponderación para línea F1A y para receptor HA1 para la medición del ruido en dBa, dos ponderaciones suplementarias para el sonido y un dispositivo perfeccionado para el calibrado interno. Las nuevas ponderaciones de ruido se hicieron necesarias con la aparición de un nuevo aparato telefónico, cuya característica de respuesta difería de la del antiguo aparato mural, para la que se había concebido el aparato de medida 2A con su ponderación fundamental para línea 144.

Para simplificar, las dos nuevas ponderaciones se obtenían modificando las respuestas de la red de línea 144 y de la red del receptor. Como consecuencia de ello, a 1000 Hz, las redes modificadas tenían una atenuación propia 12 dB superior a las de las redes iniciales de línea 144. Como el nivel de referencia para las mediciones ponderadas F1A/HA1 era de −85 dBm, comparado con el nivel de referencia de −90 dBm para las dos redes de línea 144, la diferencia neta con respecto al valor indicado era de 7 dB. Desgraciadamente, esto requería una gama de factores de corrección suplementarios para todas las mediciones de ruido con ponderación F1A/HA1, siendo la básica de 7 dB para las mediciones de línea, de receptor y de ruido con relación a tierra, con ponderación F1A/HA1.

1.2 *Aparato de medida tipo N.º 3*

En el nuevo aparato tipo N.º 3 no ocurre lo mismo. Se trata de una versión reducida del aparato 2B, en la que se han eliminado los dispositivos de medida del volumen, del nivel sonoro y del ruido del receptor. Es de lectura directa, lo que hace inútil toda corrección. Su volumen y su peso son, además, más reducidos, gracias al empleo de componentes miniaturizados y de circuitos con transistores. Es más sensible que el aparato 2B o 2A, y está provisto de un detector perfeccionado de respuesta casi cuadrática, que permite hacer mediciones en derivación, mediciones en terminación y mediciones de ruido con relación a tierra de hasta 0 dBrn con una ponderación para mensaje C.

La figura 8 muestra un diagrama de conversión que permite pasar de las mediciones de ruido tipo C.C.I.T.T. a las mediciones de ruido tipo estadounidense, y viceversa.

Según el tipo de ruido medido, se aplican distintos factores de corrección. Se remite, al respecto, al apéndice a este anexo.

2. *Características de ponderación*

El aparato 3A, con la red 497A, proporciona la "ponderación para mensaje C" que da la característica para la medición del ruido en los circuitos telefónicos. Existen asimismo redes para medir el ruido en los circuitos para transmisiones radiofónicas y en los circuitos especiales de servicio.

Ponderación para mensaje C (C message WTG[1])

La característica de ponderación para mensaje C (véase al respecto el gráfico de la figura 2) se ha determinado por medio de pruebas subjetivas sobre los efectos perturbadores producidos por frecuencias aisladas, como las que pueden percibirse en un aparato telefónico del tipo 500 en ausencia o en presencia de la palabra.

Ulteriormente se ha verificado la curva del aparato y se han establecido las tolerancias a base del muestreo a intervalos determinados de los aparatos de medida del tipo N.º 3, desde que se inició su fabricación. La ponderación para mensaje C puede servir también para las mediciones de ruido con el antiguo aparato telefónico tipo 300. La ponderación para mensaje C forma parte de la red de ponderación enchufable 497A.

Ponderación uniforme 3 kHz (3 kc flat WTG[1])

En la figura 9, se indica la curva de respuesta de la ponderación uniforme 3 kHz. La red de ponderación forma parte del conjunto 497A; se utiliza cuando se desea un sensibilidad suplementaria para indicar la presencia de ruido de baja frecuencia (corriente de llamada de 20 Hz o ruidos de 60 y 180 Hz provenientes de la corriente de la red).

[1] Se indica entre paréntesis la designación norteamericana de estas características de ponderación.

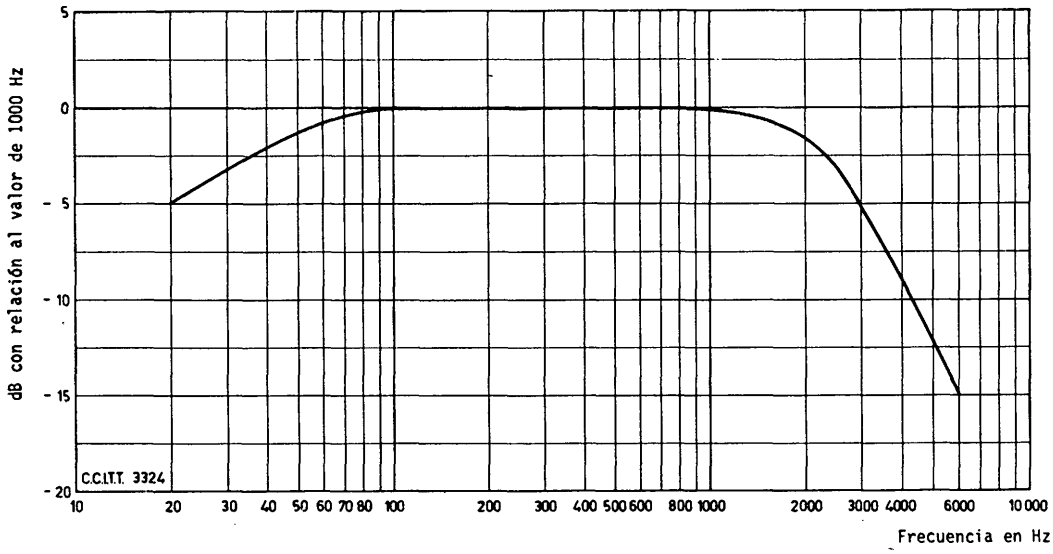


FIGURA 9. – **Ponderación uniforme 3 kHz**

Ponderación para transmisiones radiofónicas (Programme WTG[1])

La característica de ponderación utilizada para las mediciones de ruido en los circuitos para transmisiones radiofónicas hasta 8000 Hz, aproximadamente, se indica en la figura 5. La correspondiente red de ponderación forma parte del conjunto 497B.

Esta ponderación difiere de la ponderación para mensaje C en que se tiene en cuenta la respuesta de frecuencia de los circuitos para transmisiones radiofónicas más bien que la de los circuitos telefónicos.

Ponderación uniforme 15 kHz (15 kc flat WTG[1])

La figura 10 ilustra la característica de esta ponderación. La red correspondiente se inserta directamente por conexión del conjunto 497B.

Esta ponderación sirve para medir el ruido en los circuitos radiofónicos que van de los estudios a los transmisores, y en los circuitos de anchura de banda superior a la de los circuitos normales para transmisiones radiofónicas.

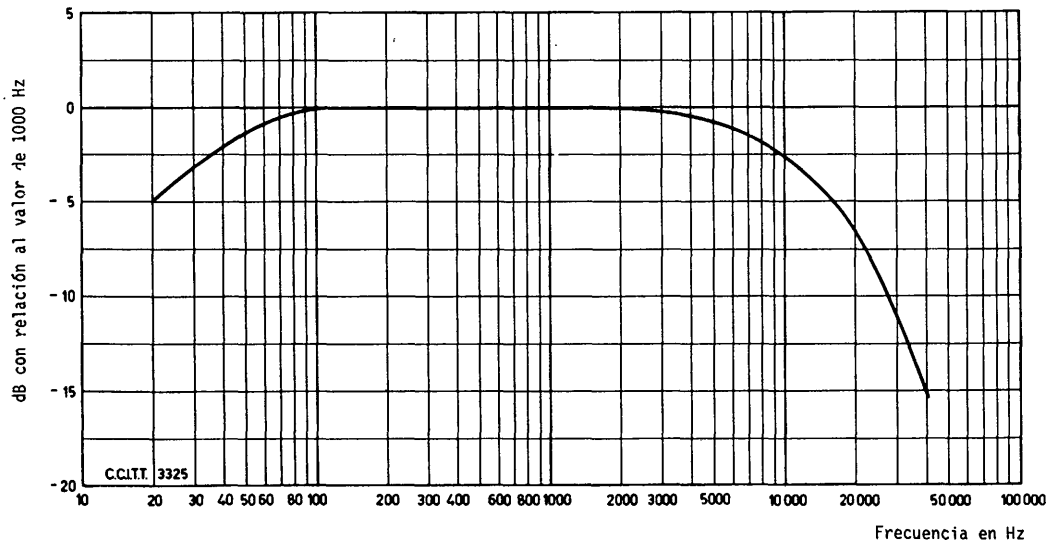


FIGURA 10. – **Ponderación uniforme 15 kHz**

[1] Se indica entre paréntesis la designación norteamericana de estas características de ponderación.

3. *Bibliografía*

[1] D.A. LEWINSKI — A new objective for message circuit noise; *Bell System Technical Journal*, pág. 719, N.º 43 (marzo de 1964). (Véase el punto 4 anterior.)

[2] W.T. COCHRAN y D.A. LEWINSKI — A new measuring set for message circuit noise; *Bell System Technical Journal*, pág. 911, N.º 39 (julio de 1960).

[3] A.J. AIKENS y D.A. LEWINSKI: Evaluation of message circuit noise; *Bell System Technical Journal*, pág. 879, N.º 39 (julio de 1960)

4. *Estudio de la Cuestión 4/XII por el C.C.I.T.T. en 1964-1968*

En relación con esta Cuestión, se presentó a la Comisión de estudio XII un extracto del artículo mencionado en (1), que se reproduce a continuación:

"En este artículo, el ruido se expresa en la forma de indicaciones dadas por el aparato 3A, actualmente utilizado en los Estados Unidos de América con ponderación C, para la telefonía. Como tal ponderación no coincide con la que resulta del empleo del aparato 2B, más antiguo, o del sofómetro de 1951 del C.C.I.T.T., en la relación entre las mediciones realizadas con esos aparatos influye el espectro del ruido medido. Si se aplica a cada aparato un ruido blanco de 1 mW de potencia en la banda comprendida entre 300 y 3400 Hz, se obtienen las siguientes indicaciones:

Aparato 3A (ponderación C para la telefonía)	88 dBrn
Aparato 2B (ponderación F1A)	81,5 dBa
Sofómetro del C.C.I.T.T. (ponderación 1951)	−2,5 dBm

Dado que la relación será distinta para otros espectros de ruido, se proponen los siguientes factores de conversión (redondeados), para poder proceder a comparaciones reales:

Ponderación 1951 del C.C.I.T.T.		Aparato 3A Ponderación C para telefonía		Aparato 2B Ponderación F1A
0 dBm	=	90 dBrn	=	84 dBa
−90 dBm	=	0 dBrn	=	−6 dBa
−84 dBm	=	6 dBrn	=	0 dBa

Estos factores de conversión tienen en cuenta el efecto de la diferencia entre las frecuencias de referencia utilizadas (800 Hz para el sofómetro del C.C.I.T.T., y 1000 Hz para los aparatos estadounidenses)."

APÉNDICE AL ANEXO
(al Suplemento N.º 3.2)

Correlación entre dBa y dBrn

El ruido en un circuito telefónico se expresa en dBa (o dBrn ajustado) cuando se emplea el aparato de medida 2B con ponderación F1A; se lee directamente en dBrn cuando se utiliza el aparato de medida N.º 3 con ponderación para mensaje C.

La relación entre dBa y dBrn depende de las características de las dos redes de ponderación (figura 3). En el cuadro que sigue se indica esta relación para distintos tipos de ruido observados frecuentemente. En general, cuando no se haya identificado el tipo de ruido, convendrá aplicar un factor de correlación de 6 dB (ruido de la línea) o de 10 dB (ruido con relación a tierra).

Como se ve, la diferencia entre los distintos tipos de ruido es aproximadamente de ± 1 dB. La diferencia más pequeña entre dBa y dBrn (5 dB) corresponde a los ruidos debidos a las armónicas de la red de alimentación, hasta 540 Hz. La mayor diferencia corresponde a los ruidos debidos a los productos de modulación (caracterizados por componentes de frecuencia situados en la parte superior de la banda de 3 kHz). En una frecuencia aislada, la diferencia puede determinarse a base de la figura 3.

CUADRO QUE INDICA LA CORRELACIÓN APROXIMADA ENTRE dBa Y dBrn

Tipo de ruido	Ruido de la línea			Ruido con relación a tierra[a]		
	Medido con el aparato			Medido con el aparato		
	2B-F1A (dBa)	Tipo N.º 3 mensaje C (dBrn)	Corrección (dB)	2B-F1A (dBa)	Tipo N.º 3 mensaje C (dBrn)	Corrección (dB)
Ruido en un circuito telefónico general	20	26	6	20	30	10
Ruido térmico uniforme limitado a 3 kHz	20	26	6	20	30	10
Armónicas de la red de alimentación (180-300 y 540 Hz)	20	25	5	20	29	9
Ruido impulsivo	20	26	6	20	30	10
Productos de modulación	20	27	7	20	31	11
Conmutación en las centrales	20	26	6	20	30	10

[a] El factor de correlación es superior en este caso, debido a la diferencia entre las relaciones de los divisores de tensión insertados en los circuitos de entrada de los dos aparatos.

Suplemento N.º 3.3

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES DE VOLUMEN

Tipo de aparato	Característica del rectificador (nota 4)	Tiempo de establecimiento para el 99% de la desviación final (milisegundos)	Tiempo de integración (milisegundos) (nota 5)	Tiempo de retorno a cero (valor y definición)
(1) Voltímetro acústico británico tipo 3 (S.V.3) idéntico al volúmetro del A.R.A.E.N.	2	230	100 (aproximadamente)	igual al tiempo de integración
(2) VU-metro (Estados Unidos de América) (nota 1)	1,0 a 1,4	300	165 (aproximadamente)	igual al tiempo de integración
(3) Volúmetro tipo «Indicador de volumen del S.F.E.R.T.»	2	aproximadamente 400 a 650	200	igual al tiempo de integración
(4) Indicador de cresta para transmisiones radiofónicas utilizado por la British Broadcasting Corporation (B.B.C. Peak Programme Meter) (nota 2)	1		10 (nota 6)	3 segundos para que la integración disminuya 26 dB
(5) Indicador de amplitud máxima utilizado en la República Federal de Alemania	1	aproximadamente 80	5 (aproximadamente)	1 ó 2 segundos, de 100% a 10% de la desviación en régimen permanente
(6) OIRT Medidor de nivel de transmisión:		para ambos tipos:		para ambos tipos:
Medidor de nivel tipo A		menos de 300 ms para los aparatos de aguja y menos de 150 ms para los aparatos de indicación luminosa	10×5 60 ± 10	de 1,5 a 2 segundos, a partir del punto «0 dB» situado en el 30% de la parte útil de la escala
Medidor de nivel tipo B				

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS INDICADORES DE VOLUMEN

Notas del cuadro anterior

Nota 1. — Francia ha normalizado un sistema análogo al definido en la casilla (2) del cuadro.

Nota 2. — Los Países Bajos han normalizado un sistema (N.R.U. — ON301) análogo al definido en la casilla (4) del cuadro.

La Unión Europea de Radiodifusión ha recomendado a sus miembros el uso de un instrumento de características similares a las descritas en la casilla (4) del cuadro para vigilar el nivel sonoro durante las transmisiones radiofónicas internacionales.

La escala de este instrumento está graduada en dB con relación a un nivel de prueba que corresponde a 0 dBm0. El instrumento está dotado de un dispositivo para aumentar su tiempo de integración hasta un segundo aproximadamente para permitir la comparación de niveles en puntos distantes.

Nota 3. — En Italia se utiliza un medidor de nivel de transmisión de las siguientes características:

Característica del rectificador: I (véase la nota 4)

Tiempo de establecimiento para el 99% de la desviación en régimen permanente: 20 ms, aproximadamente

Tiempo de integración: 1,5 ms, aproximadamente

Tiempo de retorno: 1,5 ms, aproximadamente, de 100% a 10% de la desviación en régimen permanente.

Nota 4. — El número que figura en esta columna es el exponente n de la fórmula $[V(\text{salida}) = V(\text{entrada})^n]$ aplicable para cada semialternancia.

Nota 5. — El C.C.I.F. ha definido el "tiempo de integración" como el "periodo mínimo durante el cual debe aplicarse una tensión alterna sinusoidal a los terminales del aparato para que la aguja del instrumento de medida alcance, con una aproximación de 0,2 neperios o 2 dB, la desviación que se obtendría si se aplicara la misma tensión indefinidamente". Una desviación logarítmica de 2 dB corresponde, por otra parte, a un porcentaje de 79,5%, y una desviación de 0,2 neperios a un porcentaje de 82%.

Nota 6. — El valor de 4 milisegundos que figuraba en las ediciones precedentes era, en realidad, el tiempo necesario para alcanzar el 80% de la desviación final cuando se aplicaba un paso de corriente continua al circuito rectificador-integrador. En un nuevo tipo de indicador, algo diferente, que comprende transistores, el funcionamiento durante la transmisión de un programa sigue siendo casi el mismo que en los tipos anteriores, lo mismo ocurre con la respuesta a una señal de medida arbitraria, similar a una señal de corriente continua, pero el tiempo de integración, según se define en la nota 5, es un 20% superior, aproximadamente, para las mayores desviaciones de la aguja.

4. CALIDAD DE LAS TRANSMISIONES DE LA RED INTERNACIONAL

Suplemento N.º 4.1

RESULTADOS DE MEDICIONES Y DE OBSERVACIONES SOBRE LA ESTABILIDAD DE LA ATENUACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE LA RED INTERNACIONAL

(Análisis llevado a cabo por la Administración francesa)

1. *Consideraciones generales*

En relación con la Cuestión 1/IV, la Comisión de estudio IV, decidió, en su reunión de Paris, en noviembre de 1966, publicar anualmente un análisis estadístico de los resultados de todas las mediciones de mantenimiento periódico y establecer cuadros que permitieran comparar esos resultados con los de años anteriores.

El análisis detallado de los resultados de medida obtenidos en 1967 y 1968, ha sido objeto de las Contribuciones COM IV – Números 185 y 186 (periodo 1964-1968) y COM IV – Números 15, 16, 17 y 18 (periodo 1968-1972) respectivamente. El análisis detallado de los resultados de medida obtenidos durante los años 1969 y 1970 fué objeto de las Contribuciones COM IV Números 83 y 84 (periodo 1968-1972) y COM IV Números 144 y 145 (periodo 1968-1972).

El relator basó su labor en las contribuciones presentadas por los países siguientes:

Alemania (República Federal), Dinamarca, Francia, Reino Unido, Italia, Noruega, Países Bajos, Polonia, Suecia, Suiza y Japón.

2. *Resultados correspondientes a los años 1967 y 1968*

a) *Símbolos utilizados*

- N: número de resultados empleados para el cálculo de M y S;
- M: desviación de la media de los resultados de las mediciones de atenuación con relación al valor nominal, expresado en centineperios;
- S: desviación típica en centineperios;
- HL: número de resultados que difieren más de ± 62,5 cNp del valor nominal, y que no se han tenido en cuenta.

b) *Clasificación de los grupos primarios y secundarios*

- Clase 1: grupos de categoría A (longitud inferior a 2500 km aproximadamente), mediciones hechas a la entrada del regulador;
- Clase 2: grupos de categoría A, mediciones hechas a la salida del regulador;
- Clase 3: grupos de categoría A, sin reguladores;

- Clase 4: grupos de categoría B (longitud superior a 2500 km aproximadamente), mediciones hechas a la entrada del regulador;
- Clase 5: grupos de categoría B, mediciones hechas a la salida del regulador.

c) *Clasificación de los circuitos*

- Clase 1: circuitos de categoría A, establecidos en un grupo primario único con regulador automático;
- Clase 2: circuitos de categoría A, establecido en un grupo primario único sin regulador automático;
- Clase 3: circuitos de categoría A no pertenecientes a las clases 1 y 2;
- Clase 4: circuitos de categoría B, establecidos en un grupo primario único;
- Clase 5: circuitos de categoría B, establecidos en dos grupos primarios en tándem como mínimo.

d) *Resultados obtenidos en lo que respecta a las Recomendaciones M.16 y M.18*

Para precisar el estado de la red internacional con relación a los objetivos de la Recomendación M.16 y a lo preconizado en la Recomendación M.18, se ha indicado el número de relaciones entre países que satisfacen esas cláusulas a juzgar por los resultados obtenidos (distinguiéndose entre los dos sentidos de transmisión). Debe señalarse que las mencionadas Recomendaciones se refieren a la variación en función del tiempo de un enlace individual (GS, GP, circuito), mientras que los valores analizados se refieren a la variación en función del tiempo de un conjunto de enlaces; las conclusiones expuestas a continuación son, pues, algo pesimistas.

e) *Resultados de 1967*

Naturaleza	País que ha enviado resultados	Clasificación				
		1	2	3	4	5
Señales piloto de GS	Francia, Reino Unido, Italia, Noruega	N = 11 017 M = 10,63 S = 21,16 HL = 235	N = 4025 M = 0,00 S = 4,17 HL = 8	N = 5849 M = − 3,95 S = 16,72 HL = 74		
Relaciones conformes con la Recomendación M.18:			18 de 19	2 de 18		
Señales piloto de GP	Dinamarca, Francia, Italia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido	N = 86 122 M = − 1,34 S = 19,28 HL = 1846	N = 27 092 M = − 0,51 S = 2,67 HL = 71	N = 36 829 M = + 0,80 S = 15,51 HL = 1253	N = 1233 M = + 4,01 S = 12,36 HL = 9	N = 1168 M = − 1,14 S = 3,31 HL = 0
Relaciones conformes con la Recomendación M.18:			36 de 38	0 de 26		1 de 1
Circuitos medidos manualmente	Alemania (Rep. Fed.), Dinamarca, Francia, Reino Unido, Italia, Noruega, Países Bajos, Polonia, Suecia, Suiza Japón	N = 45 569 M = − 1,09 S = 9,98 HL = 106	N = 12 527 M = + 0,06 S = 11,31 HL = 36	N = 12 000 M = 0,19 S = 15,79 HL = 266	N = 1682 M = − 1,52 S = 15,36 HL = 3	N = 7860 M = − 1,43 S = 14,50 HL = 60
Relaciones conformes con la Recomendación M.16:		80 de 104	28 de 55	73 de 137	0 de 2	17 de 38
Circuitos medidos automáticamente	Alemania (Rep. Fed.), Francia, Reino Unido, Noruega, Polonia	N = 13 749 M = − 6,43 S = 14,36 HL = 117	N = 2004 M = − 4,05 S = 21,26 HL = 22	N = 331 M = − 4,27 S = 24,43 HL = 20		

f) *Resultados de 1968*

Naturaleza	País que ha enviado los resultados	Clasificación				
		1	2	3	4	5
Señales piloto de GS	Francia, Reino Unido, Suecia, Noruega	N = 4755 M = − 2,50 S = 16,28 HL = 18	N = 4773 M = 0,50 S = 3,59 HL = 6	N = 4129 M = − 0,03 S = 12,94 HL = 5		
Relaciones conformes con la Recomendación M.18:			13 de 15	0 de 18		
Señales piloto de GP	Francia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Suecia	N = 47 905 M = − 1,35 S = 16,90 HL = 260	N = 33 823 M = − 0,64 S = 3,90 HL = 34	N = 21 946 M = − 0,69 S = 12,59 HL = 84	N = 894 M = 6,55 S = 10,31 HL = 3	N = 897 M = − 1,32 S = 3,04 HL = 0
Relaciones conformes con la Recomendación M.18:			37 de 49	1 de 18		2 de 2
Circuitos medidos manualmente	Alemania (Rep. Fed.), Dinamarca, Francia, Reino Unido, Italia, Noruega, Países Bajos, Polonia, Suecia, Suiza, Japón	N = 44 051 M = − 1,11 S = 9,63 HL = 114	N = 14 854 M = − 0,84 S = 11,02 HL = 50	N = 12 074 M = − 0,51 S = 15,26 HL = 313	N = 1908 M = 0,27 S = 17,31 HL = 38	N = 4796 M = − 0,63 S = 13,26 HL = 57
Relaciones conformes con la Recomendación M.16:		74 de 102	48 de 74	90 de 146	0 de 4	13 de 32
Circuitos medidos automáticamente	Alemania (Rep. Fed.), Francia, Noruega, Polonia	N = 2870 M = 3,07 S = 16,23 HL = 16	N = 990 M = 3,66 S = 17,05 HL = 9	N = 233 M = + 1,22 S = 24,98 HL = 12		
Relaciones conformes con la Recomendación M.16		4 de 19	1 de 5	0 de 8		

3. *Comparaciones*

a) *Señales piloto de grupo*

El examen de determinadas relaciones, durante el análisis correspondiente al año 1967 (Contribuciones COM IV — Números 185 y 186 del periodo 1964-1968), llevó a la conclusión de que la degradación que ponían de manifiesto los resultados correspondientes al primer semestre y al segundo obedecía a un fenómeno general de carácter estacional. En 1968, debían obtenerse, pues, resultados comparables a los de 1967, habida cuenta de una cierta mejora de conjunto. Sin embargo, el examen de los cuadros relativos a las señales piloto de grupo secundario y de grupo primario invalida esta conclusión y sugiere, por el contrario, una estrecha relación entre los resultados del primer semestre de 1967 y los del año 1968 en su conjunto.

Las verificaciones realizadas han permitido comprobar que en esos dos periodos el análisis versó sobre las mismas relaciones, lo que no fue el caso en el segundo semestre de 1967.

b) *Circuitos telefónicos*

Las relaciones entre países que pudieron examinarse en 1968 fueron casi las mismas que en 1967; la degradación observada en la clase 2 al nivel de los grupos primarios no se observa en el plano de los circuitos en la clase 1, si el examen se limita a una sola relación.

El examen de los valores situados fuera de los límites establecidos induce a considerar más bien aparente que real la mejora observada en casi todas las clases.

4. *Características de las distribuciones observadas*

En el párrafo anterior se ha aludido a los valores situados fuera de los límites (es decir, a los valores absolutos superiores a 62,5 cNp), no tomados en consideración en los análisis precedentes. Si se tienen debidamente en cuenta, parecen constituir una indicación nada despreciable de la estabilidad de la red, ya que corrigen la impresión demasiado optimista dada por el valor de la desviación típica, subrayada en muchas ocasiones en anteriores informes o en contribuciones de la A.T. & T. y al carácter no normal de las distribuciones observadas.

Parece, pues, conveniente añadir a la desviación típica otros parámetros que puedan caracterizar el aspecto no gaussiano de las distribuciones de la atenuación. El parámetro más interesante es la expresión:

$$e = \frac{E\,[x - E(x)]^4}{S^4} - 3,$$

(coeficiente de kurtosis), nulo para una distribución normal, y tanto mayor cuanto más importante son las "colas" de las distribuciones.

En esta fórmula, E = esperanza matemática

S = desviación típica

x = variable aleatoria cuyas realizaciones son los resultados experimentales de medida

e = coeficiente de kurtosis.

El cálculo del coeficiente de kurtosis, e, se efectuó por "relación" para los años 1967 y 1968. En muchos casos, a una mejora de la desviación típica S corresponde un aumento de "e", que indica que se ha influido en la parte central de la distribución pero no en las "colas", fenómeno característico de la influencia de los reguladores automáticos.

Los cuadros que siguen indican los valores de M (media), S (desviación típica) y e (coeficiente de kurtosis) obtenidos para los años 1967 y 1968, tomando en consideración todos los resultados de medida, y no sólo los situados en el interior de los límites ± 62,5 cNp a ambos lados del valor nominal. Los resultados de medida fuera de esos límites se consideraron en el cálculo equivalente a

+62,5 cNp ó −62,5 cNp

según el lado en que se hallaba con relación al valor nominal. Probablemente se tiene así una imagen aún optimista de la situación.

Las indicaciones que figuran en la casilla superior izquierda de cada cuadro tienen el siguiente significado:

S = mediciones de señales piloto de grupo secundario

P = mediciones de señales piloto de grupo primario

C = mediciones manuales de circuitos

A = mediciones de circuitos con aparatos automáticos.

Las cifras 1 a 5 a continuación de las letras S, P, C o A indican la clase, de conformidad con lo señalado en los puntos 2, b y c.

5. *Observaciones generales*

a) *Comunicación de los resultados al relator*

El número de resultados de medida comunicados al relator para su análisis no aumentó en 1968 con relación a 1967.

Es muy inconveniente que los resultados presentados por las Administraciones para cada relación de tráfico considerada se refieran a los circuitos, a los grupos primarios y a los grupos secundarios. Se podrá así determinar más fácilmente la incidencia relativa del equipo de modulación y de las imprecisiones en las mediciones.

S1	1967	1968
M	-11,57	-2,68
S	22,29	16,67
e	-0,09	0,74

S3	1967	1968
M	-4,43	-0,02
S	17,91	13,11
e	1,94	2,46

S2	1967	1968
M	-0,12	0,42
S	5,01	4,23
e	49,08	69,43

P1	1967	1968
M	-2,12	-1,57
S	21,05	16,53
e	1,02	1,55

P2	1967	1968
M	-0,68	-0,70
S	4,14	4,36
e	129,59	58,45

P3	1967	1968
M	-1,05	-0,67
S	18,99	13,14
e	2,97	5,14

C.C.I.T.T. 3164

C1	1967	1968
M	-1,19	-1,17
S	10,40	10,12
e	6,37	7,60

A1	1967	1968
M	-6,72	-3,23
S	15,27	16,81
e	3,21	1,61

C2	1967	1968
M	0,05	-0,92
S	11,78	11,58
e	5,09	6,70

A2	1967	1968
M	-4,57	4,07
S	22,02	17,89
e	0,06	1,79

P4	1967	1968
M	4,13	6,32
S	13,56	11,04
e	5,76	11,58

▷

P5	1967	1968
M	-1,14	-1,32
S	3,31	3,04
e	-0,46	-0,41

▷

C4	1967	1968
M	-1,62	0,07
S	15,56	19,24
e	2,42	2,02

C3	1967	1968
M	-0,21	-1,12
S	18,13	18,02
e	3,39	3,79

A3	1967	1968
M	-6,17	0,14
S	27,66	28,05
e	0,15	-0,20

C5	1967	1968
M	-1,53	-1,15
S	15,43	14,79
e	3,29	4,72

CCITT 3165

b) *Comentarios sobre algunos resultados*

Algunos resultados indicados en los cuadros de los puntos 2, e y 2, f pueden aparecer sorprendentes, en especial el hecho de que la desviación típica de los resultados de medida correspondientes a circuitos de un solo grupo primario no regulado sea inferior a la de los resultados de medida de las señales piloto de dichos grupos primarios. Se han sugerido dos explicaciones al respecto:

1) Las mediciones de señales piloto de grupo primario y de circuitos no se hacen en el mismo grupo de relaciones.
2) Primero se miden los grupos y se reajustan y luego se procede a las mediciones de circuitos. Ello hace que las mediciones se efectúen en circuitos, algunos de los cuales han sido ya indirectamente reajustados. Sería, pues, conveniente medir los circuitos antes de reajustar el grupo, para tener así una imagen más real de la situación.

c) *Mediciones automáticas*

Se ha intentado evaluar la influencia en la desviación típica de las variaciones en los equipos de modulación de canal, y de los errores que se deslizan en las mediciones manuales de los circuitos. Para el conjunto de estos elementos, se ha llegado a una cifra de 7,5 cNp, que concuerda debidamente con el valor ya indicado en el anexo 1, punto 2.1 del suplemento N.° 10 del tomo IV del *Libro Azul.*

Esta cifra es importante, y para reducirla en forma apreciable habrá que desarrollar el uso de los aparatos automáticos de medida de transmisión. Los resultados obtenidos por ciertos países que tienen experiencia de esta técnica son muy alentadores.

Suplemento N.º 4.2

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA 9.ª SERIE DE OBSERVACIONES DE INTERRUPCIONES BREVES DE TRANSMISIÓN

1. *Introducción*

El presente suplemento contiene los resultados de la 9.ª serie (1968-1972) de observaciones de interrupciones breves de transmisión hecha en la red internacional.

Los cuadros 1 a 3, al final de este suplemento, resumen los resultados obtenidos durante esta serie de observaciones, que se han clasificado como sigue:

- la distribución de las interrupciones breves a base de un intervalo de tiempo, junto con pormenores de encaminamiento para cada circuito;
- la distribución de las interrupciones breves y el tiempo medio entre averías, para las diversas categorías de interrupciones que pueden afectar a las transmisiones telegráficas y telefónicas en cada uno de los circuitos indicados;
- la distribución de las interrupciones breves en función de las categorías generales de causas de las interrupciones.

1.2 Se escogieron 13 circuitos de la red como representativos, en la medida de lo posible, de la red europea. Además, se probaron dos circuitos de gran longitud, entre Londres y Sidney, por cable y por satélite respectivamente.

Estos últimos se incluyeron a fin de obtener información sobre las interrupciones breves en circuitos muy largos y complejos, para los cuales no había sido posible obtenerla en pruebas anteriores. Ambos circuitos se probaron sólo durante dos semanas, a causa de la dificultad de liberarlos del servicio durante un periodo más largo.

2. *Comentarios acerca de los cuadros*

2.1 *Cuadro 1*

2.1.1 En la presente serie, la categoría de interrupciones aisladas de 0,5 a 1 ms ha sido reemplazada por la de 0,3 a 1 ms. Las gamas de 1 ms a 1 minuto y superiores a 1 minuto se han incluido también para fines de comparación.

2.1.2 Con excepción de las interrupciones aisladas inferiores a 10 ms, la distribución de las interrupciones aisladas en las gamas entre 10 ms y 1 minuto presenta un aspecto muy similar al de la obtenida en la octava serie de pruebas.

El número de interrupciones aisladas en las gamas inferiores a 10 ms quizá sea, sin embargo, indebidamente elevado; en efecto, se halló que, para medir las interrupciones de tan corta duración, algunas Administraciones emplearon un aparato de medida de tipo "contador", el cual no podría quizá registrar series de interrupciones sino únicamente interrupciones aisladas.

2.2 *Cuadro 2*

2.2.1 En algunos casos, debido a la diferente longitud de los circuitos de la ruta (diversidad) y al empleo de medidas diferentes, los resultados obtenidos para un circuito particular pueden no corresponder necesariamente a la calidad global de dicha ruta.

2.2.2 El "tiempo medio entre averías" (MTBF) es del mismo orden en ambos sentidos. Sin embargo, en varios casos, el tiempo medio entre averías en un sentido es 40 veces superior al registrado en el otro sentido.

2.2.3 Comparando los valores registrados en cinco rutas similares durante la octava serie de pruebas [1] y la novena serie de pruebas, los resultados relativos al tiempo medio entre averías evidencian una mejora general (salvo en un solo caso).

2.2.4 No se calculó ningún promedio del tiempo medio entre averías para la novena serie de pruebas. Todo valor de esta índole tendría que tener en cuenta un "factor de ponderación" para cada circuito. El "factor de ponderación" debiera reflejar, entre otras cosas, la influencia de la longitud del circuito, del número de puntos de interconexión en frecuencia vocal y de la duración del periodo de pruebas.

2.3 *Cuadro 3*

2.3.1 El cuadro 3 se ha preparado de la misma forma que el cuadro 4 del suplemento 4.2 del tomo IV del *Libro Blanco*, con una categoría adicional para las series de interrupciones subdivididas en dos, esto es, 7 en 10 minutos y 3 en 10 minutos. Este cuadro indica la distribución de las interrupciones en función de sus causas, por ejemplo, "Mantenimiento – Equipos generadores de frecuencias". Australia presentó todos sus resultados en una forma diferente de la indicada en el formulario B utilizado durante las pruebas, razón por la cual no se los ha incluido en el cuadro 3.

2.3.2 Se comparan a continuación los resultados de la octava serie con los de la novena serie para las diversas causas principales de interrupciones; los subtotales se indican en los cuadros.

2.3.2.1

CUADRO A

INTERRUPCIONES AISLADAS DE 5 A 300 MS Y 300 MS A 1 MINUTO O MÁS

Causa	5-300 ms		300 ms-1 min. o más	
	8.ª serie	9.ª serie	8.ª serie	9.ª serie
Averías	16%	8-9% (20,6)	22%	18,1% (28,0)
Mantenimiento	10%	9-6% (22,5)	13%	7,5% (11,7)
Trabajos	5%	58,7% (3,5)	22%	47,6% (19,0)
Indeterminada	69%	22,8% (54,4)	43%	26,8% (41,3)

La mayor diferencia entre la octava serie y la novena serie (cifras que no están entre paréntesis) se observa en la categoría "Trabajos" (53,7% de aumento) y en la categoría "Causas indeterminadas" (disminución de un 46%) en la gama 5-300 ms. Se observa que han disminuido las interrupciones debidas a "Averías" y "Mantenimiento". Esas importantes diferencias en la gama 5-300 ms llevaron a analizar más a fondo los resultados y se halló que el aumento en la categoría "Trabajos" se debió casi por entero al número anormalmente alto de interrupciones aisladas causadas por el equipo de alimentación de energía de una estación de uno de los circuitos de la red de prueba.

El número de interrupciones fue tan elevado que se consideró necesario volver a calcular los valores del cuadro A sin tener en cuenta los del circuito afectado.

[1] Suplemento 4.2, tomo IV, *Libro Blanco.*

Los resultados del nuevo cálculo para la novena serie de pruebas se indican entre paréntesis.

La comparación de las cifras entre paréntesis con las correspondientes a la octava serie de pruebas indica una tendencia muy diferente. No hay mucha diferencia entre los valores obtenidos en ambas séries para las categorías "Trabajos" y "Causas indeterminadas", pero, en las categorías "Averías" y "Mantenimiento", el número de interrupciones aisladas parece haber aumentado entre 5% y 12%, salvo en la categoría "Mantenimiento" en la gama 300 ms-1 min. o más, que registra una ligera disminución.

2.3.2.2

CUADRO B

INTERRUPCIONES AISLADAS DE MENOS DE 5 MS

Causa	8.ª serie	9.ª serie	
	Inferiores a 5 ms	0,3-1 ms	1-5 ms
Averías		2,4%	9,7%
Mantenimiento	No indicada	1,7%	31,8%
Trabajos		6,3%	17,5%
Indeterminada		89,6%	41,0%

La categoría de interrupciones aisladas de menos de 5 ms no ha sido objeto de un estudio profundo en el pasado, a causa sobre todo de la falta de un equipo de prueba apropiado. Sin embargo, varias Administraciones han utilizado un equipo comercial o han construido un equipo apropiado para ello, probablemente de tipo electrónico.

El porcentaje de interrupciones en las gamas inferiores a 5 ms es muy grande, aunque en las categorías "Averías" y "Trabajos" no es indebidamente elevado. Pero en la categoría "Causas indeterminadas" el porcentaje es muy elevado, y anormalmente alto en la gama 0,3-1 ms; esto se debe probablemente a que, con los métodos utilizados, es casi imposible localizar la causa de muchas de las interrupciones.

2.3.2.3

CUADRO C

SERIES DE INTERRUPCIONES

Causa	8.ª serie	9.ª serie	
		> en 10 min	3 por min
Averías	44%	66,9% (41,8)	63,5% (41)
Mantenimiento	18%	2,6% (4,6)	6,7% (11)
Trabajos	12%	1,6% (2,8)	1,8% (3)
Indeterminada	26%	28,9% (50,8)	28,0% (45)

Comparando los valores del cuadro C (los que no están entre paréntesis en el caso de la 9.ª serie), se observa una notable reducción del porcentaje de interrupciones debidas a "Mantenimiento" y a "Trabajos", y que el porcentaje de interrupciones cuya causa no pudo determinarse es aproximadamente el mismo en ambas series.

[1] Suplemento 4.2, tomo IV del *Libro Blanco.*

En la categoría "Averías", sin embargo, se observa un aumento del orden del 20%. Una investigación permitió determinar que un número muy grande de las interrupciones se debía, en este caso,al equipo generador de frecuencias de una de las estaciones de un circuito de la red de prueba.

Se volvieron a calcular entonces los valores del cuadro C sin tener en cuenta las interrupciones debidas a ese circuito. Los nuevos porcentajes se indican entre paréntesis.

El "Mantenimiento" y los "Trabajos" parecen tener mucho menor efecto, pero las "Averías" seguirían teniendo una influencia apreciable en los circuitos de la red de prueba. Sin embargo, parecen haber quedado sin determinar muchas otras causas de interrupciones en estas pruebas.

3. *Comentarios generales*

3.1 *Resultados de las pruebas*

3.1.1 La Comisión de estudio IV tuvo dificultades para extraer conclusiones positivas basándose en las pruebas, ya que los resultados globales presentan cierta deformación a causa de inconvenientes en ciertas categorías asociadas a los circuitos.

Excluyendo del análisis las interrupciones de dichos circuitos, el aspecto global de la distribución es similar en general al de la 8.ª serie de pruebas [1].

(*Observación.* — Esto no se aplica a las interrupciones de menos 10 ms de duración.)

3.1.2 Parece ser esencial también que, en las pruebas futuras, si una Administración observa un número anormal de interrupciones en un circuito a causa de una o más condiciones importantes de avería, indique claramente esta circunstancia en el informe para el C.C.I.T.T.

3.1.3 Como es lógico, en el caso de los circuitos largos y complejos, por ejemplo, Londres-Sidney, el número de interrupciones suele ser mucho mayor que en los circuitos de menor longitud y complejidad. También los circuitos por satélite o por relevadores radioeléctricos tienden a sufrir más interrupciones que los circuitos por cables.

En las pruebas futuras puede ser necesario, pues, analizar por separado los resultados correspondientes a los circuitos largos y complejos, y utilizar un factor de ponderación para tener en cuenta su longitud y complejidad, a fin de poder establecer una relación entre los dos tipos de circuitos y dar comparaciones válidas.

3.1.4 *Equipo de medida*

Los análisis de los resultados de las mediciones efectuadas por varias Administraciones pone de manifiesto el problema de las variaciones debidas a los diferentes tipos de aparato de medida utilizados en la novena serie de pruebas.

Algunas Administraciones parecen haber utilizado instrumentos registradores en cinta de papel, mientras que otras, sobre todo para poder medir las interrupciones muy cortas, utilizaron contadores mecánicos o electrónicos.

Antes era un requisito esencial que los aparatos de medida empleados por las Administraciones para las pruebas de interrupciones breves fueran similares.

El análisis de los resultados de la 9.ª serie de pruebas demuestra la importancia de contar con un aparato de medida normalizado, y se propone dar gran prioridad a las especificaciones de un aparato de tal naturaleza que se estudie ahora en el marco de la Cuestión 10/IV.

---

[1] Suplemento 4.2, tomo IV del *Libro Blanco.*

CUADRO 1

Circuito	Constitución						Interrupciones alsladas												Duración de las pruebas (semanas)
	Longitud total (km)	Cable de pares sim.	Cable submarino	Cable coax. terr.	Radioenlace	Núm. de secc. BF	ms 0,3/1	ms 1/5	ms 5/10	ms 10/20	ms 20/100	ms 100/300	ms 300/1 s	s 1/2	s 2/5	s 5/30	30 s/1 min.	> 1 min.	
A ⟶ B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
A-B Ldn-Syd (Sat) B-A								10004	194	783	490	51	67	70	54	34	4	12	2
	74994[a]			6	74988	1		16	40	75	89	15		13		15	3	7	
A-B Ldn-Syd (Cab) B-A								45913	120	81	131	17	69	57	21	9	2	10	2
	25844		19659		6185	4		10	22	24	31	17		19		7	5	7	
A-B FfM-Wien B-A							17964	1678	757	920	773	451				383			4
	950			277	673	1	317	95	1	3	5		11	3	4	1	1	4	
A-B Bdp-Wien B-A							2119	185	38	36	20	11				57			4
	210					1			28	8	6	2		2				4	
A-B Bxl-Rt B-A							232	105											4
	219	219				1			4			1	3					2	
A-B Bxl-Ldn B-A									6	7	12	9		6		1	1	3	4
	375		88	287		2			13	1	7	5	10			1		3	
A-B Køben-Oslo B-A							18	12			1	1		2				2	4
	858	34	144	13	667	1		17	2			2	5			1		1	

[a] Incluye la sección Tierra-satélite y el radioenlace a través de Australia (72,200 km corresponden a la sección por satélite).

CUADRO 1 (*concl.*)

Circuito	Constitución						Interrupciones aisladas												Duración de las pruebas (semanas)
A ⟶ B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
A-B Køben-Rt							213	82	23	9	3	1	4		1	2	2	2	4
B-A	894	167	404	26	297	1		25	27	26	5	1	5					1	
A-B FfM-Køben								32	4		2	2	9					6	4
B-A	1197			709	488	1	69	20			1	2	3	7	2			21	
A-B Mad-Prs								145	66	51	64	133						14	4
B-A	1440	11		482	947	1	104	893		2152	495	154	121		58			10	
A-B Brn-Mil								1				2							4
B-A	259	7		80	172	1		29	5	4	7	4	15				1	3	5
A-B FfM-Prs								162	92	81	61	11						2	4
B-A	576	7		76	493	1	37	37	4	5	1	1	14					2	
A-B Brn-Prs								38	21	8	4	5							4
B-A	547	7		540		1		8	4	2	3	1	21				4	6	5
A-B Ldn-Rt							79	15	4	4	3	2	2	2	2	2	5	1	4
B-A	446	172	155	119		3			2	2	3	3		8		2	2	10	

Nota. — No se indican totales porque su comparación con los de las observaciones anteriores no sería válida.

CUADRO 2

Circuito	Sentido ⟶		Interrupciones aisladas										
			< 5 ms	5-20 ms	20-300 ms	300 ms 1 min	Total 5-300 ms	MTBF/Tg h	Total 5 ms a 1 min	MTBF/Tg h	Total 20 ms a 1 min	MTBF/Tg h	MTBF/Tph h
Bern-Paris	A	B	38	29	9	0	38	17,7	38	17,7	9	75	20
	B	A	8	6	4	25	10	84	35	24	29	28	
Frankfurt-Paris	A	B	162	173	72	0	245	2,8	245	2,8	72	9,4	7,6
	B	A	74	9	2	14	11	61,2	25	27	16	42	
Madrid-Paris	A	B	145	117	197	0	314	2,1	314	2,1	197	3,4	0,7
	B	A	104883	2152	649	179	2801	0,2	2980	0,2	828	0,8	
Bruxelles-Rotterdam	A	B	337	0	0	0	0	> 672	0	> 672	0	> 672	168
	B	A	4[a]	0[b]	1	3	1	672	4	168	4	168	
København-Rotterdam	A	B	286	32	4	9	36	18,7	45	15	13	51,8	28
	B	A	25	53	6	5	59	11,4	64	10,5	11	61,2	
London-Rotterdam	A	B	94	8	5	13	13	51,8	26	25,8	18	37,4	18,7
	B	A	0	4	6	12	10	67,2	22	30,6	18	37,4	
Frankfurt-Wien	A	B	19646	1676	1224	383[c]	2900	0,2	3283	0,2	1607	0,4	0,4
	B	A	402	4	5	20	9	75	29	23,3	25	27	
Budapest-Wien	A	B	2304	74	31	57[c]	105	6,4	162	4,1	88	7,6	6,9
	B	A	0	36	8	2	44	15,3	46	14,6	10	67,2	
London-Bruxelles	A	B	12[a]	1[b]	12	11	13	51,8	24	28	23	28,3	13
	B	A	0	13	21	8	34	19,8	42	16	29	23,3	
København-Oslo	A	B	17	2	2	6	4	168	10	67,2	8	84	56
	B	A	30	0	2	2	2	336	4	168	4	168	
Frankfurt-København	A	B	32	4	4	9	8	84	17	39,6	13	51,8	24
	B	A	89	1	3	12	4	168	16	42	15	45	
Bern-Milano	A	B	1	0	2	0	2	336	2	336	2	336	26
	B	A	29	9	11	16	20	42	36	23,4	27	31	
London-[d] Sidney	A	B	10004	977	541	230	1518	0,2	1748	0,2	771	0,4	0,3
	B	A	16	115	104	31	219	1,5	250	1,3	135	2,5	
London-[e] Sidney	A	B	45913	197	148	158	345	1	503	0,7	306	1,1	0,9
	B	A	10	46	48	31	9,4	7,1	125	5,4	79	4,2	

[a] < 10 ms. [b] 10-20 ms. [c] Incluye las interrupciones > 1 min. [d] Por satélite. [e] Por cable submarino.

CUADRO 3

9.ª SERIE DE PRUEBAS DE INTERRUPCIONES BREVES DE TRANSMISIÓN

Total de interrupciones en todos los circuitos combinados, para periodos diurnos y nocturnos

Causa de las interrupciones breves		Interrupciones aisladas 0,3-1 ms		Interrupciones aisladas 1 ms-5 ms		Interrupciones aisladas 5 ms-300 ms		Interrupciones aisladas > 300 ms		Series de interrupciones 7 en 10 min		Series de interrupciones 3 en min	
		Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Averías	Fuentes de energía	51	0,2	28	1,1	25	0,6	38	5,1	0	0	9	2,7
	Cables	8	0	5	0,2	60	1,5	34	4,6	21	5,4	4	1,2
	Desvanecimientos	5	0	86	3,2	273	6,5	36	4,9	38	9,8	27	8,4
	Equipo terminal	122	0,6	46	1,7	4	0,1	9	1,2	21	5,4	25	7,7
	Equipo generador de frecuencias	319	1,5	94	3,5	0	0	2	0,3	178	45,9	135	41,9
	Líneas	10	0,1	3	0	6	0,2	15	2	1	0,3	5	1,6
	Total averías	515	2,4	262	9,7	368	8,9	134	18,1	259	66,8	205	63,5
Mantenimiento	Fuentes de energía	145	0,7	47	1,7	34	0,8	8	1,1	0	0	1	0,3
	Equipo terminal	72	0,3	709	26	325	7,8	15	2,0	0	0	0	0
	Equipo generador de frecuencias	131	0,6	59	2,2	34	0,8	12	1,6	10	2,6	9	2,7
	Líneas	29	0,1	53	1,9	9	0,2	21	2,8	0	0	12	3,7
	Total mantenimiento	377	1,7	858	31,8	402	9,6	56	7,5	10	2,6	22	6,7
Trabajos	En las fuentes de energía	56	0,3	406	14,9	2404	57,2	265	35,8	0	0	1	0,3
	En cables	0	0	1	0	2	0,1	9	1,2	3	0,8	0	0
	Otros trabajos	840	4	29	1,1	19	0,5	42	5,7	1	0,3	4	1,2
	En la estación	428	2	41	1,5	35	0,9	36	4,9	2	0,5	1	0,3
	Total trabajos	1324	6,3	477	17,5	2460	58,7	352	47,6	6	1,6	6	1,8
Causa indeterminada		18834	89,6	1108	41,0	959	22,8	198	26,8	112	29	90	28
Total		21050	100	2715	100	4199	100	740	100	387	100	323	100

Suplemento N.° 4.3

CARACTERÍSTICAS DE CIRCUITOS INTERNACIONALES ARRENDADOS DE TIPO TELEFÓNICO

Es probable que un circuito internacional arrendado entre puntos fijos con los valores menos favorables para todos los límites admisibles tenga las características que se indican a continuación. En circuitos de estructura menos compleja, los valores pertinentes pueden modificarse en numerosos casos aplicando un factor de proporcionalidad apropiado.

1. *Distorsión de atenuación*

Para poder evaluar con seguridad la distorsión de atenuación que es probable que tenga en la práctica un circuito mundial arrendado de longitud máxima entre abonados, es indispensable conocer o evaluar la distorsión debida a los elementos principales de dicho circuito. Tales elementos son los siguientes:

1.1 *Dos líneas de abonado*

La longitud media de una línea de abonado está probablemente comprendida entre 0,8 y 2,4 km (0,5 y 1,5 millas); en el caso de cables de pares no cargados, de diámetros frecuentemente heterogéneos, introduce una atenuación de 4 a 5 dB (4,6 a 5,8 dNp), por ejemplo, a 1600 Hz. Las línea más largas se establecerán probablemente en cables de pares cargados.

1.2 *Dos circuitos de enlace*

Estos circuitos conectan la central urbana al centro interurbano; se establecen normalmente en cables de pares, cargados o no, y cada uno de ellos introduce una atenuación comprendida entre 3 y 6 dB (3,5 y 7 dNp) a 1600 Hz. En ciertos casos, estos enlaces se establecen en sistemas de transmisión para cortas distancias, con multiplaje por distribución de frecuencia o con modulación por impulsos codificados.

La figura 1 representa la característica atenuación de inserción/frecuencia entre resistencias de 600 ohmios de un cable de pares no cargados, calculado de modo que introduzca una atenuación de 19 dB (22 dNp) en 1600 Hz. Este valor de 19 dB (22 dNp) se distribuye como sigue:

- dos líneas medias de abonado, 4,5 dB cada una = 9 dB,
- dos circuitos medios de enlace, 5 dB cada uno = 10 dB.

La figura 1 muestra también la distorsión de atenuación no compensada de un cable no cargado de 50 millas (80 km) (20 lb, calibre 19; 0,9 mm, 88 mH, 2000 yardas, 1,818 km, 0,066 μF/milla, 41 nF/km).

1.3 *Cadena de circuitos en cuatro hilos encaminados por 12 secciones de corrientes portadoras*

La Comisión de estudio XV opina que la característica atenuación/frecuencia de una cadena de 12 secciones de corrientes portadoras con un par de equipos de modulación de canal de 4 kHz conforme con lo dispuesto en la Recomendación G.232[1], debe ser la siguiente:

---

[1] *Libro Blanco*

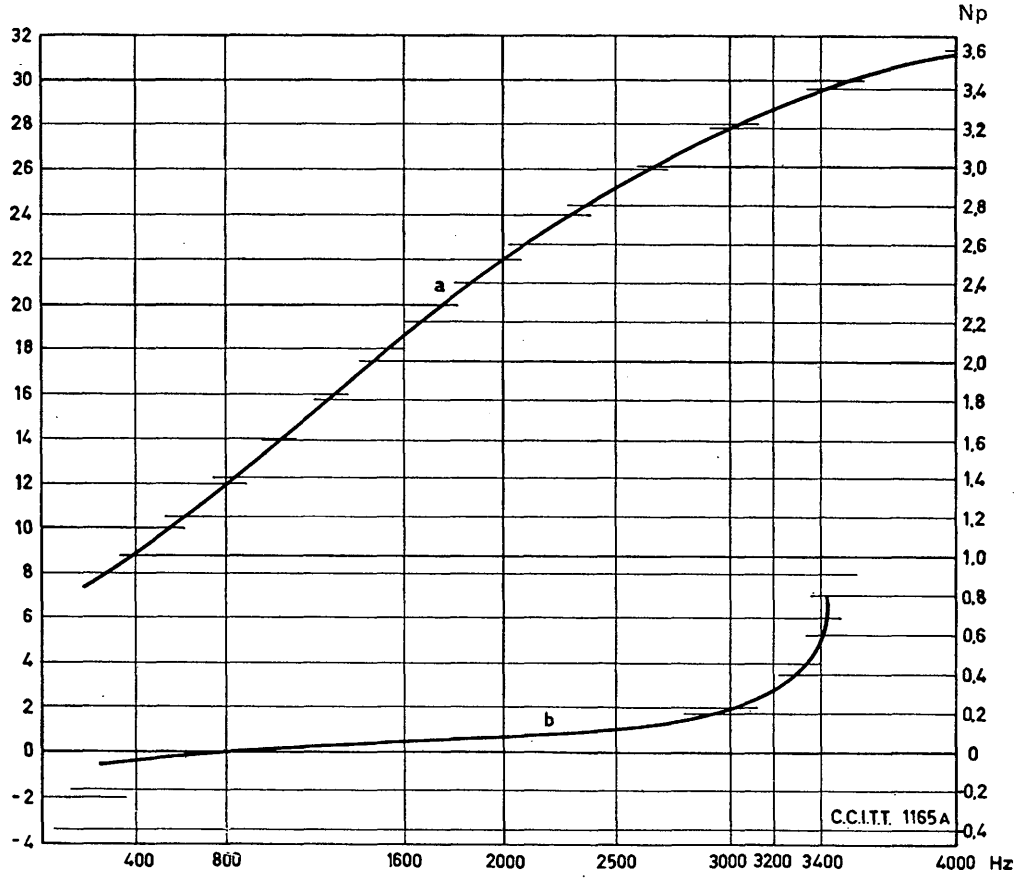
Gama de frecuencias (Hz)	Gama de atenuaciones con relación a 800 Hz
Inferior a 400	Como mínimo igual a −2,2 dB (−2,5 dNp) sin otra especificación
400-600	+4,3 a −2,2 dB (+5 a −2,5 dNp)
600-2400	+2,2 a −2,2 dB (+2,5 a −2,5 dNp)
2400-3000	+4,3 a −2,2 dB (+5 a −2,5 dNp)
3000-3200	+8,7 a −2,2 dB (+10 a −2,5 dNp)
Superior a 3200	Como mínimo igual a −2,2 dB (−2,5 dNp) sin otra especificación

En ciertas secciones de circuitos internacionales de gran longitud, se utilizan equipos de modulación de canal con una separación de 3 kHz, de modo que no se transmite ninguna señal por encima de 3100 Hz. Además, estas secciones de circuitos comprenden a veces tres pares de equipos de modulación de canal.

La atenuación nominal a 800 Hz de la cadena de 12 secciones entre los puntos en dos hilos de los equipos de terminación instalados en las centrales interurbanas terminales no está especificada, pero podría ser del orden de 10 dB (12 dNp) para una desviación típica del orden de 3 a 4 dB (3,5 a 4,6 dNp).

2. *Tiempo de propagación de grupo y distorsión del tiempo de propagación de grupo*

Tomando como base los valores típicos comunicados por las Administraciones, la Comisión de estudio XV ha evaluado la característica combinada de tiempo de propagación de grupo de los equipos de modulación



a = dos veces la atenuación de inserción entre resistencia de 600 ohmios para 12,8 km de cable no cargado (20 lb; calibre 19; 0,9 mm); la atenuación en 1600 Hz es de 19 dB (22 dNp).

b = atenuación no corregida para 80 km de cable cargado con relación a la atenuación en 800 Hz (88 mH; 1,818 km; 20 lib. calibre 19,09 mm; 0,066 μF/milla, 41 nF/km).

FIGURA 1. — **Características de circuitos en cables cargados o no**

de canal de una cadena formada por 12 secciones de circuitos de corrientes portadoras. Esta característica y la característica correspondiente a una longitud de 80 km (50 millas) de cable cargado se indica en el cuadro siguiente:

Frecuencia (Hz)	Tiempo de propagación de grupo (ms)	
	12 pares de equipos de modulación de canal	80 km (50 millas) de cable cargado [a]
300	50	4,5
400	35	4
2000	14	4
3000	22	5,5
3400	41	6

[a] 20 lb, calibre 19 (hilos americanos) 0,9 mm; 88 mH/2000 yardas; 1,818 km; 0,066 μF/milla, 41 nF/km

La distorsión de tiempo de propagación de grupo inducida por cables de pares no cargados suele ser despreciable comparada con los valores de tiempo de propagación de grupo indicados en el cuadro precedente.

Por ello, la distorsión de tiempo de propagación de grupo de un circuito mundial arrendado es probablemente del orden de 36 a 38 ms en 300 Hz, y de 27 a 35 ms en 3400 Hz; el valor superior corresponde a la presencia en el circuito de 320 km (200 millas) de cables cargados sin igualación.

Se puede, pues, evaluar el valor absoluto del tiempo de propagación de grupo a 800 Hz aproximadamente para una comunicación determinada, a base de los elementos siguientes:

Sistemas nacionales

El tiempo de propagación de grupo hasta el abonado más distante no debe probablemente exceder de:

12 + (0,0064 × distancia en millas) ms
12 + (0,004 × distancia en kilómetros) ms.

Circuitos internacionales

1) En los cables terrestres, y en los cables submarinos, se toma como base una velocidad de propagación de 160 km/ms (100 millas/ms);

2) *Satélites* (un solo tramo)
Satélite de altitud media - altitud media 14 000 km (8750 millas): 110 ms.
Satélite de gran altitud - altitud media 36 000 km (22 5000 millas): 260 ms.

3. *Amplitud de los ecos que acompañan a la señal de datos*

El anexo 1 al tomo III del *Libro Azul* contiene una evaluación de la estabilidad de la cadena de circuitos en cuatro hilos de una comunicación mundial. El método de cálculo descrito en ese anexo puede servir para evaluar la magnitud del primer eco, para la persona que escucha, que acompaña a la señal en el receptor de datos en un circuito arrendado con una prolongación en dos hilos hasta el local del abonado. En primera aproximación el valor de la relación señal/primer eco para la persona que escucha, medida en el centro terminal interurbano que dé servicio al receptor de datos, será igual al doble de la estabilidad [1] de la cadena de circuitos en cuatro hilos, en el supuesto de que las atenuaciones de equilibrado de los dos equipos de terminación sean básicamente iguales y constituyan las principales fuentes de eco.

En estas condiciones, la distorsión de atenuación sufrida por la señal de eco es función, no sólo de las atenuaciones de las secciones de circuito, sino también de las características de atenuación de equilibrado de los dos equipos de terminación. A este respecto, es importante señalar que los peores valores de atenuación de equilibrado se presentan por lo general en los límites de la banda de frecuencias telefónicas, fuera de la banda de frecuencias que interesa normalmente para las transmisiones de datos. Puede suponerse, en consecuencia, que

[1] El valor "doble de la estabilidad" es numéricamente igual a la magnitud llamada "atenuación en bucle" (símbolo M) en el anexo 1 al tomo III del *Libro Azul*.

el valor de la atenuación de equilibrado es mayor que el de la atenuación de equilibrado para la estabilidad, y que se acerca quizás al de la atenuación de equilibrado para el eco, aunque este último esté más estrechamente ligado al efecto subjetivo del eco en los usuarios del teléfono.

4. *Ruido térmico y ruido de intermodulación* (silbido)[1]

La Recomendación G.222 indica los objetivos de potencia de ruido en un punto de nivel relativo cero para un circuito ficticio de referencia internacional de corrientes portadoras, de 2500 km de longitud, establecido mediante sistemas de cable o de relevadores radioeléctricos. En las Recomendaciones G.311, G.444 y G.445 se indican otros objetivos de ruido para circuitos en líneas de hilo aéreo, en sistemas por dispersión troposférica y en sistemas de telecomunicaciones por satélite.

Se indican objetivos para la potencia media en una hora, para la potencia media en un minuto y para la potencia de ruido integrada en un periodo de 5 ms. Los objetivos para la potencia media de ruido en un minuto y para la potencia integrada en un periodo de 5 ms conciernen particularmente a los sistemas de relevadores radioeléctricos, mientras que la media en una hora basta por sí sola para describir los sistemas de cable con multiplaje por distribución de frecuencia.

Conviene señalar que los periodos mencionados (hora, minuto, 5 ms) se relacionan con el método de medida o de cálculo. En el caso particular de los sistemas de relevadores radioeléctricos, el C.C.I.R. estima que el alto nivel de ruido atribuido a los fenómenos de propagación (desvanecimiento, por ejemplo) se caracteriza por una duración de algunos segundos o décimas de segundo, y que el elevado ruido debido a otras causas (por ejemplo, chasquidos causados por la alimentación y por los órganos de conmutación) puede reducirse a proporciones despreciables concibiendo de modo adecuado los sistemas de relevadores radioeléctricos.

En el caso de circuitos de longitud inferior a 2500 km, se puede suponer, sin grave riesgo de error, que la magnitud de las potencias medias de ruido en una hora y en un minuto es directamente proporcional a la longitud del circuito. En el caso de la potencia integrada de ruido en 5 ms, es la incidencia la que se puede considerar proporcional a la longitud, (es decir, el porcentaje para un mes o para una hora).

En la Recomendación G.125 se indican objetivos provisionales de ruido para circuitos muy cortos establecidos en sistemas de corrientes portadoras, y en la Recomendación G.153 los relativos a circuitos de longitud muy superior a 2500 km. Estos objetivos los estudia la Comisión de estudio especial C.

Puede ser interesante señalar que los objetivos indicados en la Recomendación G.222 son apropiados para los sistemas de señalización telefónica existentes, así como para la telegrafía armónica con modulación de frecuencia a 50 baudios. La telegrafía armónica con modulación de amplitud a 50 baudios es mucho más sensible al ruido, y la Recomendación G.442 indica un objetivo mucho más riguroso para la potencia integrada de ruido en 5 ms.

5. *Ruido impulsivo* (chasquidos y ruidos sordos)

Cuantitativamente, se sabe poco sobre el ruido impulsivo en las secciones de circuitos internacionales. La Comisión de estudio especial C ha especificado recientemente un aparato de medida apropiado para el ruido impulsivo. A título informativo, impulsos de valor igual al valor máximo de una sinusoide con un nivel de potencia de −30 dBm0 (35 dNm0) no son raros en los canales de los modernos sistemas de corrientes portadoras. Los impulsos de nivel superior son proporcionalmente más numerosos.

6. *Señales perturbadoras en frecuencias discretas* (silbidos)

Cuando se encaminan grupos primarios de 16 canales por secciones de grupos primarios establecidas en sistemas con multiplaje por distribución de frecuencia basados en frecuencias portadoras virtuales con separación de 4 kHz, hay que desplegar a veces esfuerzos especiales para reducir a un nivel aceptable los "silbidos" que se producen en 1 kHz y en 2 kHz.

[1] Las referencias indicadas en este punto corresponden al tomo III del *Libro Azul.*

7. *Interrupciones breves*

El Suplemento N.º 4.2 contiene los resultados de una serie reciente de mediciones de las interrupciones en los circuitos internacionales. En primera aproximación, puede considerarse que la frecuencia de las interrupciones es proporcional a la longitud del circuito. Sin embargo, no pueden razonablemente producirse interrupciones de este tipo en las secciones de circuito por cable submarino o por satélite.

8. *Variaciones bruscas de fase*

En los sistemas con multiplaje por distribución de frecuencia, se producen a menudo variaciones bruscas de fase cuando se cambia un sistema de alimentación de corrientes portadoras. Pueden producirse entonces todas las variaciones posibles entre 0° y 180°. Probablemente, esas variaciones de fase van siempre acompañadas de una interrupción breve, que es prácticamente imposible de distinguir.

9. *Frecuencias laterales parásitas debidas a la alimentación* (zumbido de red en la frecuencia portadora)

Una de las causas de este fenómeno es la presencia de señales parásitas a la frecuencia de la red para la alimentación de corrientes portadoras (se observan asimismo armónicas y subarmónicas de la frecuencia de alimentación). Los valores de la relación señal/frecuencia lateral suelen estar comprendidos en la gama de 45 a 55 dB (52 a 63 dNp) por circuito, aunque se han observado relaciones mucho menores. Este problema debe estudiarse a lo largo del presente periodo.

10. *Error de frecuencia*

Se estima que un circuito compuesto de 12 secciones, cada una de las cuales es encaminada por un grupo primario, introduce un error de frecuencia de un valor medio de 0 Hz y una desviación de 1,1 Hz con relación a este valor medio. Si se supone una distribución normal de los errores, se puede evaluar la probabilidad de un valor determinado de error.

Es lógico suponer que los circuitos de estructura menos compleja introducen una menor probabilidad de error de frecuencia. En el caso de un circuito de no más de tres secciones encaminadas por sistemas de corrientes portadoras, el error máximo no debiera exceder de ± 2 Hz.

11. *Distribución no lineal*

11.1 *Sistemas de multiplaje por distribución de frecuencia*

Los productos de intermodulación que se originan en la banda de frecuencias transmitida de los sistemas de multiplaje por distribución de frecuencia suelen tener un nivel muy reducido si el nivel total de potencia de la señal compuesta es bastante más bajo que el punto de sobrecarga de los canales.

11.2 *Sistemas con modulación por impulsos codificados*

La transmisión en línea con modulación por impulsos codificados se caracteriza por el hecho de que las señales sinusoidales van acompañadas de productos de intermodulación de nivel algo superior al de los productos del mismo tipo observados en los circuitos clásicos de corrientes portadoras con multiplaje por distribución de frecuencia, y, por supuesto, muy superior al de los productos de intermodulación observados en los circuitos de pares metálicos de baja frecuencia. El valor real de la relación señal/distorsión de un sistema con modulación por impulsos codificados es función del número de cifras de codificación, de la ley de comprensión y de expansión y del nivel de la señal. En el caso de los sistemas actualmente en explotación y en estudio, se puede obtener una relación máxima señal/distorsión de unos 30 dB (35 dNp), en una gama de niveles de señal comprendida entre 0 y 30 dBm0 (0 y 35 dNm0). En los niveles inferiores o superiores a esta gama, el valor de la relación señal/distorsión disminuye rápidamente hasta un nivel que se suele situar en 10 dB (12 dNp). Los productos de distorsión son de tipo 2A, A + B y 2A − B. En los circuitos internacionales arrendados, puede haber dos circuitos de esta naturaleza y, en casos excepcionales, cuatro, a menos que se tomen medidas de encaminamiento particulares para evitar su inserción.

Suplemento N.º 4.5

INSTRUCCIONES SOBRE LAS FUTURAS MEDICIONES DE LA CALIDAD DE TRANSMISIÓN DE COMUNICACIONES COMPLETAS Y LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

1. *Establecimiento de las comunicaciones*

a) Las comunicaciones deben establecerse de preferencia entre aparatos telefónicos de servicio instalados en centrales urbanas. De este modo, se reduce al mínimo la longitud de la línea de abonado y se evita el reembolso de las llamadas. Una vez establecida la comunicación, se desconectan los aparatos telefónicos y se reemplazan por el aparato de medida apropiado (véase en el punto 7 un montaje posible de los aparatos de medida).

b) Las comunicaciones de prueba deben establecerse del mismo modo que las comunicaciones ordinarias. Por ejemplo, en una relación semiautomática hay que pasar por una operadora. En este caso, la comunicación de prueba se ajustará exactamente a los procedimientos normales de explotación de la Administración de que se trate.

Las características de las conexiones entre pupitres de prueba, jacks de medida de las estaciones de repetidores, etc. no son de mucha utilidad y se hará por tanto caso omiso de ellas.

c) En ciertos casos, la operadora encargada de establecer una comunicación internacional de salida pide al abonado que llama que cuelgue y le señala que le llamará una vez establecida la conexión con la estación deseada. Esto significa que en una comunicación de este tipo la totalidad o una parte de la prolongación nacional del país de salida comprenderá circuitos nacionales explotados en la dirección de llegada. Tales comunicaciones se denominan "comunicaciones revertidas" y requieren una indicación (véase el punto 6).

d) Ciertas comunicaciones pueden establecerse a través de una ruta alternativa o de una ruta de desbordamiento que comprenda centros *internacionales* intermedios por los que no pase la ruta directa. Sin embargo, es poco probable que se dé este caso con la suficiente frecuencia para comprometer gravemente la precisión de los análisis ulteriores si pasa inadvertido, por lo que no es necesario tenerlo en cuenta.

e) Debiera ser posible constituir uno o dos equipos de personas, eventualmente que posean idiomas extranjeros, que se desplacen por el país para efectuar comunicaciones internacionales de prueba en diversos puntos del territorio. Convendría, evidentemente, que esos equipos volantes solicitaran siempre el mismo o los dos mismos aparatos de servicio en cada uno de los países con los que hubieran de corresponder. Se evitaría así prever reglas permanentes complicadas para asegurar la cooperación internacional con un gran número de ubicaciones en un país determinado.

f) Una vez establecida la comunicación entre el equipo volante que haga la llamada, y los aparatos especialmente equipados para recibirla, el equipo volante puede indicar al equipo fijo el número del aparato que utiliza, y se pueden medir fácilmente las conexiones establecidas en el sentido inverso. De este modo, no es necesario señalar por anticipado los números telefónicos que emplearán los equipos volantes.

g) No hace falta recurrir al personal de los centros internacionales o de las estaciones de repetidores, pero no hay que pasar por alto el papel que como intérprete puede desempeñar. Puede ser útil establecer por separado la comunicación con el centro internacional cuando su asistencia sea necesaria. En consecuencia, conviene informar a los centros internacionales de que se hacen pruebas de comunicaciones completas, a fin de que puedan cooperar de ser preciso. No debiera ser necesario, por lo común, que el centro internacional intervenga en la comunicación medida, a menos que se produzca una avería.

h) Las Administraciones que acepten recibir llamadas de prueba deben ponerse en contacto con las Administraciones con las que les sea fácil colaborar (idioma común, husos horarios idénticos o convenientes y circuitos y relaciones de interés común), y comunicar los números nacionales de los aparatos de servicio que estarán equipados con los aparatos de medida necesarios y con los cuales se podrán efectuar pruebas durante las horas laborables convenidas. Las centrales en que se hallen los aparatos de servicio elegidos deberán efectuar, en la medida de lo posible, encaminamientos de diferente complejidad hacia el centro internacional. Se obtendrá así una muestra de las principales clases de prolongaciones nacionales. La Comisión de estudio IV notificará el periodo para el que se organice un programa coordinado de comunicaciones de prueba.

Tales programas no influyen para nada en las mediciones análogas que las Administraciones deseen efectuar entre sí en cualquier momento, pero los resultados de éstas no se comunicarán al relator. Llegado el caso, se podría transmitir un análisis sencillo de estas mediciones a la Secretaría del C.C.I.T.T. para que lo ponga en conocimiento de la Comisión de estudio interesada.

i) Se medirán de ser posible muestras de comunicaciones completas en las que intervengan diferentes prolongaciones nacionales.

j) No es necesario tener en cuenta las tendencias del tráfico en los diferentes tipos de mediciones con prolongaciones correspondientes a los diversos grados de complejidad de las comunicaciones.

2. *Averías*

Cuando se compruebe claramente una avería importante en una comunicación, el país de salida consignará la avería en el formulario relativo a las comunicaciones de salida. Como es natural, convendrá tomar las medidas necesarias para su rápida reparación.

3. *Concentradores de líneas*

Las comunicaciones establecidas en circuitos internacionales por medio de concentradores de líneas (como los CELTIC o TASI) están sujetas a atenuaciones variables mientras el concentrador reasigna los canales.

Hay que adoptar disposiciones y métodos especiales (descritos en el punto 8) para evitar la aparición de este fenómeno.

Para obtener datos sobre la incidencia en la atenuación medida a 800 Hz, convendría aprovechar una o dos ocasiones para observar el efecto de una interrupción deliberada del tono de prueba y del tono de guarda (véase el punto 8). Por supuesto, tales pruebas sólo son válidas si se efectúan durante el periodo cargado de la ruta internacional de que se trate.

4. *Impedancia del aparato de medida*

La impedancia de los aparatos de medida debe ser la utilizada normalmente por la Administración.

Si la impedancia empleada no es igual a 600 ohmios, la Administración debe comunicar los resultados obtenidos con el montaje experimental normal. Las pruebas prácticas han demostrado que la presencia de impedancias de valores normales diferentes tiene un efecto despreciable.

Conviene que la otra Administración que participe en las pruebas conozca la impedancia terminal utilizada para las mediciones.

5. *Parámetros que deben medirse o calcularse*

Hay que medir o calcular los siguientes parámetros:

a) El equivalente en los dos sentidos de transmisión, en el mayor número posible de las frecuencias siguientes: 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1400, 2000, 2400, 3000 y 3400 Hz;

b) Siempre que se pueda, la distorsión de tiempo de propagación de grupo. Esta medición sólo puede hacerse si las dos Administraciones disponen de aparatos compatibles para medir el tiempo de propagación de grupo;

y, en ambos extremos de la comunicación:

c) El nivel de la potencia de ruido (uniforme) no ponderado;

d) El nivel de la potencia de ruido con ponderación sofométrica (no se pide el valor de la fuerza electromotriz sofométrica);

e) La potencia de ruido en una banda limitada por medio de un filtro de las siguientes características:

ATENUACIÓN DE INSERCIÓN, ENTRE IMPEDANCIAS DE 600 OHMIOS, DEL FILTRO AUXILIAR QUE DEBE EMPLEARSE EN COMBINACIÓN CON LA PARTE VOLTÍMETRO DE UN SOFÓMETRO PARA LIMITAR LA BANDA DURANTE LAS MEDICIONES DE RUIDO

(véase la nota 1)

Gama de frecuencias (Hz)	Atenuación de inserción con relación a la atenuación a 800 Hz (nota 2)
Por debajo de 600	Aumenta (cuando disminuye la frecuencia a partir de 600 Hz) a razón de 18 dB/octava aproximadamente
600	3 dB (valor nominal)
600-750	Disminución regular sin otra especificación
750-2300	0 ± 1 dB
2300-3000	Aumento regular sin otra especificación
3000	3 dB (valor nominal)
Por encima de 3000	Aumenta (cuando la frecuencia aumenta a partir de 3000 Hz) a razón de 18 dB/octava aproximadamente

Nota 1.– Cuando no se utiliza un sofómetro, conviene emplear la parte "voltímetro" del medidor nacional de ruido.

Nota 2.– La atenuación de inserción debe medirse entre impedancias iguales a la impedancia nominal de los aparatos de medida utilizados en la red local. En ciertos países, este valor es diferente de 600 ohmios, por ejemplo, 900 ohmios.

f) Siempre que sea posible, el nivel de ruido impulsivo se medirá con el aparato especificado en la Recomendación V.55, durante un periodo de 15 minutos, con un umbral ajustado en −18 dBm0, es decir 18 dB inferior al nivel recibido cuando se aplica el generador normal, en el lado transmisión, en la frecuencia de referencia (800 Hz o 1000 Hz). El instrumento deberá utilizarse en la posición "banda uniforme", con un "tiempo muerto" de 125 ms.

6. *Realización de las mediciones y presentación de los resultados*

a) *Unidad que debe emplearse*

En el supuesto de que el relator disponga de un computador para el análisis de los resultados de medida que se le transmitan, éstos podrán expresarse en cualquiera de las unidades indicadas a continuación a condición de que se especifique claramente la unidad elegida. No deben emplearse unidades distintas de las siguientes:

— Señales de medida: dBm, dNm, Nm,
— Ruido no ponderado (uniforme) y de banda limitada: dBm, dNm, Nm, mV(pd), dBrn,
— Ruido ponderado sofométricamente: dBmp, dNmp, Nmp, mVp(pd), dBrnC.

(En caso de valores expresados en mV(pd) y en mVp(pd), se indicará la impedancia de los aparatos de medida).

Se aconseja expresar los resultados en dBm en lugar de dNp o mV. (Véase la Recomendación B.4 del tomo I del *Libro Blanco.*)

El nivel de las señales de medida debe expresarse por medio de tres cifras significativas, y el de las potencias de ruido mediante dos cifras significativas.

La distorsión del tiempo de propagación de grupo debe expresarse en ms.

Las distancias deben expresarse en km.

b) *Puntos de medida*

Los únicos niveles de señal que hay que consignar son los aplicados o medidos en los puntos de prueba o en el extremo de la comunicación completa.

c) *Valores que hay que registrar*

Los niveles de potencia de ruido que hay que presentar son los efectivamente medidos en los puntos indicados. No hay que tratar de referirlos a otros puntos.

d) *Intercambio de datos*

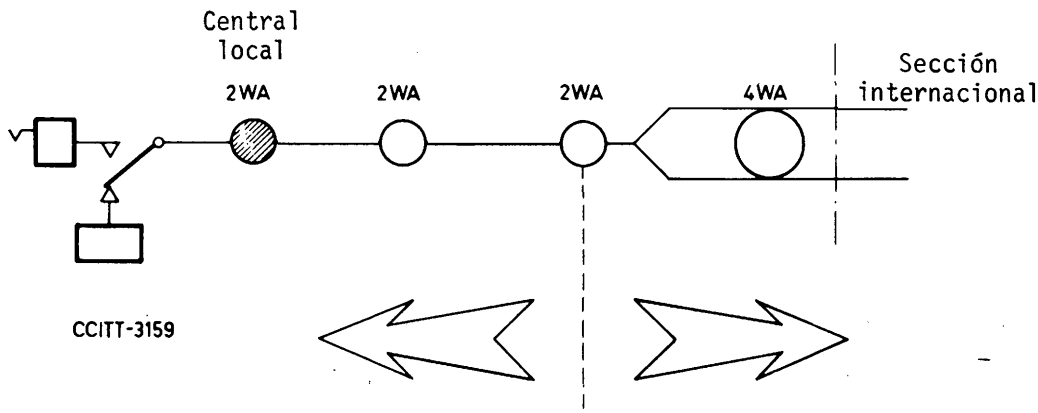
Al efectuar la medición, todas las partes interesadas deben comunicarse recíprocamente sus resultados de medida en las unidades que hayan utilizado. Por lo tanto, todas ellas deben disponer de formularios análogos a los del C.C.I.T.T., que permitan el empleo de diversas unidades.

e) *Información de encaminamiento*

El esquema adjunto al formulario de medida debe completarse para cada comunicación de prueba. Es inútil indicar en detalle la estructura de la prolongación nacional, y no hace falta conocer el número del circuito utilizado entre las centrales nacionales; en cambio, debe señalarse la estructura general del encaminamiento, por ejemplo, el hecho de que la comunicación ha sido establecida por un centro primario de conmutación en dos hilos (2 W) y luego por un centro secundario de conmutación en cuatro hilos (4 W). Conviene hacer uso de las letras A y M para indicar, respectivamente, una central telefónica automática o una central manual. Se darán todos los datos que se posean sobre la naturaleza de los sistemas de transmisión empleados, aunque se comprende que ello no será posible en general.

f) *Comunicaciones revertidas*

Conviene indicarlas en los formularios por medio de flechas, como en el ejemplo siguiente, en que se ve que una comunicación ha sido "invertida" en un centro manual intermedio en dos hilos (2 M).



g) *Caso en que establecen varias comunicaciones de prueba entre los mismos puntos*

Cuando se establezcan varias comunicaciones de prueba entre los mismos puntos, se presentarán por separado los resultados relativos a cada una de ellas. Se utilizará un número de serie para distinguir esas comunicaciones, por ejemplo:

Londres (GB) 4323891 — Milán (I) 867433

comunicación N.º 2 de una serie de tres comunicaciones.

Para designar los países participantes se emplearán siempre los códigos del Programa de mantenimiento periódico.

h) *Responsabilidad de la presentación de los resultados al relator*

El país en que se origine la comunicación debe presentar los resultados de medida obtenidos para ambos sentidos de transmisión, en las unidades indicadas en el punto a), mediante el formulario para las comunicaciones de salida. Se completará el esquema de encaminamiento para indicar la sección nacional, la sección internacional y, en su caso, los centros internacionales de tránsito.

El país que recibe la comunicación presenta un formulario para comunicaciones de llegada indicando su propia sección nacional en el esquema de encaminamiento completado, y los resultados de medida para los dos sentidos de transmisión. Estos resultados serán muy útiles para verificar si los formularios para las comunicaciones de salida contienen errores flagrantes, debidos quizás a problemas de idioma entre los técnicos encargados de las mediciones.

Se facilitaría mucho el trabajo del relator si los formularios relativos a las comunicaciones de salida se imprimiesen en papel blanco, y los relativos a las comunicaciones de llegada en papel de color. En el ángulo superior derecho de los formularios para las comunicaciones de salida se indicará el nombre del país (véanse los formularios más adelante). En los formularios para las comunicaciones de llegada, se preverá también un espacio para el nombre del país de origen (véanse los formularios más adelante).

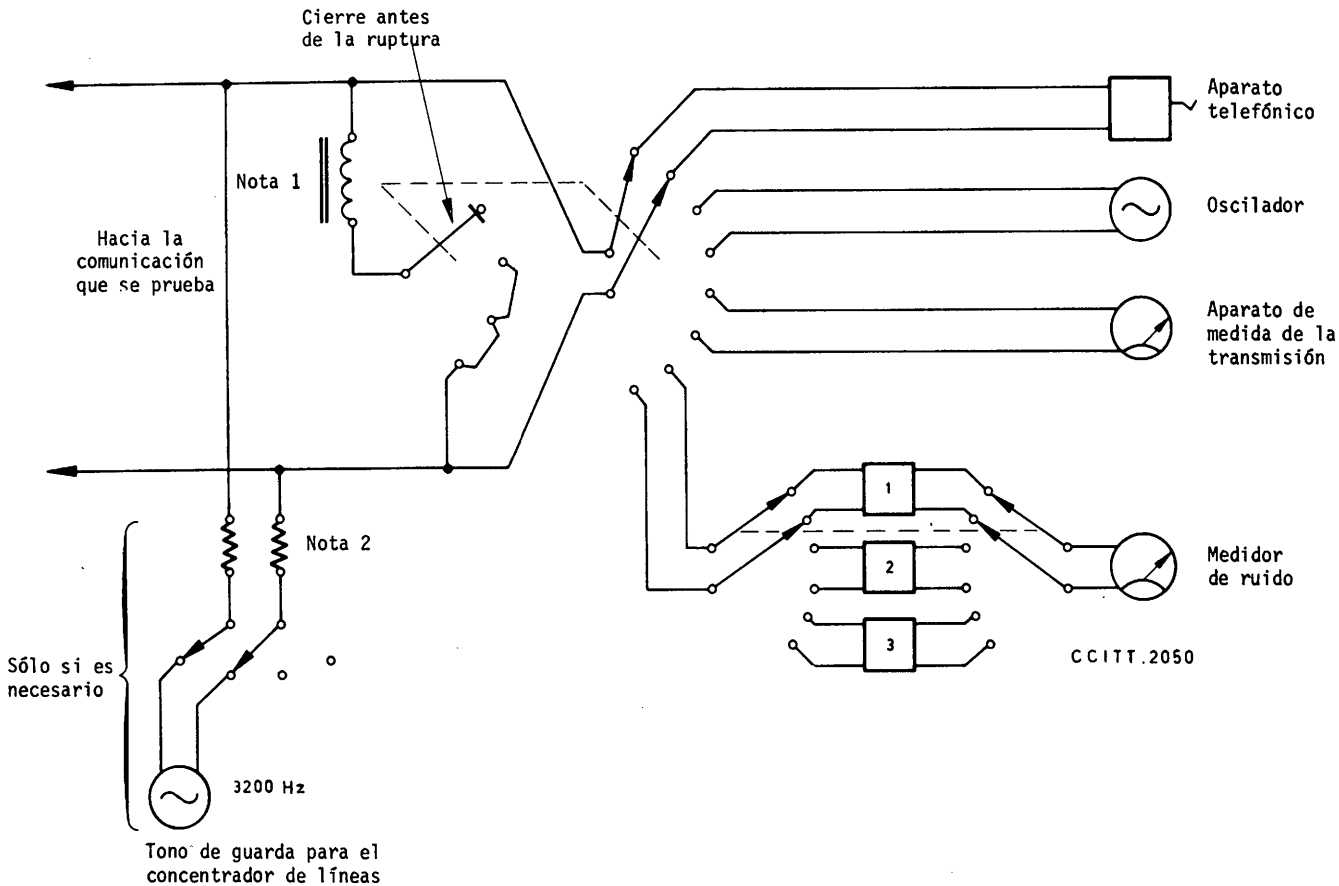
Para que el relator pueda agrupar correctamente cada par de formularios correspondientes a una comunicación medida, es de suma importancia que se faciliten los datos siguientes: fecha, hora universal (T.M.G.) y hora local. Es esencial que los formularios enviados al relator por cada país sean idénticos. Conviene utilizar formularios similares a los reproducidos más adelante. Si la presentación es uniforme para todos los países, el relator podrá comprender, sin necesidad de traducirlos, los datos en idiomas extranjeros. Los formularios no contienen espacios para la inscripción de resultados de medida de la distorsión de tiempo de propagación de grupo. Los países que puedan hacer esas mediciones deberán agregar una hoja al respecto en el formulario para las comunicaciones de salida (o de llegada), con una llamada que remita a la comunicación de prueba. Hay que indicar claramente la frecuencia de referencia utilizada para medir la distorsión de tiempo de propagación de grupo.

7. *Ejemplo de montaje de medida*

La figura 1 ilustra un montaje apropiado para medir comunicaciones establecidas por conmutación. Los elementos marcados "sólo si es necesario" conciernen a las comunicaciones en que puedan intervenir concentradores de líneas, y que exijan montajes especiales y métodos particulares.

8. *Aparatos especiales y métodos particulares utilizables en las comunicaciones en que puedan intervenir concentradores de líneas*

a) Para evitar que un concentrador de líneas modifique la asignación de un canal durante las mediciones, se puede aplicar una señal de guarda de frecuencia elevada (3200 Hz) y de reducido nivel (—30 dBm o



Nota 1. — Bobina de retención de impedancia elevada. Por ejemplo 400 ohmios, 4,2 henrios; la impedancia se mantiene en presencia de una corriente continua apropiada (por ejemplo, 90 mA).

Nota 2. — El valor de estas resistencias y el del nivel a la salida del oscilador de 3200 Hz deben elegirse de manera que se pueda aplicar unos −30 dBm (−35 dBm) a la comunicación probada y que en la precisión de la medición de las señales recibidas y del ruido no influya una atenuación injustificada de puesta en derivación.

Redes de ponderación 1 = nivel uniforme 2 = ponderación telefónica 3 = limitación de banda

FIGURA 1. — **Ejemplo de un montaje de medida apropiado**

–35 dNm aproximadamente, por ejemplo, al final de una comunicación completa) para garantizar la retención del canal. Los elementos facultativos de la figura 1 muestran cómo se puede aplicar dicha señal.

b) En la práctica, la presencia del tono de guarda inyectado en un extremo no influye para nada en la precisión del nivel de las señales recibidas o del ruido medido en el otro extremo. En efecto, en la actualidad (1967), los canales de comunicación para concentradores de líneas los suministran equipos de modulación de canal con una separación de 3 kHz, y si la señal de guarda de 3,2 kHz llega al concentrador, no será transmitida por el canal de comunicación. Una consecuencia útil de esta situación es que es lógico suponer que si el tono de guarda se transmite por la totalidad de la conexión, ésta no incluye un concentrador. En tal caso, se puede suprimir la señal de guarda y hacer las pruebas normalmente.

c) La señal de guarda inyectada localmente puede no obstante tener graves repercusiones en las mediciones locales de ruido; en este caso hay que emplear el siguiente método especial:

i) Establecida la comunicación se inyecta el tono de guarda primero en un extremo y luego en el otro. Si en ninguno de los extremos se escucha este tono, ello significa que hay probablemente un concentrador de líneas; en caso contrario, es posible que en la comunicación no intervenga concentrador alguno;

ii) El extremo A sigue transmitiendo el tono de guarda, mientras que el extremo B lo interrumpe. Se puede medir entonces el ruido en B y la atenuación de A hacia B, toda vez que el tono de guarda transmitido por A asegura la continuidad del canal de A a B;

iii) El extremo A deja de transmitir el tono de guarda, que es transmitido por el extremo B. Se puede medir entonces el ruido en A y la atenuación de B hacia A, ya que el tono de guarda transmitido por B asegura la continuidad del canal de B a A. Este canal no será necesariamente el mismo que se utiliza en un principio al establecer la comunicación, pero este hecho carece de importancia.

9. *Formularios en los que se inscribirán los resultados*

a) Conviene recordar que estas pruebas pueden confiarse a veces a técnicos poco habituados a la colaboración internacional y, lo que es más importante, poco familiarizados con las unidades de transmisión utilizadas en otros países. Puede ocurrir, además, que dispongan sólo de los aparatos de prueba empleados en su país. Las instrucciones que se les den para inscribir los resultados deben ser, por lo tanto, lo más claras posibles, sin ambigüedad alguna; más adelante figura un ejemplo de este tipo de instrucciones.

b) Es también importante que los formularios de los dos extremos se presenten de manera análoga; más adelante se reproducen los formularios para las comunicaciones de salida y de llegada.

c) Se puede enviar al relator el mismo tipo de formulario, en papel blanco para las "comunicaciones de salida", y en papel de color para las "comunicaciones de llegada".

Dado que el relator puede convertir las diversas unidades de medida utilizadas, se le pueden enviar los formularios empleados por los técnicos que hayan hecho las pruebas[1]. El personal de la Administración interesada tendrá quizás que completar ciertas indicaciones de los formularios para las comunicaciones de salida, como longitud y encaminamiento de la sección internacional.

[1] O copias, pero no fotocopias, a fin de poder reconocer fácilmente por el color los formularios relativos a las comunicaciones de salida.

ANEXO

Ejemplo de las hojas de instrucciones que hay que dar a las personas encargadas de efectuar las pruebas

1. Indique cuidadosamente y con precisión la hora universal T.M.G., la HORA LOCAL y la FECHA.

2. Utilice un formulario blanco para cada una de las COMUNICACIONES DE SALIDA (en el cual usted será el país A) que pida (trátese o no de una llamada revertida). Utilice un formulario de color para cada una de las COMUNICACIONES DE LLEGADA que reciba. En este formulario usted será el país B. En el ángulo superior derecho del formulario para las COMUNICACIONES DE LLEGADA, escriba en el lugar apropiado el nombre del país del que emane la llamada.

3. Indique la naturaleza de la comunicación en el formulario para las COMUNICACIONES DE SALIDA, por ejemplo, manual, semiautomática (establecida por la operadora) o automática (establecida por el usuario).

4. Indique su frecuencia de referencia (800 Hz, 1000 Hz, por ejemplo) y averigüe la utilizada en el otro extremo.

5. Indique la impedancia de su aparato de prueba (por ejemplo, 600 ohmios, 900 ohmios) y averigüe la del aparato utilizado en el otro extremo.

6. Si al medir la atenuación en diversas frecuencias, pone usted en marcha un aparato de señalización con ayuda de una frecuencia dada, elija una frecuencia lo más cercana posible a la frecuencia indicada y enmiende el cuadro en consecuencia. Si tal elección es imposible, no haga mediciones a esa frecuencia.

7. Para medir el ruido, verifique primero si no se ha interrumpido la comunicación; luego, se mide el ruido en los extremos A y B simultáneamente por medio de un medidor de ruido (sofométrico), de la siguiente forma:

- sin filtro ni red de ponderación. Esta medición se denomina "de nivel uniforme" *(flat measurement)* ;
- con una red de ponderación telefónica. Esta medición se denomina "de nivel ponderado" *(weighted measurement);*
- con el filtro especialmente ideado para estas mediciones, con la red de ponderación telefónica fuera de circuito. Esta medición se denomina "de limitación de banda" *(band-limited measurement).*

Indique con toda exactitud las unidades utilizadas (por ejemplo, mV (pd), dBrnC, Nmp, dBmp, etc.) y cerciórense de las unidades utilizadas en el otro extremo. No hay que olvidar que un nivel de ruido expresado en dBrnC es una magnitud positiva (por ejemplo, +30 dBrnC), mientras que un nivel de ruido expresado en dBmp o en Nmp es generalmente una magnitud negativa (por ejemplo, −60 dBmp, −5,2 Nmp).

Los resultados de las mediciones "de nivel uniforme" y de "limitación de banda" se expresan en mV (pd), dBrn, dBm, Nm, etc. Los resultados de las mediciones "de nivel ponderado" se expresan en mVp (pd), dBrnC, dBmp, Nmp., etc.

La letra p indica una ponderación sofométrica; la letra C en "dBrnC" indica una ponderación telefónica tipo C.

8. Cuando exista la posibilidad de que el circuito comprenda concentradores de líneas (se le avisará de ello), conviene seguir el procedimiento siguiente:

"i) Establecida la comunicación, se inyecta el tono de guarda primero en un extremo mientras que el otro escucha, y luego en el otro (si en ninguno de los extremos se escucha este tono, ello significa que hay probablemente un concentrador de líneas[1]; en caso contrario es posible que en la comunicación no intervenga concentrador alguno);

[1] O un circuito internacional con un equipo de modulación para canales separados por 3 kHz. Se le informará de esta posibilidad.

ii) El extremo A sigue transmitiendo el tono de guarda, mientras que el extremo B lo interrumpe. Se puede medir entonces el ruido en B y la atenuación de A hacia B, toda vez que el tono de guarda transmitido por A asegura la continuidad del canal de A a B.

iii) El extremo A deja de transmitir el tono de guarda, que es transmitido por el extremo B. Se puede medir entonces el ruido en A y la atenuación de B hacia A, ya que el tono de guarda transmitido por B asegura la continuidad del canal de B a A. Este canal no será necesariamente el mismo que se utilizara en un principio al establecer la comunicación, pero este hecho carece de importancia".

9. Indique, si es posible, en la estructura general del encaminamiento, si la comunicación se hace en dos o en cuatro hilos y si se trata de una central manual o automática. Utilice las abreviaturas 4 WA, 2 WM, etc. Indique la longitud total aproximada de la prolongación nacional de la comunicación. Indique, si le resulta *fácil* hacerlo, el tipo y la longitud del sistema de transmisión. Utilice flechas para representar las llamadas invertidas.

10. En la parte reservada a las observaciones, señale todas las particularidades que haya podido comprobar, por ejemplo, variación, nivel de ruido elevado, etc. Si el circuito incluye un concentrador de líneas (CELTIC, TASI, etc.), indique aquí el efecto que produce la interrupción del tono de medida de 800 Hz. Se interrumpirá el tono de guarda y la medición se hará durante la hora cargada del circuito internacional.

11. Para medir la distorsión de tiempo de propagación de grupo... (Aquí la Administración deberá dar instrucciones para las mediciones y el registro de la distorsión del tiempor de propagación de grupo según el punto 6 h.)

COMUNICACIONES DE SALIDA DE LOS PAISES BAJOS[1]

Hora universal (T.M.G.) ..... Hora local ..... Fecha .....

A. Central y número en los Países Bajos[1] B. Central y número en el país de llegada

Comunicación N.º ..... de una serie de ..... comunicaciones

Establecida durante la ..... prueba

Tipo de la comunicación: manual/semiautomática/automática (establecida por la operadora) (establecida por el usuario)

Averías eventualmente observadas:

Medición del equivalente

Si un resultado no está disponible o no es necesario, se trazará una raya en la casilla correspondiente.

Sentido de la transmisión Nivel en la transmisión –0 dBm –0 Nm –1 mW	Indíquense los valores efectivamente medidos en los extremos de la comunicación dBm, Nm, etc. Especifíquense las unidades empleadas en cada extremo. De ser posible, se hará una medición a 800 Hz.											Impedancia del aparato de medida	
	200	300	400	600	800	1000	1400	2000	2400[2]	3000	3400	A	B
A ⟶ B													
B ⟶ A													

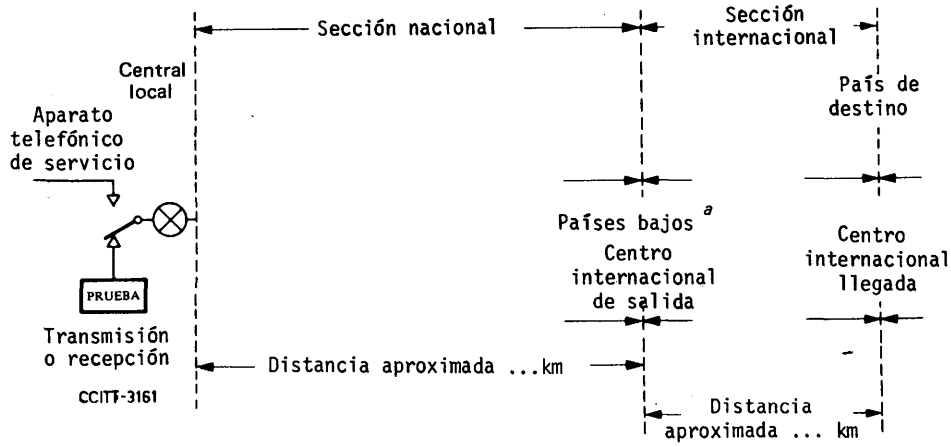
Frecuencias de referencia: A ..... Hz B ..... Hz

Medición del nivel de la potencia de ruido

Medición del ruido uniforme A ..... B .....
Mediciones ponderadas A ..... B .....
Mediciones de banda limitada A ..... B .....

Medición del ruido impulsivo (facultativo)

Número de crestas de ruido superiores a –18 dBm0 en 15 minutos: A ..... B .....



[1] A título de ejemplo únicamente.

[2] Si no se puede utilizar esta frecuencia se utilizará otra próxima, por ejemplo, 2500 Hz.

COMUNICACIONES DE LLEGADA A LOS PAÍSES BAJOS[1]

(Imprímase en papel de color)

Hora universal (T.M.G.)..... Hora local..... Fecha .....

A. Central y número del país de salida B. Central y número en los Países Bajos[1]

Comunicación N.º..... de una serie de ..... comunicaciones

Medición del equivalente

Si un resultado no está disponible o no es necesario, se trazará una raya en la casilla correspondiente.

Sentido de la transmisión Nivel en la transmisión –0 dBm –0 Nm –1 mW	Indíquense los valores efectivamente medidos en los extremos de la comunicación dBm, Nm, etc. Especifíquense las unidades empleadas en cada extremo. De ser posible, se hará una medición a 800 Hz.											Impedancia del aparato de medida	
	200	300	400	600	800	1000	1400	2000	2400[2]	3000	3400	A	B
A ⟶ B													
B ⟶ A													

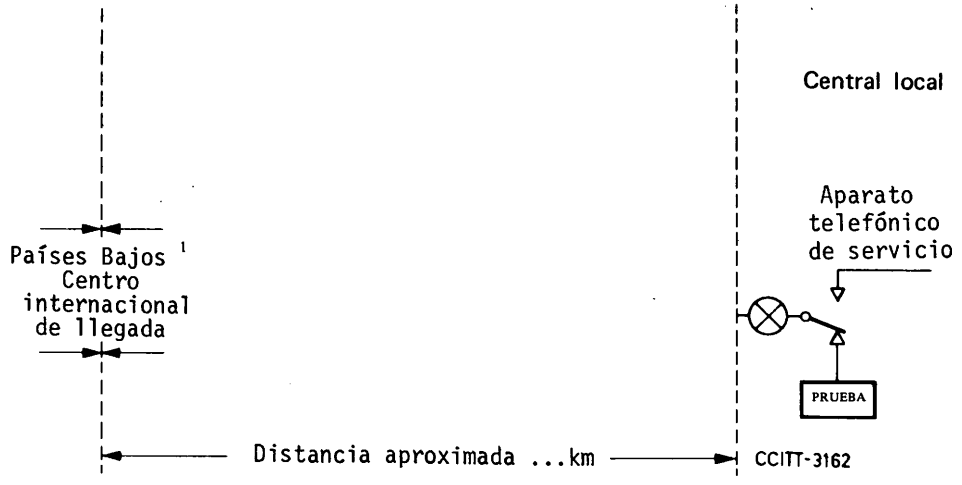
Frecuencias de referencia: A ..... Hz B ..... Hz

Medición del nivel de la potencia de ruido

Medición del ruido uniforme A ..... B .....
Mediciones ponderadas A ..... B .....
Mediciones de banda limitada A ..... B .....

Medición del ruido impulsivo (facultativo)

Número de crestas de ruido superiores a – 18 dBm0 en 15 minutos: A..... B .....



[1] A título de ejemplo únicamente.
[2] Si no se puede utilizar esta frecuencia se empleará otra próxima, por ejemplo, 2500 Hz.

Suplemento N.º 4.6

INSTRUCCIONES EN RELACIÓN CON FUTURAS MEDICIONES DE LA CALIDAD DE TRANSMISIÓN DE LOS CIRCUITOS NACIONALES DE PROLONGACIÓN (EXCLUIDAS LAS LÍNEAS DE ABONADO) Y CON LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1. *Consideraciones generales*

a) Esta es una cuestión puramente nacional que no requiere la colaboración internacional.

b) No es indispensable conocer detalladamente el encaminamiento seguido; es suficiente tener una idea general de la estructura de la prolongación nacional.

c) La presentación de estar relacionada con la configuración del tráfico. Se dan algunos ejemplos en el punto 6.

d) El sentido de curso del tráfico tiene, a menudo, repercusiones notables en la transmisión. Se pueden obtener indicaciones útiles sobre esta cuestión utilizando una prolongación nacional unas veces para la llegada y otras para la salida de una misma estación nacional de abonado, especialmente desde el momento en que hay abonados que tienen desde hace poco la posibilidad de marcar automáticamente sus comunicaciones interurbanas. En muchos casos, el centro de salida, (o la parte salida del centro existente) posee el nuevo equipo de central necesario, y facilita circuitos de salida suplementarios (a veces nuevos), mientras que el centro de llegada o su parte de llegada no es sino el centro existente, enlazado a la red existente y provisto de un equipo de llegada no modificado. En las comunicaciones nacionales, esto carece probablemente de importancia, ya que el centro de salida y el de llegada se hallan en el mismo país; en cambio, no es así en las comunicaciones internacionales.

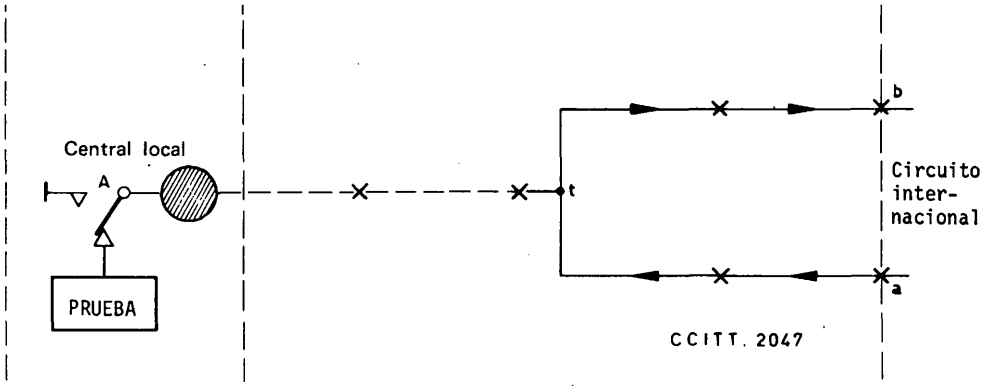
e) Es igualmente útil hacer mediciones en una comunicación establecida semiautomáticamente (con ayuda de una operadora), incluso cuando el abonado puede hacer sus llamadas directamente. En algunos casos, las operadoras se encuentran en una localidad que da servicio a varias centrales locales, y es muy útil comprobar que este procedimiento produce algunas veces una atenuación y una distorsión suplementarias. Cuando se requiere la ayuda de una operadora para establecer una comunicación, la transmisión debe ser la mejor posible.

f) No debe despreciarse el efecto de los supresores de eco en determinados circuitos nacionales cuando se mide el equivalente del trayecto a-t-b (véanse la figura 1 y el punto 2).

2. *Valores que deben medirse o calcularse*

Se medirán los siguientes valores:

- el equivalente y la distorsión de atenuación en los trayectos A-b y a-A: (véase la figura 1);
- la diferencia entre los equivalentes a 800 Hz de los trayectos A-b y a-A;
- la distorsión de tiempo de propagación de grupo (si es posible) de los trayectos A-b y a-A;
- la atenuación de inserción en el trayecto a-t-b (véase la figura 1) desde el punto de vista de la estabilidad y de los ecos;
- los niveles de potencia del ruido aleatorio en A y en b, no ponderado (uniforme) con ponderación telefónica y con banda limitada, gracias al filtro especificado en el Suplemento N.º 4.5;
- el ruido impulsivo en A y en b, utilizando en la medida de lo posible el contador de ruido impulsivo especificado en la Recomendación V.55, durante 15 minutos, con un umbral de funcionamiento ajustado en −18 dBm0. Se empleará este aparato en la posición de "banda uniforme" y con un "tiempo muerto" de 125 ms.



A es una instalación de servicio situada de preferencia en la central local, de modo que la línea de abonado sea lo más corta posible, y que se evite el problema del reembolso de las llamadas tasadas.

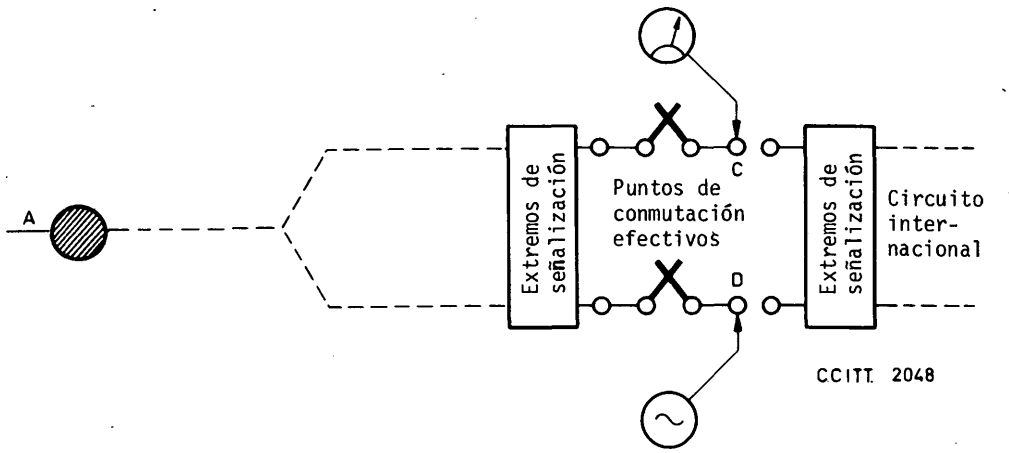
a y b son, respectivamente, los puntos virtuales de conmutación en la recepción y en la transmisión de un circuito internacional. En la Recomendación G.122, A, a) del tomo III del *Libro Azul,* se definen estos puntos y el trayecto a-t-b.

FIGURA 1

3. *Las magnitudes medidas deben referirse a los extremos virtuales*

De ser posible, las mediciones en el circuito internacional se harán en los puntos de acceso para pruebas y mediciones de un circuito internacional elegidos de modo que comprendan el mayor número posible de aparatos conectados permanentemente al circuito (véanse las Recomendaciones M.64 y M.70).

Estos puntos se indican en la figura 2.



C y D son los puntos de acceso al circuito internacional para las pruebas.

FIGURA 2

Los valores del equivalente entre el extremo virtual en la recepción y un aparato de un país, y entre ese aparato y el extremo virtual en la transmisión, así como el valor del equivalente del trayecto a-t-b entre los extremos virtuales, se deducen de los niveles nominales relativos asignados a los puntos de acceso para pruebas y mediciones del circuito internacional en el centro internacional, y de los niveles reales, medidos o transmitidos en esos mismos puntos de acceso y en la ubicación del aparato de servicio, en la forma siguiente:

Atenuación de inserción entre el punto A y el extremo virtual en la transmisión (A-b)

Atenuación de inserción A-b = nivel de transmisión en A − nivel medido en C + nivel relativo nominal en C + 3,5 dB.

Ejemplo: Nivel de transmisión en A = 0 dBm
Nivel medido en C = −8,3 dBm
Nivel relativo en C = −3,5 dBr

La atenuación de inserción A-b será igual a:

$0 - (-8{,}3) + (-3{,}5) + 3{,}5 = 8{,}3$ dB

Atenuación de inserción entre el extremo virtual en la recepción y el punto A (a-A)

Atenuación de inserción a-A = nivel de transmisión en D − nivel medido en A − nivel relativo nominal en D −4 dB.

Ejemplo: Nivel de transmisión en D = −3 dBm
Nivel medido en A = −14,8 dBm
Nivel relativo en D = −2 dBr

La atenuación de inserción a-A será igual a:

$(-3) - (-14{,}8) - (-2) - 4 = 9{,}8$ dB

Atenuación de inserción del trayecto a-t-b entre extremos virtuales

Atenuación de inserción a-t-b = nivel de transmisión en D − nivel medido en C − nivel relativo nominal en D + nivel relativo nominal en C −0,5 dB.

Ejemplo: Nivel de transmisión en D = −3 dBm
Nivel medio en C = −16,2 dBm
Nivel relativo nominal en D = −2 dBr
Nivel relativo nominal en C = −3,5 dBr

La atenuación de inserción a-t-b será igual a:

$(-3) - (-16{,}2) - (-2) + (3{,}5) - 0{,}5 = 11{,}2$ dB

En este método de cálculo, no se formula ninguna hipótesis sobre el nivel relativo de un punto cualquiera de referencia en la red nacional.

No hay que intentar relacionar los niveles de potencia efectivamente medidos en los puntos indicados A, C y D con cualquier otro punto, salvo en la forma prescrita en las notas explicativas precedentes.

4. *Tratamiento y presentación de los resultados*

a) Los resultados de medida comunicados al C.C.I.T.T. deben expresarse en las siguientes unidades:
- las atenuaciones de inserción, preferentemente en dB, o en otro caso en dNp;
- los niveles de potencia de ruido, en dBmp (o dNmp) para el ruido con ponderación sofométrica, y en dBm (o dNm) para el ruido uniforme o en un espectro de banda limitada;
- la distorsión de tiempo de propagación de grupo, en milisegundos;
- las distancias, en kilómetros.

b) Todos los resultados deben ponderarse según la incidencia del tráfico.

En lo posible, los itinerarios se elegirán según las corrientes del tráfico internacional.

c) Las diferentes magnitudes se presentarán gráficamente en forma de curvas de distribución acumulativa de la frecuencia. Podrán indicarse igualmente la desviación típica y la desviación media, pero esos valores deberán ir acompañados de una descripción de la distribución de la variación. En el punto 6, se dan algunos ejemplos.

5. *Medición y cálculo de la atenuación del trayecto a-t-b, desde el punto de vista de la estabilidad y de los ecos*

a) *Medición de la atenuación a-t-b*

Al medir la atenuación del trayecto a-t-b, el punto A se conecta al aparato telefónico que se deja en posición de conversación. De no ser práctico sustituir la cápsula microfónica por una resistencia de valor nominal apropiado, se envolverá la embocadura con un pedazo de tela y se colocará el microteléfono sobre una superficie blanda, por ejemplo un cojín. El ambiente debe ser también silencioso. Si no lo es del todo, podrá colocarse el microteléfono entre dos cojines. Conviene explorar la banda de frecuencias con un oscilador de variación contínua; convendrá perfectamente un aparato de medida de barrido de frecuencia con presentación osciloscópica. El nivel de transmisión debe ser constante.

En las comunicaciones que llegan a la central local, la atenuación a-t-b puede medirse sin la ayuda de un técnico. Pueden establecerse las comunicaciones con miembros del personal de servicio, que comprenderán mejor la necesidad de ensordecer el micrófono, etc., y cooperarán en esa labor.

b) *Cálculo del equivalente desde el punto de vista de la estabilidad*

Cuando se utiliza un oscilador de variación continua en combinación con un osciloscopio, conviene registra el valor mínimo en la banda comprendida entre 300 y 3400 Hz; esos valores (debidamente ponderados según la incidencia del tráfico) sirven para construir la curva de distribución acumulativa ponderada. Si existe la posibilidad de cubrir una banda más ancha se hará uso de ella. Es inútil medir la atenuación de estabilidad en condiciones distintas de las correspondientes a la conversación.

c) *Cálculo del equivalente desde el punto de vista de los ecos*

Si se utiliza un oscilador de variación continua, en combinación con un osciloscopio, conviene trazar una curva media regular de las presentaciones y registrar en ella los valores obtenidos en las frecuencias de 500, 1000, 1500, 2000 y 2500 Hz. Una vez expresados esos valores en relaciones de potencia, se puede caracterizar por un valor único en la forma siguiente el equivalente del trayecto a-t-b desde el punto de vista de los ecos:

1) Se suman las cinco magnitudes siguientes:
   La mitad de la relación de las potencias medias en 500 Hz
   La relación de las potencias medias en 1000 Hz
   La relación de las potencias medias en 1500 Hz
   La relación de las potencias medias en 2000 Hz
   La mitad de la relación de las potencias median en 2500 Hz
2) Se divide el resultado por 4.
3) La relación de potencia obtenida se expresa en unidades de transmisión.

Ejemplo:

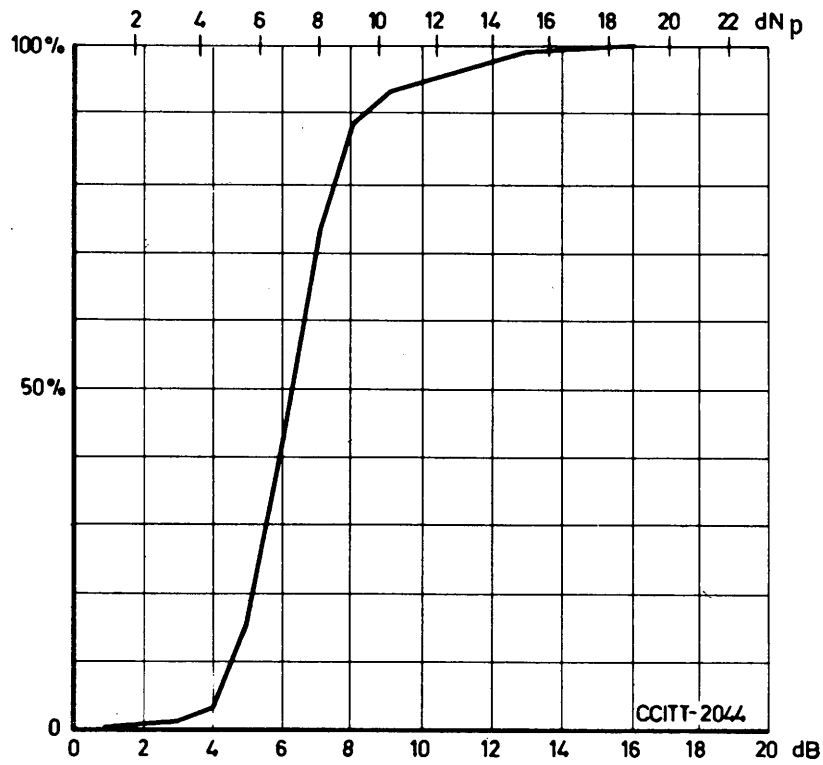
Hz	Atenuación de transmisión deducida de la curva regular (dB)	Relación de potencias correspondiente	Suma
500	10	0,1	0,0500
1000	12	0,0631	0,0631
1500	12	0,0631	0,0631
2000	13	0,0501	0,0501
2500	15	0,0316	0,0158
			0,2421

Valor medio de la relación de las potencias de eco = 0,2421: 4 = 0,0605, equivalente a 12,2 dB (13,9 dNp).

Conviene hacer una medición en una muestra de cada clase principal de comunicación, cada una de las cuales se caracteriza por un valor único en dB (o dNp). Una vez ponderados según la incidencia del tráfico, los valores correspondientes a cada clase principal de comunicación pueden servir para trazar una curva de distribución acumulativa de la frecuencia.

Deben proseguirse los estudios para determinar si este método proporciona suficientes datos.

6. *Ejemplos de presentación de los resultados*

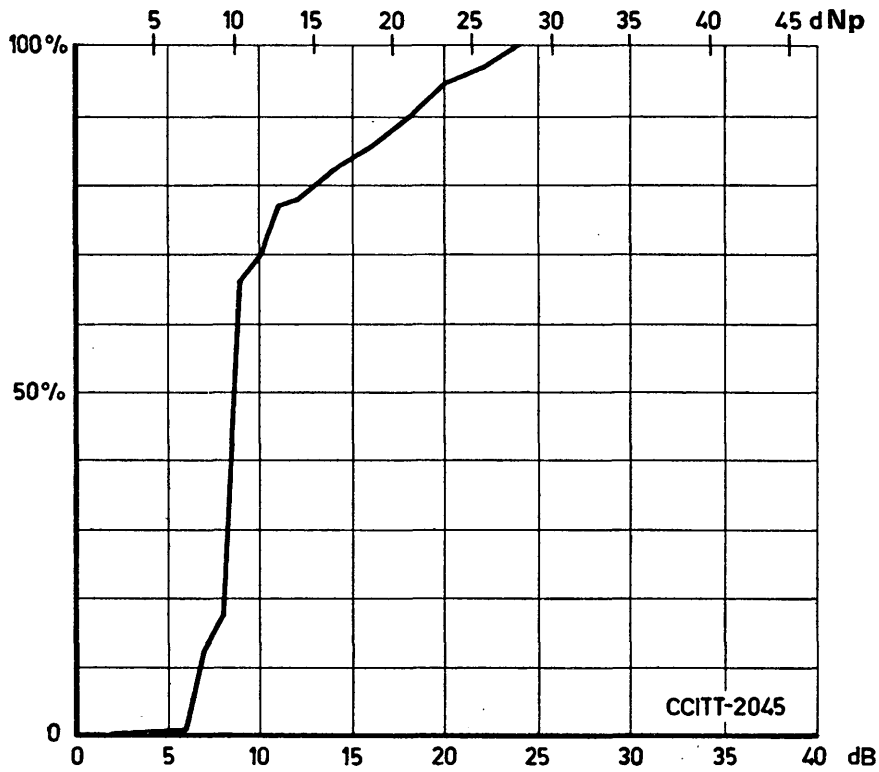


Frecuencia: 800 Hz
Valor medio: 6,6 dB (7,5 dNp)
Desviación típica: 1,9 dB (2,2 dNp)
Importancia de la muestra: 100 % = 930

Los resultados de la medición del equivalente A-a, así como la diferencia entre los dos sentidos de transmisión en 800 Hz, deben someterse de manera similar.

Para los trayectos A-a y b-A, se establecerán curvas análogas que representen la atenuación con relación al equivalente a 800 Hz para cada una de las frecuencias de 200, 300, 400, 600, 1000, 1400, 2000, 2400, 3000 y 3400 Hz.

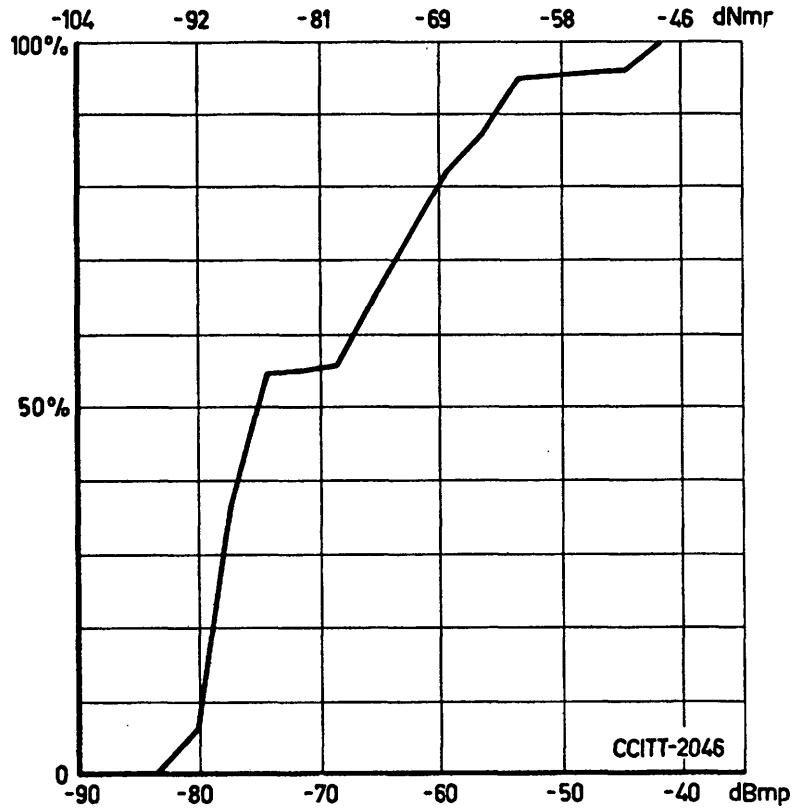
EJEMPLO 1. – **Distribución del equivalente a 800 Hz para el trayecto b-A (entre el extremo virtual en la recepción y la central local)**



Valor medio: 11,0 dB (12,7 dNp)
Desviación típica: 4,4 dB (5,1 dNp)
Importancia de la muestra: 100% = 137

Deberán someterse asimismo los resultados de medida del equivalente del trayecto a-t-b desde el punto de vista del eco.

EJEMPLO 2. — **Distribución del equivalente del trayecto a-t-b desde el punto de vista de la estabilidad**



valor medio : −70,5 dBmp (−81 dNmp)
Desviación típica : 10,4 dB (12,1 dNp)
Importancia de la muestra : 100% = 1020

Los resultados de medida del ruido uniforme y de banda limitada, medido en el extremo virtual de transmisión, asi como el nivel de potencia de ruido medido en la central local, deben someterse de manera similar.

EJEMPLO 3. — **Distribución del nivel de ruido sofométrico ponderado medido en el extremo virtual de transmisión**

Suplemento N.º 4.7

INTRUCCIONES EN RELACIÓN CON FUTURAS MEDICIONES DE LA CALIDAD DE TRANSMISIÓN DE CIRCUITOS INTERNACIONALES, CADENAS DE CIRCUITOS Y CENTROS INTERNACIONALES Y CON LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1. *Mediciones en circuitos internacionales*

a) Gran parte de estas mediciones se hará en lo futuro con aparatos automáticos de medida de transmisión instalados en los "puntos de acceso del circuito". Sin embargo, las Administraciones que hayan previsto tales puntos de conformidad con la Recomendación M.64, deberán hacer mediciones en el 20% aproximadamente de los circuitos de una relación determinada (o, por lo menos, en 12 circuitos de esa relación). Conviene expresar los resultados en forma análoga a la indicada en el Suplemento N.º 4.6 para las prolongaciones nacionales, si se dispone de una muestra suficiente.

b) La característica de distorsión de atenuación se medirá en función de la frecuencia, el ruido y, de ser posible, la distorsión de tiempo de propagación de grupo. (La Comisión de estudio IV considera de manera permanente, en el marco de la Cuestión 1/IV, el valor del equivalente a 800 Hz.)

De ser posible, se determinará el número de crestas de ruido impulsivo que rebasen un umbral de ruido de −21 dBm0 en un periodo de 15 minutos.

Las mediciones comprenderán asimismo el ruido de nivel uniforme, el ruido ponderado y el ruido de banda limitada, como se indica en el Suplemento N.º 4.5

c) Conviene que la Administración directora del circuito comunique los resultados de las mediciones al C.C.I.T.T. en el formulario 1 (véase más adelante). No se requieren diagramas.

2. *Mediciones en cadenas de circuitos internacionales*

Si resulta imposible efectuar mediciones en centros internacionales intermedios, se medirán sólo la distorsión de atenuación, el ruido y, de ser posible, la distorsión de tiempo de propagación de grupo. La Administración que haya establecido la comunicación dará cuenta de los resultados de las mediciones valiéndose de los formularios utilizados en el caso de un circuito internacional único, con las anotaciones adecuadas. (Véase, a continuación, el formulario 1.)

3. *Verificación del plan de transmisión de los circuitos internacionales y de los centros internacionales*

Esta cuestión interesa sólo a los centros internacionales, no siendo necesarias prolongaciones nacionales; sin embargo, es probablemente la que plantea los problemas de organización más difíciles. Si, como es preferible, se desean establecer comunicaciones por intermedio de un centro de tránsito en la forma normal, es decir, a partir de otros centros internacionales y con destino a ellos, deberán intervenir por lo menos tres grupos de operadores. Estos grupos han de identificar los circuitos, llevar a cabo mediciones en distintas frecuencias en los dos sentidos de transmisión, al menos en cuatro puntos y, probablemente, intercambiar entre sí sus resultados de medida.

El problema presenta un cariz muy complicado, las operaciones son fastidiosas y son de temer errores si se piensa que, además de lo dicho, existen dificultades de idioma y grandes diferencias horarias, lo que significa que, por lo menos uno de los C.M.I., al tiempo que efectúa las pruebas, debe ocuparse de sus tareas cotidianas.

En vista de tales dificultades, el C.C.I.T.T. no cree posible recomendar que se hagan las mediciones; invita, no obstante, a las Administraciones a que traten de realizarlas si le es posible. Quizás puedan prever su realización en los casos en que no haya grandes dificultades de orden lingüístico ni diferencias de hora demasiado importantes. Las Administraciones que se encuentren en este caso pueden ver en la sección B la forma en que pueden tratarse los resultados de las mediciones y como se presenta el plan de transmisión.

FORMULARIO 1

DISTORSIÓN Y RUIDO EN LOS CIRCUITOS INTERNACIONALES ENTRE PUNTOS DE ACCESO PARA LAS MEDICIONES DE CIRCUITOS

Comunicación establecida desde	Mediciones efectuadas	Potencia de ruido			Número de ruidos – 21 dBm0 durante 15 min	Distorsión[a] (en) con relación al equivalente a 800 Hz (el signo menos indica una ganancia relativa)									
		ponderada [a]( )	de nivel uniforme [a]( )	de limitación de banda [a]( )		200	300	400	800	1000	1400	2000	2400	3000	3400
A	B								0,0						
	A								0,0						
A	B								0,0						
	A								0,0						
A	B								0,0						
	A								0,0						
A	B								0,0						
	A								0,0						
A	B								0,0						
	A								0,0						
A	B								0,0						
	A								0,0						

[a] Unidad de transmisión utilizada.

A. *Pruebas locales*

a) Otro modo de proceder consiste en establecer comunicaciones locales a través del centro de tránsito internacional, en medir la atenuación de inserción entre los puntos de acceso interconectados para las mediciones de circuito, y en aplicar luego la fórmula de la Recomendación G.142, sección B del tomo III del *Libro Azul,* según la cual, la atenuación de inserción introducida por la central debe ser igual a R − S + T, siendo R el nivel relativo nominal asignado al punto de acceso para la medición del circuito en la recepción, S el nivel relativo nominal asignado al punto de acceso para la medición del circuito en la transmisión, y T la atenuación de inserción nominal del circuito internacional, es decir, 0,5 dB (0,6 dNp).

La diferencia entre la atenuación medida y la atenuación nominal calculada según esta fórmula se denomina atenuación neta de conmutación y, naturalmente, es en principio igual a cero.

b) El método que precede no es quizás tan satisfactorio como el que consiste en establecer verdaderas comunicaciones, pero es mucho más sencillo por lo cual el C.C.I.T.T. puede recomendarlo. No hay que escoger varias veces seguidas el mismo trayecto a través de la central cuando se hacen pruebas en periodo de poco tráfico.

c) Podría aprovecharse la ocasión que se ofrece de medir la atenuación neta de conmutación cuando se establecen comunicaciones con ayuda de una operadora. En tales casos suelen utilizarse aparatos suplementarios en el centro de conmutación, y la medición de sus características de transmisión es muy útil.

d) Durante las pruebas locales, podría medirse asimismo el ruido de central (ruido no ponderado, ruido ponderado, ruido en una banda limitada y ruido impulsivo con un umbral de −21 dBm0 en un periodo de 15 minutos). El ruido impulsivo debiera medirse con el instrumento especificado en la Recomendación V.55, utilizado en la posición "respuesta uniforme", y con un "tiempo muerto" de 125 ms.

B. *Pruebas en las que intervienen tres centros internacionales*

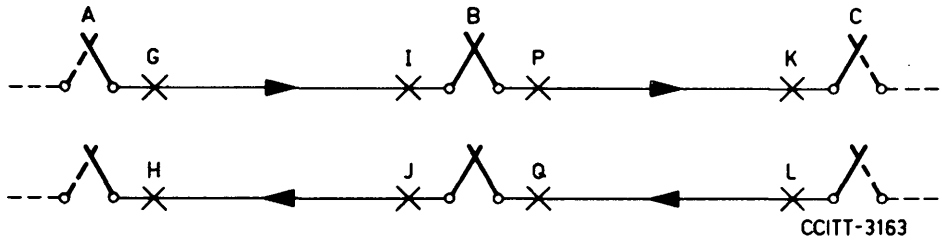
a) *Puntos de medida*

Conviene hacer las mediciones en los "puntos de acceso para las puebas y las mediciones de circuito" definidos en la Recomendación M.64 (parte B, 1b), de modo que la mayor parte posible del equipo asociado en permanencia al circuito se encuentre del mismo lado que la línea internacional con relación al punto de acceso. El valor nominal del nivel relativo asignado a los puntos de acceso para las mediciones de circuito debe ponerse en conocimiento de la Administración que efectúa los cálculos. Conviene hacer en esos puntos las mediciones de nivel absoluto de potencia en terminación. Debe señalarse que el proceder en una central intermedia a una medición compuesta de nivel en una comunicación establecida por conmutación, se interrumpe la señal de prueba transmitida por el circuito siguiente, lo que puede provocar la entrada en funcionamiento de cualquier concentrador de línea atravesado eventualmente por el circuito siguiente.

b) *Niveles relativos y niveles medidos*

Conviene establecer y mantener una clara distinción entre los niveles relativos nominales asignados y los niveles medidos, si se quieren poner de manifiesto las desviaciones de los equivalentes de las líneas y de los centros de tránsito con relación a los valores nominales. Si no se tienen medios para evaluar esas desviaciones, no se pondrá de relieve la atenuación de inserción nominal de 0,5 dB (0,6 dNp) de los circuitos internacionales.

c) *Ejemplo de los cálculos que deben efectuarse* (véase el esquema siguiente)



En este esquema, G y H, I y J, P y Q y K y L representan puntos de acceso para las mediciones de circuito. La conexión se establece de A a C por B. En G y L se aplican niveles apropiados; (esto es, si el nivel relativo nominal asignado al punto G es de −16 dBr, un nivel apropiado será un valor no superior a −16 dBm, es decir, no superior a 0 dBm0). Se indicará el nivel de transmisión efectivamente utilizado. Se hacen mediciones de nivel en terminación en IPK y en QJH. Para los cálculos, se emplea el nivel relativo nominal asignado a esos puntos.

Los pares de valores de nivel observados en GI, PK, LQ y JH proporcionan datos sobre los circuitos internacionales. Los pares de valores de nivel observados en IP y QJ facilitan datos sobre la atenuación de conmutación neta en la central B.

A continuación figura un ejemplo de la forma en que pueden procesarse los valores de nivel medidos para obtener los resultados en la forma deseada.

Supóngase el cuadro de valores siguiente para el sentido de transmisión de G hacia K. El nivel de transmisión en G es de −20 dBm.

	G	I	P	K	
Niveles relativos nominales (dBr)	−16	+10	−12	+8	
Niveles medidos (dBm)	−20	+ 5,7	−17,2	+4,9	800 Hz
	−20	+ 3,2	−19,9	−1,1	3400 Hz

Se podrán calcular las siguientes magnitudes

1. *Excedente de la atenuación de inserción a 800 Hz con respecto al valor nominal*

a) *Canal GI*

Excedente de atenuación = atenuación medida − atenuación nominal.

Puesto que la atenuación medida es igual a la diferencia "nivel medido a la entrada − nivel medido a la salida" y que la atenuación nominal de inserción es igual a la diferencia "nivel relativo nominal a la entrada − nivel relativo nominal a la salida":

$$\begin{aligned}\text{Excedente de atenuación} &= [(-20) - (+5{,}7)] - [(-16) - (+10)] \\ &= (-25{,}7) - (-26) \\ &= +0{,}3 \text{ dB.}\end{aligned}$$

b) *Canal PK*

Un cálculo análogo da: $= [(-17{,}2) - (+4{,}9) - [(-12) - (+8)]$
$= (-22{,}1) - (-20)$
$= -2{,}1$ dB (es decir una ganancia de 2,1 dB).

c) *Atenuación neta de conmutación*

Según la fórmula de la Recomendación G.142 B del tomo III del *Libro Azul* la atenuación nominal de conmutación de la central B del ejemplo será $R - S + T$, en cuya expresión:

R = Nivel relativo nominal en el punto de acceso para las mediciones de circuito en la recepción = +10 dB;
S = Nivel relativo nominal en el punto de acceso para las mediciones de circuito en la transmisión = −12 dB;
T = Atenuación nominal de inserción del circuito internacional AB = 0,5 dB.

La atenuación nominal de conmutación de la central = (+10) − (−12) + (0,5) = 22,5 dB.
La atenuación de inserción efectiva de la central a 800 Hz = (+5,7) − (−17,2) = 22,9 dB.
La atenuación de inserción neta de conmutación de la central será, pues, igual a: 22,9 − 22,5 = +0,4 dB.

2. *Distorsiones a 3400 Hz con relación a la atenuación de inserción a 800 Hz*

Se define este parámetro como la diferencia entre la atenuación de inserción a 3400 Hz y la atenuación de inserción a 800 Hz (de modo que, como anteriormente, el signo menos indica una ganancia relativa).

Como antes, la atenuación de inserción se define como la diferencia "nivel a la entrada − nivel a la salida".

El conjunto de los pares de valores medidos permite, pues definir las siguientes magnitudes:

Distorsión del canal GI $= [(-20) - (+3{,}2)] - [(-20) - (+5{,}7)] = +2{,}5$ dB;

Distorsión del canal PK $= [(-19{,}9) - (-1{,}1)] - [(-17{,}2) - (+4{,}9)] = +3{,}3$ dB;

Distorsión del trayecto de conmutación IP $= [(+3{,}2) - (-19{,}9)] - [(+5{,}7) - (-17{,}2)] = +0{,}2$ dB.

Pueden calcularse de manera análoga los valores correspondientes para otras frecuencias y para el otro sentido de transmisión. Los valores obtenidos para la desviación con relación al valor nominal y para las distorsiones con relación a la atenuación de los circuitos a la frecuencia de 800 Hz, pueden inscribirse en el formulario 1, agregando una columna para las desviaciones con relación al valor nominal.

Los resultados correspondientes a la atenuación de inserción neta de conmutación y a sus distorsiones podrán inscribirse en el formulario 2, como se indica a continuación.

Puede medirse el ruido de central en J y en P, desconectando los circuitos en I y Q sustituyéndolos por resistencias de 600 ohmios. Se medirá el ruido con ponderación sofométrica y sin ella, así como, en la medida de lo posible, con el filtro especificado en el Suplemento N.º 4.5.

Notas

Como puede apreciarse por los cálculos indicados anteriormente a titulo de ejemplo, no es preciso hacer intervenir los niveles nominales en los puntos virtuales de conmutación (−3,5 dB y −4,0 dB); en efecto, en el cálculo de la atenuación neta de conmutación solo interviene su diferencia (0,5 dB).

Las diferencias que se observan en este ejemplo entre la atenuación (o la ganancia) medida de circuitos y de centrales y la atenuación nominal requerida según el plan podrían considerarse como "errores" en los circuitos o en los equipos de conmutación.

Hay que señalar que estos "errores" son probablemente el resultado de numerosas causas: variaciones de los circuitos, conmutación del concentrador, defectos de adaptación de las impedancias, errores de los instrumentos, etc. Cabe esperar, sin embargo, que se podrá a veces descubrir una causa bien determinada, y suprimirla.

FORMULARIO 2

ATENUACIONES NETAS DE CONMUTACIÓN A . . . . . .(B)

Sentido de transmisión	Atenuación neta de conmutación a 800 Hz [a]( )	Distorsión [a] (en) con relación a la atenuación a 800 Hz (el signo menos indica una ganancia relativa)										
		200	300	400	600	800	1000	1400	2000	2400	3000	3400
I a P						0,0						
Q a J						0,0						
I_1 a P_1						0,0						
Q_1 a J_1						0,0						
I_2 a P_2						0,0						
Q_2 a J_2						0,0						
I_3 a P_3						0,0						
Q_3 a J_3						0,0						
I_4 a P_4						0,0						
Q_4 a J_4						0,0						
I_5 a P_5						0,0						
Q_5 a J_5						0,0						

[a] = unidad de transmisión utilizada

(B) = designación del centro de tránsito

I = extremo virtual de recepción del circuito entrante (AB)

J = extremo virtual de transmisión del circuito entrante (AB)

P = extremo virtual de transmisión del circuito entrante (AB)

Q = extremo virtual de recepción del circuito saliente (BC)

Suplemento N.º 4.8

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO IMPULSIVO

1. *Consideraciones generales*

De acuerdo con las proposiciones aprobadas por la Comisión de estudio IV en su reunión de mayo de 1970, se organizaron en 1970 dos series de observaciones del ruido impulsivo, una en los canales individuales de grupos primarios entre estaciones terminales de repetidores y la otra de comunicaciones completas establecidas entre abonados por el procedimiento corriente de explotación de la relación. Estos dos programas de observaciones se ajecutaron de manera completamente independiente, pero en ambos casos se utilizó el aparato de medida especificado en la Recomendación V.55.

2. *Límites de ruido impulsivo*

De la información facilitada por la Comisión de estudio especial A, la Comisión de estudio IV tomó nota de lo siguiente:

1. Los límites generales etablecidos en la Recomendación V.53 son los especificados en el punto 4.1 de la Recomendación V.53 del tomo VIII del *Libro Blanco* del C.C.I.T.T.;

2. Los límites se refieren a mediciones efectuadas con el equipo especificado en la Recomendación V.55 empleado en la condición de banda uniforme y con arreglo a los métodos indicados en el anexo a dicha Recomendación;

3. Los límites se aplican a los circuitos arrendados y no habiéndose establecido límite alguno para la red telefónica general con conmutación tal como se especifica en el punto 4.2 de la Recomendación V.53;

4. Los puntos de medición deben ser los indicados en la Recomendación V.51. Deben tomarse lo más cerca posible del módem del lado de la línea, pero hay que tener en cuenta que el equipo de los usuarios puede encontrarse entre el módem y la línea, en cuyo caso las Administraciones determinarán el punto de medición.

3. *Observaciones en canales individuales*

Cierto número de canales telefónicos internacionales se dejaron durante varios días a disposición de las estaciones de repetidores a fin de que éstas efectuasen, a distintas horas, el cómputo del número de impulsos de ruido inducidos en los canales durante periodos de 15 minutos.

El umbral de sensibilidad de los aparatos registradores se fijó, bien en −18 dBm0, bien en −21 dBm0, bien en valores inferiores en algunos casos.

Han presentado resultados las Administraciones de Australia, Austria, Francia, Noruega, Países Bajos, República Federal de Alemania, República Popular de Hungría y Reino Unido.

En los cuadros 1 y 3 que figuran más adelante se dan los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de observaciones durante las cuales no se registró ningún impulso de ruido, un impulso de ruido, etc. Estos cuadros no incluyen los resultados obtenidos por Australia, ya que éstos se presentaron en términos del número medio de impulsos por periodo de observación de 15 minutos. Por tal razón, los mismos figuran en un cuadro separado (cuadro 4).

De los cuadros precedentes se desprende que, en general, los canales telefónicos observados han presentado menos de 18 impulsos de ruido en cada periodo de 15 minutos, por lo cual responden al objetivo fijado por la Comisión especial A.

Por otra parte puede sorprender la similitud de los resultados obtenidos con aparatos cuyo umbral se fijó en −18 dBm0 y en −21 dBm0.

Sólo a partir del umbral de −24 dBm0 se observa cierta disminución de la calidad, aunque el número de muestras disponibles en este caso es insuficiente para poder extraer una conclusión válida.

Ciertas Administraciones han efectuado mediciones insertando, en ciertos casos, un filtro de datos del tipo definido del punto h) de la Recomendación V.55. Los resultados obtenidos no presentan una diferencia significativa con relación a los obtenidos directamente en los canales internacionales de tipo telefónico.

4. *Observaciones sobre las comunicaciones internacionales establecidas por conmutación*

Estas observaciones se formularon en ocasión de las mediciones efectuadas en el marco de la Cuestión 21/IV[1].

Los resultados se indican a través del número medio de los impulsos registrados con aparatos cuyo umbral estaba ajustado en 18 dB por debajo del nivel recibido, con el generador normal en la frecuencia de referencia (800 Hz o 1000 Hz) conectado en el lado de transmisión.

(Véase la documentación mencionada en los cuadros 8 y 18 y las figuras 14 a 18 y 36 a 40 de la respuesta a la Cuestión 21/IV[1].)

De estos resultados se desprende que la condición de "menos de 18 impulsos de ruido en un periodo de 15 minutos" sólo la satisface un porcentaje ínfimo de comunicaciones (probablemente del orden del 2 al 3%); el número medio de impulsos de ruido registrados es superior a 150 en el 75% de las comunicaciones, y superior a 1000 en el 25% restante.

5. *Cómputo en la estación de abonado*

De la limitada información disponible se infiere que el número de impulsos de ruido contados es considerablemente menor en la estación de abonado que en las comunicaciones internacionales con conmutación, (véanse los cuadros 8 y 18 de la respuesta a la Cuestión 21/IV[1]). Quizás esto se deba a que, en las prolongaciones nacionales, el umbral del contador de impulsos pudo ajustarse a 18 dB por debajo del nivel *verdadero* de 0 dBm0 en la estación de abonado. Se ha mencionado que en las comunicaciones internacionales no resulta fácil determinar el nivel de 0 dBm0 en la estación receptora de abonado.

6. *Conclusiones*

Procede, sin duda, estudiar las prolongaciones nacionales de las comunicaciones internacionales y, en particular, los equipos de conmutación y las redes locales.

Además, en el supuesto de un programa ulterior de observaciones de comunicaciones internacionales, podria ser conveniente completar las condiciones de la medición, bien adoptando filtros apropiados (que debe definir, en caso necesario, la Comisión especial A), bien utilizando umbrales diferentes al de −18 dBm0.

[1] Véase el Documento AP/V – N.º 58, págs. 109 a 111.

CUADRO 1

UMBRAL DE SENSIBILIDAD DE LOS APARATOS DE MEDIDA: −18 dBm0

Canales observados	Número de observaciones	%	Porcentaje de los periodos de 15 minutos durante los cuales se registró un número de impulsos de ruido igual a						
			0	1	2	3 a 5	6 a 10	11 a 18	> 18
Budapest-Wien	168	100	91,0	4,2	1,8	1,2	0,6	0,6	0,6
Wien-Budapest	61	100	63,9	13,1	6,6	8,2	6,6	1,6	0
Frankfurt/M-Paris	8	100	100	0	0	0	0	0	0
Paris-Frankfurt/M	16	100	62,5	25	6,3	6,2	0	0	0
London-Rotterdam	11	100	45,5	27,2	9,1	9,1	0	9,1	0
Rotterdam-London	677	100	99,2	0,6	0	0,2	0	0	0
København-Oslo	46	100	93,5	6,5	0	0	0	0	0
Madrid-Paris	8	100	100	0	0	0	0	0	0
Bruxelles-Rotterdam	7	100	0	14,3	14,3	28,6	42,8	0	0
København-Rotterdam	5	100	40	20	0	20	20	0	0
København-Frankfurt/M	36	100	91,6	5,6	0	0	2,8	0	0
Wien-Frankfurt/M	16	100	75	0	18,3	6,2	0	0	0
Bruxelles-London	680	100	98,5	1,2	0,3	0	0	0	0
Sidney-London	366	100	95,5	1,9	0,5	1,6	0,5	0	0
London-Sidney (Sat.)[a]	115	100	48	0	0	0	0	0	2
London-Sidney (Cable)[a]	101	100	34	0	0	0	0	0	14
Totales	2105		2002	51	16	20	12	3	1
%		100	95,1	2,43	0,76	0,95	0,57	0,14	0,05
Conjunto (valores medios)		100	75,5	8,8	4,1	5,8	5,2	0,8	0,04

[a] Estos valores no se tuvieron en cuenta para el cálculo de los valores medios.

CUADRO 2

UMBRAL DE SENSIBILIDAD DE LOS APARATOS DE MEDIDA: -21 dBm0

Canales observados	Número de observaciones	%	Porcentaje de los periodos de 15 minutos durante los cuales se registró un número de impulsos de ruido igual a						
			0	1	2	3 a 5	6 a 10	11 a 18	> 18
Bonn-Paris	26	100	65,5	19,2	11,5		3,8		
Frankfurt/M-Paris	9	100	77,8	11,1		11,1			
Madrid-Paris	15	100	53,3	20	13,3	6,7		6,7	
København-Oslo	42	100	80,9	11,9		4,8	2,4		
København-Frankfurt/M	36	100	83,3	11,1	2,8	2,8			
Paris-Frankfurt/M	16	100	68,9	6,2	6,2	6,2		12,5	
Wien-Frankfurt/M	16	100	81,3	12,5		6,2			
Rotterdam-London	173	100	98,3	1,7					
London-Sidney (Sat.)[a]	115	100	48						2
London-Sidney (Cable)[a]	101	100	34						14
Totales	335		292	24	7	7	2	3	0
%		100	87,1	7,2	2,1	2,1	0,6	0,9	0
Valores medios de los porcentajes		100	76,1	11,7	4,2	4,8	0,8	2,4	

[a] Estos valores no se tuvieron en cuenta para el cálculo de los valores medios.

CUADRO 3

UMBRAL DE SENSIBILIDAD DEL APARATO DE MEDIDA: -24 dBm0

Canales observados	Número de observaciones	%	Porcentaje de los periodos de 15 minutos durante los cuales se registró un número de impulsos de ruido igual a						
			0	1	2	3 a 5	6 a 10	11 a 18	> 18
Frankfurt/M-Wien	144	100	63,5	4,1	4,1	10,0	6,2	2,1	10,0
Madrid-Paris	10	100	20	20	20	20		20	
Totales	154		92	8	8	17	9	5	15
%		100	59,8	5,2	5,2	11	5,9	3,2	9,7
Valores medios de los porcentajes		100	41,7	12,1	12,1	15	3,1	11	5

CUADRO 4

RESULTADOS PRESENTADOS POR AUSTRALIA

PRUEBAS DEL RUIDO IMPULSIVO

La primera línea indica el porcentaje horario medio de ocupación de los circuitos desde Londres, con relación a la ocupación durante la hora cargada, que corresponde al 100%. Las cuatro líneas restantes indican el valor medio del cómputo de impulsos de ruido registrado en los circuitos, durante periodos de 15 minutos, con los niveles indicados. Las mediciones se efectuaron a horas diferentes durante cuatro días para cada circuito, y los valores indicados representan el promedio de dos a nueve lecturas efectuadas durante el periodo de una hora indicado; las mediciones durante el periodo cargado exceden de cuatro en cada periodo de una hora. Un guión (–) indica un número insuficiente de lecturas durante el periodo considerado. La hora está indicada en TMG.

Circuito	Nivel	0800 a 0900	0900 a 1000	1000 a 1100	1100 a 1200	1200 a 1300	1300 a 1400	1400 a 1500	1500 a 1600	1600 a 1700	1700 a 1800	1800 a 1900	1900 a 2000	2000 a 2100	2100 a 2200	2200 a 2300	2300 a 2400	2400 a 0100	0100 a 0200	0200 a 0300	0300 a 0400	0400 a 0500	0500 a 0600	0600 a 0700	0700 a 0800
Grado de ocupación		55	100	100	100	70	40	35	20	15	5	5	5	25	75	75	60	60	25	15	5	5	10	25	45
Lon-Syd 30	–21 dBm0	17,7	2,9	4,6	12,3	0,8	0	0	0,6	4,7	3,6	4,7	12,0	0,3	0	5,0	2,3	3,3	0,5	0,5	0,8	6,3	2,2	0,8	3,6
	–18 dBm0	7,2	0,8	1,4	2,0	0,3	0	0	0,4	4,0	2,3	3,3	9,3	0,3	0	1,0	0	0,7	0	0	0,5	1,0	1,3	0,2	1,4
Lon-Syd 4	–21 dBm0	1,3	55	14	5,0	4,5	4,5	—	4,0	0	—	—	0	0	—	10,5	7,7	2,0	0,8	—	1,3	5,8	7,0	8,0	93 [a]
	–18 dBm0	1,2	46	0,3	0,8	3,0	2,0	—	1,5	0	—	—	0	0	—	4,5	3,2	0,6	0,5	—	0,8	3,8	5,5	4,7	84 [a]

[a] Durante cuatro días se hicieron en total ocho lecturas entre estas horas, incluidas cuatro lecturas sucesivas en un día de ruido particularmente intenso por el mantenimiento.

5. MANTENIMIENTO DE LOS CIRCUITOS DE TELEVISIÓN

Suplemento N.º 5.1

(El presente texto, incluido como suplemento para mayor comodidad de los usuarios del tomo IV del *Libro Verde* del C.C.I.T.T., reproduce la Recomendación 421-2 del C.C.I.R. (Nueva Delhi, 1970). Véanse las ulteriores publicaciones del C.C.I.R. para la versión actualizada de esta recomendación.)

ESPECIFICACIONES PARA LA TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN A LARGA DISTANCIA (EXCEPTO SISTEMA I)

(1959 - 1963 - 1966 - 1970)

El C. C. I. R.,

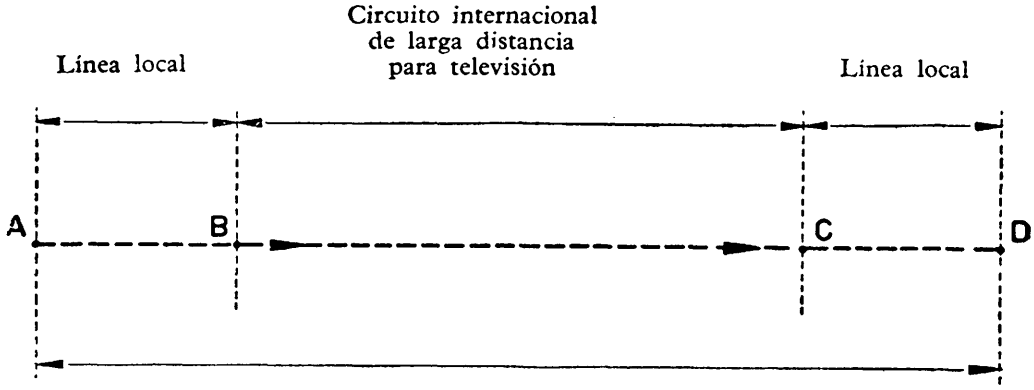
CONSIDERANDO:

el acuerdo a que se ha llegado en la Comisión mixta C. C. I. R./C. C. I. T. T. para las transmisiones de televisión (CMTT), sobre un proyecto de Recomendación relativa a las transmisiones de televisión a larga distancia, obra en común del C. C. I. R. y el C. C. I. T. T.,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

que, habida cuenta de las definiciones del § 1 siguiente, las transmisiones de televisión a larga distancia se ajusten a las especificaciones de los §§ 2 y 3 siguientes y de sus anexos.

1. Definiciones.



Enlace internacional de televisión

FIGURA 1

1.1 *Definición de un enlace internacional de televisión de larga distancia* (véase la fig. 1).

1.1.1 El punto A, tomado como punto de origen del enlace internacional de televisión, puede ser el punto de producción del programa (estudio o lugar del reportaje), un centro de conmutación o un convertidor de normas.

1.1.2 El punto D, considerado el de destino del enlace de televisión internacional, puede ser un centro de programas, una estación de radiodifusión, un centro de conmutación o un convertidor de normas.

1.1.3 La línea local AB conecta el punto A con el punto B, primera estación de repetidores de la línea de larga distancia de televisión internacional.

1.1.4 La línea de larga distancia de televisión internacional BC está constituida por una cadena de circuitos nacionales e internacionales para transmisión televisual. Las administraciones interesadas designarán los lugares precisos (por ejemplo, dentro de los edificios) que deban considerarse puntos B y C.

1.1.5 La línea local CD conecta el punto C, última estación de repetidores de la línea de larga distancia de televisión internacional con el punto D.

1.1.6 El conjunto AD de la línea de larga distancia de televisión internacional BC y de las líneas locales AB y CD constituye el enlace de televisión internacional.

Las especificaciones de los §§ 2 y 3 siguientes sólo se refieren a las líneas internacionales de televisión de larga distancia. No se fija ninguna especificación para las líneas locales AB y CD.

1.2 *Definición del circuito ficticio de referencia.*

El circuito ficticio de referencia de televisión, que es un ejemplo de línea internacional de televisión de larga distancia (BC en la fig. 1) y que puede ser un sistema de relevadores radioeléctricos o un sistema de pares coaxiles, se caracteriza principalmente por:

— una longitud total, entre bornes video, de 2.500 km;
— dos puntos intermedios de demodulación hasta la banda de las frecuencias de video, que dividen el circuito en tres secciones de la misma longitud;
— las tres secciones se ajustan por separado y se interconectan después sin ajuste alguno ni corrección general, y
— el circuito no comprende convertidor de normas ni regenerador de señales de sincronización.

Nota 1.—La noción de circuito ficticio de referencia debe servir de base para estudiar los sistemas de transmisión. Un circuito de esta clase tiene bastante longitud, pero no excesiva y comprende, en el caso de la televisión, determinado número de secciones entre puntos de conexión de video. Es cierto que, en la actualidad, las líneas de televisión internacionales comprenden más de tres secciones entre puntos de conexión de video para una longitud de 2.500 km, pero se estima que en lo futuro irá disminuyendo esta cifra.

En el anexo IV se dan indicaciones provisionales sobre las características de circuitos con un número de secciones de video mayor o menor que el circuito ficticio de referencia.

Nota 2.—En Canadá y en Estados Unidos se dan normalmente las especificaciones para circuitos de 6.400 km, longitud que en la práctica se encuentra frecuentemente. Los límites indicados en esta Recomendación para los circuitos de 2.500 km con el sistema de 525 líneas utilizado en Canadá y en Estados Unidos, han sido, pues, elegidos para que den resultados satisfactorios en una sección de 2.500 km de un circuito de 6.400 kilómetros.

2. Especificaciones en los puntos de conexión de video.

En este apartado las especificaciones se refieren a los parámetros relativos a los bornes de video de toda línea de larga distancia, cualquiera que sea su longitud.

2.1 *Impedancia.*

En los puntos de conexión de video, las impedancias de entrada y de salida de cada circuito deben ser asimétricas con relación a tierra, con un valor nominal (puramente resistivo) de 75 Ω, y ofrecer una pérdida de adaptación de por lo menos 24 dB con relación a 75 Ω. (La pérdida de adaptación, con relación a 75 Ω de una impedancia Z es:

$$20 \log_{10} \left| \frac{75 + Z}{75 - Z} \right| \text{(dB)}.$$

Nota 1.—En Canadá y en Estados Unidos, la impedancia en el punto de conexión de video debería ser, bien 124 Ω, simétricos con relación a tierra, bien 75 Ω, asimétricos con relación a tierra, con una pérdida de adaptación mínima de 30 dB.

Nota 2.—En ciertos países, el valor de la pérdida de adaptación se mide en régimen transitorio (véase el Doc. CMTT/9 (O. I. R. T.) 1963-1966 y la Recomendación 451-1).

2.2 *Polaridad y componente continua.*

En los puntos de conexión de video, la polaridad de la señal debe ser *positiva*, es decir, debe ser tal que los pasos del negro al blanco entrañen un aumento algebraico del potencial.

El componente útil de corriente continua, que está en relación con la luminosidad media de la imagen, puede hallarse o no presente en la señal de video y no tiene que transmitirse ni restituirse en los bornes de salida.

Todo componente inútil de corriente continua, sin relación con la señal de video (emanante, por ejemplo, de la corriente continua de alimentación de los tubos electrónicos) debe ser tal que no disipe más de 0,5 W en la impedancia de carga de 75 Ω. Cuando ésta se halla desconectada, la tensión del componente no debe exceder de 60 V.

2.3 *Amplitud de la señal.*

En los puntos de conexión de video, tomando el nivel de supresión como nivel de referencia, la amplitud nominal de la señal de imagen, medida entre ese nivel de supresión y el nivel del blanco, debe ser 0,7 V (0,714 V en Canadá y Estados Unidos) y la amplitud nominal de la señal de sincronización, medida entre dicho nivel de supresión y el fondo del impulso de sincronización, debe ser 0,3 V (0,286 V en Canadá y Estados Unidos), de modo que la amplitud nominal cresta a cresta de la señal completa sea 1,0 V (véase la fig. 2).

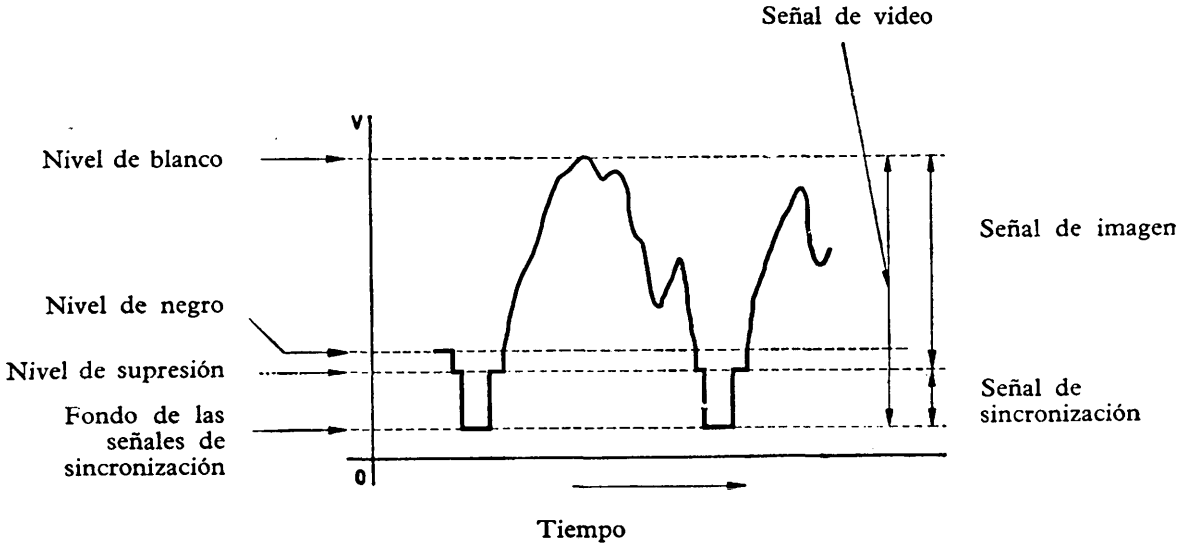


FIGURA 2

V = Diferencia de potencial entre el borne (no conectado a tierra) de la impedancia de entrada o de salida y tierra (diferencia de potencial positiva hacia la parte superior de la figura).

Teóricamente, la medición de esta amplitud debería efectuarse con un aparato que restituyera el componente útil de corriente continua de la señal de video, pero en la práctica no es indispensable esta precaución.

Nota 1.—Al diseñar los equipos de modulación o de demodulación debe tenerse en cuenta la atenuación de los cables de conexión cuando los puntos de conexión de video se hallan a cierta distancia de dichos equipos.

Nota 2.—En el caso del sistema de televisión en color M (Japón) las especificaciones precedentes se aplican a las señales de luminancia y de sincronización. Para las señales de crominancia se necesita un estudio más a fondo.

3. Características de transmisión del circuito ficticio de referencia.

En este apartado las especificaciones se deben considerar objetivos fijados en el estudio del circuito ficticio de referencia definido en el § 1.2.

Además, se hace observar que el contenido del presente apartado constituye solamente una primera etapa hacia la solución del problema general: Determinación de las especificaciones y de los métodos de medida de los circuitos de televisión, cualesquiera que sean su longitud y su complejidad.

3.1 *Ganancia de inserción.*

La línea internacional de larga distancia de constitución análoga a la del circuito ficticio de referencia, en el momento de su establecimiento, debe tener una ganancia de inserción de 0 dB con tolerancias de ±1 dB (± 0,5 dB en Canadá y Estados Unidos).

La ganancia de inserción debe medirse con la señal de prueba núm. 2 descrita en el anexo I, y se define por la relación, en decibelios, entre la amplitud de la barra (del nivel de negro al nivel de blanco máximo) a la salida, y la amplitud nominal de la barra a la entrada.

La medición debe efectuarse en las condiciones siguientes:

Un generador de señales-tipo que facilite la señal de prueba núm. 2 con una impedancia interna igual a 75 Ω (resistencia pura), se ajusta de tal modo que, si estuviera conectado directamente a los bornes de una resistencia de 75 Ω, produciría impulsos de sincronización de línea de 0,3 V, combinados con una señal de imagen de 0,7 V que puede comprender 0,05 V de pedestal del nivel de negro. En el extremo receptor, por medio de un osciloscopio conectado a los bornes de una resistencia de 75 Ω se mide la tensión entre el nivel de negro y el nivel de blanco (altura de la barra); la relación en decibelios entre esta tensión y 0,7 V, si no hay pedestal, o 0,65 V si hay un pedestal igual a 0,05 V, es la ganancia de inserción del circuito de televisión.

Nota.—En Canadá y Estados Unidos se utilizan métodos diferentes, pero los resultados son análogos.

3.2 *Variaciones de la ganancia de inserción.*

Las variaciones en el tiempo de la ganancia de inserción del circuito ficticio de referencia no deben exceder de los límites siguientes:

— variaciones de corta duración (por ejemplo, un segundo): ± 0,3 dB; (± 0,2 dB en Canadá y Estados Unidos);

— variaciones de duración media (por ejemplo, una hora): ±1,0 dB.

3.3 *Ruido.*

3.3.1 *Parásitos erráticos continuos.*

Se puede definir la relación señal/ruido, en el caso de parásitos erráticos continuos, por la relación, expresada en decibelios, entre la amplitud cresta a cresta de la señal de imagen (véase la fig. 2) y la amplitud cuadrática media * de los pará-

CUADRO I

Sistema (véase el Informe 308-2)	N (Canadá) y EE. UU.)	M (Japón) monocroma y color	B, C, G, H	D, K, L	F	E
Número de líneas	525	525	625	625	819	819
Límite superior nominal de la banda de frecuencias video f_c (MHz)	4	4	5	6	5	10
Relación señal/ruido ponderado X (dB).	56	52	52	57	52	50

* Se ruega a las administraciones que miden la amplitud quasi cresta a cresta del ruido, que determinen el valor del factor cresta correspondiente a su método de medición y que expresen los resultados en función de la amplitud cuadrática media del ruido.

sitos en la gama comprendida entre 10 kHz y el límite superior nominal f_c de la banda de frecuencias video del sistema. La frecuencia límite inferior debe permitir excluir de las mediciones prácticas el zumbido de alimentación y el ruido microfónico.

En el circuito ficticio de referencia, la relación señal/ruido no deberá ser inferior a los valores X del cuadro I, cuando las mediciones se efectúan con el filtro de paso bajo apropiado que se describe en el anexo II, la red de ponderación descrita en el anexo III y un aparato cuadrático de constante de tiempo (o de duración de integración) igual a 1 s (0,4 s en Canadá y Estados Unidos).

Nota 1.—Para obtener una calidad de transmisión satisfactoria, estiman los especialistas de televisión que la relación señal/ruido ponderado no debe ser inferior a X dB durante más del 1 % de un mes cualquiera, ni inferior a $X - 8$ dB durante más del 0,1 % de cualquier mes.

Nota 2.—Las mediciones en mantenencia corriente de la relación señal/ruido pueden efectuarse con precisión suficiente en ausencia de la señal de video; el error introducido por este método no pasa, en general, de 2 dB. En los documentos núms. XI/25 (Moscú, 1958), CMTT/23 (Montecarlo, 1958) y CMTT/3 (París, 1962), presentados por la U. R. S. S., se describen dispositivos y métodos más precisos de medida de las relaciones señal/ruido en la transmisión de la señal experimental.

CUADRO II

Sistema	M (Canadá y EE. UU.)	M (Japón)	B, C, G, H	D, K, L	F	E
Número de líneas.	525	525	625	625	819	819
Límite superior nominal de la banda de frecuencias de video f_c (MHz) . . .	4	4	5	6	5	10
Relación señal/ruido (dB) para el zumbido (frecuencias de la red y de sus primeras armónicas) (1).	35	30	30	30	30	30
Relación señal/ruido (dB) en el caso de un ruido en una sola frecuencia comprendida entre 1 kHz y 1 MHz.	59(2)	50	50	50	50	50(3)
Valor (dB) hasta el cual la relación señal/ruido, en el caso de una sola frecuencia, puede disminuir linealmente entre 1 MHz y f_c.	43(4)	30(6)	30	30	30	30(5)

(1) Este valor se aplica únicamente al zumbido añadido a la señal y no al que, en la transmisión, ha modulado la amplitud de la señal y no puede ser eliminado por bloqueo de nivel. La medición debe efectuarse sin dispositivo de bloqueo.

(2) Este límite es válido entre 1 kHz y 2 MHz.

(3) En el caso del sistema E y para las frecuencias inferiores a 1 kHz (con exclusión de la frecuencia de la red y de sus primeras armónicas) la relación señal/ruido puede disminuir linealmente entre los valores 50 dB en 1 kHz y 45 dB en 100 Hz por una parte, y entre los valores 45 dB en 100 Hz y 30 dB en 50 Hz, por otra.

(4) Valor hasta el cual la relación señal/ruido, en el caso de una sola frecuencia, puede decrecer linealmente entre 2 y 4 MHz, siendo la escala de frecuencias en este caso logarítmica.

(5) En el caso del sistema E, se llega a este valor en una frecuencia de 7 MHz, y permanece constante a 7 MHz a *fc* (10 MHz).

(6) En el caso del sistema de televisión en color M (Japón), para la frecuencia 3,6 MHz, la relación señal/ruido no debe ser inferior a 50 dB.

3.3.2 *Parásitos recurrentes.*

En el caso de parásitos recurrentes, se define la relación señal/ruido por la relación, expresada en decibelios, entre la amplitud cresta a cresta de la señal de imagen (véase la fig. 2) y la amplitud cresta a cresta del ruido.

Nota.—Hasta ahora sólo se ha utilizado esta definición para especificaciones relativas a parásitos en una sola frecuencia y al zumbido de alimentación (frecuencia de la red y de sus primeras armónicas), pero podría también revelarse útil en todos aquellos casos en que se hallen en relación armónica dos o varios componentes sinusoidales.

La relación señal/ruido del circuito ficticio de referencia no debe ser inferior a los valores deducidos del cuadro II.

3.3.3 *Parásitos impulsivos.*

En el caso de los parásitos impulsivos, se define la relación señal/ruido por la relación, expresada en decibelios, entre la amplitud cresta a cresta de la señal de imagen (véase la fig. 2) y la amplitud cresta a cresta del ruido.

En el caso del circuito ficticio de referencia, se propone con carácter provisional para todos los sistemas, salvo para el M (Canadá y Estados Unidos) para el que el valor impuesto es 11 dB, una relación mínima señal/ruido de 25 dB para los parásitos impulsivos de naturaleza esporádica u ocasional.

3.3.4 *Diafonía.*

Esta cuestión está aún en estudio.

3.4 *Distorsión no lineal.*

La distorsión no lineal influye en la señal de imagen y en la de sincronización.

Las distorsiones no lineales de la señal de imagen pueden clasificarse en tres categorías*:

— distorsión no lineal en las frecuencias muy bajas;
— distorsión no lineal en las frecuencias medias, y
— distorsión no lineal en las frecuencias elevadas.

3.4.1 *Distorsión no lineal de la señal de imagen en las frecuencias muy bajas.*

Esta cuestión se halla todavía en estudio.

3.4.2 *Distorsión no lineal de la señal de imagen en las frecuencias medias.*

Se mide la distorsión no lineal con la señal de prueba núm. 3 (descrita en el anexo I) siendo la frecuencia de la sinusoide superpuesta $f = 0{,}2\ f_c$.

La medición de la distorsión se efectúa considerando la relación entre la amplitud mínima cresta a cresta de la sinusoide superpuesta y la amplitud máxima a lo largo del diente de sierra.

Se puede observar la sinusoide en un osciloscopio con barrido en la frecuencia de línea, utilizando un filtro de paso de banda para separar esta sinusoide del resto de la señal. La figura observada en la pantalla tiene la forma de la fig. 3. La variación de la amplitud indica la distorsión no lineal.

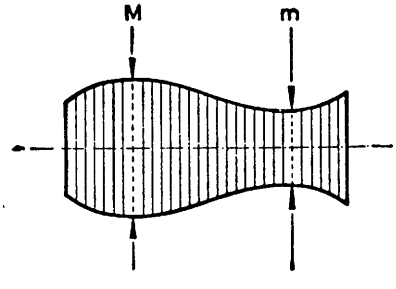


FIGURA 3

* Los términos ingleses correspondientes son, respectivamente, field-time, line-time y short-time non linearity distorsion.

La distorsión no lineal se expresará por el porcentaje 100 $(1 - m/M)$ y, en el caso del circuito ficticio de referencia, no debe exceder de un 20 %. Se puede expresar también el resultado en decibelios en la forma $(20 \log_{10} M/m)$ y en el caso del circuito ficticio de referencia, este resultado no debiera exceder de 2 dB.
Para el sistema M (Canadá y Estados Unidos) la distorsión no lineal se mide en 3,6 MHz con una onda sinusoidal superpuesta de 0,143 V (cresta a cresta) y los resultados se expresan en porcentaje o en decibelios. Este valor no debe exceder del 13 % (1,2 dB).
Para el sistema M (Japón) se utiliza la misma señal de prueba que en Estados Unidos y Canadá; la distorsión de ganancia debida a la no linealidad (ganancia diferencial) no debe exceder del 10 % y la distorsión de fase por intermodulación (fase diferencial) no debe exceder de 5°.

3.4.3 *Distorsión no lineal de la señal de imagen en las frecuencias elevadas.*

Esta cuestión se halla todavía en estudio *.

En Canadá y Estados Unidos, las especificaciones para las distorsiones no lineales en las frecuencias elevadas están dentro de las condiciones relativas a las frecuencias medias especificadas en el § 3.4.2.

3.4.4 *Distorsión no lineal en las señales de sincronización.*

Para el circuito ficticio de referencia, la amplitud S de las señales de sincronización de línea, medida con la señal de prueba núm. 3 cuando la ganancia del circuito es igual a 0 decibelios, debe hallarse comprendida dentro de los límites 0,21 V y 0,33 V (entre 0,26 V y 0,31 V en Canadá y Estados Unidos), estén las líneas intermedias en el nivel de negro (S_a) o en el nivel de blanco (S_b).

3.5 *Distorsión lineal en régimen transitorio.*

3.5.1 *Respuesta transitoria para señales de duración igual a una trama.*

3.5.1.1 Sistemas B, C, D, E, F, G, H, K, L.

En el caso del circuito ficticio de referencia y cuando se utiliza la señal de prueba núm. 1 descrita en el anexo I, la curva observada en la recepción en un osciloscopio debe estar comprendida en el patrón de la fig. 4. ajustándose el osciloscopio de tal modo que los puntos medios de los flancos de la barra coincidan con los puntos M_1 y M_2 del patrón y que los puntos medios de las partes «negra» y «blanca» coincidan con los puntos A y B, respectivamente, del patrón.

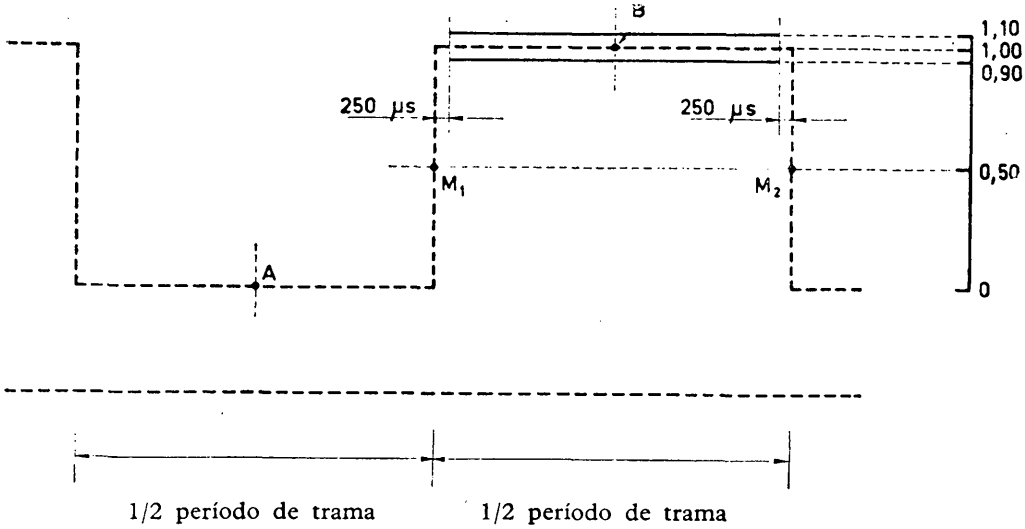


FIGURA 4

Límites de la respuesta a la señal de prueba núm. 1

* Actualmente, se están efectuando medidas en varios países utilizando la señal de prueba núm. 3, siendo la frecuencia de la sinusoide superpuesta superior a 0,2 *fc*. (Véase el Doc. CMTT/41, Montecarlo, 1958.—Informe del Relator principal.)

3.5.1.2 Sistema M.

En Canadá y Estados Unidos, cuando se utiliza la señal de prueba número 1, las variaciones con relación al nivel B no deberían pasar de $\pm$ 5 % para un circuito sin dispositivo de bloqueo, ni de $\pm$ 1 % para un circuito con dispositivo de bloqueo.

En el Japón, cuando se utiliza la señal de prueba núm. 1, las tolerancias son las mismas que en los sistemas de 625 y 819 líneas.

3.5.2 *Respuesta transitoria para señales de duración igual a una línea.*

3.5.2.1 Sistema M.

En Canadá y Estados Unidos, en el caso del circuito ficticio de referencia, y cuando se utiliza la señal de prueba núm. 2, descrita en el anexo I, con un tiempo de establecimiento $2T$ (0,25 µs), la curva observada en la recepción en el osciloscopio debe hallarse comprendida en un patrón análogo al de la fig. 5, pero con límites de variación de $\pm$ 1 % con relación al punto B, ajustándose el osciloscopio de modo que los puntos medios de los flancos de la barra coincidan con los puntos M_1 y M_2 del patrón, y los puntos medios de las partes «negra» y «blanca» coincidan, respectivamente, con los puntos A y B del patrón.

En el Japón, las condiciones son las que seguidamente se indican para los sistemas de 625 y 819 líneas.

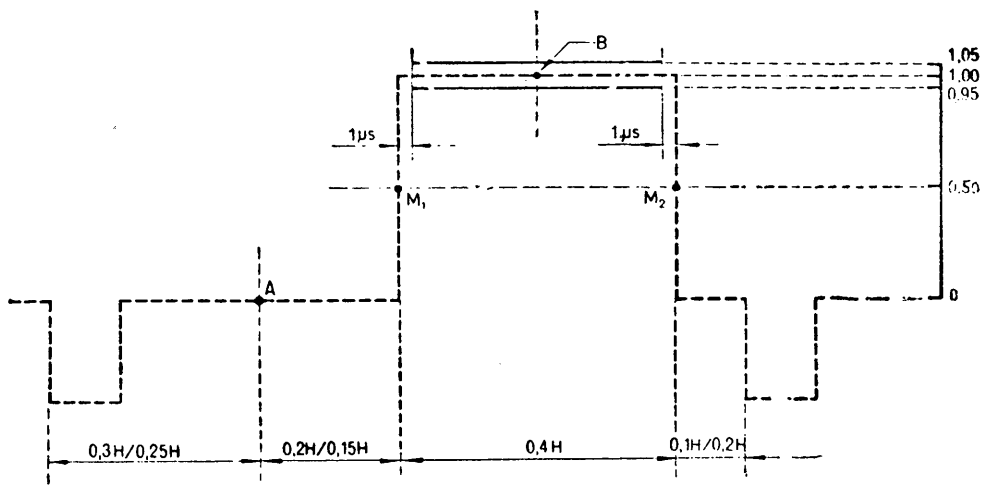


FIGURA 5

Límites de la respuesta de la señal de prueba núm. 2

3.5.2.2 Sistemas B, C, D, E, F, G, H, K, L.

En el caso del circuito ficticio de referencia y cuando se utiliza la señal de prueba núm. 2, descrita en el anexo I, con un tiempo de establecimiento T (en el caso de circuitos con un corte brusco cerca del límite nominal superior de las frecuencias de video, se puede necesitar un tiempo de establecimiento de 2 T), la curva observada en la recepción en el osciloscopio debe hallarse comprendida en el patrón de la fig. 5, ajustándose el osciloscopio de modo que los puntos de amplitud mitad de los flancos de la barra coincidan con los puntos M_1 y M_2 del patrón, y los puntos medios de las partes «negra» y «blanca» coincidan con los puntos A y B, respectivamente, del patrón.

3.5.3 *Respuesta transitoria para señales de muy corta duración.*

3.5.3.1 Sistema M.

En Canadá y Estados Unidos, donde se utiliza una señal de prueba consistente en un impulso de seno cuadrado cuya duración para la amplitud mitad es igual a $1/(2f_c)$ segundos, las sobreoscilaciones (anterior o posterior) de la señal de salida no deben exceder de un 13 % de la amplitud de cresta del impulso.

En el Japón, el procedimiento es el indicado para los sistemas B, C, D, E, F, G, H, K, L, observándose la señal recibida por medio de un patrón conforme a la fig. 6; en lo que respecta al canal de crominancia, deben proseguirse los estudios.

µs	Límite superior	Límite inferior
0,12	120	90
0,35	109	91
⩾ 1	105	95

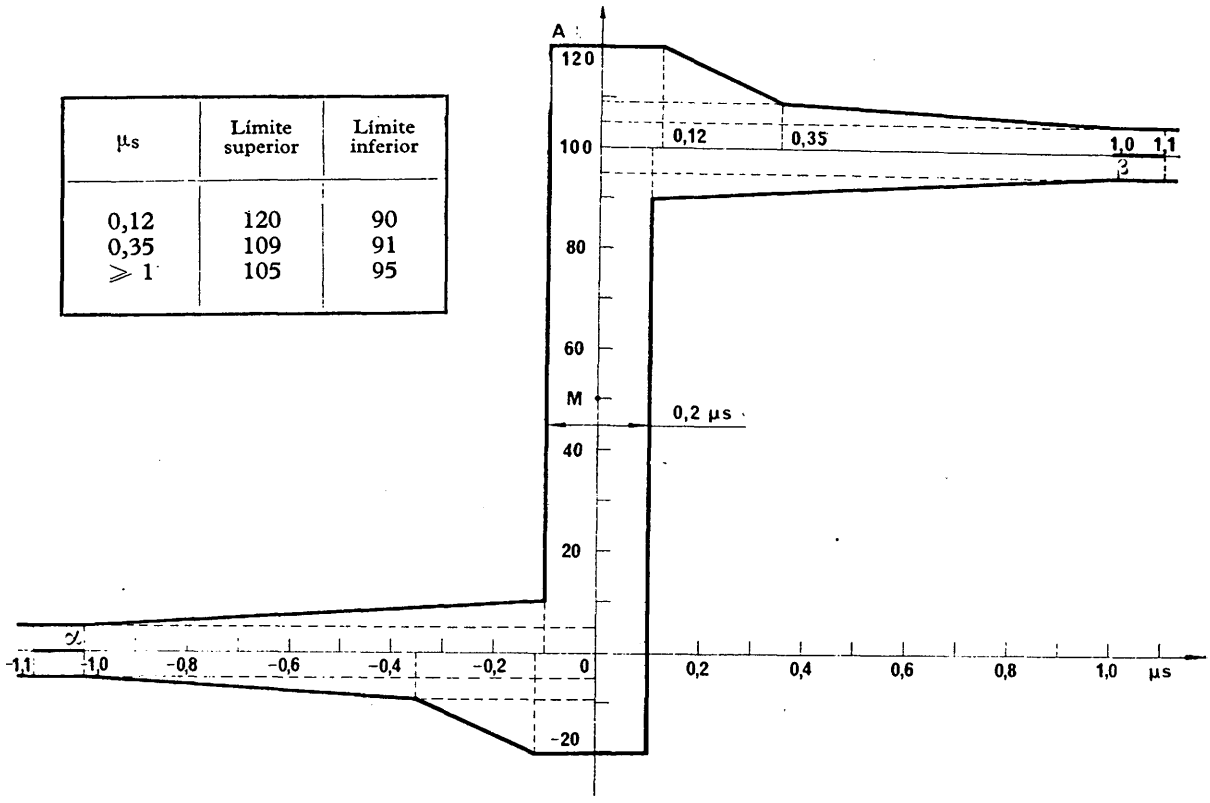


FIGURA 6

Patrón para la respuesta transitoria a la señal de prueba núm. 2 en el sistema M (Japón)

3.5.3.2 Sistemas B, C, D, E, F, G, H, K, L.

Se utiliza la señal de prueba núm. 2, en la cual el tiempo de establecimiento de los bordes anterior y posterior es $T = 1/(2f_c)$.

Se observa la señal recibida por medio de uno de los patrones de las figuras 7 y 8, ajustándose el osciloscopio de modo que M coincida con el centro de la subida y que los niveles correspondientes a los negros y a los blancos coincidan con los segmentos A y B.

Si se producen pseudo-oscilaciones en la zona de los segmentos A y B, se colocan las crestas de estas oscilaciones simétricamente con relación a A y a B.

En el caso del circuito ficticio de referencia, el oscilograma observado debe hallarse comprendido dentro de los límites del patrón apropiado, o sea:
— el de la fig. 7 para los sistemas D y K;
— el de la fig. 8 para los sistemas B, C, E, F, G, H.

Nota.—Para el sistema L de 625 líneas utilizado en Francia, el patrón para la respuesta transitoria a la señal de prueba núm. 2 es provisionalmente el de la fig. 8, correspondiente al sistema E de 819 líneas (f_c = 10 MHz).

3.6 *Respuesta en régimen permanente.*

3.6.1 Sistema M.

Los límites que en Canadá y Estados Unidos se consideran como un objetivo se representan por las curvas B en las figs. 9 y 10; la frecuencia más baja a la que se aplican estos límites es 0,0025 f_c.

µs	Límite superior	Límite inferior
0,08	120	90
0,28	109	91
≥ 1	105	95

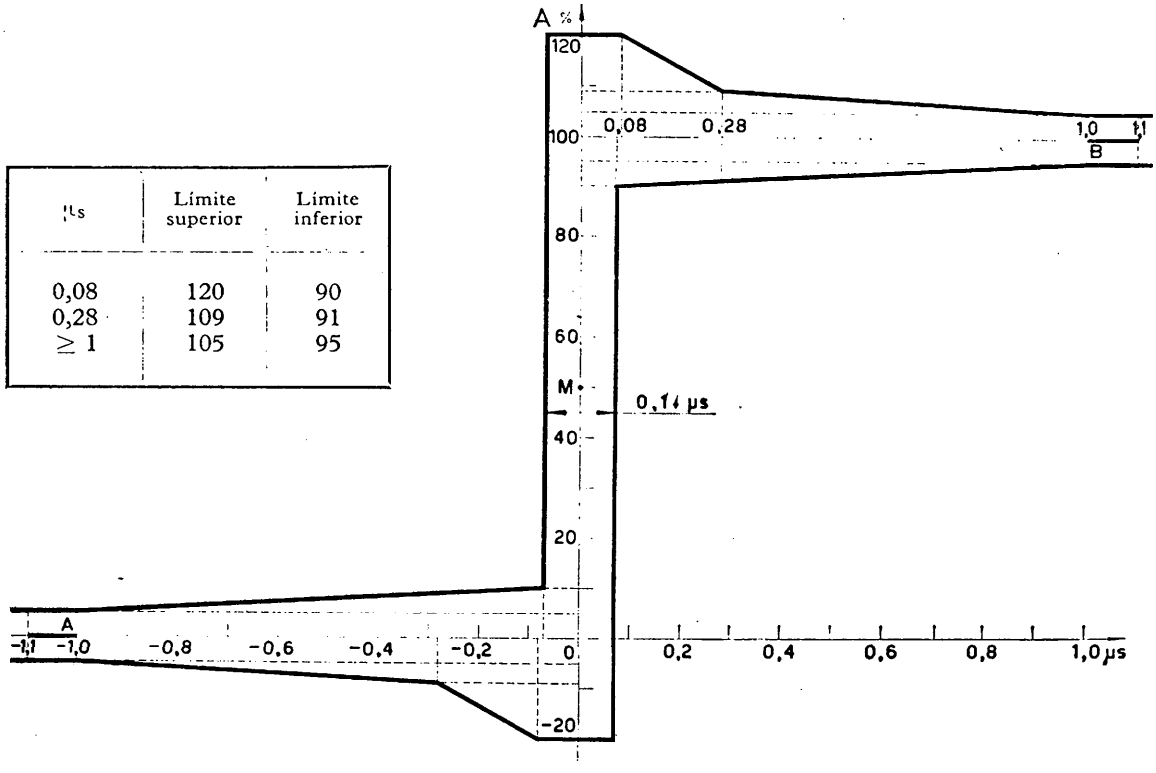


FIGURA 7

Patrón provisional para la respuesta transitoria a la señal de prueba núm. 2 en los sistemas D y K

Patrón constituido por una parte de la curva definida por la ecuación: $\pm e = \frac{1}{8a} + 0{,}025$ entre los límites: $e = +0{,}2$ y $e = -0{,}1$, por una parte y $e = \pm 0{,}05$ hasta $t = 1$ µs, por otra.

Tiempo de establecimiento (τ_e)	
Sistemas	τ_e (µs)
B, C, G, H	0,16
F	0,16
E	0,11

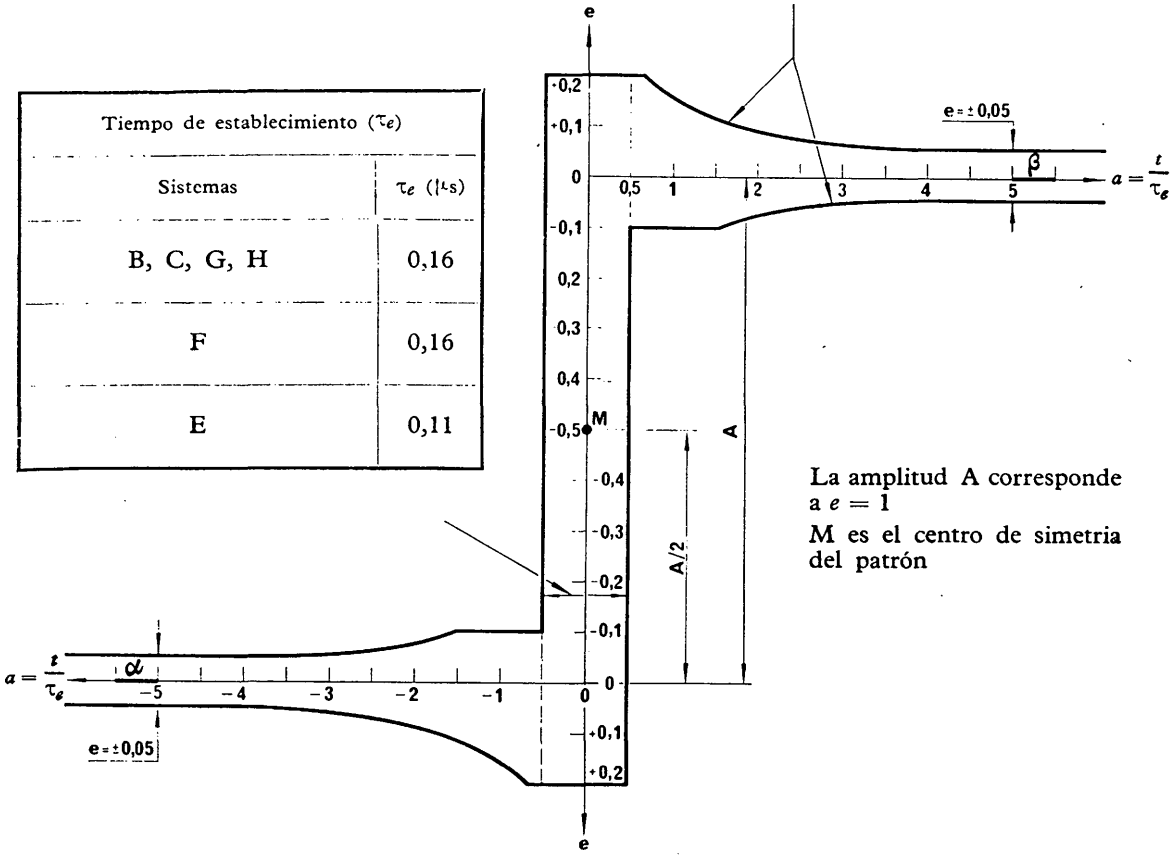
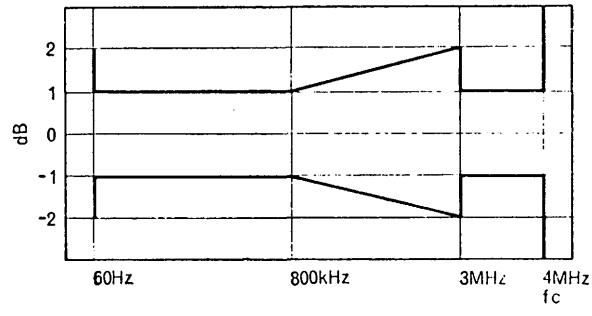


FIGURA 8

Patrón para la respuesta transitoria a la señal de prueba núm. 2. Sistemas B, C, E, F, G, H



f_c: límite superior nominal de la banda de frecuencias de video

FIGURA 9

Límite para la característica atenuación/frecuencia del sistema M de televisión en color (Japón)

En el Japón, los límites son los mismos que los de los sistemas de 625 y 819 líneas, siendo 4 MHz el valor apropiado de f_c; para el color, los límites de la característica atenuación/frecuencia se dan en la fig. 9; los límites de la característica tiempo de propagación de grupo/frecuencia, están aún en estudio.

3.6.2 Sistemas B, C, D, E, F, G, H, K, L.

En el caso del circuito ficticio de referencia, los constructores pueden hallar indicaciones útiles en las curvas límites de características atenuación/frecuencia y tiempo de propagación de grupo/frecuencia de las figs. 10 y 11, en las cuales se ha consignado en abscisas un parámetro único, que es la relación entre la frecuencia y la frecuencia de video máxima f_c del sistema considerado (frecuencia reducida).

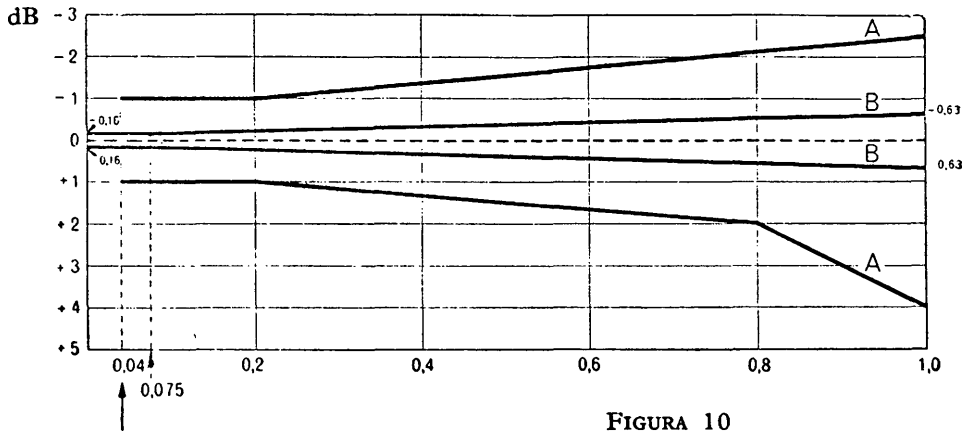


FIGURA 10

Límites de la característica atenuación/frecuencia reducida

Curva A: Sistemas cuyos límites superiores nominales de la banda de frecuencias de video son, respectivamente, 4 MHz (M, Japón), 5 MHz (B, C, F, G, H), 6 MHz (D, K, L) y 10 MHz (E).

Curva B: Sistema utilizado en Canadá y Estados Unidos (sistema M) en el que el límite superior nominal de la banda de frecuencias video f_c es 4 MHz.

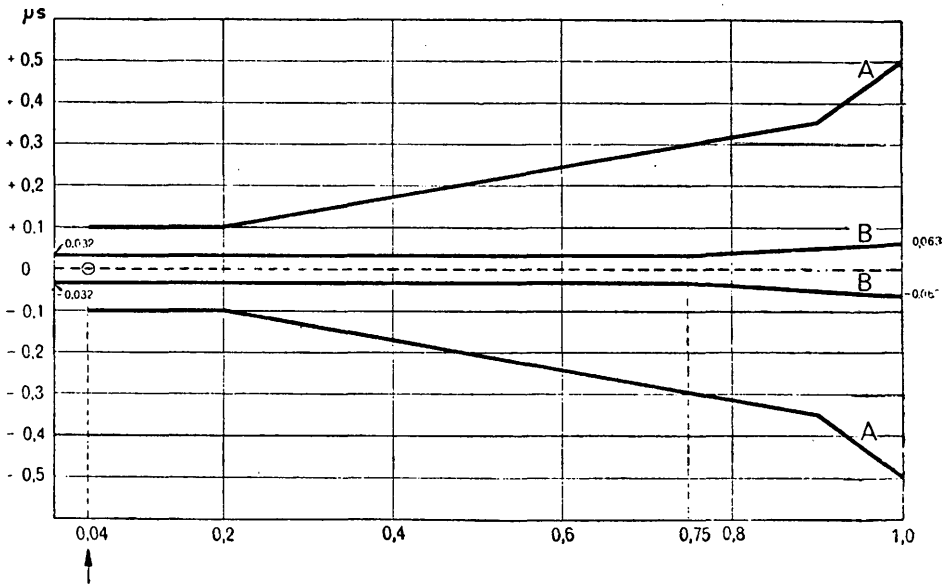


FIGURA 11

Límites de la característica tiempo de propagación de grupo/frecuencia reducida

Curva A: Sistemas cuyos límites superiores nominales de la banda de frecuencias video son, respectivamente, 4 MHz (M, Japón), 5 MHz (B, C, F, G, H), 6 MHz (D, K, L) y 10 MHz (E).

Curva B: Sistema utilizado en Canadá y Estados Unidos (sistema M) en el que el límite superior nominal de la banda de frecuencias de video f_c es 4 MHz.

ANEXO I

SEÑALES DE PRUEBA

1. Señal de prueba núm. 1.

Se utiliza la señal de prueba núm. 1 para medir la respuesta transitoria para señales que tienen la duración de una trama. Según puede verse en la fig. 12, esta señal está constituida por una señal cuadrada en la frecuencia de trama asociada a impulsos de sincronización de línea y a señales de supresión. Si se desea, se puede incluir una señal de sincronización de trama y omitir el pedestal.

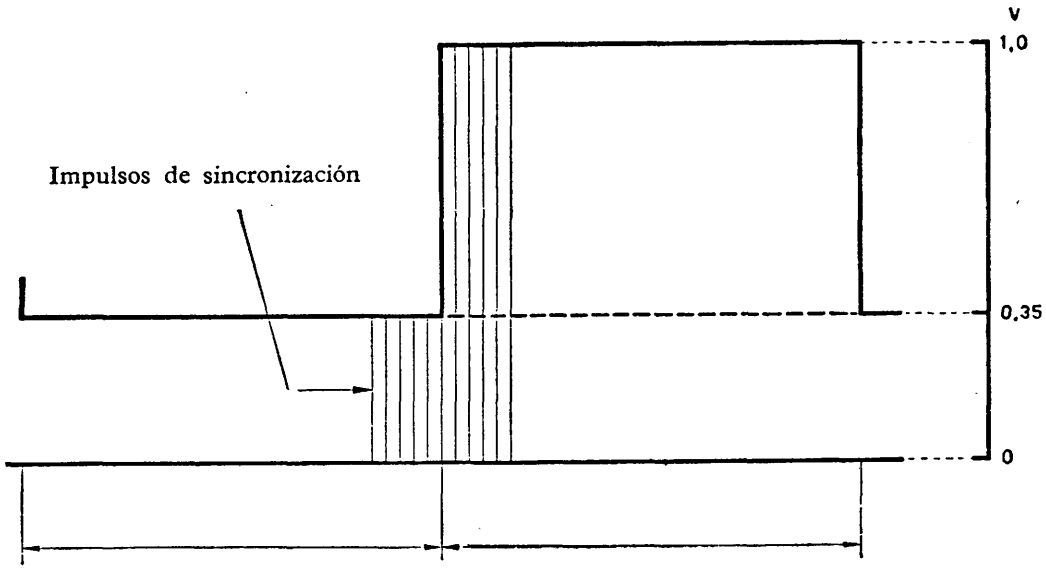


FIGURA 12

Señal de prueba núm. 1

2. Señal de prueba núm. 2 *.

Se utiliza la señal de prueba núm. 2 para medir la ganancia de inserción y la respuesta transitoria para señales que tengan la duración de una línea y para señales breves. Según puede verse en la fig. 13, esta señal está constituida por una barra de una media línea asociada a impulsos de sincronización de línea. Si se desea, se puede incluir una señal de sincronización de trama y omitir el pedestal. El intervalo entre la barra de una media línea y el impulso de sincronización siguiente puede ser de 0,1 H o de 0,2 H, siendo H el periodo de línea.

La forma precisa y los tiempos de establecimiento de cada borde de la barra de una media línea pueden obtenerse por medio de una red conformadora (cuyo diseño se basa en el extracto de un artículo de W. E. Thomson, titulado «Solution 3» (Proc. I. E. E., Parte III, **99**, 373 (1952)). Se puede elegir entre dos redes que dan tiempos de establecimiento de T y $2T$, respectivamente, siendo $T = 1/(2f_c)$, siendo f_c el límite superior nominal de las frecuencias de video para el sistema. (El anexo 17 a dicho artículo contiene una descripción de las redes adecuadas.)

Si se desea, se puede incluir en el intervalo designado por A un elemento suplementario, por ejemplo un impulso de seno cuadrado (cuya forma y duración de amplitud mitad se obtienen con las redes conformadoras mencionadas más arriba), o una señal de referencia de frecuencia elevada. Para los sistemas D y K se utiliza un impulso cuya duración de amplitud mitad es T ó $2T$.

* Cuando se utilizan las señales de prueba núms. 2 y 3, se producen en las mediciones errores de importancia si la relación señal/ruido es inferior a 30 dB (Documento CMTT/2, París, 1962).

Tiempo de establecimiento T o 2 T, con $T = \frac{1}{2f_c}$

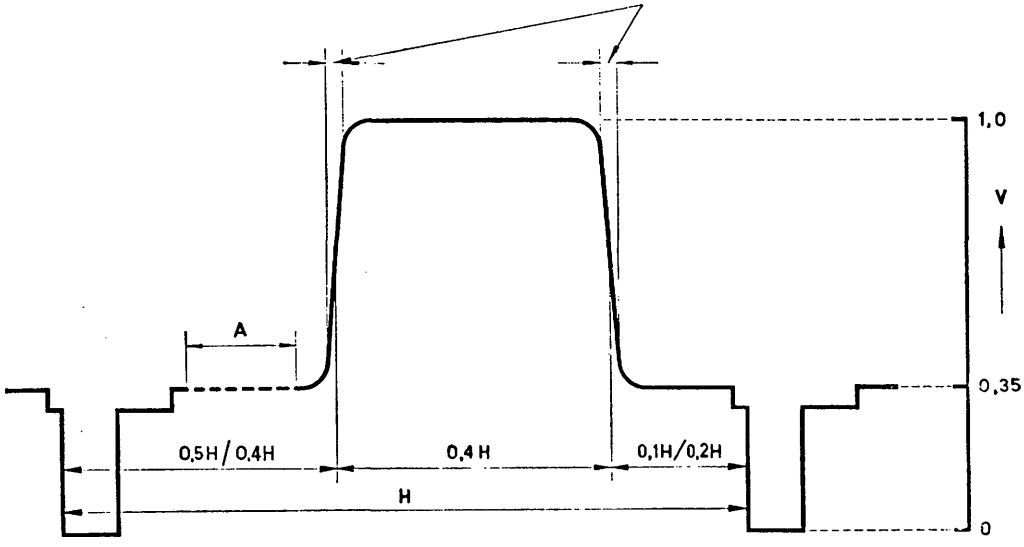
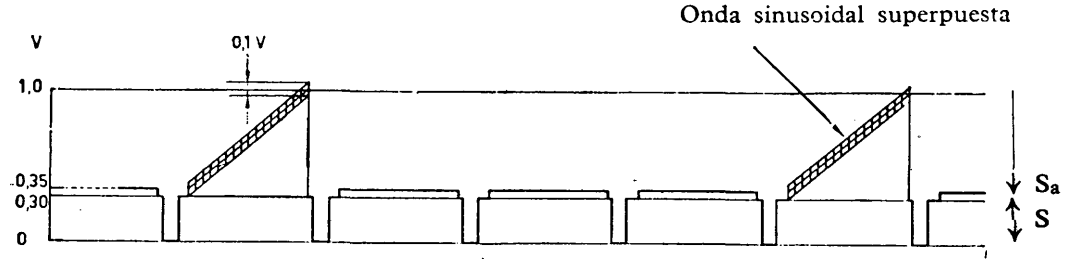


FIGURA 13

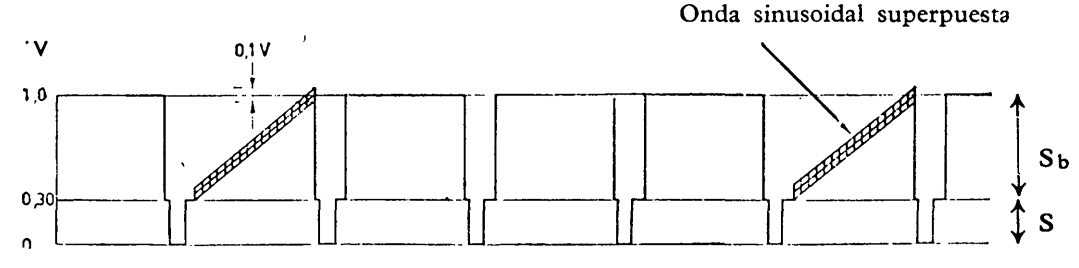
Señal de prueba núm. 2

3. Señal de prueba núm. 3*.

Se utiliza la señal de prueba núm. 3 para medir la distorsión no lineal. Según se muestra en la fig. 14, se trata de una señal en la que la parte imagen se compone, cada cuatro líneas, de una sinusoide de 0,1 voltios de amplitud cresta a cresta, superpuesta



a) Líneas intermedias en el nivel de negro



b) Líneas intermedias en el nivel de blanco

FIGURA 14

Señal de prueba núm. 3

* Cuando se utilizan las señales de prueba núms. 2 y 3, se producen en las medidas errores de importancia si la relación señal/ruido es inferior a 30 dB (Documento CMTT/2, París, 1962).

a un diente de sierra, llevándose las tres líneas intermedias, en el extremo transmisor, al nivel de negro o al nivel de blanco, por medio de un conmutador. Si se desea, se puede incluir una señal de sincronización de trama y omitir el pedestal.

La frecuencia de la onda sinusoidal superpuesta es igual a 0,2 f_c para medir la distorsión no lineal en las frecuencias medias.

Toda variación en el extremo receptor de la amplitud de la onda sinusoidal mientras dura el diente de sierra, es una indicación de distorsión no lineal.

ANEXO II

FILTRO DE PASO BAJO PARA MEDIR PARÁSITOS ERRÁTICOS CONTINUOS

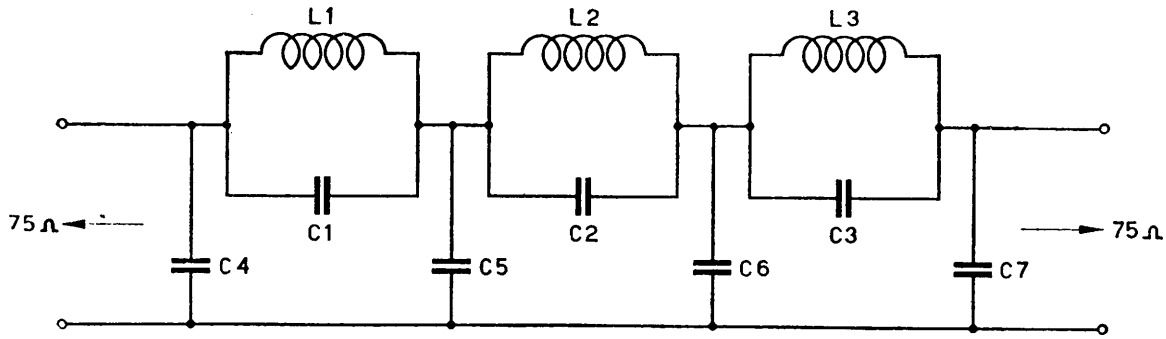
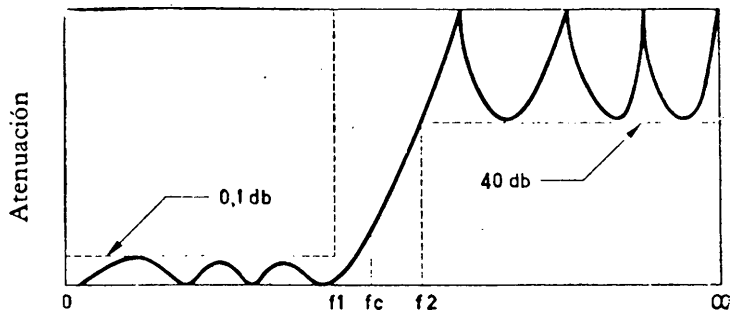


FIGURA 15

	Límite superior nominal de la banda de frecuencias de video fc (MHz) (1)		
	L(μH)	C(pF)	f (MHz)
1	$14{,}38/f_c$	$497{,}6/f_c$	$1{,}8816\ f_c$
2	$7{,}673/f_c$	$2.723/f_c$	$1{,}1011\ f_c$
3	$8{,}600/f_c$	$1.950/f_c$	$1{,}2290\ f_c$
4		$2.139/f_c$	
5		$2.815/f_c$	
6		$2.315/f_c$	
7		$1.297/f_c$	

(1) Para el sistema M (Canadá y Estados Unidos) en la fabricación de filtros de paso bajo, para medir el ruido errático se adopta el valor fc = 4,2 MHz.

f/fc	dB	*f/fc*	dB
0,98	0,1	1,04	14,8
0,99	0,5	1,05	18,8
1,00	1,8	1,06	23,0
1,01	4,2	1,07	27,7
1,02	7,3	1,08	33,3
1,03	10,9	1,09	41,0



Atenuación de inserción teórica
$f_c = 0{,}9\ f_2$ por construcción

Frecuencia de sobreoscilación = f_c por construcción
$f_1 = 0{,}9807\ f_c$
$f_2 = 1{,}0897\ f_c$

FIGURA 16

Nota 1.—Para cada capacidad indicada, se trata del valor total, incluidas todas las capacidades parasitas; la capacidad debe ser exacta en $\pm$ 2 %.

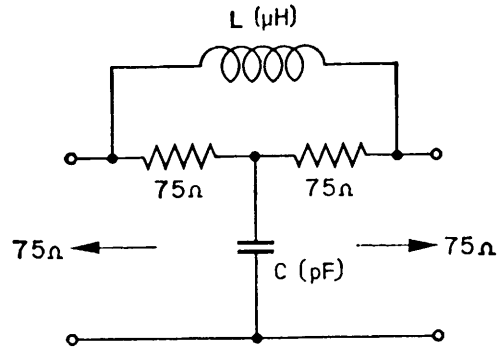
Nota 2.—Debe ajustarse cada bobina de modo que la pérdida de inserción sea máxima en la frecuencia apropiada indicada f (MHz).

Nota 3.—La curva teórica de pérdida de inserción anterior corresponde a un factor Q infinito. En la práctica, este factor debería ser, por lo menos, del orden de 100 para la frecuencia f_c.

Nota 4.—Los límites de la curva de pérdida de inserción en función de la frecuencia los dan indirectamente las tolerancias indicadas para los valores de los elementos.

ANEXO III

REDES PONDERADORAS PARA LOS PARÁSITOS ERRÁTICOS CONTINUOS



$$L\ (\mu H) = 75\ \tau\ (\mu s) \quad C\ (pF) = \frac{\tau\ (\mu s)}{75}\ 10^6$$

Atenuación de inserción (dB) = $10 \log_{10} . [1 + (2\pi\tau f)^2]$

FIGURA 17

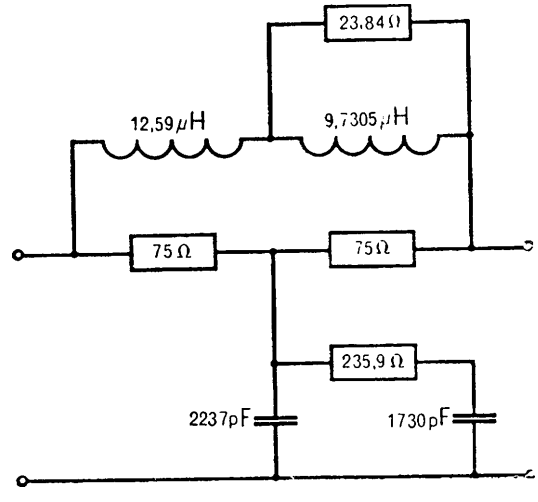
Sistemas	fc (1) (MHz)	τ (μs)	τfc	Pérdida de ponderación teórica en dB, para:	
				Ruido «blanco»	Ruido «triang.»
M (Canadá, Estados Unidos)	Véase la nota 1			6,1	10,2
M (Japón)	4	0,415	1,66	8,5	16,3
B, C, G, H	5	0,33	1,66	8,5	16,3
D, K, L	6	0,33	2,0	9,3	17,8
F	5	0,33	1,66	8,5	16,3
E	10	0,166	1,66	8,5	16,3

(1) fc es el límite superior nominal de la banda de frecuencia de video (en MHz).

Nota 1.—Para el sistema M (Canadá y Estados Unidos), se utiliza la siguiente característica de ponderación:

Frecuencia (MHz)	0,01	0,05	0,10	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
Ponderación: Pérdida de inserción (dB)	0	0	0,3	2,8	4,7	8,1	10,8	13,0

Puede utilizarse una red de ponderación análoga a la siguiente:

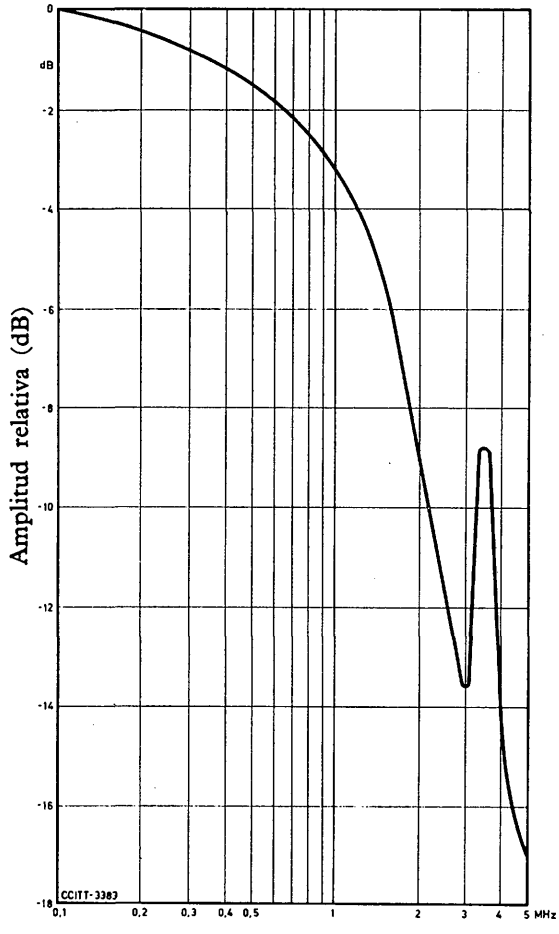


$$\text{Atenuación de inserción (dB)} = 10 \log_{10} \frac{[1 + (f/f_1)^2]\,[1 + (f/f_2)^2]}{[1 + (f/f_3)^2]}$$

con : $f_1 = 0{,}270$ MHz; $f_2 = 1{,}37$ MHz; $f_3 = 0{,}390$ MHz

FIGURA 18

Nota 2.—En el caso del sistema en color M (Japón), se utiliza la curva de ponderación de la figura 19 (véase WATANABE, K. Effects of continuous random noise on colour television pictures, Electrical Telecomm. Laboratory. Report No. 1528, N. T. T. Japan, (1964).



Frecuencia de video (MHz)

FIGURA 19

Curva de ponderación de parásitos erráticos continuos en un sistema de televisión de 525 líneas

ANEXO IV

CIRCUITOS CON UN NÚMERO DE SECCIONES DE VIDEO MAYOR O MENOR QUE EL CIRCUITO FICTICIO DE REFERENCIA

I. Introducción.

Se dan en este anexo algunas indicaciones sobre las características de circuitos ficticios con un número de secciones de video mayor o menor que el circuito ficticio de referencia de tres secciones, definido en el § 1.2 de esta Recomendación. Los valores calculables partiendo de los cuadros I y II sólo dan algunas indicaciones sobre las características probables y deben aplicarse con prudencia al considerar las especificaciones de circuitos reales, por no conocerse con precisión las leyes de adición de cada tipo de degradación.

2. Leyes de adición.

Si D_3: la característica expresada según esta Recomendación, o el parámetro adicionable que de ella se deriva, admitido en el circuito ficticio de referencia, tal como se indica en el cuadro II,

y D_n: la característica o el parámetro adicionable correspondiente a un circuito de n secciones,

tendremos $D_n = D_3\left(\frac{n}{3}\right)^{1/h}$

donde h tiene el valor 1, 3/2 ó 2, según las indicaciones del cuadro II; $h = 1$ corresponde a una ley de adición lineal; $h = 3/2$ a una ley de adición «en potencia 3/2» y $h = 2$ a una ley de adición cuadrática.

Los valores calculados de $\left(\frac{n}{3}\right)^{1/h}$ se reproducen en el cuadro I.

CUADRO I

n	$\left[\frac{n}{3}\right]^{1/h}$		
	$h = 1$	$h = 3/2$	$h = 2$
1	0,33	0,48	0,58
2	0,67	0,76	0,82
3	1,00	1,00	1,00
4	1,33	1,21	1,15
5	1,67	1,41	1,29
6	2,00	1,59	1,41
7	2,33	1,76	1,53
8	2,67	1,92	1,63
9	3,00	2,08	1,73
10	3,33	2,23	1,83
11	3,67	2,38	1,91
12	4,00	2,52	2,00
13	4,33	2,66	2,08
14	4,67	2,79	2,16
15	5,00	2,92	2,24

CUADRO II

§ de la Recomendación	Características	D_s expresado en	h	Nota
3.1	*Ganancia de inserción* (tolerancia) . . .	dB	2	
3.2	*Variaciones de la ganancia de inserción:*			
	Variaciones de corta duración	dB	2	
	Variaciones de duración media	dB	2	
3.3.1	*Parásitos erráticos continuos:*			
	Relación señal/ruido			1
3.3.2	*Parásitos recurrentes:*			
	Relación señal/ruido	amplitud de ruido		
	Zumbido		2	2; 7
	1 kHz a 1 MHz		2	3
	1 MHz a f_c		2	3
3.3.3	*Parásitos impulsivos:*			
	Relación señal/ruido	amplitud de ruido		4
3.4	*Distorsión no lineal:*			
3.4.2	Señal de imagen	$(1-\frac{m}{M}) \times 100\ \%$	3/2	7
3.4.4	Señal de sincronización	%	3/2	
3.5	*Distorsión lineal en régimen transitorio*			
3.5.1	Señales de una trama de duración . . .	%	1	
3.5.2	Señales de una línea de duración . . .	%	2	6; 7
3.5.3	Señales de muy corta duración:			
	— Sobreoscilación y duplicación de imágenes	patrón	2	6; 7
	— Tiempo de establecimiento	μs	no hay ley	
3.6	*Respuesta en régimen permanente* (tolerancia):			
	Amplitud/frecuencia	dB	3/2	5
	Tiempo de propagación de grupo/frecuencia	μs	3/2	5

Nota 1.—Para los circuitos en pares coaxiles, la ley de adición cuadrática ($h = 2$) se aplica al ruido errático expresado en tensión eficaz. Para los circuitos de radioenlaces véase la Recomendación 289.

Nota 2.—Para tener en cuenta la posibilidad de una adición lineal de los zumbidos de alimentación en los circuitos de sólo unas pocas secciones, convendría tomar $h = 1$ cuando $n \leqslant 3$.

Nota 3.—Para tener en cuenta la posibilidad de una adición lineal cuando los parásitos recurrentes sólo tienen unos pocos componentes de frecuencias muy próximas, puede convenir tomar $h = 1$ si el número de estos componentes es pequeño.

Nota 4.—Cuando cada fuente de ruido impulsivo se manifieste durante un pequeño porcentaje de tiempo (por ejemplo $< 0{,}1$ %), se puede hacer la adición lineal de los porcentajes de tiempo.

Nota 5.—En Canadá y Estados Unidos se utiliza en la práctica la ley $h = 2$.

Nota 6.—Para los sistemas D y K se podrá utilizar el método descrito en el Doc. CMTT/60 (1963-1966).

Nota 7.—En el Doc. CMTT/49 (O. I. R. T.), 1966-1969, se dan mayores detalles.

3. Ejemplos de utilización de los cuadros I y II.

3.1 Si la tolerancia en la ganancia es de ± 1 dB para el circuito ficticio de referencia, la tolerancia en la ganancia de una sección de video será igual (con $h = 2$) a:

$$D_1 = D_3 \left(\frac{1}{3}\right)^{1/2} = D_3 \times 0{,}58 = \pm 0{,}58 \text{ dB}$$

3.2 Si la tolerancia en la relación señal/ruido es igual a 50 dB para el circuito ficticio de referencia, la tolerancia en la relación señal/ruido para un circuito de 9 secciones se calculará como sigue (con $h = 2$):

Valor cuadrático medio del ruido para el circuito ficticio de referencia: D_3.

Valor cuadrático medio del ruido para el circuito de 9 secciones:

$$D_9 = D_3 \left(\frac{9}{3}\right)^{1/2} = D_3 \times 1{,}73$$

Relación señal/ruido para el circuito de 9 secciones:

$$\frac{S}{D_9} = \frac{S}{D_3} \times \frac{1}{1{,}73}$$

o, en dB: $\frac{S}{D_9}$ dB $= 50 - 4{,}8$, o sea 45 dB aproximadamente.

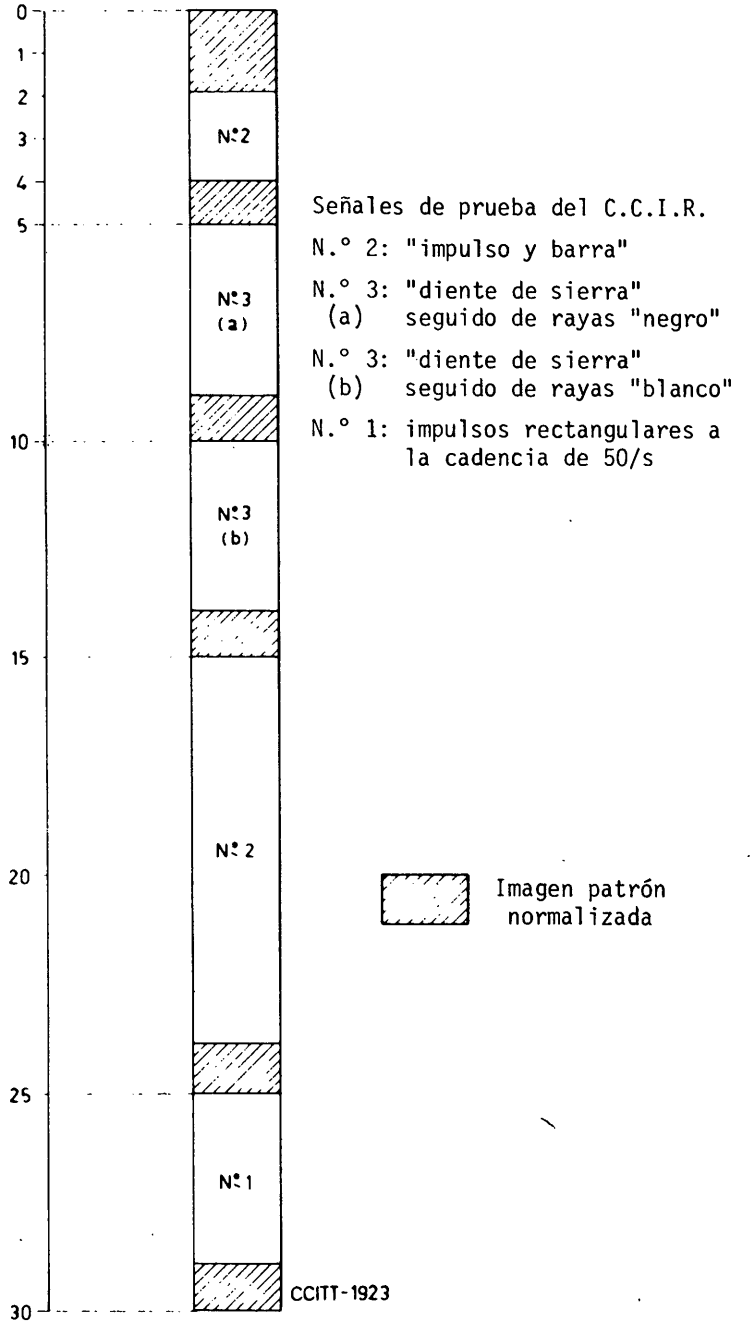
3.3 Si la tolerancia en la distorsión no lineal es igual a 20 % para el circuito ficticio de referencia, la tolerancia en la distorsión no lineal para una sección de video será igual (con $h = 3/2$) a:

$$D_1 = D_3 \left(\frac{1}{3}\right)^{2/3} = D_3 \times 0{,}48$$

$$D_1 = 20 \times 0{,}48 = 9{,}6\ \%$$

Suplemento N.° 5.2

SERIE DE SEÑALES DE PRUEBA UTILIZADAS POR LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA U.E.R. DURANTE EL PERIODO DE AJUSTE (A VECES SE HACE USO DE UNA VERSIÓN ABREVIADA PREVIO ACUERDO ENTRE LAS PARTES INTERESADAS)



Programa de pruebas de televisión antes de la transmisión

6. VARIOS

Suplemento N.° 6.1

REPERCUSIONES DE LA INTRODUCCIÓN DE NUEVOS COMPONENTES Y DE EQUIPO MODERNO EN EL MANTENIMIENTO

En el presente documento se indican los resultados de un estudio relativo a la Cuestión 17/IV que ha llevado a cabo el Relator Sr. C. de Jong, elegido por la Comisión de estudio IV a propuesta de la Administración de los Países Bajos. El estudio se basa en la información suministrada por las Administraciones que se enumeran a continuación: Argentina, A.T. & T., Bélgica, España, Hungría, Italia, México, Noruega, N.T.T., R.F. de Alemania, Post Office del Reino Unido.

1. *Tendencias en la construcción de equipo de transmisión*

El empleo de semiconductores en forma de transistores, diodos o circuitos integrados no sólo influye en la calidad del equipo del que forman parte, sino que hace también posible e incluso conveniente el uso de técnicas de construcción modernas. Sin embargo, estas nuevas técnicas exigen reorganizar el mantenimiento, lo cual, si se efectúa adecuadamente, puede traducirse también en ahorros en la explotación.

Es evidente que las técnicas de construcción y los métodos de mantenimiento deben estar recíprocamente adaptados a fin de derivar de ellos el máximo beneficio en la explotación.

- construcción mediante subconjuntos formados por diversos componentes;
- montaje de componentes en circuitos impresos;
- volumen inferior;
- mayor confiabilidad;
- modificación de los sistemas de alimentación de alarma.

Es posible señalar las siguientes etapas en la evolución desde los equipos de construcción clásica a los equipos modernos:

Los equipos modernos se distinguen de los antiguos por las siguientes características:

1.1 *Equipo*

a) equipo de tubos (válvulas);
b) equipo con elementos semiconductores montados en subconjuntos interconectados mediante hilos soldados;
c) equipo con elementos semiconductores montados en tarjetas de circuito impreso;
d) equipo con elementos semiconductores y algunos circuitos integrados en tarjetas de circuito impreso;
e) equipo constituido en gran parte por circuitos integrados en tarjetas de circuito impreso.

1.2 *Presentación del equipo*

En función, tanto de las nuevas posibilidades de construcción como de las posibilidades de mantenimiento pueden distinguirse los siguientes tipos de presentación:

a) equipo cubierto o descubierto;
b) caja que contiene:
   — una unidad funcional completa,
   — una unidad funcional parcial,
   — varias unidades funcionales.

(La presentación escogida depende del número de elementos que constituyan una unidad funcional)

1.3 *Conexiones entre las cajas*

Estas conexiones pueden ser de los siguientes tipos:

a) hilos y cables;
b) en parte hilos y en parte cableado impreso flexible;
c) principalmente por cableado impreso flexible.

1.4 *Tipos de construcción para repetidores*

Los aspectos mencionados en el punto 1.1 se refieren al equipo instalado en edificios y emplazamientos subterráneos. Sin embargo, la protección subterránea de los repetidores de línea puede incluirse ocasionalmente en las categorías 1.2 y 1.3, aunque existe una tendencia a albergar los repetidores de línea en la cubierta protectora del cable, ya que las menores dimensiones del equipo moderno permiten una construcción más compacta y ofrecen también mayores posibilidades de utilizar equipo auxiliar para la localización de averías.

2. *Coeficiente de depreciación y mantenimiento*

En tanto que los objetivos de construcción de los nuevos equipos, es decir, mayor confiabilidad y reducción del volumen y de los costos, redundan en beneficio de las telecomunicaciones en general, la introducción de equipos más modernos repercutirá en la depreciación del equipo antiguo. Fundamentalmente, el problema estriba en comparar desde el punto de vista económico el equipo antiguo con el nuevo.

La mayor calidad de servicio y la confiabilidad más elevada de los equipos modernos pueden justificar la sustitución de los antiguos. En tal caso, la vida estimada del equipo antiguo se reducirá y aumentará su coeficiente de depreciación, lo que hará más justificable aún desde el punto de vista económico su reemplazo por equipos que requieren menos mantenimiento.

Sin embargo, no es fácil efectuar una comparación económica general, debido a la dificultad que presenta la determinación de la calidad de servicio y su relación con los gastos de mantenimiento. Los cálculos de rentabilidad han demostrado ya, en casos aislados, que la sustitución de equipo antiguo (que requieren un mantenimiento considerable) por equipo moderno antes de que finalice el periodo de vida útil calculado normalmente, puede ser ventajosa.

No obstante, si los resultados de la comparación económica son favorables al equipo antiguo, la utilización combinada de equipo nuevo y antiguo puede dar lugar a deficiencias de mantenimiento debido a los diversos grados de confiabilidad. Este problema y otros son hasta cierto punto inevitables, dado el rápido desarrollo de la tecnología. Por consiguiente, mientras el equipo está todavía en las primeras fases de desarrollo, hay que tratar de colocarse en un futuro alejado para formular previsiones dignas de fe en las que pueda basarse el diseño del equipo, los planes de introducción y los métodos de mantenimiento de manera que sea más fácil pasar del equipo antiguo al moderno.

Por último, conviene también tener en cuenta que un mayor coeficiente de depreciación no estará justificado si los recursos de las Administraciones y la capacidad de producción de los fabricantes son insuficientes para el nuevo equipo necesario, habida cuenta del gran aumento del tráfico de telecomunicaciones.

CUADRO 1

ÍNDICE DE AVERÍAS EXPRESADO EN PORCENTAJE ANUAL DE ELEMENTOS DEFECTUOSOS [a]

Tipo de equipo	R.F. de Alemania	NTT	P.O. Reino Unido	Países Bajos	A.T. & T.	Bélgica	España	Hungría
1.1.a.	39	1,8	35	8	—	35	62	34
1.1.b.	2,4	—	12		1,5	—	20	5,7
1.1.c.	2,5	0,6	9	0,8	1	19	18	5,3
1.1.d. 1.1.e.	No se poseen datos							

Equipo de modulación de canal

Todos los tipos de equipo de transmisión

[a] Los valores numéricos debieran usarse para comparar tipos de equipo. En ellos tienen gran influencia factores como la organización del mantenimiento, la definición de una avería, etc.

El cuadro 1 proporciona una indicación de la influencia de los equipos modernos en el índice de averías. El cuadro se subdivide en dos partes; en la primera de ellas, las cifras se refieren al equipo de modulación de canal, y en la segunda a equipos que incluyen otros tipos de modulación y de sistemas de línea. En ambas se observa una tendencia hacia una confiabilidad mucho mayor.

3. *Requisitos básicos de mantenimiento*

La calidad de funcionamiento del equipo influye considerablemente en las posibilidades de explotación de un sistema de telecomunicaciones. Hasta cierto punto, existe una relación íntima entre la explotación y el mantenimiento de un sistema. Los aspectos agrupados en los títulos que figuran a continuación indican esa relación.

3.1 *Confiabilidad y estabilidad*

La técnica moderna exige que los nuevos equipos sean más seguros y estables que los antiguos.

Deben definirse adecuadamente los objetivos de confiabilidad a fin de que pueda preverse una organización eficaz del mantenimiento, habida cuenta de factores tales como la conmutación automática en caso de avería, etc.

Por tanto, conviene prestar atención a los aspectos siguientes:

- definición de la confiabilidad de los distintos componentes en términos cuantitativos;
- relación entre las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, polvo, choques mecánicos, descargas de electricidad atmosférica, etc.) y la confiabilidad;
- realización de equipos que no requieran ajuste alguno;
- límites de tolerancia más estrictos que ello signifique un mayor mantenimiento ni una estructura de red muy compleja;
- sistemas de control y circuitos de servicio que tengan una confiabilidad más elevada que el sistema de transmisión para cuyo control se utilizan;
- paso automático a los equipos de "reserva" en el caso de instalaciones comunes de cierta importancia.

3.2 *Condiciones de acceso y localización de averías*

La reparación de averías requiere medidas rápidas y eficaces por parte del personal de mantenimiento y debiendo concebirse los equipos teniendo en cuenta los factores humanos.

De procederse así, se logrará que el personal adquiera rápidamente la capacidad técnica necesaria, lo que permitirá reducir los errores de operación..

A este respecto, conviene examinar las cuestiones siguientes:

- normalización en grado máximo del cuadro de mandos;
- elementos de fácil sustitución;
- medios para la localización de elementos defectuosos, preferiblemente incorporados en los bastidores;
- puntos para la localización de averías y el mantenimiento, por ejemplo, puntos de acceso para señales piloto y puntos de medida para otras señales aplicadas en otros lugares, etc.

3.3 *Compatibilidad*

Habida cuenta de la rápida introducción de nuevas técnicas, es inevitable la coexistencia en un mismo punto de equipo antiguo y moderno destinado a las mismas aplicaciones.

Para evitar confusiones en el mantenimiento, es necesario indicar claramente las interconexiones de los diversos equipos instalados. Hay que tener en cuenta los aspectos siguientes:

- interfaces entre equipos antiguos y modernos;
- nivel uniforme de la señal en puntos de control para la localización de averías;
- utilización de equipo y técnicas de mantenimiento existentes o previstos, de modo que se reduzca al mínimo la capacitación del personal de mantenimiento.

Debe prestarse igualmente atención a la compatibilidad de los nuevos equipos. Además de los aspectos de compatibilidad ya mencionados, la intercambiabilidad de elementos y de unidades enchufables de diferentes fabricantes puede ofrecer grandes ventajas. Si los elementos y unidades enchufables no son intercambiables, las Administraciones deben tener existencias de piezas de recambio de cada fabricante, lo que entraña un aumento de los costos.

3.4 *Medios de alarma y de supervisión*

Dado que los sistemas de alarma y de supervisión desempeñan una importante función en las actividades de mantenimiento, la falta de uniformidad entre diversos sistemas hará más difícil la adopción de medidas rápidas y eficaces para la localización de averías. Por consiguiente, es necesario formular normas para la construcción y aplicación de estos sistemas. Tales normas pueden servir de base para la normalización del equipo considerado.

Conviene tener en cuenta los siguientes puntos:

a) *Alarmas*

- tipo de señal de alarma que se envía a un punto central, por ejemplo, a un pupitre de control;
- medidas en caso de alarmas transmitidas por estaciones no atendidas;
- indicaciones de avería de sistemas de línea;
- indicaciones de interrupción de la alimentación, averías en los bastidores de equipo, etc.;
- señales de alarma que indican los grupos primarios, secundarios, etc. defectuosos.

b) *Circuitos de supervisión*

- elementos que deben controlarse;
- niveles en los puntos de control;
- nivel de conmutación al equipo auxiliar;

- ubicación, inserción y detección de señales piloto;
- indicadores incorporados de la calidad de funcionamiento del sistema;
- medios de prueba automática.

4. *Métodos de mantenimiento*

Existen dos clases principales de métodos de mantenimiento:

- mantenimiento correctivo;
- mantenimiento preventivo.

4.1 *Mantenimiento correctivo*

El mantenimiento correctivo implica la adopción de medidas una vez que se ha observado una avería. Esta puede ser indicada por los abonados o por un sistema de alarma. Los usuarios de los servicios de telecomunicaciones no presentan siempre sus quejas de modo que pueda identificarse la causa de la avería; los sistemas de alarma tampoco indican detalladamente la naturaleza de la avería ni todas las averías que puedan producirse.

4.2 *Mantenimiento preventivo*

4.2.1 *Introducción de métodos automáticos*

El mantenimiento preventivo tiene por finalidad reducir el mantenimiento correctivo y se aplica a distintas partes del sistema de telecomunicaciones; en el caso que nos ocupa, al equipo de transmisión. Las averías incipientes se localizan de modo que puedan ser eliminadas rápidamente con el mínimo de dificultades, a menudo antes de que afecten al servicio.

Uno de los inconvenientes del mantenimiento preventivo es que cuando se lleva a cabo manualmente requiere un gran número de horas-hombre. Ello explica la introducción de métodos de prueba y de medida automáticos.

CUADRO 2

PORCENTAJE APROXIMADO DE CIRCUITOS NACIONALES MEDIDOS O PROBADOS AUTOMÁTICAMENTE (VALORES PREVISTOS PARA 1975 Y 1980)

Año	A.T.&T.	Noruega	Italia	Bélgica	Argentina	R.F. de Alemania	P.O. Reino Unido	Hungría	N.T.T.	Países Bajos
1970	10	50				90	80		90	2
1975	30	90	90	80	40	90	90	10	92	40
1980	90	100	90	90	80	100	90	50	92	85

En el cuadro 2 figuran los porcentajes actuales y previstos de mediciones o pruebas realizadas automáticamente y muestra claramente la tendencia en la materia.

Sin embargo, hay otros argumentos en favor de los métodos automáticos. He aquí la mayoría de ellos:

- mayor número de circuitos probados por unidad de tiempo;
- más posibilidades de control sistemático de la calidad;
- posibilidad de establecer estadísticas;

CUADRO 3

PERIODICIDAD DE LAS MEDICIONES MANUALES NACIONALES REALIZADAS EN UNA Y EN MÁS DE UNA FRECUENCIA EN 1970

Periodicidad (en meses)		Post Office del Reino Unido	República Federal de Alemania	N.T.T.	España	Bélgica	A. T. & T.	Argentina	Italia	Países Bajos
1	Una frecuencia		Todos los circuitos, salvo indicación en contrario		Todos los circuitos			Circuitos entre centrales pequeñas		
2		Circuitos en instalaciones de audiofrecuencia de más de 80 km sin equipo automático de prueba	Circuitos encaminados por un canal de corrientes portadoras MDF — Circuitos con un repetidor de audiofrecuencia — Circuitos en 4 hilos con 2 repetidores terminales de audiofrecuencia	Muestra de circuitos						
3		— Circuitos encaminados por grupos primarios de alta frecuencia con regulación automática de ganancia y sin equipo de prueba — Circuitos en instalaciones de audiofrecuencia de más de 80 km con equipo automático de prueba					Circuitos del tipo de corrientes portadoras		Todos los circuitos	
6						Todos los circuitos en grupos primarios de alta frecuencia	Arterias con dispositivos de ganancia			
12		Circuitos encaminados en grupos primarios de alta frecuencia con regulación automática de ganancia y con equipo automático de prueba					Circuitos físicos sin amplificación			
24										Circuitos de corrientes portadoras MDF con equipo transistorizado
1	Más de una frecuencia							Circuitos entre centrales grandes		
2		Telegrafía armónica, facsímil, etc.								
3							Circuitos de datos			
6			Circuitos de audiofrecuencia con más de 3 repetidores							
12			Circuitos de audiofrecuencia con no más de 3 repetidores		Todos los circuitos				Todos los circuitos	Circuitos de corrientes portadoras MDF, con tubos
24			Circuitos de corrientes portadoras MDF							
48										Circuitos de corrientes portadoras MDF con equipo transistorizado

- detección sistemática y rápida de averías debidas a factores humanos (por ejemplo, después de reajustes);
- supervisión del circuito completo, incluidos los grupos de relés y los selectores de entrada;
- en el servicio automático interurbano, los métodos automáticos cumplen la misma función que la operadora que detecta las averías en los circuitos de explotación manual;
- las mediciones pueden efectuarse por la noche en lugar de hacerlas durante el día;
- los circuitos sometidos a prueba automática están ocupados menos tiempo que lo medidos manualmente;
- se requiere personal menos numeroso y mejor capacitado;
- las pruebas frecuentes aseguran la ausencia de averías durante un largo periodo.

4.2.2 *Necesidad de mediciones manuales*

La razón de ser de las mediciones manuales puede diferir según las circunstancias. Pueden clasificarse en dos grupos:

- mediciones manuales cuando no se dispone de equipo automático de medida;
- mediciones manuales además de las efectuadas automáticamente.

Las mediciones pertenecientes a este último grupo pueden organizarse sistemáticamente en toda la red o sobre una base estadística.

Los circuitos pueden medirse en una o más frecuencias, según la organización, del mantenimiento y la finalidad del circuito. Hay diferentes opiniones que, hasta cierto punto, están relacionadas entre sí:

- sólo se debe emplear más de una frecuencia cuando se ajusta el circuito;
- además de las mediciones automáticas, deben efectuarse mediciones manuales por muestreo en una sola frecuencia;
- el número de frecuencias de medida y la periodicidad dependen del volumen de la información transmitida por el circuito.

El cuadro 3 muestra distintas prácticas con relación a estos aspectos.

En el futuro inmediato, se entiende a una mayor periodicidad. No puede darse una indicación más exacta por falta de información relativa al mecanismo de las averías, a los avances en materia de confiabilidad, etc.

4.3 *Elección de un procedimiento de reparación de averías*

El procedimiento para la reparación de las averías observadas mediante el mantenimiento correctivo y preventivo no ha de ser forzosamente idéntico para todos los tipos de equipo. Así, aunque todos los circuitos deben ponerse nuevamente en servicio lo antes posible, las averías observadas en las instalaciones comunes, por ejemplo, en los sistemas de corrientes portadoras, deben repararse urgentemente. Asimismo, la demora en la reparación de cualquier avería del equipo auxiliar de reserva puede traducirse en una disminución de la calidad del servicio. En cambio, no es necesario sustituir inmediatamente un equipo de canal defectuoso, ya que en este caso puede esperarse hasta que haya que reemplazar simultáneamente otros equipos. Este aspecto reviste importancia si en una misma caja se encuentran varios equipos de canal. Sin embargo, este principio sólo debiera aplicarse tras un detenido examen. En todo caso, se observará una o varias de las condiciones siguientes:

- determinación del porcentaje máximo admisible de unidades fuera de servicio después de cierto periodo; este porcentaje está determinado, entre otras cosas, por el número total de unidades y su distribución entre las diversas relaciones de tráfico;
- determinación del volumen de tráfico del haz basándose en este porcentaje;

- los circuitos defectuosos no deben afectar la explotación, ni ocasionar, por ejemplo, la toma del equipo en las centrales telefónicas;
- deben adoptarse medidas especiales en caso de averías en circuitos arrendados.

4.4 *Observaciones en torno a la supresión de las mediciones nacionales*

No es de esperar una supresión total de las mediciones, salvo quizá en lo que respecta a las mediciones de canal. Sin embargo, el control automático de la ganancia asociado a pruebas funcionales automáticas podría eliminar la necesidad de efectuar mediciones detalladas.

En este caso, la confiabilidad debiera alcanzar un nivel tan alto que, aun si fuera técnicamente posible, no resultaría económica en la práctica. Considérese, por ejemplo, una proporción anual de cinco averías por cada 1000 canales. Esto significa que, en ausencia de mediciones de canal, habría al año cinco circuitos fuera de servicio de cada 1000 sin que se percatara de ello el personal de mantenimiento.

En ciertas circunstancias, esta proporción de averías resultaría aceptable mientras se efectuara cada año una prueba de canales, pero aún así necesitaría una confiabilidad del equipo de canal mucho mayor que la actual (véase el cuadro 1).

La A.T. & T. lleva a cabo actualmente diversas pruebas con objeto de obtener información sobre la posibilidad de reducir el mantenimiento preventivo. Estas pruebas aseguran el control automático de diversos parámetros de los sistemas de transmisión durante el servicio.

Con ello, la A.T. & T. espera poder prescindir de las pruebas de mantenimiento periódico de estos sistemas, y efectuar reajustes únicamente cuando las mediciones de control indiquen que un sistema rebasa determinados límites.

5. *Problemas especiales que plantea el uso de equipo con semiconductores*

A medida que progresa la evolución del equipo a la que se alude en el punto 1.1, se pone de manifiesto que el nuevo equipo funciona de modo óptimo con tensiones relativamente bajas.

Como consecuencia de ello, las técnicas modernas producen equipos más sensibles a los daños causados por:

- fenómenos transitorios debidos a la inserción o desconexión de los equipos;
- la aplicación de una tensión de medida excesiva durante mediciones u otras operaciones de mantenimiento.

Es preciso, por lo tanto, que la conexión o desconexión de unidades enchufables no produzca daños. Debe asimismo evitarse el empleo de tensiones de medida excesivas.

Sin embargo, por razones económicas, no es posible proteger al equipo contra todas las causas posibles de avería.

De acuerdo con la opinión general, el deterioro de componentes no se debe a errores cometidos en el curso de las operaciones normales de mantenimiento. Este riesgo existe más bien en el caso de reparaciones cuando, por ejemplo, para localizar una avería deben efectuarse mediciones en puntos que ordinariamente no están previstos para ello.

En los cursos de capacitación y de perfeccionamiento debe señalarse al personal la necesidad de manejar cuidadosamente el equipo. No obstante, aun así se producirán a veces daños, a causa de los riesgos mencionados.

Es interesante observar la experiencia de la A.T. & T. durante la concepción de diversos equipos, en la que se dieron casos de averías debidas a la conexión o desconexión de placas de circuito impreso. Estas averías tenían su origen en la aplicación de potenciales a elementos todavía no conectados a tierra, debido a la posición de la clavija o patilla de puesta a tierra de las placas. Estos problemas suelen eliminarse colocando la patilla de puesta a tierra cerca de las patillas a potenciales positivos y negativos, lo que permite la aplicación simultánea de todas las tensiones.

6. *Puntos de acceso para el mantenimiento*

En todo proceso de reparación de averías, es preciso en primer lugar identificar el elemento defectuoso. A tal efecto, deben preverse puntos para la medición de la señal piloto y las demás señales.

La medición de señales piloto es siempre importante en el mantenimiento preventivo. La medición de señales especialmente aplicadas es importante en el mantenimiento correctivo. En principio, pueden preverse puntos de medición en los siguientes lugares:

a) directamente en el bastidor del equipo;

b) en una posición central, por ejemplo, en una sala especial de medición;

c) en posiciones especiales del repartidor.

Pueden señalarse las siguientes ventajas e inconvenientes de estos tres emplazamientos:

Punto a) *Ventajas*

- medición directa en puntos de medición (desacoplados);
- no se requiere cableado especial o adicional.

Inconvenientes

- dificultad para establecer las conexiones a los fines de la medición;
- congestiones entre bastidores;
- necesidad de emplear escaleras;
- dispersión de los instrumentos de medida;
- riesgo de causar averías en un equipo libre de desperfectos.

Punto b) *Ventajas*

- centralización de las mediciones;
- buenas condiciones ergonómicas;
- reducción del personal de mantenimiento necesario;
- no hay riesgo provocar desperfectos si se desacoplan los puntos de medida.

Inconvenientes

- elevado costo del cableado entre el punto central y los bastidores.

Punto c) *Ventajas*

- centralización parcial de las mediciones;
- puntos de referencia correctos.

Inconvenientes

- ninguno de los puntos de medición está desacoplado.

Las ventajas e inconvenientes del punto c) se suman a los de los puntos a) y b), puesto que c) representa una fórmula de transacción entre los otros dos métodos para obtener puntos de medida.

Todas las observaciones formuladas en a), b) y c) son válidas para los tipos de equipo examinados en el punto 1.1.

El emplazamiento de los puntos de medición se escogerá habida cuenta de factores dependientes de averías, de la organización de los trabajos de mantenimiento, la magnitud del riesgo de que las mediciones entrañan averías, etc.

7. *Operaciones de mantenimiento*

Un equipo de tipo antiguo con un índice relativamente elevado de averías requiere suma atención por parte del personal de mantenimiento. Sin embargo, habida cuenta de la probabilidad de que se produzcan periódicamente averías análogas, el personal de mantenimiento adquiere rápidamente gran habilidad en su localización.

El equipo moderno, por su mayor confiabilidad, requiere menor mantenimiento, siendo, además, más compacto. Sin embargo, esta mayor confiabilidad puede también dar lugar a que el personal tarde mayor tiempo en adquirir experiencia en la localización de averías, mientras que la construcción más compacta hace más difícil que el personal se familiarice con los métodos de montaje y desmontaje.

Se pueden adoptar diversos medios para resolver estos problemas, en función de la organización establecida para la reparación de los equipos modernos. Un medio a la vez sencillo y eficaz consiste en colocar sobre el repartidor un esquema de principio que indique los valores de las impedancias y niveles. También se puede recurrir a las siguientes soluciones, menos sencillas:

- instrucciones para pruebas en corriente alterna o continua en varios puntos del preestablecido circuito, con o sin una señal de entrada de nivel;
- esquemas detallados publicados en manuales;
- organigramas acompañados de una lista de las verificaciones que deben efectuarse.

En general, suele hacerse hincapié en la capacidad para formular diagnósticos generales, a fin de que el personal de mantenimiento pueda detectar una avería y localizar la unidad afectada sirviéndose de uno o más de los medios indicados.

8. *Organización de la reparación*

8.1 *Aspectos de organización*

Las reparaciones pueden efectuarse de distintas maneras:

X) reparaciones en el sitio;

Y) reparaciones en uno o más talleres nacionales o regionales;

Z) reemplazo de las unidades defectuosas en los centros nacionales o regionales.

Para decidir si los equipos deben repararse en el sitio o en un centro, es preciso analizar muchos factores. Cada una de las unidades a reparar debe considerarse en función del tipo de avería.

Los factores que deben tenerse en cuenta son de carácter económico y técnico.

Entre los factores técnicos y sus consecuencias, pueden mencionarse los siguientes:

a) las averías sencillas y visibles en cables, hilos, puntos de conexión, etc., deben repararse en el sitio;

b) los componentes defectuosos individuales de equipos de tubos pueden reemplazarse en el sitio si no es preciso aplicar técnicas complicadas ni complejos métodos de medición;

c) los componentes defectuosos de reducidas dimensiones, como semiconductores y circuitos integrados montados en tarjetas de circuito impreso, exigen el empleo de herramientas especiales y puede resultar más conveniente reemplazarlos en puntos regionales o centrales;

d) función de la complejidad, del número de unidades idénticas por estación y del tiempo medio entre averías, se escogerá entre la reparación en un centro nacional o en uno regional.

De acuerdo con la extensión de cada país, pueden crearse centros regionales especializados para la reparación de ciertos tipos de equipo, reservándose los talleres centrales para la reparación de equipos más complicados como osciladores maestros, generadores de armónicas, filtros complejos, etc.

En el caso de los países de mediana extensión pueden considerarse las distintas categorías de reparaciones en los centros regionales.

En los países pequeños, la solución óptima consiste en establecer un taller central, que puede ser el del fabricante del equipo, y algunos centros regionales;

e) los equipos que deban transportarse a los centros de reparación deben poder ser desplazados sin riesgo de sufrir daños y desajustes.

Desde el punto de vista económico los principales factores que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

a) el número de unidades por reparar;

b) el costo de reparación y de transporte;

c) la reducción del personal especializado y del número de aparatos de medida que se logra instalando centros nacionales o regionales;

d) el interés de centralizar las reparaciones que exijan aparatos de medida especiales y personal especialmente capacitado;

e) la reparación en centros regionales o nacionales permite reducir la reserva de componentes;

f) el número de unidades de reserva que hay que mantener en las estaciones de repetidores aumenta en proporción directa al tiempo que exigen las reparaciones en el servicio central de reparaciones.

La organización influye a su vez en estos factores técnicos y económicos.

A este respecto, se señalan especialmente a la atención los siguientes puntos:

a) es preciso que los equipos que se envían a reparar estén correctamente embalados. A menudo se descuida esta precaución y las reparaciones necesarias se revelan luego más importantes que en el momento del envío;

b) la información estadística que puede recogerse en los centros. Esta información facilita la evaluación de la calidad de funcionamiento de la red y las consultas con el fabricante;

c) los problemas relativos a las reparaciones efectuadas por el fabricante, que a veces requieren mucho tiempo y, en consecuencia, implican elevados costos de inversión.

Puede tener gran influencia en la organización el empleo eventualmente programado, en las estaciones de equipos automáticos o de localización de averías.

Las desventajas que se derivan de la necesidad de enviar los equipos a reparar en centros regionales o nacionales pueden evitarse mediante la utilización de camionetas equipadas de los medios necesarios para la reparación de una estación repetidora. Convendría estudiar mejor esta forma perfeccionada de encarar las reparaciones tomando en consideración todos los factores mencionados.

Si se resuelve establecer un taller de reparación centralizado, el equipo defectuoso se enviará al mismo acompañado o no de una indicación de la unidad o subconjunto a reparar según las instrucciones y capacitación del personal de las estaciones de repetidores y del taller central. El envío del equipo sin ninguna indicación sobre la avería (como ocurrirá si se aplican estrictamente las reglas del Capítulo 9) tiene, sin embargo,

dos inconvenientes. En efecto, puede ocurrir que el cableado del bastidor sea la causa de la avería, en cuyo caso se produciría un envío y devolución innecesarios del equipo, ya que podría haber sido reparado en el sitio. También puede suceder que la avería se haya manifestado por indicios locales imposibles de observar en el taller central de reparaciones a menos de disponer de un equipo de simulación para cada unidad.

8.2 *Relaciones entre la organización y el grado de complejidad del equipo*

A continuación se da un ejemplo de la forma de organizar los trabajos de reparación para cada una de las clases de equipos que se mencionan en el punto 1.1. Claro es que las operaciones indicadas deberán adaptarse a factores tales como el tamaño del país, la diversidad del equipo, etc.

Las notaciones X, Y y Z representan las diferentes formas de organizar las reparaciones.

Z_1 significa remplazar en el sitio.

Z_2 significa reemplazar en un taller central o regional.

a) *Equipo provisto de tubos*

(X) Reparación en el sitio, a menos que la avería se encuentre en los subconjuntos; estos últimos son fácilmente reemplazables.

(Y) Si los subconjuntos extraídos son reparables, deben enviarse al taller central y repararse allí.

(Z_1) El equipo defectuoso debe desecharse en el sitio si su reparación en un taller central es demasiado costosa o poco práctica, o bien devolverse para la recuperación de material si ha lugar.

(Z_2) Si se adopta la práctica de la devolución de subconjuntos para su reparación, los que resulten irreparables se desecharán en el taller central procediéndose en su caso, a la recuperación de material.

b) *Equipo provisto de elementos semiconductores montados en subconjuntos y conectados mediante hilos soldados*

(X) Cambio de tubos y verificación del equipo en el sitio, para determinar si funciona satisfactoriamente.

(Y) Si la prueba revela que la avería subsiste, enviar el equipo a un taller central o regional para su reparación.

(Z_1) El equipo manifiestamente irreparable debe desecharse en el sitio o devolverse para recuperar material.

(Z_2) El equipo que se considera irreparable o reparable a un costo demasiado alto debe ser desechado en el taller central de reparación. Cuando sea posible se recuperará material de los equipos desechados.

c) *Equipo provisto de elementos semiconductores montados en tarjetas de circuito impreso*

(X) Si las tarjetas de circuito impreso son desmontables, deberá disponerse de tarjetas de reserva para sustituir las que, en las pruebas, se hayan encontrado defectuosas.

(Y) Las tarjetas de circuito impreso retiradas se devuelven al taller central para su reparación, en el caso de que ésta no resulte excesivamente costosa.

(Z_2) Si las tarjetas de circuito impreso retiradas del equipo son manifiestamente irreparables, deben desecharse o devolverse para recuperar material.

d) *Equipo provisto de elementos semiconductores y de algunos circuitos integrados montados en tarjetas de circuito impreso*

(X) Las tarjetas de circuito impreso que las pruebas hayan revelado defectuosas se reemplazarán por otras en buen estado.

(Y) Las tarjetas defectuosas se devolverán a los talleres centrales para su reparación si ello se considera económicamente factible.

(Z_1) Las tarjetas cuya reparación no se considere factible desde el punto de vista económico se desecharán en el sitio o se devolverán para recuperar material.

(Z_2) Si se ha decidido que la reparación de tarjetas de circuito impreso es económica, éstas se enviarán al taller central; sin embargo, si alguna de ellas resultara irreparable se desechará en dicho taller o se procederá a la recuperación de material.

e) *Equipo constituido principalmente por circuitos integrados montados en tarjetas de circuito impreso*

Se aplica el mismo procedimiento que en d). Cuando la mayoría de las tarjetas de circuito impreso estén constituidas por circuitos integrados, es probable que la reparación no resulte económica. En este caso, las tarjetas se descartarán en el sitio o se destinarán a la recuperación de material.

8.3 *Fusión de los centros de reparación de equipos de transmisión y de conmutación*

Las consideraciones anteriores se refieren únicamente a los sistemas de transmisión. Es conveniente sin embargo estudiar la organización del sector de telecomunicaciones en su conjunto.

Por ejemplo, los equipos con circuitos impresos utilizados en las centrales telefónicas se caracterizan a veces por una gran diversidad, en especial en las centrales que continúan siendo, en su mayor parte, de funcionamiento electromecánico. Sin embargo, la diversidad de circuitos puede deberse también a la existencia de distintos tipos de centrales, algunas de ellas semielectrónicas. Por esta razon puede suponerse que hay Administraciones que aplican, en materia de conmutación, una política diferente de la que observan con respecto a las técnicas de transmisión.

Si, no obstante, se establecen talleres combinados de reparación, centrales o regionales, convendría quizá recomendar que el equipo se envíe al taller central o regional acompañado de una información adecuada para la reparación.

La mayoría de las Administraciones consideran que la fusión de los centros de reparación de equipos de transmisión y de conmutación sólo es aconsejable si ambas ramas utilizan la misma técnica como será el caso en los sistemas integrados por distribución en el tiempo.

8.4 *Aparatos de medida en los centros de reparación*

Algunos centros de reparación deben verificar y reparar los aparatos de medida, por lo que su equipo debe incluir instrumentos electrónicos de medida, simples algunos y complejos otros, tales como contadores, generadores de señales, medidores numéricos, generadores de frecuencias patrón, etc.

Según el tipo de equipo de transmisión que haya que reparar, se emplearán los siguientes aparatos de prueba con las características indicadas:

a) bastidores de prueba para el examen de unidades enchufadas;

b) bastidores equipados para la verificación del funcionamiento de los equipos;

c) equipos que permiten simular las condiciones de explotación;

d) equipo de prueba para determinar el cumplimiento de especificaciones en condiciones de explotación simuladas;

e) dispositivos de interfaz de aplicación universal con distintas posibilidades de entradas, salidas, fuentes de alimentación, etc.;

f) rutinas de diagnóstico programadas para cada tipo de equipo que deba repararse;

g) equipos normales adoptados para las pruebas (por ejemplo, equipos de datos combinados con unidades teleimpresoras, modificados para facilitar las mediciones y verificaciones).

Estos aparatos se han enumerado siguiendo un orden creciente de complejidad. Hasta cierto punto hay una correlación estrecha entre la complejidad de los dispositivos de medida y la de los componentes o la construcción del equipo de transmisión.

No es necesario que todos los centros de reparación posean todos los aparatos de prueba. Según el volumen de las reparaciones, la importancia de la inversión en los aparatos de prueba y la capacitación que deba tener el personal, puede decidirse que ciertos tipos de equipo se reparen en centros especializados. En esta decisión influyen también otros factores de orden administrativo, como la extensión del país. No se consideran aquí los instrumentos de tipo comercial como osciloscopios, contadores electrónicos, fuentes de alimentación especiales, etc., pues no tienen porqué ser constuidos por el servicio responsable de las reparaciones. Sin embargo, su reparación representa un gasto considerable.

8.5 *Procedimiento a seguir en un centro de reparación*

En principio, el procedimiento consta de tres etapas:

a) diagnóstico de la avería,

b) reparación;

c) verificación de la calidad de funcionamiento después de la reparación.

La información que debe facilitar la estación en que se produjo la avería será tanto menor cuanto más perfeccionados sean los medios disponibles en el centro de reparación.

Es aconsejable utilizar especificaciones y formularios que se irán cumplimentando a medida que se cumplan las diferentes etapas de la reparación.

Los formularios pueden utilizarse para el control de la calidad y el establecimiento de estadísticas. Son especialmente importantes en el caso de equipos modernos, menos propensos a los desajustes que los antiguos. Las estadísticas permiten frecuentemente detectar rápidamente las desviaciones con relación a las normas de calidad siendo, por esta razón, muy útiles para el fabricante.

El control de calidad puede también incluir la comprobación del estado general del equipo a intervalos regulares.

8.6 *Instrumentos especiales requeridos en un centro de reparaciones*

Cuando las reparaciones se realizan en los talleres del fabricante no suele ser necesario prever herramientas o aparatos de medida especiales.

Esta solución puede originar dificultades en algunos casos, pues los productos que se envían a reparar suelen corresponder a modelos fabricados en distintas épocas y los equipos e instrumentos de prueba en la fábrica están cocebidos para los modelos más recientes.

Cuando se envían aparatos a un centro de reparación, pueden ser necesarios los siguientes instrumentos y herramientas especiales:

a) Soportes especiales para la reparación de conjuntos y subconjuntos;

b) herramientas de ajuste y desmontaje de piezas defectuosas o que deben reemplazarse;

c) herramientas para reparaciones menores, mecánicas o de construcción;

d) soldadores con dispositivo de succión, herramientas para retorcer conductores y otras herramientas especialmente adaptadas a determinados equipos;

e) lupas con dispositivos de iluminación para facilitar el reemplazo dee componentes de pequeñas dimensiones;

f) adaptadores entre el equipo bajo prueba y el bastidor para facilitar la medición en condiciones de explotación;

8.7 *Observaciones generales*

Hay una estrecha relación entre los diferentes aspectos mencionados en los párrafos precedentes de este capítulo.

Como se ha visto, la introducción de las técnicas de circuitos impresos en los equipos de telecomunicación ejerce una gran influencia en el método de reparación. El mejoramiento de la calidad va acompañado de una mayor complejidad de construcción.

Es esta la causa principal que determina el desplazamiento del lugar de reparación que pasa de los talleres locales a centros más o menos especializados.

9. *Efectos sobre la capacitación del personal de mantenimiento y reparación*

La tendencia mencionada en el punto 8.6 implica una mayor especialización del personal de mantenimiento y reparación, que se manifiesta, a su vez, en la capacitación profesional.

El personal de mantenimiento debe tener una preparación técnica que le permita localizar las unidades defectuosas que deban reemplazarse.

Esto incluye un conocimiento general del funcionamiento de los equipos, más bien que un conocimiento detallado de equipos individuales.

En los centros de reparación, el personal debe recibir una capacitación técnica en materia de circuitos electrónicos sin que se descuide el desarrollo de su destreza manual. También es aconsejable que adquiera cierto conocimiento sobre la relación entre las unidades del sistema.

La centralización de la reparación de aparatos defectuosos en talleres regionales o nacionales puede hacer más fácil mantener el nivel de habilidad del personal de reparación.

La mayor confiabilidad del servicio de los nuevos tipos de equipos, puede asimismo conducir a una revisión de la organización del mantenimiento que lleve, por ejemplo, al establecimiento de centros de mantenimiento que cubran zonas muy extensas.

Como quiera que sea, los equipos automáticos de localización de averías pueden ser de gran ayuda al personal de mantenimiento, aunque en muchos casos su utilización les resultará difícil (o inclusive, lo que es muy importante, imposible en los locales de un abonado).

Por esta razón, y para mantener a un nivel adecuado la capacitación del personal de mantenimiento, puede ser conveniente utilizar medios para estimular su interés. Una posibilidad es el intercambio de información mediante formularios especiales que acompañen a la unidad reparada, e indiquen el tipo de avería. Este método puede utilizarse para mejorar los procedimientos de localización y reparación de averías.

Tanto los responsables de estaciones de repetidores como los de centros de reparación, tienen una tarea de gestión que los llevarán a ocuparse de cuestiones de productividad y de organización del personal.

En este sentido ambos deberán poseer una capacitación común, además de los conocimientos técnicos especializados que serán diferentes en los dos aspectos.

Sin embargo, por ser estos aspectos de naturaleza teórica, su evolución será muy lenta en las organizaciones en que los trabajos de mantenimiento se hayan realizado tradicionalmente en el sitio por operarios especializados.

BIBLIOGRAFÍA

YONEZAWA, S.: — My views on innovations in the 1970's. *N.T.T.* Technical Report G-No. 50

KONDO, K. y HARASHIMA, S.: — Semi-automatic transmission measuring set for toll trunks. *N.T.T.* Technical Report G-No. 29.

MAEDA, K. y HARADA, T.: — Automatic trunk testing and transmission measuring equipment — ATTM, *N.T.T.* Technical Publication E-No. 29.

AOE, S., ISHINO, F. y OKADA, S.: — 12 MHz line switching system, *N.T.T.* Technical Report C-No. 39

AOE, S., ISHIKAWA, M. Y OKADA, S. — Mastergroup switching system for high reliability toll transmission network, *J.T.R. (Japan Telecommunications Review),* Volume 11, No. 1.

YAMANE, N.: — Maintenance, I.T.U. Microwave seminar 1968, Tokyo.

HASHIMOTO; M.: — *Maintenance of telecommunication facilities.*

TIMMERMAN, E.: — New mechanical design for telephone transmission equipment. *Philips Telecommunications Review,* Volume 29 (1970), No. 1, págs. 11-12.

BURKETT, R.H.W.: — Influence of component development on innovation in electronic electric engineering. *Proc. IEE,* Volume 118 (1971), No. 2, págs. 310-311.

ANEXO
(al Suplemento N.° 6.1)

Aspectos dentro de la Cuestión 17/IV y relativos al efecto de la construcción de los equipos modernos en el mantenimiento aún no estudiados

1. Depreciación de la moneda o preservación de la capacidad adquisitiva del inversionista.
2. Sistema de "suma unitaria" o "grupo de vida igual" en la contabilidad de depreciación. Armonización del costo de capital con los ingresos.
3. Establecimiento de normas universales para el análisis de la longevidad de los equipos.
4. Centralización de las automáticas de mantenimiento preventivo.
5. Centralización de la detección de averías o situaciones que permitan pronostivar las averías.
6. Centralización de identificación de averías, para poder utilizar eficazmente al personal de gran capacitación.
7. Influencia que ejerce en la concepción de los equipos producen la decisión de reparar o desechar las unidades defectuosas.
8. Efecto de los sistemas de trabajo jerarquizado en el reclutamiento y la duración de servicio del personal de mantenimiento más capacitado.
9. Almacenamiento durante periodos de hasta 20 años de una gran variedad de componentes y unidades especiales de reemplazo.