

80



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGON

FLUCTUACION DE FASE O "JITTER" COMO FENOMENO
NOCIVO EN LOS SISTEMAS DIGITALES

300203

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
ANDRES RAFAEL RANGEL ROMERO
ERNESTO GARCIA REYNOSO

ASESOR:
ING. JUAN GASTALDI PEREZ

MEXICO

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



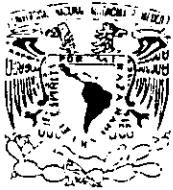
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ERNESTO GARCÍA REYNOSO
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 19 de junio del año en curso, presentada por Andrés Rafael Rangel Romero y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JUAN GASTALDI PÉREZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado "FLUCTUACIÓN DE FASE O 'JITTER' COMO FENÓMENO NOCIVO EN LOS SISTEMAS DIGITALES", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 19 de junio del 2001
LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ

C p Secretaría Académica.
C p, Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
C p/ Asejor de Tesis. ..

LTG/AIR/IIa.

INDICE

Pág.

- I.- INTRODUCCIÓN.
 - I.- IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DEL JITTER.
 - III.- DEFINICIÓN DEL JITTER Y SUS CARACTERÍSTICAS.
 - V.- TIPOS DE JITTER Y SUS CAUSAS.
 - VII.- TIPOS DE MEDICIONES DE JITTER.
-
- 1.- CAPITULO 1. MULTIPLEXORES DIGITALES DE PRIMER ORDEN (PCM).
 - 2.- ANTECEDENTES.
 - 3.- MUESTREO.
 - 6.- CUANTIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN.
 - 7.- CUANTIFICACIÓN LINEAL.
 - 8.- DISTORSIÓN DE LA CUANTIFICACIÓN.
 - 9.- CUANTIFICACIÓN NO-LINEAL.
 - 15.- CODIFICACIÓN.
 - 16.- MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO.
 - 19.- TRAMA.
 - 23.- MULTIPLEXORES DIGITALES DE ORDEN SUPERIOR.
 - 24.- MULTIPLEXIÓN DIGITAL SÍNCRONA.
 - 25.- MULTIPLEXIÓN DIGITAL PLEOSÍNCRONA.
 - 25.- DESCRIPCIÓN DE UN MULTIPLEXOR CON JUSTIFICACIÓN POSITIVA.
 - 26.- JERARQUÍA DIGITAL DE SEGUNDO ORDEN.
 - 28.- JERARQUÍA DIGITAL DE TERCER ORDEN.
 - 29.- JERARQUÍA DIGITAL DE CUARTO ORDEN.

- 31.- CAPITULO 2. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI).
- 32.- INTRODUCCIÓN.
- 35.- ACCESO A LA RDSI.
- 35.- CONFIGURACIÓN DE REFERENCIA.
- 41.- EQUIPO DE LA CENTRAL.
- 42.- PUNTOS DE REFERENCIA.
- 43.- DISTANCIAS EN LAS CONFIGURACIONES BÁSICAS.
- 45.- INTERFASE U
- 46.- CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER UN CÓDIGO DE LÍNEA PARA RDSI.
- 52.- TIPOS DE CANALES PARA EL TRANSPORTE DE INFORMACIÓN EN RDSI.
- 53.- VELOCIDADES DE ACCESO A LA RDSI.
- 53.- PROTOCOLOS RDSI.
- 56.- ESTRUCTURAS DE TRAMA DEL ACCESO BÁSICO EN LOS PUNTOS DE REFERENCIA.

- 58.- MÉTODOS DE ACCESO AL CANAL D.
- 59.- ESTRUCTURA DE TRAMA DE LA INTERFASE "S" O "T" DEL PRI.
- 60.- PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN DE CAPA 2 DEL CANAL D.
- 62.- ESTRUCTURA DE TRAMA DEL PROTOCOLO LAPD.
- 67.- TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN NO NUMERADA Y FUNCIONES DE CONTROL.
- 73.- CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO.

- 74.- CAPITULO 3. RECOMENDACIONES DEL UIT.
- 75.- RECOMENDACIÓN G-823.
- 91.- RECOMENDACIÓN G-821.
- 100.- RECOMENDACIÓN M-2100

- 123.- CAPITULO 4. EVALUACIÓN DEL JITTER.
- 124.- INTRODUCCIÓN.
- 125.- JITTER PROPIO.
- 126.- JITTER TOLERANCIA.
- 127.- JITTER TRANSFERENCIA.
- 128.- REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES.
- 138.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.





TESIS URGENTES
RECOGEMOS Y ENTREGAMOS
A DOMICILIO SI USTED LO DESEA

Miguel R. Velázquez

ACABADOS.	DONCELES 101-7 PRIMER PISO
PLASTIPIEL, PIEL	ENTRE BRASIL Y ARGENTINA
Y TODO MATERIAL DE	COL. CENTRO, MÉXICO, D.F.
ENCUADERNACION	TEL 57-89-61-87

INTRODUCCIÓN

Las técnicas de transmisión digital se utilizan ampliamente para el transporte de voz, datos e imágenes. Sin embargo, la información binaria transportada mediante la técnica PCM, puede verse seriamente afectada por agentes externos. Estas interferencias dependen del medio de transmisión (fibra óptica, cables coaxiales, radio enlaces, par de cobre, etc.) y de otros factores como la localización geográfica y las condiciones meteorológicas.

Una expresión de la distorsión en la señal digital es la fluctuación de fase, conocida en Inglés como "Jitter".

Importancia de la medición del Jitter.

Frecuentemente la medición de la tasa de error (BER en Inglés) en sistemas de transmisión digital vía un cable, fibra óptica o microonda digital es considerada como una medida final de la calidad del enlace de transmisión. Sin embargo, hay que considerar esta medición a través de una serie de criterios y cuidados para que ella no lleve a conclusiones erradas. La medición de la tasa de errores no es un indicativo suficiente de la calidad del sistema, ya que los problemas en enlaces digitales siguen, básicamente, siendo los mismos que en los sistemas analógicos: Ruido e interferencias.

Aquí su influencia nociva se hace sentir sobre la recuperación de reloj en las sucesivas interfaces digitales, pudiendo generar diferencias instantáneas de fase entre la señal que ingresa a una interfaz y el reloj recuperado, teniendo como resultado bits errados.

Básicamente esto significa que cuando un medidor de tasa de errores hace la comparación de bits recuperando él mismo el reloj, el resultado indica los errores que fueron causados por todos los elementos del circuito de transmisión al regenerar la señal, hasta la última regeneración antes del punto de medición. Pero no indica cual es la calidad en cuanto a Jitter se refiere, de la señal que se está midiendo, ya que los circuitos de recuperación de reloj de un medidor de tasa de errores están diseñados para tolerar una cantidad sumamente alta de ruido y fluctuación de fase, "Jitter". Por otra parte los circuitos de recuperación de reloj de las interfaces del sistema, no lo toleran (al Jitter), pues están limitados en su flexibilidad por uno de los factores siguientes:

- a).- La capacidad de los circuitos de recuperación de reloj para acompañar a la señal de entrada, (señal de escritura en las memorias elásticas).
- b).- Los límites de transferencia de "Jitter" permisibles.
- c).- La presencia de Jitter propio en la señal de reloj del sistema de transmisión. Como sabemos cualquier señal digital, presenta una cierta fluctuación de fase debido a la implementación práctica de estos circuitos. El efecto de este Jitter propio puede causar distorsión de la información en caso de exceder ciertos límites, ya que siempre existirá la posibilidad del aumento de este Jitter por disturbios en el medio de transmisión.

Como una ayuda en la interpretación de los efectos del Jitter en un sentido cualitativo se puede utilizar el diagrama de ojo de una señal digital. En la figura siguiente se ilustra un diagrama de ojo de una señal ternaria (código HDB-3 por ejemplo) libre de fluctuación de fase. En la siguiente gráfica se muestra este mismo patrón de ojo pero con un Jitter presente.

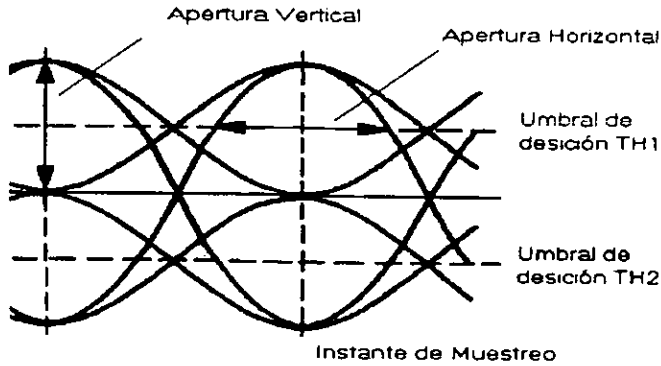


Fig. I.- Patrón de ojo de una señal ternaria libre de Jitter

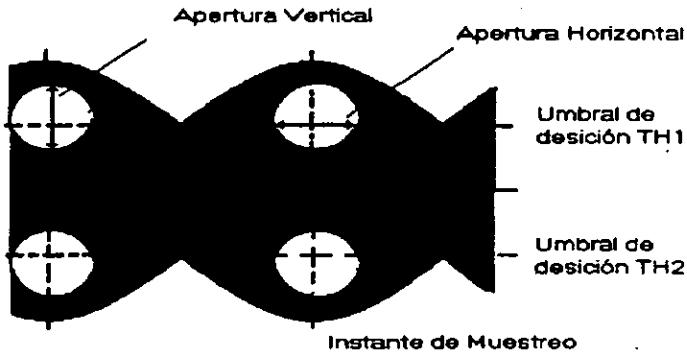


Fig. II.- Patrón de ojo de una señal ternaria con Jitter

Podemos observar como se ha disminuido la apertura horizontal del diagrama, con lo que se reduce el tiempo en el que se puede llevar a cabo el muestreo, con el consiguiente aumento de la probabilidad de incurrir en errores

De lo expuesto anteriormente se deduce que la baja indicación en el medidor de tasa de errores no es garantía de que el sistema funcionará cuando se retire el instrumento y se conecte la señal recibida a una central digital o a un multiplexor de orden elevado.

Vemos entonces que la medición del Jitter nos indicará si la calidad de la señal recibida es suficientemente buena como para ser manejada por los circuitos de recuperación de reloj de las interfaces del sistema.

El Jitter admisible varía en función de la frecuencia, por lo tanto, no basta indicar la dispersión absoluta de la fase con relación a la fase ideal, es necesario evaluar la amplitud del Jitter a distintas frecuencias dentro del ancho de banda de interés.

Definición del Jitter y de sus características.

El Jitter se encuentra definido en la Recomendación G.702 del UIT de la siguiente manera: "Pequeñas variaciones de la posición ideal en el tiempo de una señal Digital".

Las palabras anteriores se explican en mejor forma en la figura III.

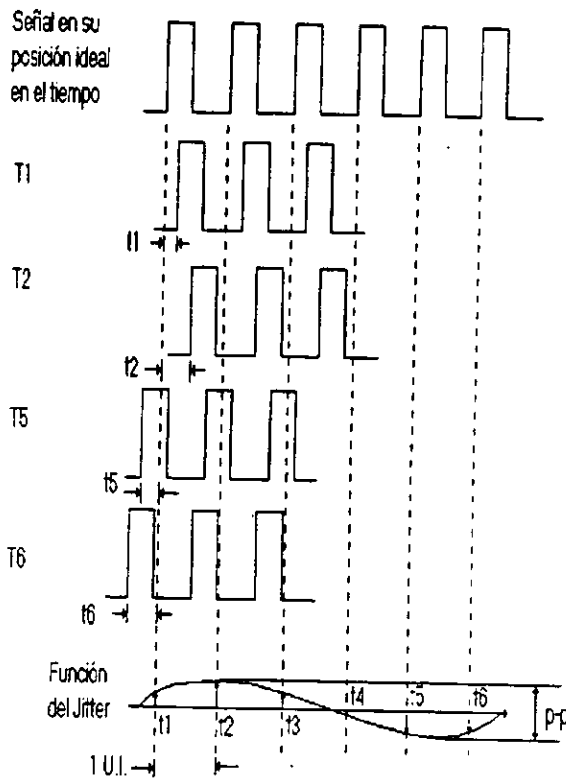


Fig. III.- Definición del Jitter

En la parte superior se muestra una señal digital en su posición ideal en el tiempo. En las cuatro señales siguientes se muestra a esa misma señal digital en cuatro instantes diferentes, se observa una variación en la posición, o mejor dicho en la fase de la señal digital. A esta variación en el tiempo es a lo que se conoce como fluctuación de fase o Jitter.

De esta gráfica podemos obtener los dos parámetros con los cuáles se especifica el Jitter, a saber: la amplitud y la frecuencia.

La amplitud nos indica la magnitud de la diferencia de fase entre la fase ideal y la fase de nuestra señal digital en un instante dado.

La frecuencia nos habla de la velocidad de esta variación. Estos dos elementos son suficientes para especificar lo que se conoce como la función del Jitter. Para el ejemplo mostrado en la figura III se observa una variación periódica y de amplitud máxima constante, por eso es que la función de Jitter que se ilustra corresponde a una señal senoidal, con las mismas características de amplitud y frecuencia del Jitter.

En la práctica, y dado que el Jitter es precisamente un ruido, nunca tendremos una variación perfectamente senoidal, sino con amplitudes y frecuencias cambiantes con el tiempo, como corresponde a un ruido.

Una vez definidos los elementos con los cuáles hemos de medir el Jitter, nos corresponde ahora establecer las unidades que se utilizan para cuantificar las mediciones.

En cuanto a la frecuencia se utiliza como unidad Hertz, tal como era de esperarse. Para ayudar a la especificación de la unidad que usaremos para medir la amplitud, emplearemos la figura IV.

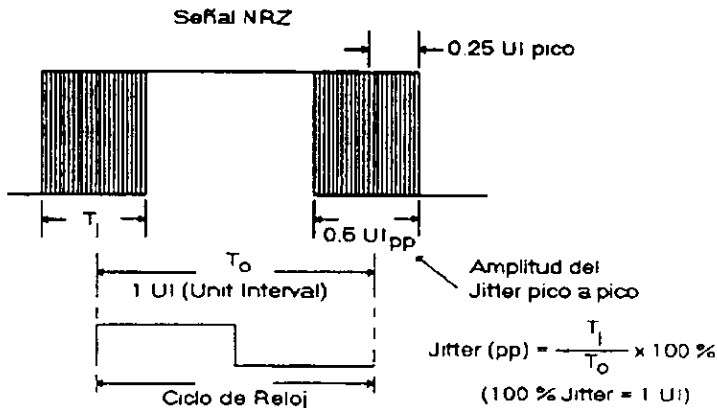


Fig. IV.- Definición del Intervalo Unitario (UI)

En esta gráfica se ilustra lo que se conoce como "UI" (del Inglés Unit Interval). Un UI se define como la duración de un bit, de un ciclo de reloj, o de 360 grados sin importar a que velocidad de reloj nos estemos refiriendo.

Podríamos medir la amplitud de Jitter en unidades de tiempo, pero esto traería dificultades al momento de estimar la magnitud relativa de una medición. Por ejemplo, si habláramos de un Jitter de 320 nanosegundos. ¿Cómo saber si esto es mucho o poco?

Tendríamos entonces que compararlo con la duración de 1 bit. A 2048 kbit/s la duración de 1 bit es 488 nanosegundos ($1/2048 \times 10^{-9}$), y entonces veríamos que tenemos una fluctuación de fase del 65.5 % (320/ 488).

Debido a lo anterior es que utilizamos al UI como unidad para la medición de Jitter. Otra ventaja de esto es que se pueden hacer comparaciones de magnitudes de Jitter a distintas velocidades, pues siempre se tiene una normalización de la magnitud en tiempo con respecto a la velocidad correspondiente.

En resumen, cuando tengamos una lectura de 0.15 UI's, estaremos hablando de un Jitter del 15% de la duración de 1 bit, o de 54 grados independientemente de la velocidad de la que se trate.

Tipos de Jitter y sus causas.

Básicamente se pueden distinguir tres tipos de Jitter distintos, se clasifican principalmente de acuerdo a las causas que los originan. Enseguida daremos una breve descripción de ellos.

1.- Jitter no sistemático o Propio.

Se le conoce como Jitter no sistemático o aleatorio. Algunas causas de éste son las siguientes: ruido aleatorio en los componentes debido a irregularidades en los contactos y en las superficies de las uniones entre componentes, ruido de fase en los circuitos lógicos debido a las incertidumbres de transición, y también debido a la diafonía resultante de la operación de otros sistemas adyacentes.

Este tipo de Jitter no es correlativo y no se acumula a lo largo del camino de transmisión. Su influencia sobre la calidad de transmisión es pequeña.

2.- Jitter sistemático.

Se le llama también Jitter dependiente de la secuencia o Jitter condicionado por el sistema.

Tiene gran importancia para la calidad de la transmisión, pues constituye la porción principal del Jitter total. Algunas de las causas que lo originan son las siguientes:

♦ Interferencia intersimbólica.

Una ecualización inadecuada o incompleta de la señal, da origen a distorsiones como atenuación y de retardo.

Estas distorsiones (principalmente las de retardo) hacen que una parte de la energía de cada impulso influya sobre impulsos adyacentes.

De esto resulta una cierta dependencia entre los impulsos subsiguientes, la llamada interferencia intersimbólica, la cual causa por su parte un Jitter que depende de la secuencia de pulsos.

♦ Variación en la excitación de los circuitos "Tanque".

Las variaciones constantes en la secuencia de impulsos que excita al circuito tanque da origen a variaciones de reloj recuperado.

Estas variaciones se expresan como Jitter dependiente de la secuencia.

♦ Conversión AM a PM.

Un amplificador limitador tras el circuito tanque debería de generar una señal de salida completamente independiente de la amplitud de la señal de entrada. Sin embargo, el envejecimiento y la influencia de la temperatura hacen que haya una dependencia de la amplitud. Esa dependencia de la amplitud aparece como variaciones de fase en la señal de salida.

3.- Jitter debido a la justificación.

A este tipo de Jitter también se le conoce como Jitter "de relleno". Principalmente es generado por el proceso llevado a cabo por los multiplexores de alto orden.

Debido a las diferencias de velocidad entre las señales tributarias entrantes a un multiplexor de alto orden, éste se ve forzado a efectuar una inserción de bits para compensar esas velocidades.

Dado que este agregado de información no es constante ni lineal se provoca un cierto Jitter en la señal digital multiplexada.

Al Jitter debido al relleno se suma una señal de baja frecuencia, a la cual se le conoce como Jitter por tiempo de espera.

El Jitter por tiempo de espera posee una frecuencia muy baja y pasa sin modificarse por los circuitos de adecuación de reloj de los multiplexores, siendo una fuente de problemas en el proceso de multiplexación.

Tipos de Mediciones de Jitter.

Por recomendación del UIT, existen tres mediciones principales que se deben de efectuar para asegurar un análisis completo del Jitter. Enseguida se describen las tres, con la aclaración de que en el orden en que se describen es el orden en que es conveniente efectuarlas.

1.- Medición del Jitter propio.

La intención de esta medición es averiguar el valor del Jitter que por naturaleza posee algún dispositivo. Es importante que el Jitter obtenido sea lo suficientemente bajo como para asegurar que al sumarse con el Jitter sistemático no se presenten errores en la transmisión. En la siguiente figura se ilustra un esquema para efectuar la medición.

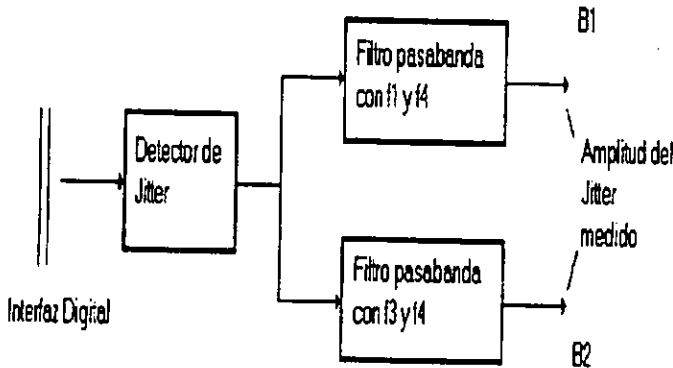


Fig. V.- Circuito de prueba para medición de Jitter propio

Básicamente la medición consiste en aplicar una señal libre de Jitter a la entrada del equipo bajo prueba y a la salida se mide el Jitter que dicho equipo introdujo.

Normalmente esta señal libre de Jitter puede ser proporcionada por el mismo equipo de medición. Aquí vemos la importancia de que el medidor de Jitter sea un equipo de calidad muy alta, pues es necesario que genere una señal interna de referencia con un Jitter propio muy bajo, cuando menos del orden de una potencia de diez por debajo del Jitter propio del equipo bajo prueba.

Si el medidor de Jitter tuviera un Jitter propio inadecuado, entonces sería incapaz de medir valores de Jitter bajos.

En cuanto a los valores máximos de Jitter propio que se deben de esperar, el UIT especifica que estos niveles deben de corresponder cuando mucho a los valores mínimos recomendados para la máxima tolerancia al Jitter.

Los valores anteriores se recomiendan para ciertos rangos de frecuencia. La medición se debe de hacer seleccionando los filtros adecuados en el medidor de Jitter. Todos los valores anteriores tanto de amplitud como de frecuencia se presentan en la tabla siguiente.

	Amplitud		Frecuencia			PRBS de Prueba
	B ₁	B ₂	f ₁	f ₃	f ₄	
64	0.25	0.05	20 Hz	3 kHz	20 kHz	2 ¹¹ -1
2,048	1.5	0.2	20 Hz	18 kHz	100 kHz	2 ¹⁵ -1
8,448	1.5	0.2	20 Hz	3 kHz	400 kHz	2 ¹⁵ -1
34,368	1.5	0.15	100 Hz	10 kHz	800 kHz	2 ²³ -1
139,264	1.5	0.075	200 Hz	10 kHz	3.5 MHz	2 ²³ -1

Tabla I.- Límites de la medición del Jitter propio

2.- Máxima Tolerancia al Jitter.

Mediante esta prueba se intenta averiguar la resistencia o tolerancia al Jitter que presenta el dispositivo bajo prueba.

Básicamente lo que estamos evaluando es la capacidad de los recuperadores de reloj de acompañar las variaciones en la fase de la señal digital. Existe una norma por parte del UIT en la Rec. G.823 en la cual se especifican los requerimientos mínimos para esta prueba. En las figuras siguientes se ilustran los parámetros del UIT para la prueba.

En la figura IV se ilustra la máscara del UIT de la Rec. G.823. Aquí sólo se especifica la máscara, pero los valores de frecuencia y amplitud de Jitter no se indican numéricamente.

En la Tabla II se indican los valores de amplitud y frecuencia aplicables a la máscara, y correspondientes a cada una de las velocidades que se manejan en las distintas jerarquías digitales.

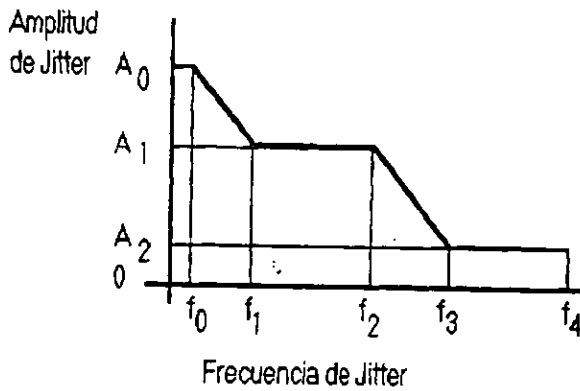


Fig. VI.- Mascara para evaluar al Jitter.

Por ejemplo, en la máscara se indica que en un rango de frecuencias entre f_2 y f_1 se debe de soportar mínimo una amplitud de A_1 UI's.

En la siguiente tabla vemos que para una velocidad de 2048 kbit/ s, los valores de f_2 y f_1 son 2.4 kHz y 20 Hz respectivamente, mientras que para la amplitud A_1 se tiene un valor de 1.5 UI's.

	Amplitud (UI's)			Frecuencia					PRBS de Prueba
	A_0	A_1	A_2	F_0	f_1	f_2	f_3	f_4	
64		0.25	0.05	1.2×10^{-5} Hz	20 Hz	600 Hz	3 kHz	20 kHz	$2^{11}-1$
1,048		1.5	0.2		20 Hz	2.4 kHz	18 kHz	100 kHz	$2^{15}-1$
3,448		1.5	0.2	1.2×10^{-5} Hz	20 Hz	400 Hz	3 kHz	400 kHz	$2^{15}-1$
11,368		1.5	0.15		100 Hz	1 kHz	10 kHz	800 kHz	$2^{23}-1$
39,264		1.5	0.075		200 Hz	500 Hz	10 kHz	3.5 MHz	$2^{23}-1$

Tabla II

En primera instancia se deben de elegir un conjunto de frecuencias adecuadamente distribuidas a lo largo del rango de frecuencias de Jitter (f_1 a f_4 , los valores dependen de la velocidad a la que se hará la medición).

Es importante notar que a mayor número de frecuencias, más exacta será la medición, pues tendremos más puntos para graficar la curva.

Una vez seleccionadas las frecuencias, se ajusta la primera en el equipo generador de Jitter, se conecta un medidor de errores en la salida del elemento bajo prueba.

Partiendo de una amplitud pequeña de Jitter se comienza a incrementar esta amplitud hasta el punto en que se empiecen a detectar errores. A este punto lo consideramos como el punto de máxima tolerancia al Jitter para la frecuencia en turno.

La prueba se continúa para las demás frecuencias de manera que se obtiene un barrido de la tolerancia al Jitter contra la frecuencia del mismo.

Es fácil caer en la creencia de que basta cumplir con la recomendación para asegurar la calidad y que por lo tanto no se requiere de un instrumento muy preciso.

Es decir, si el mínimo estipulado por el UIT es 1.5 UI's no hace diferencia si el instrumento indica 5.6 ó 5.65 UI's de todos modos se está cumpliendo con la norma.

Lo anterior no es del todo correcto si se mira bajo el punto de vista de la degradación que pueden sufrir los sistemas.

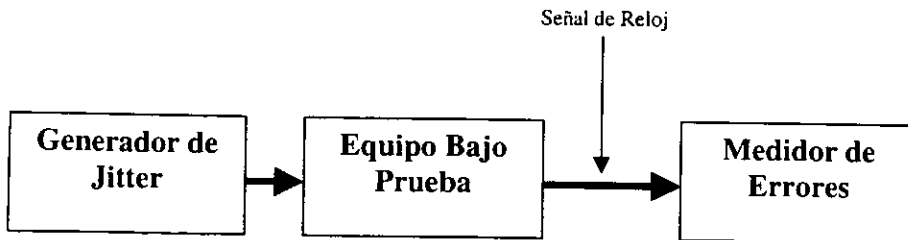


Fig. VII.- Diagrama de prueba de tolerancia al Jitter

En otras palabras, probablemente si se hace la medición hoy y otra 6 meses después las dos cumplan con la norma.

Pero, sólo si se utiliza un instrumento preciso se podrá detectar alguna pequeña variación entre los dos valores obtenidos y así estar en posibilidad de detectar alguna pequeña degradación en el sistema.

3.- Función de transferencia del Jitter.

Con esta medición se averigua el comportamiento del elemento bajo prueba en cuanto a su ganancia de Jitter contra la frecuencia del mismo.

La idea básica es introducir una señal con Jitter al dispositivo a probar, restar el Jitter propio obtenido en la primera medición, y obtener una ganancia o atenuación con respecto al Jitter de entrada.

Normalmente, las componentes de alta frecuencia de Jitter son fuertemente atenuadas y las de baja frecuencia pasan casi sin ser afectadas.

Puede pasar hasta que el Jitter sea un poco amplificado, lo que puede causar problemas con unidades o equipos en serie.

En forma concreta la medición se efectúa como se explica a continuación. Se consideran las mismas frecuencias de Jitter de la medición anterior. Se toma la primera y se introduce una señal con una amplitud de Jitter un poco menor a la soportada en la medición de máxima tolerancia y se toma la medición a la salida del sistema.

A esta medición se le resta el valor obtenido como Jitter propio y el resultado se divide entre el valor de Jitter inyectado a la entrada.

El resultado corresponde a una cierta ganancia o atenuación, se gráfica el resultado y se procede con la siguiente frecuencia. Una vez terminada la prueba, se debe de obtener un resultado similar a la siguiente figura.

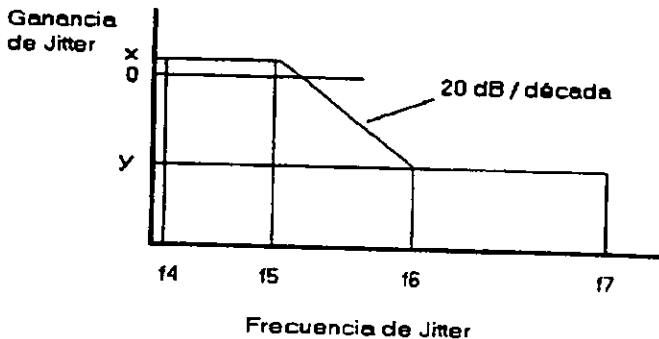


Fig. VIII.- Máscara recomendada para pruebas

En la ilustración aparecen una serie de frecuencias, y amplitudes que no se encuentran especificadas por el UIT.

Se recomienda que se aplique esta máscara de acuerdo a las condiciones del elemento bajo prueba.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad es difícil encontrar literatura relacionada con el fenómeno de la Fluctuación de fase (Jitter), por ello nuestro interés de difundir ampliamente el origen, sus consecuencias, procedimientos de pruebas y los elementos necesarios para la selección de equipos de transmisión.

Pretendemos que este material sea de fácil asimilación para toda aquella persona relacionada con el medio de las telecomunicaciones y a su vez pueda ser utilizado como un apoyo didáctico al estudiantado.

Sobre la base de nuestra experiencia detectamos que este trabajo puede ser útil para las empresas de telecomunicaciones que pretenden lograr un alto índice de calidad en los servicios que ofrecen, por ello nuestra propuesta de realizar las pruebas de fluctuación de fase en el proceso de instalación, puesta en operación y rutinas de mantenimiento.

OBJETIVOS

1. Plantear los fundamentos básicos de las principales técnicas de transmisión digital como son: Modulación de Pulsos Codificados (PCM) y Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
2. Conocer los efectos del fenómeno de Fluctuación de fase (Jitter) en la transmisión de señales digitales.
3. Crear un procedimiento para una fácil evaluación del fenómeno de Fluctuación de fase (Jitter) en equipos de transmisión digital.
4. Evaluar resultados en base a la norma internacional de la UIT (G823)

CAPITULO 1

MULTIPLEXORES DIGITALES DE PRIMER ORDEN

(P.C.M.)

Antecedentes.

La transmisión de señales en forma digital presenta ventajas indiscutibles sobre los sistemas de transmisión tradicionales en los cuales la señal que se transmite es de tipo analógico.

En efecto, la amplitud de una señal analógica varía de forma continua en el tiempo y, por tanto, es sensible a cualquier perturbación que se superponga a ella, mientras que la señal digital varía entre dos amplitudes fijas y definidas en el tiempo, en recepción es suficiente reconocer de cuál de ellas se trata, y por tanto es menos sensible a los ruidos que se pueden superponer a ella durante la transmisión.

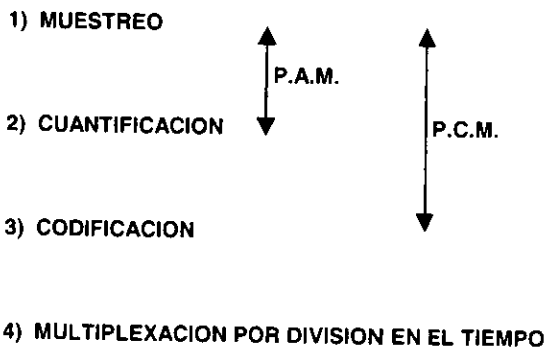
Además, en los sistemas de transmisión analógicos, todos los repetidores retransmiten ampliada la señal recibida, por lo que el ruido es acumulativo, mientras que en los sistemas digitales, cada repetidor "reconstruye" la señal original, la cual se retransmite teóricamente exenta de ruido.

La transmisión digital se conoce desde hace tiempo, pero su utilización solamente ha sido benéfica desde un punto de vista técnico y económico tras la aparición de los semiconductores primero, y de los circuitos integrados después.

En los sistemas de transmisión analógicos, la señal moduladora puede variar la amplitud (AM), la fase (PM) o la frecuencia (FM) de un tren de ondas sinusoidales.

En los sistemas de transmisión digitales, la señal moduladora puede variar la amplitud de un tren de impulsos (P.A.M. - Pulse Amplitud Modulation o Modulación de la Amplitud de Impulsos), la posición de los impulsos (P.P.M. - Pulse Posicion Modulation o Modulación de Posición de Impulsos) o bien, la duración de los impulsos (P.D.M. - Pulse Duracion Modulation o Modulación de Duración de Impulsos).

El método que se usa habitualmente y que se examina en este capítulo, es el primero de ellos (P.A.M.) que representa, no obstante, el primer paso solamente del conjunto de operaciones necesarias para transformar la señal analógica en digital, las cuales son:



El conjunto de las tres primeras operaciones origina un nuevo tipo de modulación llamada MIC o Modulación de Impulsos Codificados (P.C.M. - Pulse Code Modulation).

La última operación (multiplexación) sirve para agrupar y transmitir las muestras correspondientes a un conjunto de señales sobre una misma línea (es el equivalente de la multiplexación FDM en la transmisión analógica), y se efectúa en la práctica antes de la codificación.

MUESTREO

Por muestreo de una señal se entiende la extracción de algunos de sus valores instantáneos de duración técnicamente nula.

Se sabe que una señal periódica se puede descomponer en una señal con una frecuencia fundamental, mas un número "N" de armónicos, como se deduce del desarrollo de Fourier.

Como consecuencia, una señal está formada por un cierto número de señales sinusoidales fundamentales, correspondientes a todas las frecuencias contenidas en la señal vocal, junto con todos sus armónicos.

Si limitamos con un filtro las frecuencias contenidas en una señal vocal a un valor máximo de 4 kHz, podemos afirmar que ahora nuestra señal puede contener armónicos de frecuencia máxima igual a 4 kHz.

Según la teoría de Nyquist, para muestrear de forma correcta, es decir, para poder reconstruir la señal original, es necesario que el muestreo se realice un número de veces al menos al doble de la frecuencia máxima, es decir, de los armónicos de mayor frecuencia) de la señal a muestrear.

Puesto que la máxima frecuencia vocal, como hemos visto, es de 4 kHz, se deben extraer $(4 \text{ kHz} \times 2) = 8000$ muestras por segundo, por lo que la frecuencia de muestreo deberá ser de 8 kHz (Fig. 1.1 a).

En la figura 1.1a se observa en efecto que la señal de entrada, limitada por el adecuado filtro paso bajo a 4 kHz, se muestra a la frecuencia de 8 kHz; esto equivale a decir que el circuito de muestreo, representado por sencillez en un interruptor que se cierra 8000 veces por segundo, transforma la señal analógica de entrada, cuya amplitud varía de forma continua, en una secuencia de impulsos, cada uno de los cuales tiene la amplitud que tenía la señal analógica de entrada en el instante del muestreo.

El conjunto de los impulsos así obtenidos, que llamaremos "muestras", representa la información a transmitir, modulada ahora en P.A.M. Veamos ahora, como está formado el espectro de esta señal P.A.M.

Si examinamos la señal de muestreo, nos daremos cuenta que está formada por un tren de impulsos de onda cuadrada, a la frecuencia de 8 kHz. Se sabe, por otra parte (por el desarrollo en series de Fourier), que una señal de onda cuadrada se puede descomponer en una señal sinusoidal fundamental a la misma frecuencia de 8 kHz, mas una serie de armónicas a frecuencia doble, triple, etc. (Fig. 1.1b), además de una componente continua.

El espectro de la señal de muestreo será por tanto el de la figura 1.1b.

Puesto que se trata, en cualquier caso, de una modulación de amplitud (aunque sea a impulsos), podemos considerar, en lugar de la onda cuadrada, las diferentes señales que la componen, suponiéndolas otras tantas "portadoras" moduladas en amplitud por la señal vocal de 0-4 kHz que entra al modulador de amplitud (circuito muestreador). Tendremos por consiguiente que (Fig. 1.1c) la componente continua "CD" deja pasar sin alteración el espectro de la señal vocal que hallamos a la salida todavía en la banda 0-4 kHz, y así sucesivamente, limitando la muestra a los dos primeros armónicos impares de la señal original de onda cuadrada, es decir, a 8 y 24 kHz, vemos que el espectro de la señal P.A.M. a la salida está comprendido entre 0 y 28 kHz. En este punto podemos hacer dos consideraciones:

- Para recuperar la señal vocal original, es suficiente hacer pasar la señal P.A.M. por un filtro paso bajo de 4 kHz.
- Si la frecuencia de muestreo (8 kHz), fuese diferente al doble de la máxima frecuencia de la señal vocal (4 kHz), sus diferentes armónicos tendrían frecuencias evidentemente inferiores, por lo que las correspondientes bandas laterales producidas por la modulación se desplazarían hacia frecuencias más bajas, superponiéndose así al espectro 0-4 kHz que ha dejado inalterado la "CD", haciéndose imposible su extracción mediante un filtro paso bajo.

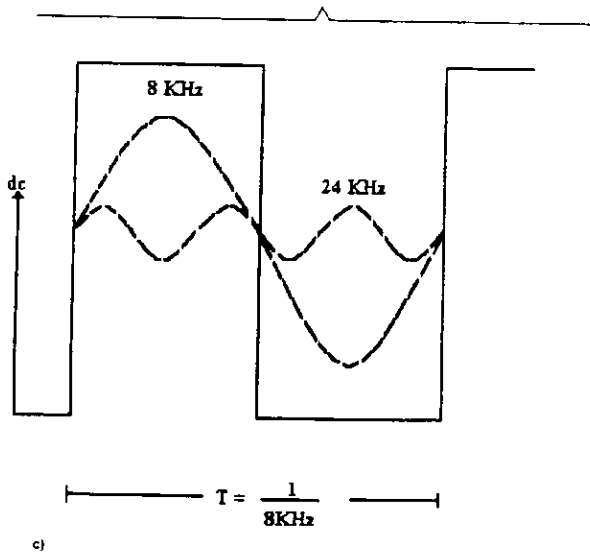
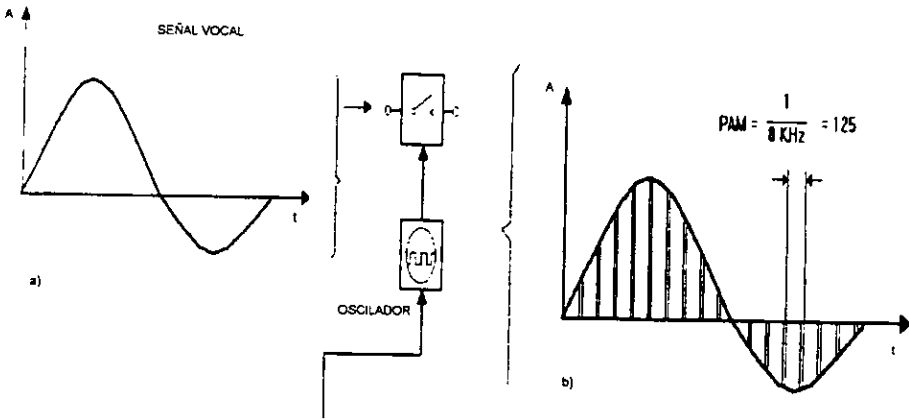


FIG. 1.1

CUANTIFICACION Y CODIFICACION

La señal Pulso-Amplitud-Modulada (P.A.M. Fig. 1.2) es todavía una forma análoga de la señal vocal. La información está contenida en las diferentes amplitudes de las muestras. Esas muestras son por lo tanto sensibles a cualquier interferencia en fluctuaciones de amplitud o fase. Esto puede ser evitado si las muestras son transmitidas y procesadas en forma digital. El primer paso para convertir a una señal es cuantificar.

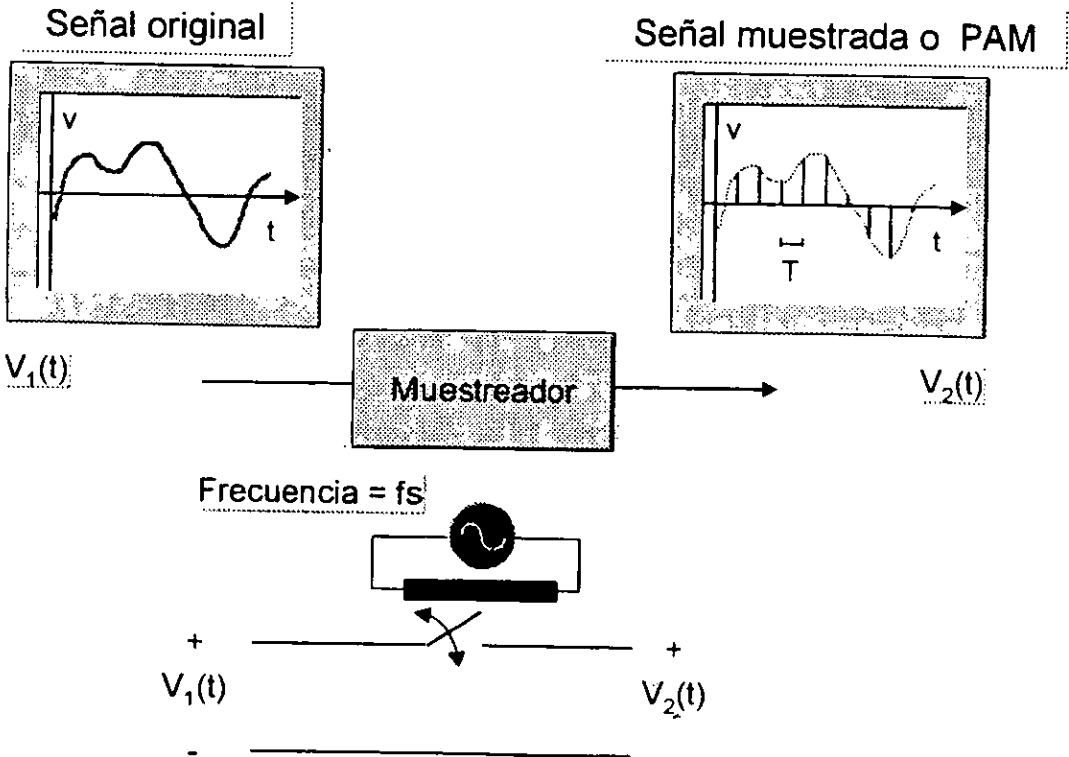


Fig 1.2

CUANTIFICACION LINEAL

Puesto que cada muestra puede tener infinitas amplitudes diferentes, resultaría prácticamente imposible codificar cada una de ellas, por lo que se establece una escala de valores fijos y se atribuye a la amplitud de cada muestra el valor más próximo a ella (cuantificación) Fig. 1.3.

Para simplificar la descripción del principio de cuantificación, se tomarán como ejemplo sólo 16 intervalos iguales de cuantificación, los cuales son mostrados en la fig. 1.3 (posteriormente se detallará la cuantificación utilizada en sistemas reales). Esos intervalos son designados +1 a +8 en la región positiva y -1 a -8 en la región negativa.

Los intervalos cuantificables son delimitados entre uno y otro por valores decisivos. Un número de diferentes valores análogos son así combinados en un intervalo cuantificable individual en el lado de transmisión.

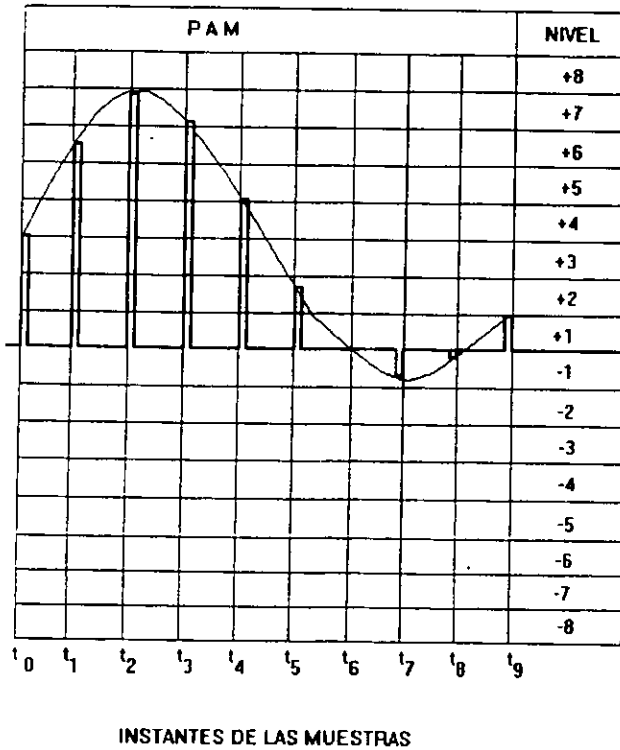


Fig. 1.3

DISTORSION DE LA CUANTIFICACION

Para una señal de valor correspondiente al de Medio-Rango del intervalo cuantificable es reconstruida por cada intervalo cuantificable en el lado de recepción (Fig. 1.4) . El resultado de lo anterior ocasiona pequeñas desviaciones comparadas con las muestras originales del lado de transmisión. La máxima desviación para cada muestra es la mitad de un intervalo cuantificable. La distorsión cuantificable resultante puede aparecer en el lado de recepción como un ruido, el cual es superpuesto a la señal útil. Esto es así algunas veces, y es esta variación a la que se le conoce comúnmente como "ruido de cuantificación". (Véase fig. 1.4).

Con cuantificación uniforme o lineal, donde los rangos de amplitud tiene el mismo ancho respectivo de la unidad de nivel, el efecto de distorsión de cuantificación es particularmente marcado a niveles de señales bajas. Con una unidad baja de nivel, la relación de la señal útil para la distorsión de cuantificación señal relación ruido de cuantificación S/Q es extremadamente bajo, mientras que con una unidad de nivel alto, la relación S/Q es innecesariamente grande, como es mostrado en la fig. 1.4.

En la distribución de la amplitud-frecuencia de voz, las bajas amplitudes ocurren más frecuentemente que las altas amplitudes. Esto es así obviamente poco económico permitir que la relación S/Q aumente especialmente con amplitudes altas.

Es más económico mantener una constante relación señal a ruido dentro de un valor adecuado para el valor que se ha obtenido. Esto se logra mediante una cuantificación no-lineal.

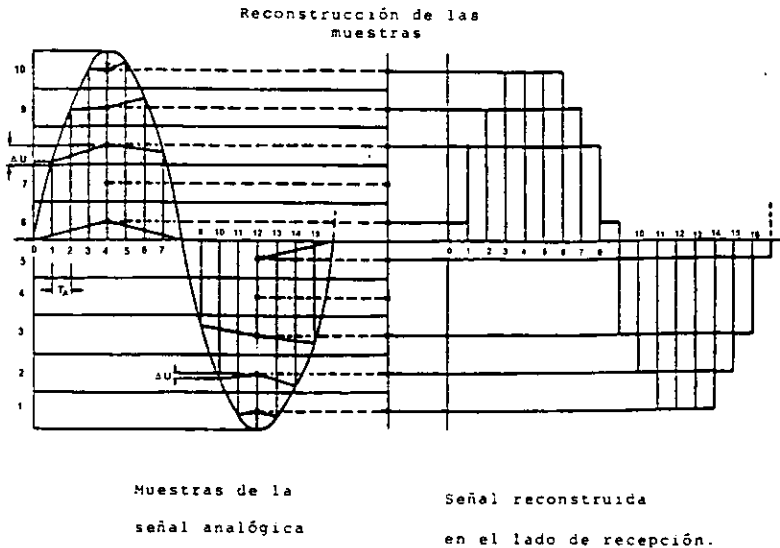


Fig 14

CUANTIFICACION NO-LINEAL

La cuantificación no-lineal es llevada a cabo por señales de baja amplitud difíciles de cuantificar; para ello, es necesario incrementar en grados pequeños la altura de los niveles de cuantificación en forma acorde a los incrementos de las amplitudes de la señal (Fig. 1.5).

El procedimiento de la cuantificación no-lineal es también conocida como "compansión". Esta palabra es derivada de los términos "compresión" y "expansión", por ejemplo, amplitudes altas son comprimidas en el lado de transmisión y son expandidas otra vez en el lado de recepción.

Esto es llevado a cabo por:

- Haciendo los intervalos de cuantificación más largos conforme se incremente la amplitud, en otras palabras, usando métodos no-lineales de cuantificación. Fig. 1.5.
- Reduciendo los valores de alto voltaje de la señal analógica en conformidad con reglas fijas antes de sujetarlos a la cuantificación lineal. Fig. 1.6.

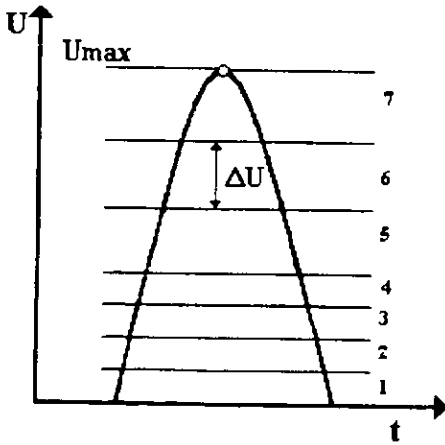


Fig. 1.5 Cuantificación no lineal.

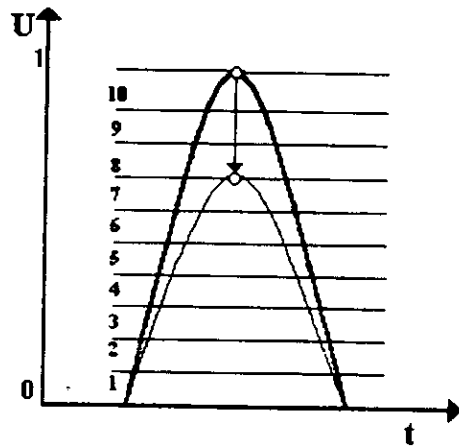


Fig 1.6 Compresión de la señal analógica y cuantificación lineal.

En ambos casos, los residuos de la relación señal-ruido de cuantificación S/Q permanecen constantes sobre un rango de modulación adecuado.

La cuantificación no-lineal facilita los intervalos de cuantificación necesarios para ser reducidos substancialmente. Mientras que con la cuantificación lineal más de 1000 niveles son requeridos en ambos rangos de modulación, positivos y negativos, dado que para obtener un error mínimo de cuantificación es necesario que los niveles sean de 1 mV, puesto que la señal P.A.M. está limitada en amplitud a nivel máximo de 1024 mV, tanto en la parte positiva como en la negativa, de lo anterior se deduce que se necesitarían 1024 niveles de cuantificación.

El número de intervalos requeridos con la cuantificación no-lineal es reducida a 128 niveles por cada uno de los rangos positivos y negativos; posteriormente, se explicara de donde provienen dichos niveles.

Los detalles de cuantificación no lineal son definidos por características. La recomendación G.711 de CCITT aconseja lo siguiente:

- a) La "característica 13 segmentos" (Ley A, por ejemplo, para el sistema PCM 30 en Europa).
- b) La "característica 15 segmentos" (Ley μ por ejemplo, para el sistema PCM 24 en E.U. y Japón)

La característica 13-segmentos comprende 7 segmentos rectilíneos en cada uno de los rangos positivos y negativos. Los 2 segmentos localizados atravezando al cero, forman un segmento rectilíneo particular. La característica es hecha de 13 segmentos diferentes (Fig. 1.7).

Actualmente existen dos leyes para la cuantificación-codificación de señales PCM a saber: la Ley μ y la Ley A. La primera corresponde a la norma de EE.UU., y la segunda a la de Europa usada en México. El sistema original T1 de la BELL utilizaba un compansor con una función continua como ley de codificación con la siguiente ecuación matemática:

$$y = \frac{\log(1 + \mu x)}{\log(1 + \mu)} \quad \text{donde } \mu = 100$$

Recomendaciones posteriores del CCITT para el sistema de 24 canales abandonaron el compansor y utilizaron una ley no lineal de codificación aproximándose a la ley μ con un valor para μ de 255.

La expresión matemática para la ley de codificación A es la siguiente:

$$y = \frac{1 + \log(Ax)}{1 + \log(A)} \quad \text{para } 1/A < X < 1$$

$$y = \frac{Ax}{1 + \ln A} \quad \text{para } 0 < X < 1/A$$

donde $A = 87.5$

donde "x" es el voltaje de entrada normalizado e "y" es el voltaje de salida normalizado del compresor.

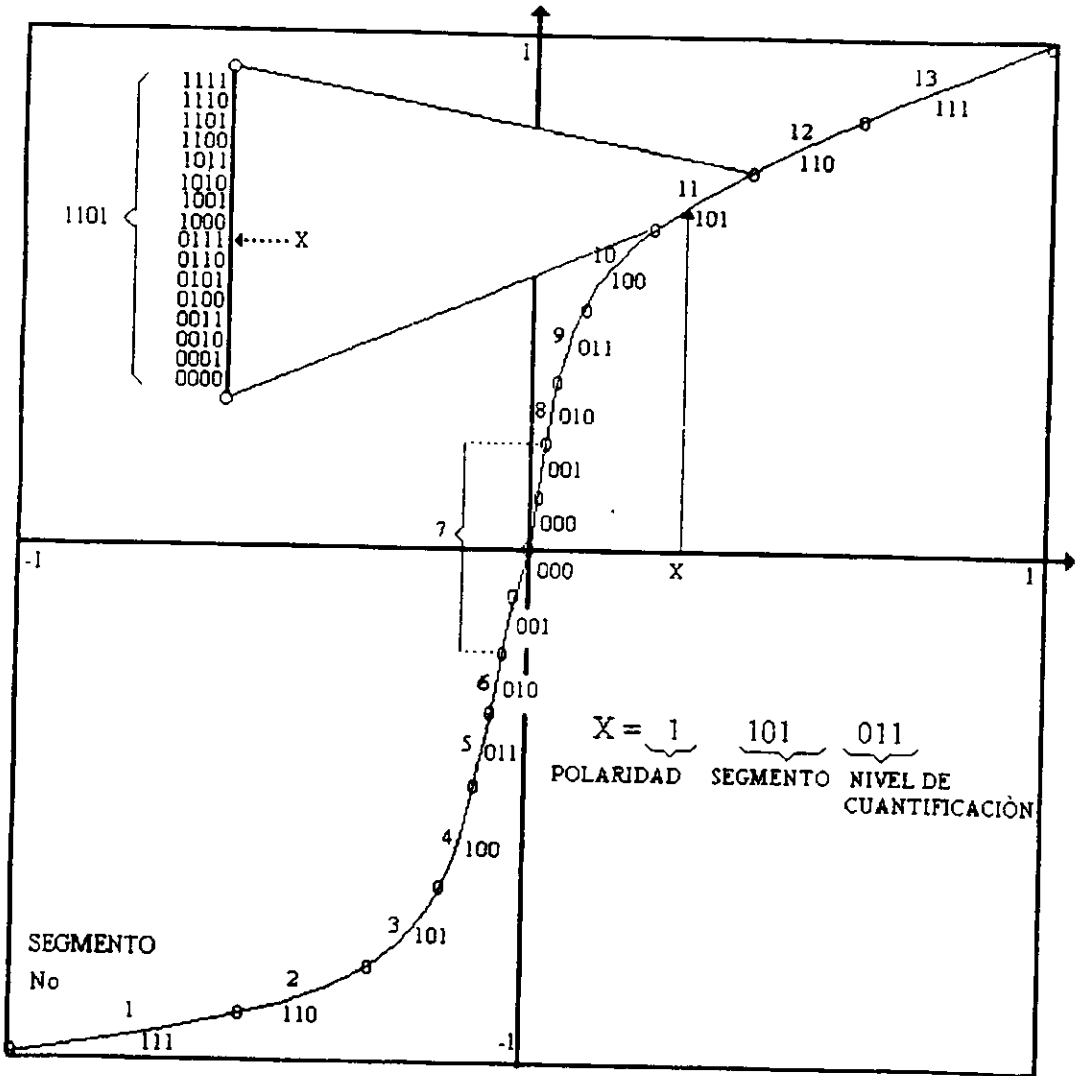


Fig. 1.7 LEY DE CODIFICACIÓN "A"

La cuantificación no-uniforme de la señal telefónica está basada en esta característica práctica. Los valores normalizados de la señal de salida son graficados a lo largo del eje X,

mientras que los números codificados de los intervalos de cuantificación son graficados a lo largo del eje Y. (Fig. 1.8)

En dicha figura, se denota que para los primeros 32 intervalos de cuantificación (ubicados en el eje Y), son asignados al segmento $1/64$ en el eje X y los siguientes 16 intervalos de cuantificación serán asignados al segmento $1/32$, de esta forma se continúa hasta el último segmento. Por otro lado, este último segmento consta de 16 niveles para codificar $1/2$ de la señal, aquí cada paso de cuantificación es de $1/32$ de la señal. El error es mayor pero, como la señal también es mayor, el error de cuantificación permanece más o menos constante.

Si la codificación fuese lineal, en los valores bajos de señal los pasos de cuantificación no podrían ser tan pequeños y el error sería mucho mayor.

Las principales diferencias entre los 2 métodos de cuantificación son claramente mostrados, nuevamente, en la figura 1.9a. Mientras que con la cuantificación lineal los restos del error de cuantificación son constantes sobre el rango entero de modulación y varía con la cuantificación no-lineal como una función del último. Fig. 1.9b

CARACTERÍSTICA DE LA PARTE (+).

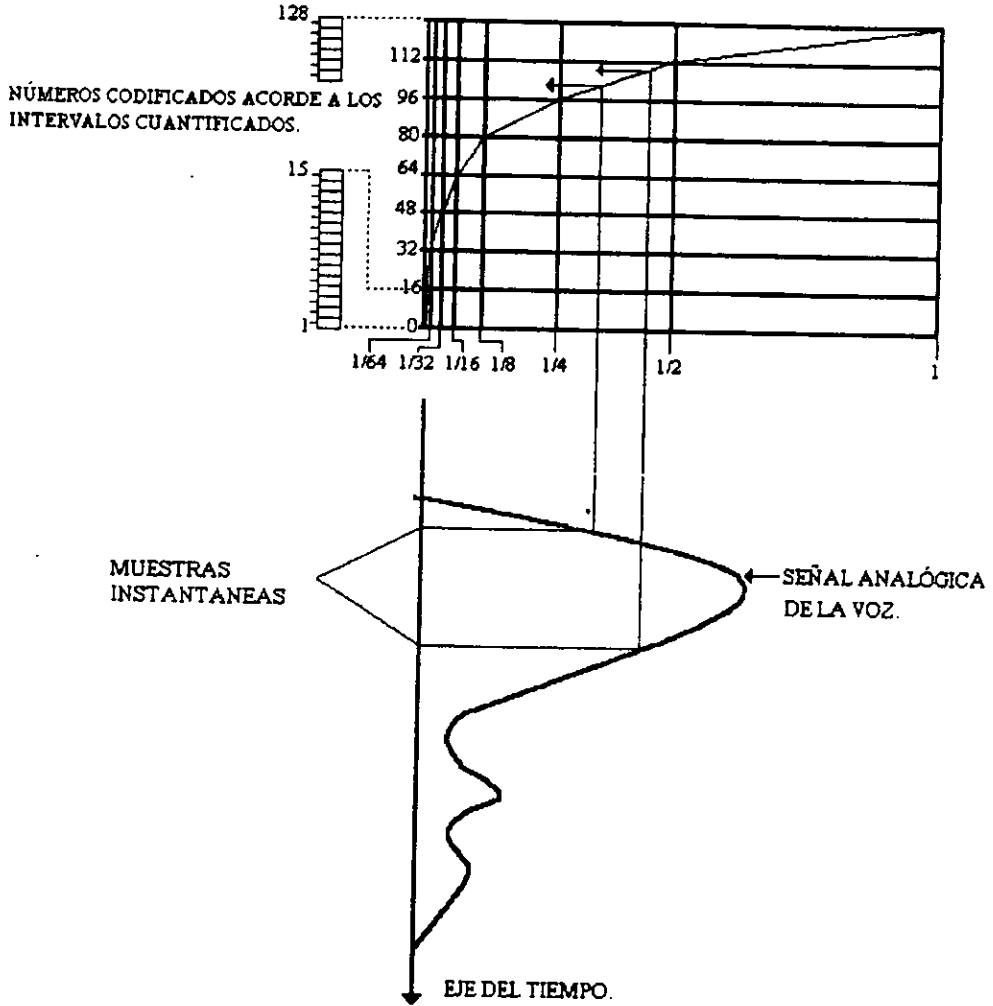


FIG 1.8

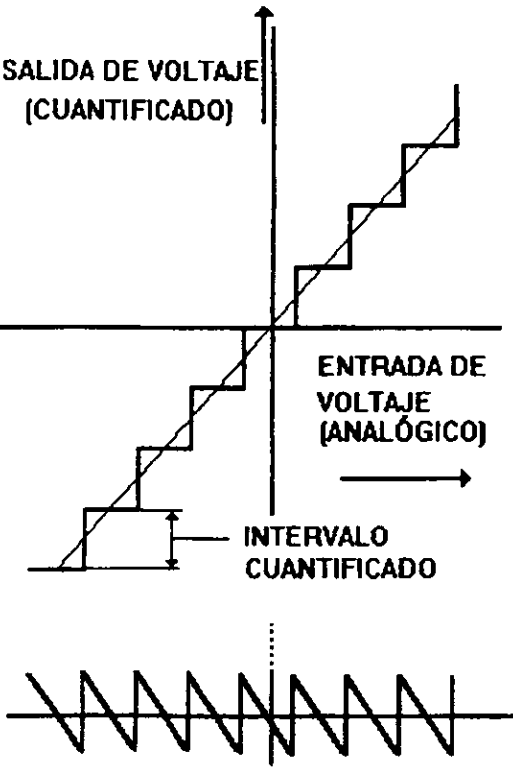


FIG. 1.9a) CUANTIFICACIÓN LINEAL.

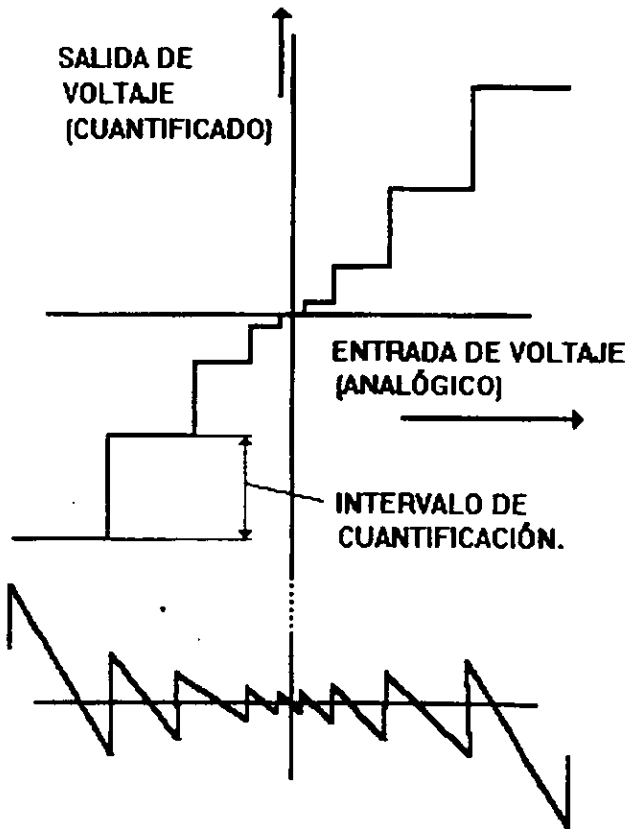


FIG. 1.9b) CUANTIFICACIÓN NO LINEAL.

C O D I F I C A C I O N

Los valores de amplitud analógicos son comprimidos de acuerdo con las características de compansión para señales Punto-Amplitud-Modulado. Esas señales análogas son convertidas dentro de los valores digitales por el convertidor análogo-digital. A cada intervalo de cuantificación es asignado una palabra codificada. La palabra codificada consiste de un número con diferentes números binarios (bits), los cuales pueden tener un estado ya sea 1 ó 0.

Como se mencionó anteriormente, 256 niveles de cuantificación son necesarios para una transmisión correcta de voz. Palabras codificadas de 8 dígitos son requeridos en orden para asignar una palabra codificada para cada uno de esos niveles. ($2^8 = 256$).

Si los números binarios del 1 al 256 son asignados bajo los niveles de amplitud, empezando con el más bajo, el número binario 00000000 corresponde a la más baja amplitud, mientras que el numero binario 11111111 corresponde a la amplitud más alta. Este tipo de código es conocido como un "código binario normal". Si los niveles de cuantificación son numerados desde +0 a +127 y 7 desde -0 a -127 para las amplitudes positivas y negativas, empezando en la línea cero, y si todas las amplitudes positivas son dadas empezando con un número binario 1 y todas las amplitudes negativas empezando con un número binario 0, esto es conocido como "código binario balanceado".

Es un hecho que las amplitudes contenidas en la señal de voz predominantemente tienen valores bajos. La probabilidad de los niveles de amplitud +0, -0, +1 y -1 ocurrentes es alto. Esto debe conducir a largas cadenas de ceros, las cuales son indeseables en los sistemas de transmisión digitales por causas relacionadas en la recuperación del reloj de sincronía. Un código binario de alta densidad bipolar (HDB-3) es usado en la práctica, para impedir que esto suceda.

El segmento y el nivel de segmento al cual pertenece el nivel de amplitud correspondiente, puede ser determinado de cada palabra codificada. El primer bit es el signo del segmento y los bits 5, 6, 7 y 8 identifican el nivel dentro del segmento.

Ejemplo:

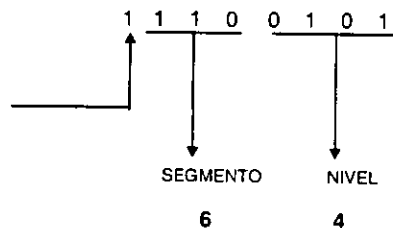
Palabra Codificada 1 0 1 1 0 0 0 1

(Invertida)

Palabra Codificada 1 1 1 0 0 1 0 1

(no invertida)

SEGMENTO POSITIVO



MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN

EN EL TIEMPO

El problema de la transmisión simultánea de varios canales telefónicos sobre el mismo medio (cable o radio-enlace), se resuelve en los sistemas analógicos con la Técnica de la multiplexación por división de frecuencia (cada canal se traslada en frecuencia y se ubica a continuación del anterior), se resuelve de forma equivalente en los sistemas digitales mediante la multiplexación por división en el tiempo TDM.

El principio de funcionamiento de un sistema TDM, cuyo diagrama básico aparece en la figura 1.10, se describe a continuación.

La señal fónica, como se ha visto, se muestra a la frecuencia de 8000 muestras por segundo, lo que significa que entre una muestra y la siguiente se dispone de un intervalo de $1/8000 \text{ seg.} = 125 \mu \text{ seg.}$

Si estamos en condiciones de limitar a $1 \mu \text{seg.}$, por ejemplo, el tiempo necesario para la extracción de la muestra, podremos usar los otros $124 \mu \text{seg.}$ Para muestrear señales de otros canales, que podrán ser cuantificados, codificados y transmitidos todos sobre la misma línea.

Esto equivale a suponer que se dispone de un interruptor con 125 posiciones, que puede cumplir un ciclo completo de exploración en $125 \mu \text{ seg.}$

Si a cada posición del interruptor se le conecta un canal diferente, habremos efectuado la exploración y por tanto, el muestreo de las señales de los 125 canales.

Las muestras individuales se hallarán todas en secuencia, una tras otra, de forma continua, y de esta manera se transmitirán después de haber sido codificadas y decodificadas.

Evidentemente, la realización de este proceso presenta ciertas dificultades.

En primer lugar, de esta forma no existirá separación entre las muestras; en segundo lugar, es necesario que el codificador tenga tiempo de efectuar las operaciones de cuantificación y de codificación, por lo cual es necesario limitar el número de canales.

En la figura 1.10 se muestra un diagrama de bloques del sistema de muestreo, multiplexación y codificación de cuatro hipotéticos canales telefónicos.

Estos diagramas muestran:

- a) El tren de impulsos de onda cuadrada proporcionados por el oscilador TS que proporciona el reloj de muestreo a la frecuencia de 8 kHz por canal (en nuestro caso de $8 \text{ kHz} \cdot 4 \text{ canales} = 32 \text{ canales}$).
- b - e) Cuatro señales vocales, correspondientes a los canales 1 - 4, señalándose las muestras extraídas de cada señal, evidentemente en instantes diferentes.
- f) Las mismas muestras intercaladas en el tiempo y enviadas sobre un hilo único.
- g) El tren de impulsos de onda cuadrada proporcionado por el oscilador TC de codificación (reloj de codificación).

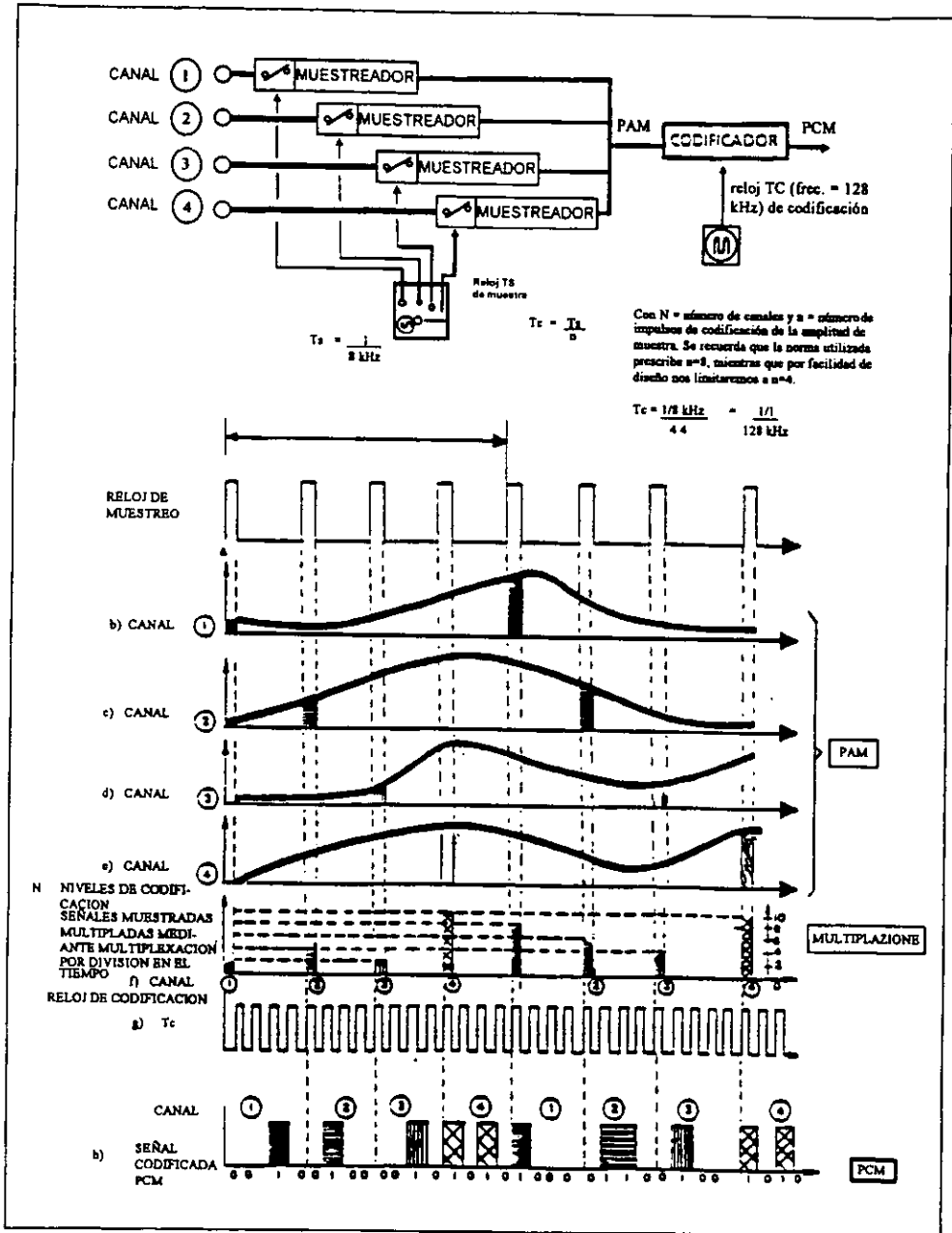
En la práctica, como ya se ha dicho, los impulsos usados para codificar cada muestra son 8, y puesto que cada canal de muestra a la frecuencia de 8 kHz (es decir, se toman 8000 muestras por cada canal telefónico), la frecuencia del oscilador del codificador será:

$$8 \text{ (impulsos de codificación por cada muestra)} * \\ 8 \times 10^3 \text{ (número de muestras por cada canal telefónico)} * \\ N \text{ (número de canales telefónicos a multiplexar)} \\ \text{frecuencia de codificación.}$$

En el caso ilustrado de la figura 1.10 los impulsos de codificación se han limitado a 4 por comodidad de representación, por lo cual, puesto que se examinan 4 canales telefónicos, la frecuencia del reloj de codificación deberá ser $4 * 8000 * 4 = 128 \text{ kHz}$.

h) Por último, se muestra la señal MIC codificada, donde cada grupo de 4 impulsos representa la codificación de una única muestra.

Por ejemplo, la primera muestra del canal 1 se ha cuantificado en el escalón 2 fig. 1.10e, al cual corresponde el código 0 0 1 0, que significa que se transmite solo el tercero de los cuatro impulsos de que se dispone para codificarlo figura 1.10h.



Ejemplo de muestreo, cuantificación y codificación de cuatro canales

Fig. 1.10 TDM.

T R A M A

Del mismo modo que los sistemas por división de frecuencia, se caracterizan por un cierto esquema de ubicación en la frecuencia de los distintos canales, por los pilotos, la señalización, etc. En los multiplexores por división en el tiempo, el esquema de las ubicaciones, en lugar de referirse a la frecuencia, se refiere al tiempo, es decir, al orden de la secuencia temporal con la que el transmisor emite la información de los diferentes canales, la cual se suele llamar *trama* del sistema.

Por tanto, se denomina *trama* al conjunto de impulsos (que en lo subsecuente llamaremos "conjunto de bits", del inglés "binary digit", es decir, dígito binario) que se originan tras un ciclo completo de "muestreo y codificación" de N canales telefónicos.

Junto con ello se incluyen los bits correspondientes a la señalización (llamada, etc.) de todos los canales, la cual puesto que está determinada por la apertura y el cierre de un contacto, es ya de naturaleza binaria, por lo que no requiere codificación.

Sin embargo, es evidente que en recepción no es suficiente reconocer exactamente el valor del bit recibido en el tiempo, para poderla asignar correctamente a los diferentes intervalos temporales, y por tanto, a los diferentes canales; en otras palabras, es necesario sincronizar los sistemas de recepción con los de transmisión.

Es indispensable, por tanto, transmitir los adecuados bits de alineamiento que, reconocidos por los circuitos dispuestos en recepción, permiten mantener inalteradas las relaciones de fase entre transmisor y receptor (alineamiento de trama).

Tanto los bits de señalización como los bits de alineamiento pueden ocupar posiciones diferentes en la trama según la norma que se adopte (americana o europea).

La norma americana se basa en la multiplexación de 24 canales telefónicos, muestreados a la frecuencia de 8 kHz (puesto que sabemos a partir de ahora que el muestreo se efectúa con impulsos binarios, podemos determinar una terminología más adecuada y decir que el muestreo se realiza a la velocidad de 8000 bits/seg.).

La norma europea (Rec. CEPT y UIT) figura 1.11, se basa en la multiplexación de 30 canales telefónicos, más dos canales de servicio que contienen, respectivamente, las informaciones correspondientes a la señalización y al alineamiento de trama.

Vamos ahora a explicar detalladamente la composición de la trama (y de la multitrama, cuyo significado se verá más adelante) de la figura 1.11. Por el momento, consideremos solamente la parte señalada como Trama 1.

La gráfica indicada como Trama 1, representa la sucesión de los intervalos (3.9 μ seg. cada uno) usados para transmitir los 30 canales telefónicos.

Estructura de trama de la señal E1, G704

256 Bits/125 μ

0	FAS	TS 1	.....	TS 15	MFAS/ NMFAS	TS 17	.....	TS 31
1	NFAS	TS 1	.....	TS 15	TS 16	TS 17	.....	TS 31
2	FAS	TS 1	.....	TS 15	TS 16	TS 17	.....	TS 31
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15	NFAS	TS 1	.....	TS 15	TS 16	TS 17	.....	TS 31

Fig. 1.11

- Palabra de alineamiento de trama (FAS): X0011011
- Bit X sirve para el CRC.
- Palabra de no alineamiento de trama (NFAS): 11A11111
- Palabra de alineamiento de multitrama (MFAS): 0000
- Palabra de no alineamiento de multitrama (NMFAS): 1A111
- TS 16 de la trama cero (MFAS+NMFAS): 00001A111
- TS 16 de tramas 1 a 15 señalización de dos canales: abcd,abcd

Señalización recomendación Q.421, UIT-T (Tabla 1.11)

No.	Señal	Adelante		Adelante	
		a _r	b _r	a _b	b _b
1	Libre	1	0	1	0
2	Toma	0	0	1	0
3	Reconocimiento de toma	0	0	1	1
4	Contestación	0	0	0	1
5	Reposición	0	0	1	1
6 ^a	Desconexión después de 3.5	1	0	1	1
6 ^b	Desconexión después de 4	1	0	0	1
7	Retorno a libre	1	0	1	0
8	Bloqueo	1	0	1	1
9	Desbloqueo	1	0	1	0

Con el número "1", se designa al intervalo de tiempo durante el cual se transmite la 1ª muestra del primer canal telefónico, con el número 2, la primera muestra del segundo canal telefónico, y así sucesivamente hasta la 1ª muestra del canal telefónico no. 15.

En este punto se reserva un intervalo de tiempo de 16 (siempre se 3.9 μ seg.) para la señalización de los canales telefónicos No.1 y 16; a continuación sigue el canal 1, el 17 y así sucesivamente hasta el canal número 30, después del cual se reserva un intervalo de tiempo 0 (también de 3.9 μ seg.) para la palabra de alarma en el alineamiento de trama.

Estos 32 intervalos de 3.9 μ seg. cada uno (por un total de 125 μ seg.) constituyen la trama No. 1, solamente pueden incluir una muestra por cada canal telefónico.

La trama siguiente (la No. 2), será también de otros 125 μ seg. y permitirá muestrear por segunda vez los mismos canales telefónicos (enviando también la señalización de los canales telefónico 2 y 17), y así sucesivamente.

Examinemos ahora con algo más de detalle lo que ocurre durante cada periodo de 3.9 μ seg.

Como ya sabemos, los intervalos de tiempo reservados a la transmisión de los canales telefónicos (es decir, del 1º al 15º y del 16º al 30º) están divididos a su vez en 8 subintervalos (intervalos de bit) durante los cuales se codifica la amplitud de la muestra extraída (concretamente, 7 bits codifican la amplitud y 1 bit el signo, positivo o negativo, de la amplitud).

Se deduce de ello que cada intervalo de bit tiene la duración de $\frac{3.9 \mu\text{seg.}}{8} = 0.488 \mu\text{seg.}$

El intervalo 16 reservado a la señalización está también dividido en 8 subintervalos para la transmisión de otros bits (dichos bits indicaran el estado del canal telefónico). Ver tabla 1.11

Sin embargo, en estos 8 subintervalos se transmiten las informaciones correspondientes a dos canales telefónicos solamente, por lo que cada uno de ellos utiliza 4 bits. De ellos, el último está fijo a un nivel lógico "1", (sirve para distinguir la señalización del alineamiento), mientras que los otros tres pueden transmitir tres informaciones diferentes, como por ejemplo llamada, cómputo, etc. y que, como sabemos, están ya en forma binaria.

Puesto que cada intervalo 16, como se ha dicho, transmite las señalizaciones correspondientes a dos canales telefónicos solamente, se necesitan 15 intervalos 16 (es decir, 15 tramas sucesivas) para transmitir las informaciones de señalización para los 30 canales telefónicos.

El intervalo 0 es reservado a la palabra de alineamiento de trama, está subdividido en 8 subintervalos para la transmisión de otros tantos bits.

Se debe elegir la secuencia de estos bits de manera que sea difícilmente reproducible por las otras señales presentes en la trama.

En el sistema europeo, se ha elegido la secuencia X0011011; el primer bit, indica con X que puede tomar el valor de "0" como el valor de "1", y se emplea para transmitir alarmas u otras informaciones.

Hemos terminado así el examen de una trama, pero hemos dicho también que para transmitir la señalización de los 30 canales, son necesarias 15 tramas (trama 1 a 15).

Una vez transmitidas las 15 tramas, se transmite una trama 0, totalmente análoga a las 15 anteriores, con la única diferencia de que, en el lugar de los 8 bits de señalización (intervalo 16), se inserta una secuencia determinada de bits para realizar el alineamiento adicional; es decir, el alineamiento del conjunto de las 16 tramas (tramas 1-15 + trama 0) llamado alineamiento de *multitrama*.

Ahora las 16 tramas forman una multitrama, que constituye el ciclo completo, el cual vuelve a comenzar el muestreo, la señalización, etc., de la trama 1.

La secuencia de bits para el alineamiento de multitrama es 00001011 donde el bit 6 sirve para transmitir alarma y los bits 5, 7 y 8 datos.

Como ya se ha dicho, esta trama 0 está formada por 15 intervalos de tiempo reservados al muestreo (realizado por la decimosexta vez) y codificación de los canales telefónicos del 1 al 15, a continuación el intervalo 16 para la transmisión de los bits de alineamiento de multitrama continuando con el muestreo de los canales telefónicos del 16 al 30, y por último, el intervalo 0 para la transmisión de los bits de la palabra de alineamiento de trama.

Para obtener la velocidad de transmisión en bits/seg., podemos usar el mismo método que se ha empleado para la norma americana, es decir:

$$\begin{array}{ccccccc}
 8 \cdot 10^3 \text{ bits/seg.} & & (8 & \cdot & 32) & = & 2,048 \text{ Mbit/seg.} \\
 \uparrow & & \uparrow & & \uparrow & & \\
 \text{Frecuencia de} & & \text{Bits} & & \text{Canales} & & \\
 \text{muestreo} & & \text{codificados} & & & &
 \end{array}$$

Finalizaremos diciendo que los equipos de telefonía (multiplexores) conformados por 30 canales telefónicos, deben cumplir con las siguientes condiciones:

Código de línea utilizado en la transmisión de la señal PCM
HDB-3

Velocidad de transmisión 2048 kbits/seg.

Impedancia de transmisión 75, 120 ó 600 Ohms.

MULTIPLEXORES DIGITALES DE ORDEN SUPERIOR

Desde sus inicios, la red telefónica mundial ha crecido hasta convertirse en la mayor red de telecomunicaciones en el mundo ofreciendo servicios de comunicación de voz a casi 500 millones de usuarios.

Con la introducción de las técnicas digitales de procesamiento de señales, se inició una nueva era en las telecomunicaciones ya que inmediatamente se aumentaba notablemente la capacidad de transmisión de las redes existentes, al dejar de procesarse señales continuas en el tiempo que pueden tomar cualquier valor; sino trenes de pulsos que solamente pueden tomar valores discretos.

Este hecho produjo un aumento en la demanda de servicios por parte del público usuario, lo cual se tradujo en la necesidad de contar con mayores velocidades de transmisión.

Estas mayores velocidades de transmisión dan origen a las llamadas **Jerarquías de los multiplexores digitales**, distinguiéndose dos grupos:

SISTEMA EUROPEO Y SISTEMA ESTADOUNIDENSE

Nuestro objetivo es la descripción más detallada del sistema europeo regido por el UIT, por ser éste el utilizado en México, sin dejar de mencionar las otras jerarquías que serán expuestas al final de este capítulo.

JERARQUIAS DEL SISTEMA EUROPEO

Los sistemas multiplexación digital se clasifican en órdenes, según su capacidad y velocidad de transmisión, como se en lista a continuación:

ORDEN	NUMERO DE CANALES TELEFONICOS	VELOCIDAD Mb/SEG.
PRIMER	30	2.048
SEGUNDO	120	8.448
TERCERO	480	34.368
CUARTO	1920	139.264
QUINTO	7680	565

Para obtener un sistema de orden superior en la jerarquía europea, se combinan cuatro sistemas del orden inmediato inferior, los cuales se conocen como sistemas afluentes o tributarios.

La combinación mencionada se realiza intercalando bit por bit a los trenes de pulsos tributarios para formar de esta manera un tren de velocidad mayor. A este proceso se le denomina multiplexación digital; tomemos por ejemplo lo siguiente: un sistema de segundo orden de 120 canales telefónicos, requiere de cuatro sistemas tributarios de primer orden de 30 canales cada uno. Pero la velocidad de flujo de información saliente no se cuadruplica como resultaría lógico suponer, sino que existe una cantidad adicional de 256 kb/seg. que se emplean para sincronía, bits de servicio y de justificación, dando como resultado un valor de la velocidad nominal de 8.448 Mb/seg.

El proceso mencionado es realizado gracias a las llamadas memorias elásticas o intermedias, las cuales emplean tres señales de reloj con diferentes velocidades.

t.- Velocidad de escritura. Es la velocidad nominal de los cuatro sistemas tributarios.

T/4.- Velocidad de lectura de la información contenida en las memorias elásticas de cada tributario.

T.- Velocidad nominal del sistema de orden superior.

De acuerdo con lo anterior, los valores de los tres relojes de las memorias elásticas para las jerarquías de orden superior serán:

ORDEN	t (Mb/seg.)	T/4 (Mb/seg.)	T (Mb/seg.)
SEGUNDO	2.048	2.112	8.448
TERCERO	8.448	8.592	34.368
CUARTO	34.368	34.816	139.264
QUINTO	139.264	141.25	565

El multiplexaje mencionado anteriormente es realizado de distinta forma dependiendo del tipo de sistema de que se trate. De esta manera, existen dos métodos: la multiplexación digital sincronía y la multiplexación digital pleosincrona.

MULTIPLEXIÓN DIGITAL SÍNCRONA

Esta se presenta cuando la información de las cuatro tributarias es controlada por un sólo reloj teniendo como consecuencia la misma fase de los bits de información tributarios en los instantes significativos de detección.

La información de las cuatro tributarias es almacenada individualmente en memorias elásticas con la velocidad definida anteriormente "t", cuya frecuencia es generada por un reloj esclavo controlado por el ritmo de la información el tributario en cuestión. Posteriormente, la información es extraída de la memoria a una velocidad de T/4, de ahí va a un circuito que intercala los bits de las cuatro tributarias. Así mismo, se insertan los bits correspondientes a la sincronía de trama y de servicio quedando finalmente integrada la información digital de orden superior con velocidad T.

En la parte de recepción, se extrae la señal de reloj T del tren de información de orden superior, ésta sincroniza al circuito separador de bits que extrae la información de cada tributario a una velocidad T/4, almacenándola en la memoria elástica de donde será extraída con una velocidad t. Este proceso se controla a través de osciladores de amarre de fase, que eliminan los espacios de tiempo dejados por los bits de sincronía y de servicio.

MULTIPLEXION DIGITAL PLEOSÍNCRONA

En el caso de que cada tributaria sea controlada por su propio reloj, existen pequeñas diferencias en las frecuencias de éstos y, por lo tanto, los bits presentan diferentes fases entre sí, lo que no permitiría un correcto multiplexaje. Para corregir este problema, se aplica un método conocido como justificación o inserción de bits de relleno.

Existen cuatro tipos de justificación: positiva, negativa, positiva/negativa y positiva/negativa/nula.

Aunque solamente hablaremos aquí de la justificación positiva, debido a que es la comúnmente usada. Esta consiste en la inserción de bits en un lugar determinado de la trama cuando es necesaria la justificación, en caso contrario, es la información lo que ocupa ese lugar específico.

DESCRIPCIÓN DE UN MULTIPLEXOR CON JUSTIFICACIÓN POSITIVA

Cada tributario de orden inferior llega a un convertidor de código, saliendo de éste como un flujo de pulsos unipolares, es almacenado en una memoria elástica a una velocidad t , generada por un reloj esclavo controlado por el mismo ritmo del tributario.

Posteriormente, al salir este flujo de la memoria elástica a la velocidad $T/4$. Dado que $T/4 > t$, el flujo de información extraído queda dotado con los espacios de tiempo requeridos para la inserción de los bits de sincronía, servicio y justificación.

Para determinar si se necesitan bits de justificación, las señales de las cuatro tributarias entran a un comparador de fase, el cual elabora una señal de solicitud de pulsos de relleno al circuito multiplexor, quien se encarga de insertar este pulso de relleno. Como el demultiplexor debe reconocer y extraer los bits de justificación, éstos deben ser alojados en una posición específica dentro de la trama. En caso de no requerirse el pulso de relleno, simplemente se ocupa el espacio de tiempo destinado para la justificación con información procedente de los tributarios.

La presencia o ausencia de los bits de justificación es indicada por las palabras de control de justificación, para segundo y tercer orden, existen tres de estas palabras de control distribuidas a lo largo de la trama. Contienen un bit por tributaria, de tal manera que si es necesaria la justificación en algún afluente, las tres palabras deben tener un 1 lógico en la posición correspondiente a la tributaria de que se trate (111). La ausencia de justificación se da entonces con (000).

Se puede presentar el caso de que una decisión mayoritaria de unos o ceros defina si existe o no justificación, por ejemplo, (011) indica inserción de bit de relleno.

Para el caso de un cuarto orden, se procede de la misma forma, con la diferencia de que son cinco palabras de control de justificación en vez de tres.

El circuito demultiplexor, convierte el flujo de información de orden superior en cuatro flujos tributarios originales; el flujo de información llega con una velocidad T y pasa por un decodificador que la convierte en unipolares enseguida llega al modulo de separación de los tributarios, tomando la palabra de alineamiento de trama como referencia.

Los pulsos de relleno deberán ser eliminados ya que no aportan ninguna información. Para ésto, se vale de las palabras de control de justificación contenidas en el mismo flujo.

Los flujos salientes de este módulo de separación de tributarios, son almacenados en memorias elásticas a la velocidad de T/4 y leídas, a la velocidad nominal de las tributarias o sea, t. Este proceso se realiza mediante un oscilador de amarre en fase, que elimina los espacios de tiempo dejados en el flujo por los pulsos de sincronía, servicio, justificación y de control de ésta misma.

JERARQUÍA DIGITAL DE SEGUINDO ORDEN

Un sistema digital de segundo orden, permite transmitir 120 canales telefónicos a una velocidad de 8.448 Mb/seg. combinando cuatro sistemas de primer orden de 30 canales y con una velocidad de 2.048 Mb/seg. La trama de este flujo tiene 848 bits divididos en cuatro subtramas de 212 bits cada una.

Los primeros diez bits de la subtrama 1 contiene la palabra de sincronía de trama (1111010000), el bit once se usa para la transmisión de alarma de pérdida remota de sincronía de trama:

1 = alarma; 0 = no alarma. El bit doce se reserva para usos futuros, inmediatamente después, comienzan los bits procedentes de los cuatro tributarios, intercalados secuencialmente en cuartetos de bits. Las cuatro subtramas tienen una longitud de 212 bits.

La subtrama 2 comienza con los primeros cuatro bits de control de justificación, seguidos por las cuartetos de los afluentes.

La subtrama 3 es idéntica a la 2.

La subtrama 4 comienza con los bits de control de justificación, después de éstos, se colocan los bits de relleno en caso de existir, de lo contrario, se continúa con la información de los tributarios.

Longitud total de la trama 848 bits.

Estructura de trama de segundo orden 8.448 Mbit/s.

Bits	Uso	Comentarios
1 - 10	Palabra de alineamiento de trama (FAS)	1111010000
11	Alarma Remota	Estado normal en cero, alarma en uno.
12	Bit de uso nacional	En estado uno cuando no se usa, en algunos equipos se puede usar como canal de datos.
13 - 212	Bits intercalados de tributarias	200 bits, 50 de cada tributaria.
213 - 216	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
217 - 424	Bits intercalados de tributarias	208 bits, 52 de cada tributaria.
423 - 428	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
429 - 639	Bits intercalados de tributarias	208 bits, 52 de cada tributaria.
637 - 640	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
641 - 644	Oportunidades de justificación	Un bit para cada tributaria.
645 - 848	Bits intercalados de tributarias	204 bits, 51 de cada tributaria.

JERARQUÍA DIGITAL DE TERCER ORDEN

Este sistema transmite 480 canales telefónicos a una velocidad de 34.368 Mb/seg. combinando cuatro sistemas de segundo orden. La trama esta formada por 1536 bits, divididos en cuatro subtramas de 384 bits cada una.

La distribución de los bits en las subtramas 1, 2, 3 y 4 se realiza de manera semejante a la de segundo grado, con la diferencia de que contienen mas bits de información.

Estructura de trama de tercer orden 34.368 Mbit/s.

Bits	Uso	Comentarios
1 - 10	Palabra de alineamiento de trama (FAS)	1111010000
11	Alarma Remota	Estado normal en cero, alarma en uno.
12	Bit de uso nacional	En estado uno cuando no se usa, en algunos equipos se puede usar como canal de datos.
13 - 384	Bits intercalados de tributarias	372 bits, 93 de cada tributaria.
385 - 388	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
389 - 768	Bits intercalados de tributarias	380 bits, 95 de cada tributaria.
769 - 772	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
773 - 1152	Bits intercalados de tributarias	380 bits, 95 de cada tributaria.
1153 - 1156	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
1157 - 1160	Oportunidades de justificación	Un bit para cada tributaria.
1161 - 1536	Bits intercalados de tributarias	376 bits, 94 de cada tributaria.

JERARQUÍA DIGITAL DE CUARTO ORDEN

Este sistema puede transmitir 1920 canales telefónicos a una velocidad de 139.264 Mb/seg. intercalando la información de los cuatro tributarios de orden inferior. La trama esta formada por 2928 bits y esta dividida en seis subtramas de 488 bits cada una. En este caso la

palabra de alineamiento de trama consta de doce bits, seguida por cuatro dígitos de servicio, a continuación las cuartetos de bits de los tributarios.

Las subtramas dos a cinco principian con los bits de control de justificación a continuación los 484 bits de información procedentes de los tributarios.

La subtrama seis contiene los bits de control de justificación. Siguen los espacios de tiempo destinados para los bits de relleno en caso de existir justificación, en caso contrario, es información lo que se aloja en este sitio. Le sigue la información proveniente de los tributarios.

Estructura de trama de cuarto orden 139.264 Mbit/s.

Bits	Uso	Comentarios
1 - 12	Palabra de alineamiento de trama (FAS)	111110100000
13 - 14	Alarma urgente y Alarma no urgente respectivamente	Estado normal en cero, alarma en uno.
15 - 16	Bit de uso nacional	En estado "1" cuando no se usa, en algunos equipos se puede usar como canal de datos.
17 - 488	Bits intercalados de tributarias	472 bits, 118 de cada tributaria.
489 - 492	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
493 - 976	Bits intercalados de tributarias	484 bits, 121 de cada tributaria.
977 - 980	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
Bits	Uso	Comentarios
981 - 1464	Bits intercalados de tributarias	484 bits, 121 de cada tributaria.
1465 - 1468	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
1467 - 1952	Bits intercalados de	484 bits, 121 de cada

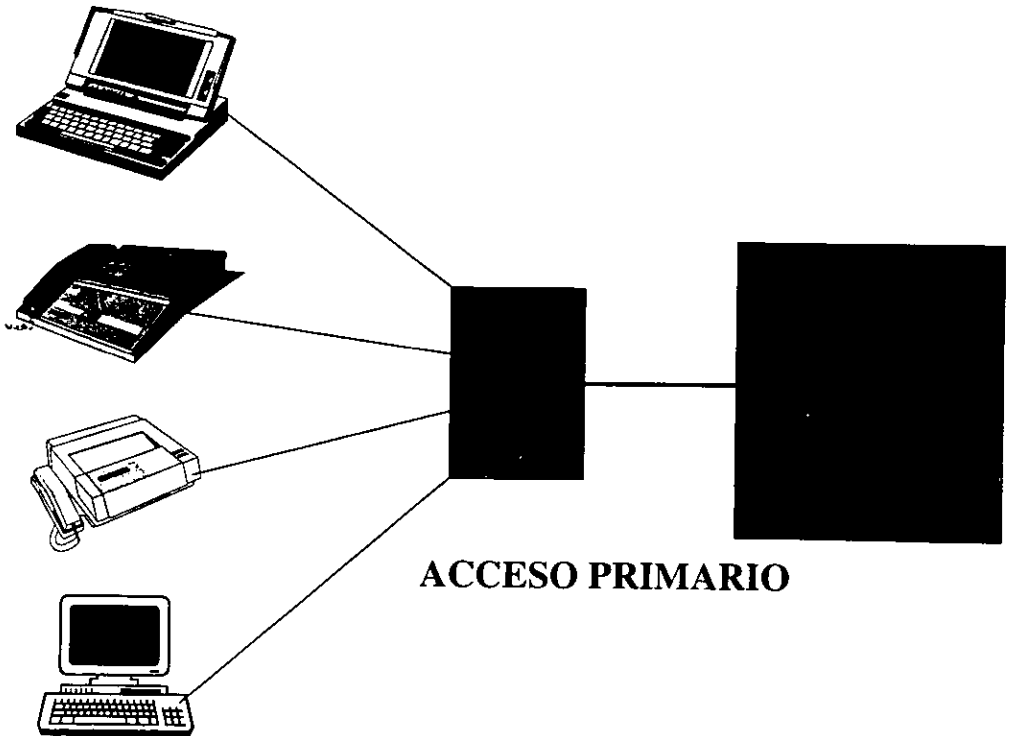
	tributarias	tributaria.
1953 - 1956	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
1957 - 2440	Bits intercalados de tributarias	484 bits, 121 de cada tributaria.
2441 - 2444	Bits de control de justificación	Un bit para cada tributaria.
2445 - 2448	Oportunidades de justificación	Un bit para cada tributaria.
2449 - 2928	Bits intercalados de tributarias	480 bits, 120 de cada tributaria.

CAPITULO 2

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI).

Introducción.

Hoy en día la mayoría de los sistemas de transmisión entre centrales telefónicas de una red son digitales. Pero la transmisión y la señalización hacia el abonado es todavía analógica (Fig. 2.1 Línea de usuario en la red actual).



Mundialmente existe una creciente necesidad de mover información entre diferentes partes del mundo y además dicha transferencia debe ser cada vez más rápida, barata y de mayor calidad sin importar donde se encuentren localizados los puntos donde se deseé ésta información.

Otra situación actual en los servicios de telecomunicaciones, es que para hacer uso de ellos (telefonía, fax, telex, vídeo, datos en conmutación de paquetes, etc.) se debe tener un acceso (línea) diferente con un equipo terminal, interfaz y red diferente entre sí fig. 2.2



Fig. 2.2

Para resolver estos problemas, una nueva red que pretende ser universal, esta desarrollada y se le conoce como la **Red Digital de Servicios Integrados RDSI**.

Según el CCITT actualmente (UIT) la RDSI es una red que permite una conectividad digital extremo a extremo para ofrecer una amplia gama de servicios de telecomunicaciones (existentes y por desarrollar) los cuales podrán ser accedados a través de un conjunto reducido y normalizado de interfaces, dicha red debe ser una evolución natural de la red de telefonía mundial existente.

En las figuras 2.3 y 2.4 podemos observar un ambiente donde se hace uso de diferentes servicios de telecomunicaciones en la actualidad y como será ese mismo ambiente cuando la RDSI exista en forma comercial.

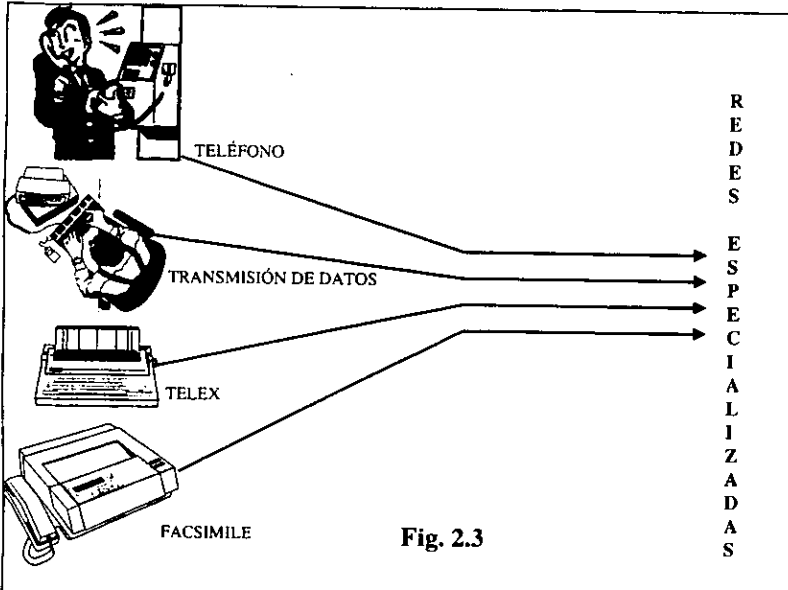


Fig. 2.3

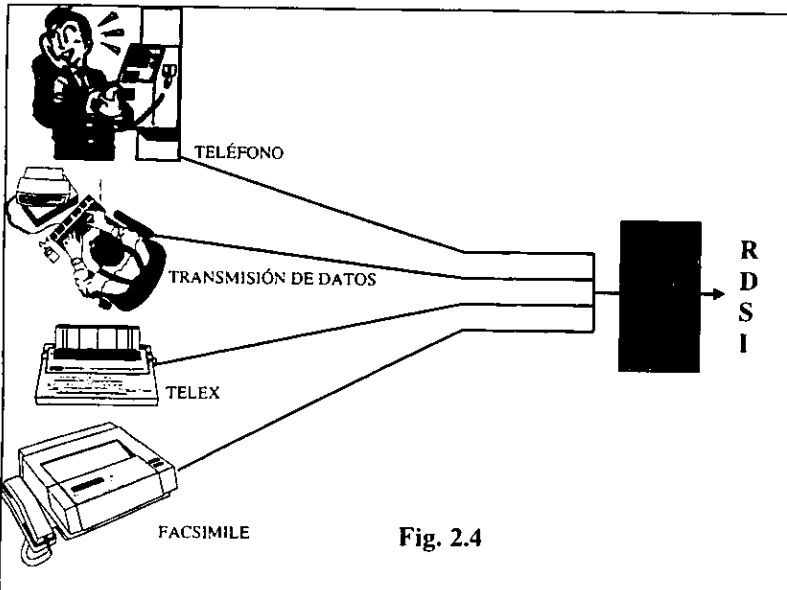


Fig. 2.4

ACCESO A LA RDSI.

La UIT define dos formas de acceder o de conectarse a la RDSI y estas son:

- Acceso Básico
- Acceso Primario

Fig. 2.5

Aquí se puede observar que el acceso básico es exclusivamente para conectar y dar servicio a usuarios que tienen una línea telefónica y el acceso primario está dirigido a conectar usuarios que tienen un conmutador (PABX; (Private Automatic Branch eXchange) y que están haciendo uso de un sistema de transmisión PCM de 2.048 Mb/seg.

CONFIGURACIÓN DE REFERENCIA.

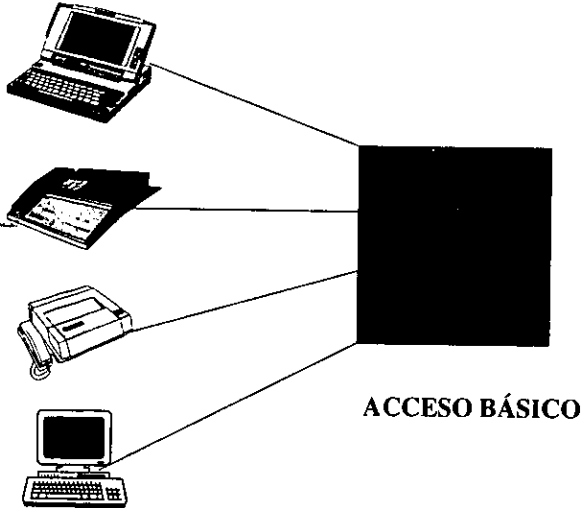
La configuración de referencia ubica la interfaz Usuario-Red, a través de la cual los usuarios se pueden conectar a la RDSI y tener acceso a los servicios que ofrece.

Esta interfaz Usuario-Red está ubicada entre los equipos considerados como del usuario y los de la central RDSI. Dentro de los considerados del usuario existen básicamente dos tipos de equipo:

- a) Equipo terminador de red (NT).
- b) Equipo terminal (TE).

Este equipo es agrupado en bloques funcionales los cuales representan una o más partes del equipo, es decir las funciones de un tipo de equipo están físicamente ubicadas o implementadas en otro, en casos como éste solamente un bloque funcional será mostrado y dependiendo de las necesidades del usuario algún equipo puede o no ser necesario.

Las interfaces entre los bloques funcionales son llamadas puntos de referencia, los cuales son lógicos más que físicos, esto es: puede no haber una interfaz física en un punto de referencia dado, (este es el caso de que las funciones de un equipo son proporcionadas por otro, además de las propias.) Fig. 2.6



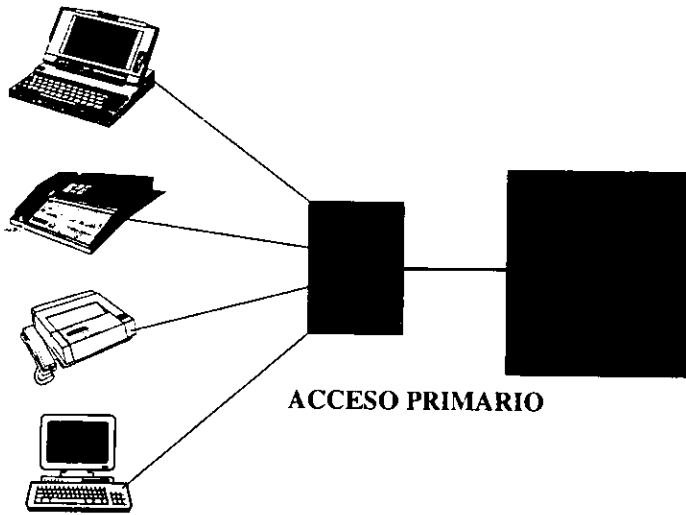


FIG.2.5

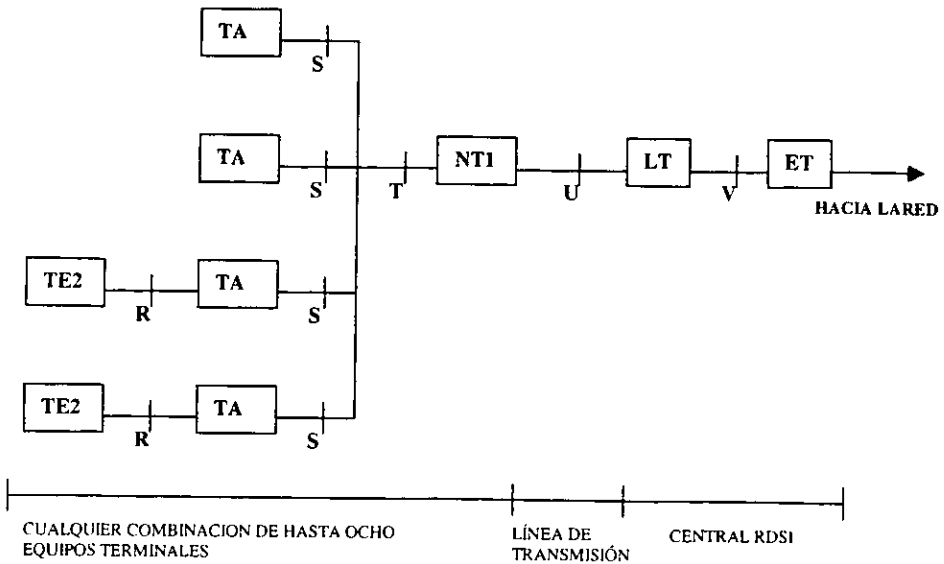




Fig. 2.6 EJEMPLO DE LA CONEXIÓN DE UN USUARIO A LA RDSI.

SIMBOLOGÍA:

	BLOQUE FUNCIONAL.
	PUNTO DE REFERENCIA.
ET	TERMINADOR DE CENTRAL.
LT	TERMINADOR DE LÍNEA.
NT1	TERMINADOR DE RED 1.
TE1	EQUIPO TERMINAL COMPATIBLE CON RDSI.
TE2	EQUIPO TERMINAL NO COMPATIBLE CON RDSI.
TA	ADAPTADOR DE TERMINAL.

A continuación se describen de forma muy general los bloques funcionales y los puntos de referencia incluidos en la figura anterior.

EQUIPO TERMINAL (TE).

El equipo terminal maneja las comunicaciones en el lado del usuario de la interfaz Usuario-Red. Ejemplos de éste tipo de equipos son terminales de datos, aparatos telefónicos, computadoras personales y telefonía digital. Los TE's tienen funciones para manejo de protocolos, de mantenimiento, de interfaz y de conexión hacia otros equipos, así como funciones para el manejo de la aplicación propia (teleservicio) del equipo.

EQUIPO TERMINAL DEL TIPO 2 (TE2).

Los TE2's también realizan las funciones de los TE's pero ellos no tienen la interfaz S que les permite conectarse a la RDSI. En su lugar tienen otras como la RS232, V.35, V.24, X.21, etc. Sin embargo éste tipo de equipos pueden ser conectados a la RDSI por medio de un adaptador de terminal (TA). Ejemplos de este tipo de equipos son los teléfonos, fax y computadoras personales con velocidades menores a 64 kb/seg.

ADAPTADOR DE TERMINAL (TA).

Este tipo de equipos permite la conexión de TE2's a la RDSI, realizando funciones de conversión en velocidad y protocolos de los equipos TE2 hacia los estándares (interfaz S) de la RDSI.

EQUIPO DE TERMINACIÓN DE RED (NT).

El equipo de terminación de red maneja las comunicaciones del lado de la red (central RDSI) de la interfaz Usuario-Red.

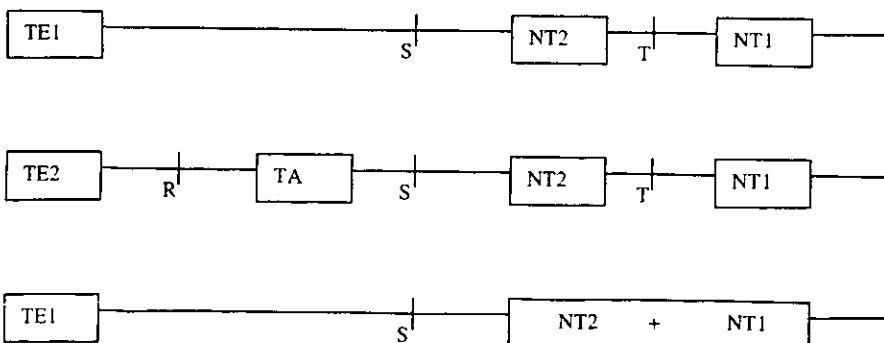
TERMINADOR DE RED DEL TIPO 1 (NT1).

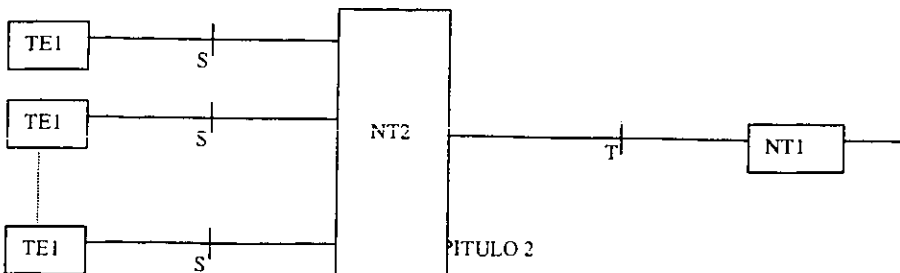
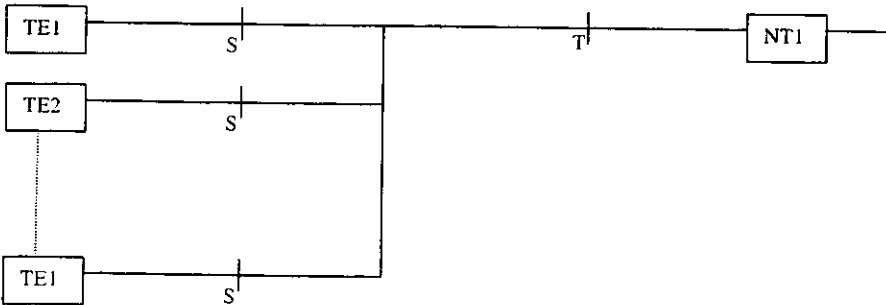
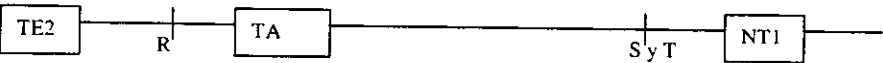
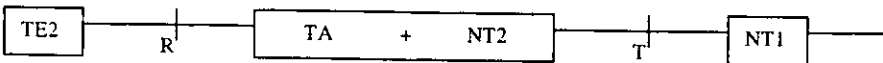
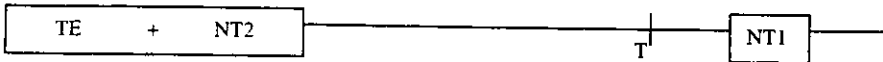
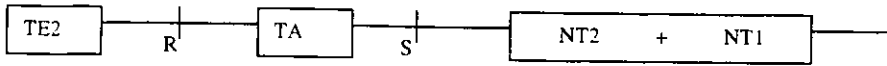
Los equipos NT1 proporcionan funciones equivalentes al nivel 1 del modelo OSI (Open Systems Interconnection). Estas funciones incluyen conversión de señal, temporización, mantenimiento de la línea de transmisión (interfaz U) y la terminación física y eléctrica de la red en las instalaciones del usuario. Algunas veces, El NT1 puede estar integrado en otro equipo y por lo tanto no existir de forma física separada.

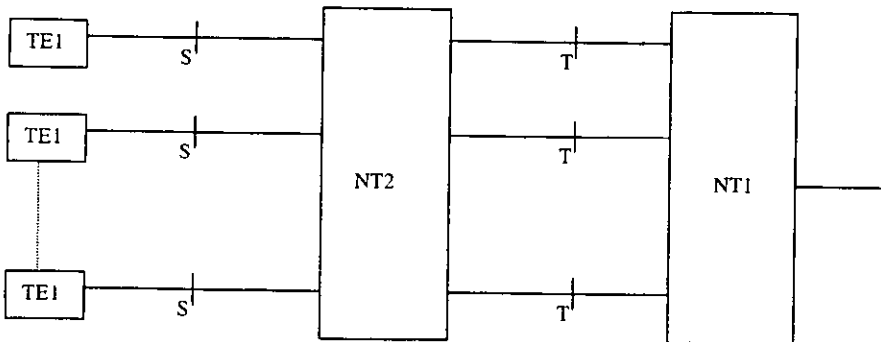
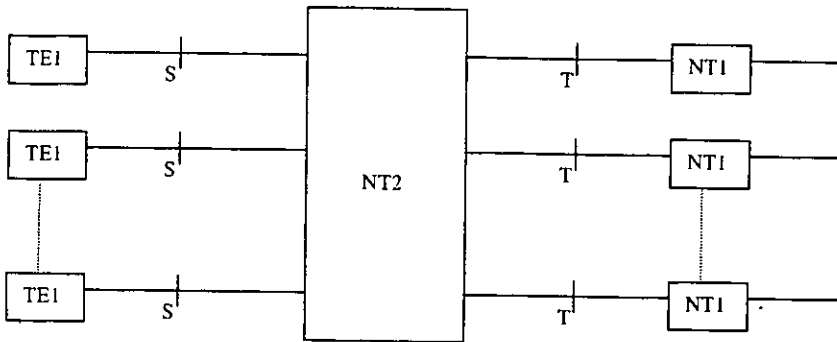
TERMINADOR DE RED DEL TIPO 2 (NT2).

Los equipos NT2 son más inteligentes que los NT1 y proporcionan funciones adicionales entre las cuales se puede incluir multiplexaje y manejo de protocolos en los niveles 2 y 3 del modelo OSI. Ciertos tipos de NT2, tales como los PABX manejan funciones de los niveles 1, 2 y 3, mientras otros, como por ejemplo controladores de terminales, solo proporcionan funciones correspondientes a los niveles 1 y 2 del OSI.

EJEMPLOS DE CONFIGURACIONES FISICAS EN RDSI.







EQUIPO DE LA CENTRAL.

Este equipo no pertenece a las premisas del usuario, por lo que estrictamente hablando no son parte de la interfaz Usuario-Red. Sin embargo se incluye por estar en la configuración de referencia.

TERMINACIÓN DE LÍNEA (LT).

Estos equipos realizan funciones de terminación de línea en el lado de la central de la línea de transmisión (interfaz U).

TERMINACIÓN DE CENTRAL (ET).

Estos equipos manejan la información de señalización de la interfaz Usuario-Red e inician los procedimientos para el manejo de la llamada en la red.

PUNTOS DE REFERENCIA.

Los puntos de referencia son los puntos de conexión entre los bloques funcionales. Es necesario tener presente que los puntos de referencia son conceptuales y no necesariamente indican una interfaz física.

PUNTO DE REFERENCIA R.

Éste punto es una interfaz a 4 hilos (un par para Tx y otro para Rx) entre un TE1 o un TA y un NT2. Este punto es físicamente igual a la interfaz T. Hasta 8 equipos TE1 o TE2 (con sus respectivos TA's) pueden ser conectados por medio del punto de referencia S a un NT1. El NT2 efectivamente divide al punto de referencia T en varios puntos de referencia S.

PUNTO DE REFERENCIA T.

Éste punto es una interfaz a 4 hilos entre un TE1 (o un TA o un NT2) y un NT1. Un par es usado para Tx y el otro para Rx. Físicamente ésta interfaz es idéntica a la interfaz S. En algunos casos de PABX (NT2), el NT1 está integrado al NT2 por lo que no existe el punto de referencia T.

PUNTO DE REFERENCIA U.

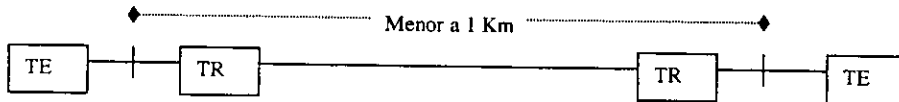
La interfaz U es la línea de transmisión entre la interfaz Usuario-Red y la central RDSI. Específicamente se encuentra entre el NT1 y la LT. Es una interfaz full-duplex (se utiliza para Tx y Rx al mismo tiempo). En los E.E.U.U. El punto de referencia U es el límite entre la interfaz Usuario-Red y la central RDSI. Esto hace que el NT1 pertenezca a las premisas del usuario, mientras que para Europa y por ende en nuestro país el límite entre el usuario y la administración telefónica es el punto S/T.

PUNTO DE REFERENCIA V.

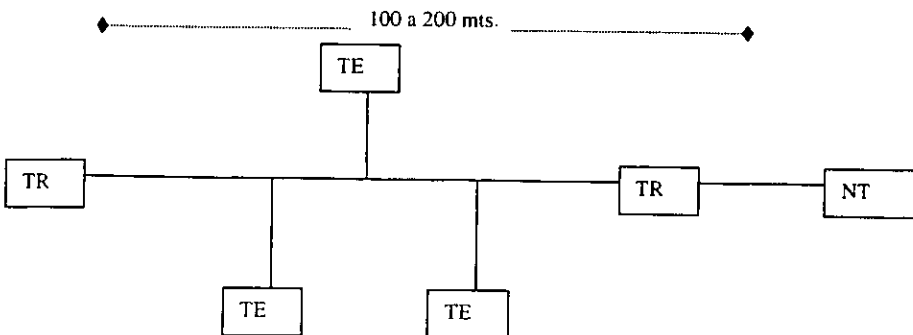
La interfaz V divide al equipo LT del ET. Esto tampoco ha sido estandarizado y es función directa de la implementación de cada proveedor de equipo de conmutación (centrales RDSI).

DISTÁNCIAS EN LAS CONFIGURACIONES BÁSICAS.

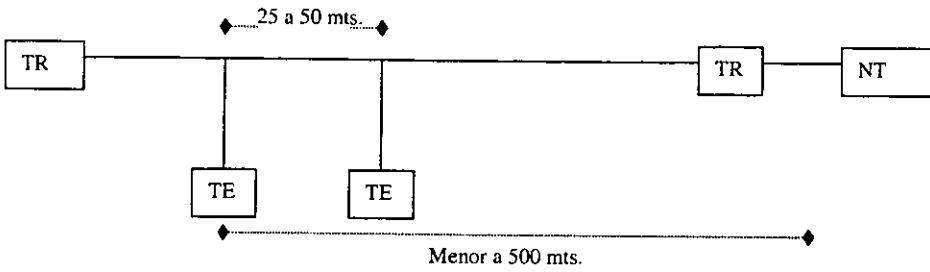
a). **Punto a punto.**



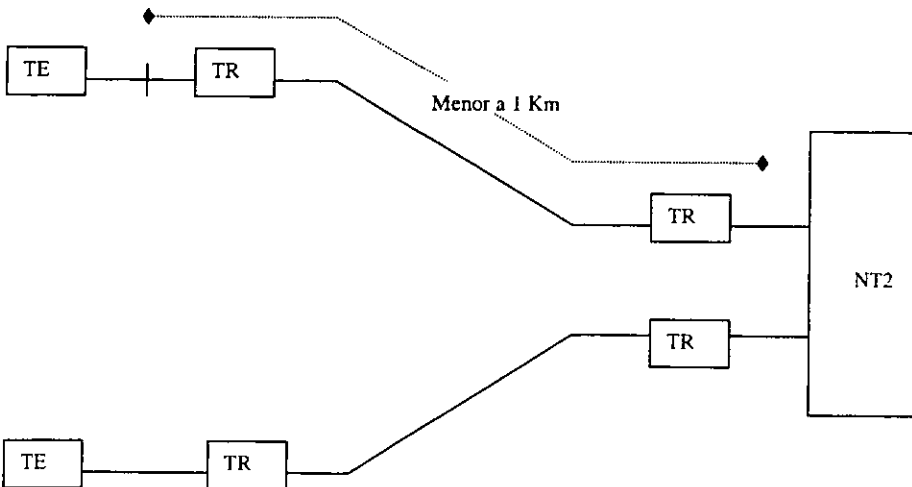
b). **Bus pasivo corto.**



c). **Bus pasivo extendido.**



d). **Estrella NT1**



TR = RESISTENCIA TERMINAL.

INTERFASE U.

Éste punto de acceso a la RDSI no está normalizado por el CCITT (actual UIT), por lo que cada administración define la técnica de transmisión, el código de línea y las características físicas de la interfaz.

Por razones económicas el actual par de hilos de cobre que llega al domicilio del usuario, debe ser utilizado para transportar la información de los servicios ofrecidos por la RDSI, es por esto, que la línea de abonado debe permitir transmitir 160 kbps (144 kbps de los canales 2B+D más bits extras para chequeo de errores, mantenimiento de la red, etc.) en forma full-duplex. En el diseño de ésta interfaz se tienen básicamente dos problemas:

- La transmisión full-duplex en dos hilos de la información digital.
- La velocidad de transmisión en la línea (160 Kbps).

El primer problema se resuelve utilizando una técnica adecuada de transmisión y el segundo tratando de reducir la velocidad con un código de línea que además permita aprovechar las características de transmisión que presenta el par de hilos de cobre.

TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN EN LA INTERFASE U.

TRANSMISIÓN A 4 HILOS.

Ésta opción no tiene posibilidades en la práctica, ya que todos los subscriptores existentes en la actual red telefónica se conectan con un solo par. Solamente se conectan a cuatro hilos cuando la conexión es de 2.048 Mbps o cuando se utilizan líneas privadas.

TCM (TIME COMPRESSION MULTIPLEXING) O PING PONG.

Éste método también llamado de ráfagas, involucra el cambio alternado de la dirección de transmisión. Ésta alternancia en la transmisión, no es en el sentido de la transmisión half-duplex sino que ésta técnica garantiza que efectivamente halla una transmisión full-duplex, aunque a nivel microscópico se trate de half-duplex dado que El transmisor y receptor transmiten en tiempos diferentes. La información binaria es almacenada en forma de bloques en los extremos del enlace y son transmitidos en intervalos de tiempo diferentes. Por lo tanto existen dos fases que no deben traslaparse, transmisión y recepción: que pueden ser discriminadas en cada extremo del enlace.

Por lo tanto para una velocidad de información D, la velocidad de línea requerida debe ser mínimo 2D; de hecho considerando la propagación en los cables y el tiempo utilizado entre las diferentes fases dan una velocidad del orden de 2.5 D.

La distancia teórica máxima esta dada por la siguiente fórmula:

$$L_{max} = \frac{V}{2(N/D - 2N/F - 2T_h)}$$

Donde:

L_{max} = Máxima longitud.

V = Velocidad de propagación en par de cobre trenzado (aprox. 2000,000 Km/s).

N = Número de elementos binarios en el bloque.

F = Velocidad de línea. (aprox. 2.5 D).

D = 160 Kbps

T_h = Tiempo de guarda (para evitar interferencia entre bloques de información)

Bloques de longitud muy grande reducen el número de veces que se debe alternar la dirección de transmisión y con ello el efecto de la propagación para de esta forma incrementar la longitud teórica.

Una longitud teórica grande es obtenida aumentando la velocidad de transmisión pero esta se ve limitada por la atenuación y la diafonía que presenta el par de hilos de cobre.

DIVISIÓN DE FRECUENCIA.

Con la división de frecuencia es posible transmitir en forma full-duplex, sin embargo las señales digitales codificadas enviadas por línea se traslapan en su densidad espectral. Para evitar este problema se usan diferentes códigos de línea en cada dirección (por ejemplo código bipolar de orden 1 en una dirección y de orden 2 en la otra dirección) o usando el mismo código en ambas direcciones pero modulando la información transmitida en una de las direcciones.

La separación de la información en el lado de recepción es realizada mediante filtros. La distancia que se puede alcanzar está condicionada por las señales de alta frecuencia que tengan gran cantidad de energía; debido a la diafonía en el extremo remoto (FEXT, Far-end crosstalk), la cual es producida por líneas adyacentes de diferente longitud. Las señales de alta frecuencia son transmitidas en la dirección de la central al subscriber.

Una de las ventajas de esta técnica es que la diafonía en el lado cercano (next Near-end crosstalk) es minimizada debido a que los espectros para transmitir y recibir son diferentes; sin embargo el diseño de los filtros es complejo y su implementación en circuitos integrados digitales presenta problemas. Además no es posible utilizar el mismo equipo en la central y en el abonado debido a la asimetría en la transmisión; por que esta técnica ha sido abandonada.

CANCELACIÓN DE ECO

Este método es utilizado actualmente en transmisión analógica en bajas frecuencias para proporcionar transmisión full-duplex por un par, utilizando un acoplador (bobina híbrida) de dos a cuatro hilos con una impedancia balanceada que representa un compromiso entre las impedancias representadas por ambas líneas. De echo en la híbrida la red balanceada colocada en el lado del medio de transmisión produce un desacople y permite que algunas de las señales transmitidas regresen junto con las señales recibidas, a éste fenómeno se le conoce como eco local.

La atenuación de la trayectoria del eco para un ancho de banda de aproximadamente 100 kHz es del orden de 10 a 15 Db pero puede caer hasta 6 dB para configuraciones de cable específicas. Un receptor digital sólo funciona correctamente para una relación señal a ruido aproximadamente +25 DB. Dado que se requiere para un sistema de transmisión digital de aproximadamente 45 dB a 100 KHZ, la señal remota es atenuada por el valor correspondiente. Por lo tanto es necesario reducir el eco local aproximadamente 64 dB(45 dB +25 dB - 6 dB) para que los datos sean detectados correctamente. El Eco remoto de pequeña amplitud debido al desacople de impedancias a lo largo de la línea es sumado al eco local.

Para eliminar la señal producida por dicho desacople de impedancias, se ha diseñado un dispositivo que elimina el eco usando la información transmitida, llamado Cancelador de eco. De hecho el eco es el resultado de la configuración intrínseca

de la línea de abonado y de las características de los símbolos (código de línea) que están siendo transmitidos sobre ella. Este dispositivo hace uso del principio de que no exista una correlación entre eco y la señal que proviene del lado remoto, para éste efecto se usan diferentes aleatorizadores (scramblers) en cada uno de los extremos de la línea. Además el circuito que realiza las funciones de procesamiento de señales debe ser flexible para aceptar todas las posibles configuraciones de una línea de suscriptor en una red telefónica y responder a cualquier variación en sus características con el tiempo. (Ver figura 2.7).

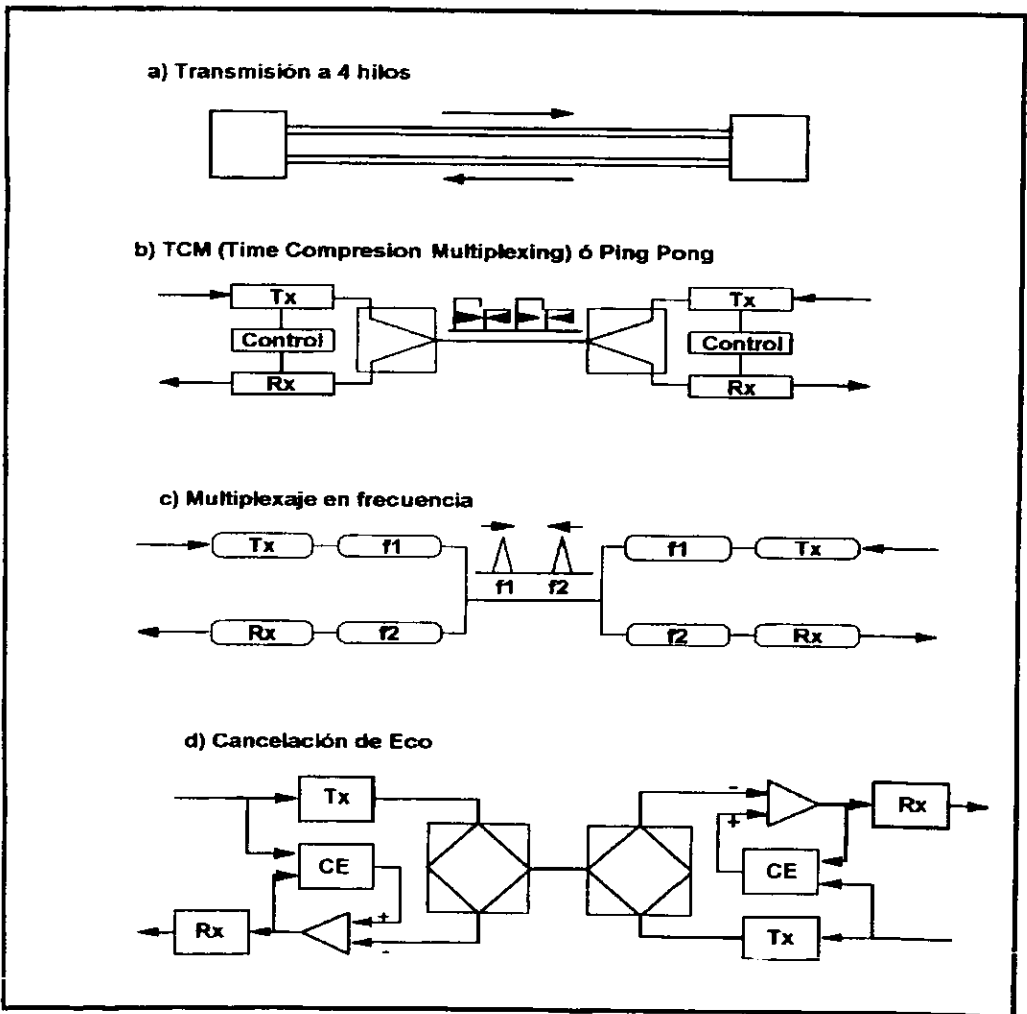


Fig. 2.7 Métodos de transmisión en la línea de abonado (Interfase U).

CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER UN CÓDIGO DE LÍNEA PARA RDSI

El objetivo que persigue en RDSI en la interfaz U, es bajar lo más posible la velocidad de la línea, transmitiendo la misma cantidad de información, por lo que el código que cumpla mejor con las siguientes características, será un código adecuado para RDSI.

- 1.- Transparente a la información.
- 2.- Facilidad para recuperar el reloj.
- 3.- Evitar (si es posible) la componente de corriente continua, así como la presencia de grandes cantidades de energía a bajas frecuencias.
- 4.- Redundancia (deseable) para detectar errores en la línea.
- 5.- Espectro limitado en frecuencia para hacer un buen uso de la atenuación y de la diafonía (crosstalk) presentada por el par torcido de cobre.
- 6.- Reducción de en la velocidad de transmisión .
- 7.- Eficiencia
- 8.- Propagación mínima de errores

Los códigos más utilizados son:

CÓDIGO 2B1Q.

Dos símbolos binarios son representados mediante un símbolo cuaternario (cuatro niveles de voltaje posibles por cada símbolo). Convierte bloques consecutivos de 2 bits en un pulso de 4 niveles posibles para ser transmitidos a través de la línea de abonado, como resultado de esto la velocidad de símbolos transmitidos (Bauds) se reduce a la mitad de la velocidad de transferencia de información (b/s). Dado que todos los posibles símbolos que proporciona el código son utilizados, se dice que es un código saturado, es decir, 4 posibles valores son representados mediante 2 bits y un símbolo cuaternario sólo tiene 4 posibles niveles o valores.

CODIGO 4B3T

Cuatro símbolos binarios son representados mediante tres símbolos ternarios (tres niveles de voltajes posibles por cada símbolo) . Este código tiene una compresión menor de velocidad de símbolos (Baud) que el 2B1Q, por lo que se utiliza señales de 3 niveles en lugar de señales de 4 niveles. Otro factor que no permite bajar más la velocidad de símbolos es que los 16 posibles valores generados por 4 bits son representados mediante 27 posibles combinaciones de 3 símbolos ternarios para ser transmitidos por la línea de abonado. Las 11 combinaciones restantes pueden ser utilizadas para otras funciones del código, a lo que se conoce como código no saturado.

CODIGO 8BZS

Este código es comúnmente utilizado en E.E.U.U. y sus siglas significan substitución bipolar en caso de ocho ceros. Este código está basado en el AMI y al igual que el código HDB3 elimina la desventaja del código AMI de poder tener largas cadenas de ceros, con los correspondientes problemas de sincronía.

Las reglas de codificación son las siguientes :

En caso de un octeto de puros ceros donde el último uno precede fue positivo. Los ocho ceros son utilizados por la palabra 0000+-0-+.

En caso de un octeto de puros ceros donde el último uno precede fue negativo, los ocho ceros son sustituidos por la palabra 0000-+0+-.

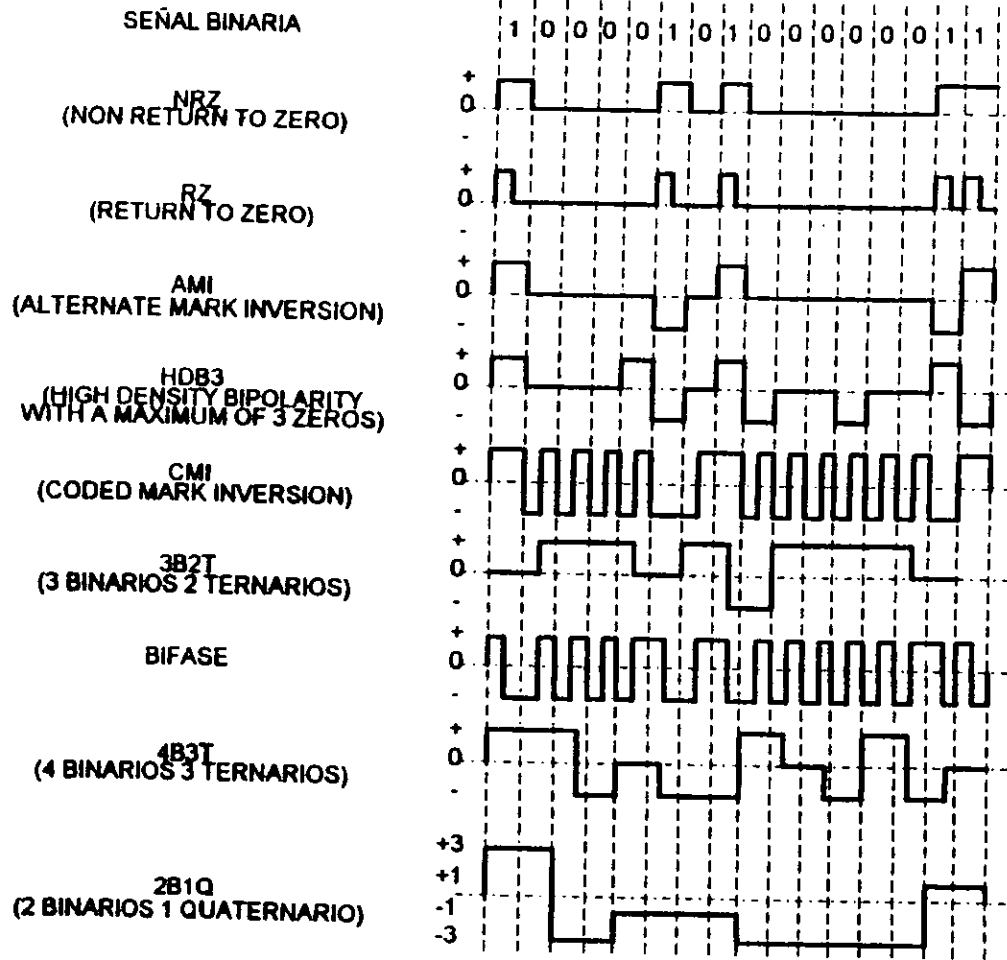


Fig. 2.8 Códigos de Linea.

TIPOS DE CANALES PARA EL TRANSPORTE DE INFORMACIÓN EN RDSI

La información en la interfaz usuario-red se transmite entre la NT y el TE por medio de canales. Un canal es una porción específica del ancho de banda total de la línea de transmisión. Las normas RDSI definen varios canales, pero los mas usados son los canales B y D.

Canal B

El canal B (canal de portadora) es una canal digital de 64 Kbps. Este canal no lleva información de señalización; sino , lleva información como voz o datos en conmutación de circuitos o conmutación de paquetes.

Canal D

El canal D es un canal separado y su uso es principalmente para transportar información de señalización. Este canal puede ser de 16 Kbps. La información de señalización establece mantiene y termina las conexiones en la RDSI.

La naturaleza de las funciones de señalización causa que la información de señalización se genere en forma de ráfagas; por lo tanto, cuando el canal D no lleva información de señalización se puede transmitir información de usuario en conmutación de paquetes, sobre el canal D.

TIPO DE CANAL	VELOCIDAD DE TRANSMISION	USO
B	64 Kbps	Datos o voz en conmutación de circuitos o de paquetes
D	16 Kbps ó 64 Kbps	Información de señalización para los canales B o información de usuario en conmutación de paquetes, cuando no hay señalización.

VELOCIDADES DE ACCESO A LA RDSI

Las normas RDSI definen el acceso del usuario a la RDSI por medio de canales de B y D para crear diferentes configuraciones de canales. Estas configuraciones de canal pueden pensarse como tubos: cada tubo lleva varios canales los cuales están multiplexados en tiempo sobre la línea de transmisión. Las dos principales configuraciones son la interfaz de Acceso básico (BRI) y la interfaz de Acceso Primario (PRI) de la misma forma se llama Acceso Básico (BA) y acceso Primario (PA).

INTERFASE DE ACCESO BASICO (BRI)

Un BRI consiste de dos canales B (64 Kbps c/u) y un canal D (16 Kbps), el cual es conocido como 2B+D y tiene una capacidad para transportar información de 144 Kbps. (64+64+16+)kbps. Con bits adicionales de overhead (control), la velocidad total en la interfaz S es de 192 Kbps. Los dos canales B pueden usarse independientemente para diferentes tipos de transmisión. Por ejemplo un canal B puede llevar información de voz y el otro puede llevar datos. De ésta manera, voz y datos son integrados sobre los mismos medios de transmisión.

INTERFASE DE ACCESO PRIMARIO (PRI)

Actualmente existen dos tipos de acceso primario definidos:

En E.E.U.U., Corea del Sur y Japón, el PRI es de 1.544 Mbps (23 canales B y 1 canal D a 64 Kbps c/u más overhead de 8Kbps). El PRI Europeo usa 30 canales B y 1 canal D de 64 Kbps c/u(más un overhead de 64 Kbps) para una velocidad total de 2.048 Mbps. El overhead para ambos PRI's sirve para funciones tales como sincronización de trama y administración de red.

PROTOSCOLOS RDSI

Además del equipo, puntos de referencia y configuraciones de los canales de la interfaz usuario-red de la RDSI se han definido los protocolos para la transmisión de datos y funciones de administración. Las normas de RDSI se han desarrollado siguiendo el modelo OSI de siete capas. Las series I de UIT describen los protocolos para las primeras tres capas de la RDSI.

El modelo OSI describe el proceso de comunicación entre capas, cada una de las están formadas por diferentes entidades. Durante un proceso de comunicación, entidades de la misma capa pero de sistemas diferentes (por ejemplo, en diferentes extremos de una RDSI), éstas deben intercambiar información. Por eso son llamadas entidades par. Las entidades par se comunican por medio de las capas inferiores de sus sistemas respectivos.

Para llevar esto a cabo esto, las capas adyacentes del mismo sistema interactúan en sus límites comunes de tal forma que las capas inferiores proporcionan servicios a capas superiores. Por ejemplo, los servicios usados por la capa tres están compuestos de los servicios de la capa dos y de los servicios que provee la capa uno a los dos.

Aplicando estos principios a la comunicación entre dos puntos extremos de una RDSI, capas adyacentes en el lado originante agregan información de protocolo a la información del usuario que va a ser enviada. En la capa física (capa 1), la información compuesta es enviada sobre el mismo medio de transmisión. En el lado receptor, la información apropiada de protocolo es extraída e interpretada por cada capa. La información sobrante se pasa al próximo nivel superior hasta que la información original de usuario alcanza su destino.

Es importante notar que las capas y protocolos involucrados en una transacción particular pueden ser diferentes durante la fase de señalización y la fase de transferencia de información. También diferentes piezas de equipo RDSI pueden proveer las funciones para cada capa dada, dependiendo de los tipos de equipo usados en la configuración particular de la interfaz usuario-red.

CAPA 1 (CAPA FÍSICA)

La capa 1 determina la característica de la transmisión física en un enlace nodo a nodo. Por ejemplo, define el conector físico, las fuentes de alimentación, el código de línea, los niveles de voltaje y la forma de activación y desactivación de la interfaz para proveer las características de transmisión necesarias y poder enviar la información sobre el medio de transmisión físico. Figuras 2.9 y 2.10. características del nivel físico de la interfaz S.

CAPA 2 (CAPA DE ENLACE DE DATOS)

Esta capa lleva la información de la capa 1 y aplica las funciones para asegurar que la transmisión este libre de errores en cada enlace de la trayectoria de transmisión. La detección y corrección de errores son realizados por este protocolo en cada enlace entre nodos.

CAPA 3 (CAPA DE RED)

La capa 3 define cómo se arma la trayectoria completa de comunicaciones usando los enlaces con protección contra errores proporcionados por la capa 2. La capa 3 usa un protocolo de señalización para determinar la trayectoria o ruta dentro de la red para transportar la información.

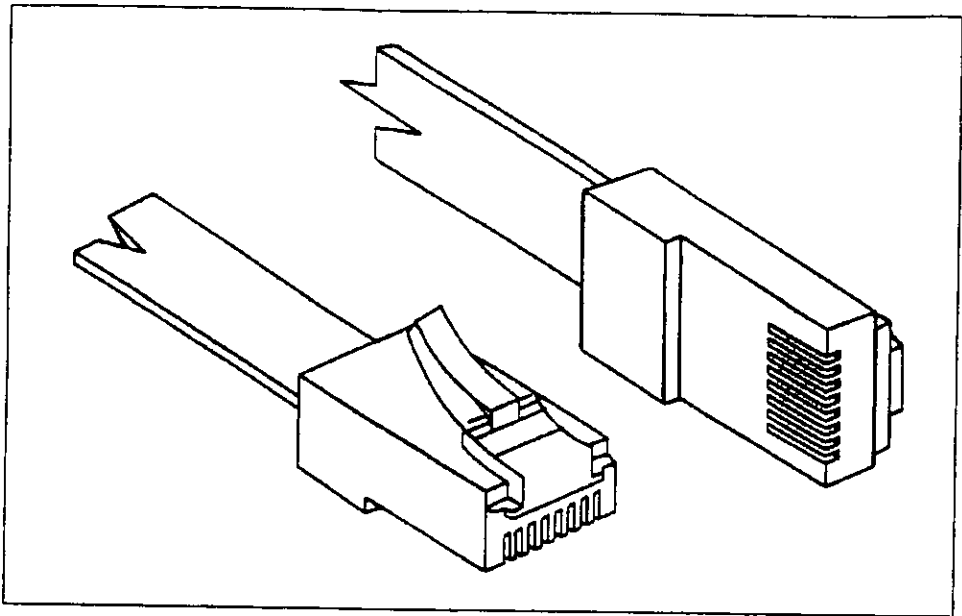


Fig. 2.9 Conector ISO-8877 (RJ45) para interfase S.

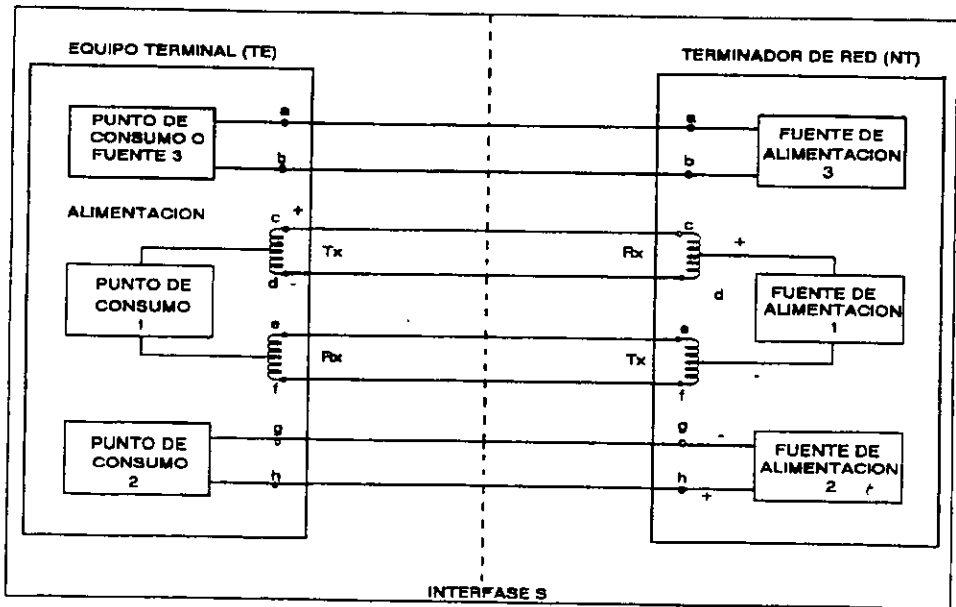


Fig. 2.10 Fuentes de energía y puntos de consumo en el nivel I de la interfase "S".

PROTOCOLOS DE CAPA 1 PARA LOS CANALES B Y D

Las recomendaciones de la UIT I.430 (para un BRI) e I.431(para un PRI) especifican las características físicas de la interfaz usuario-red en los puntos de referencia S y T. estos protocolos de nivel 1 proveen servicios al nivel 2:

- Funciones de sincronización y temporización en los canales B y D.
- Los procedimientos necesarios para la activación y desactivación del TE o la NT.
- Los procedimientos necesarios para permitir a los equipos terminales ganar acceso al canal D de señalización en una forma ordenada.
- Procedimientos de capa 1 necesarios para realizar funciones de mantenimiento.
- Indicación del estado de la capa 1 a las capas superiores .
- Capacidad de transferencia de información en modo multipunto a punto así como de punto a punto.

En las premisas del usuario (interfaz usuario-red), la información de usuario y señalización es transmitida en tramas sobre los cuatro hilos de la línea de transmisión de las interfaces S y T de la central RDSI. L estructura de esas tramas depende del tipo de acceso (PRI o BRI).

ESTRUCTURAS DE TRAMA DEL ACCESO BÁSICO EN LOS PUNTOS DE REFERENCIA.

Recordaremos que el Acceso Básico consiste de dos canales B (información de usuario a 64Kb/s), los cuales son multiplexados en tiempo sobre los cuatro hilos de la interfaz S. Un par de hilos es usado para transmitir y el otro es usado para recibir.

Existen dos tipos de tramas para el Acceso Básico:

- Un tipo de trama es transmitido de la NT al TE (dirección de usuario a central) y
- Otro tipo de trama para las tramas TE a NT es derivada de las tramas NT a TE, pero con 2 bits de defasamiento (offset) ver figura 2.11.

Ambos tipos de tramas consisten de 48 bits transmitidas cada 250 microsegundos (4,000 tramas por segundo), esto equivale a una velocidad de transmisión total de 192 kb/s (4000 tramas X 48 bits c/u), sin embargo, alguno de los 48 bits (12 bits) son de overhead (bits adicionales de control) y no de información de los canales B o D. Los 36 bits 2B +D son usados como sigue: 16 bits son del primer canal B, 16 bits son usados del segundo canal B, y cuatro bits del canal D. esto resulta en una transferencia de datos a una velocidad de 144 kb/s (36 bits X 4, 000 tramas por segundo).

Aunque ambos tipos de tramas tienen 12 bits de overhead (control), algunos bits son usados dependiendo del tipo de trama. Por ejemplo, dado que una BRI puede ser configurado en un punto a punto o a multipunto, alguno de los bits de control en las tramas de NT a ET son usados para controlar el acceso al canal D.

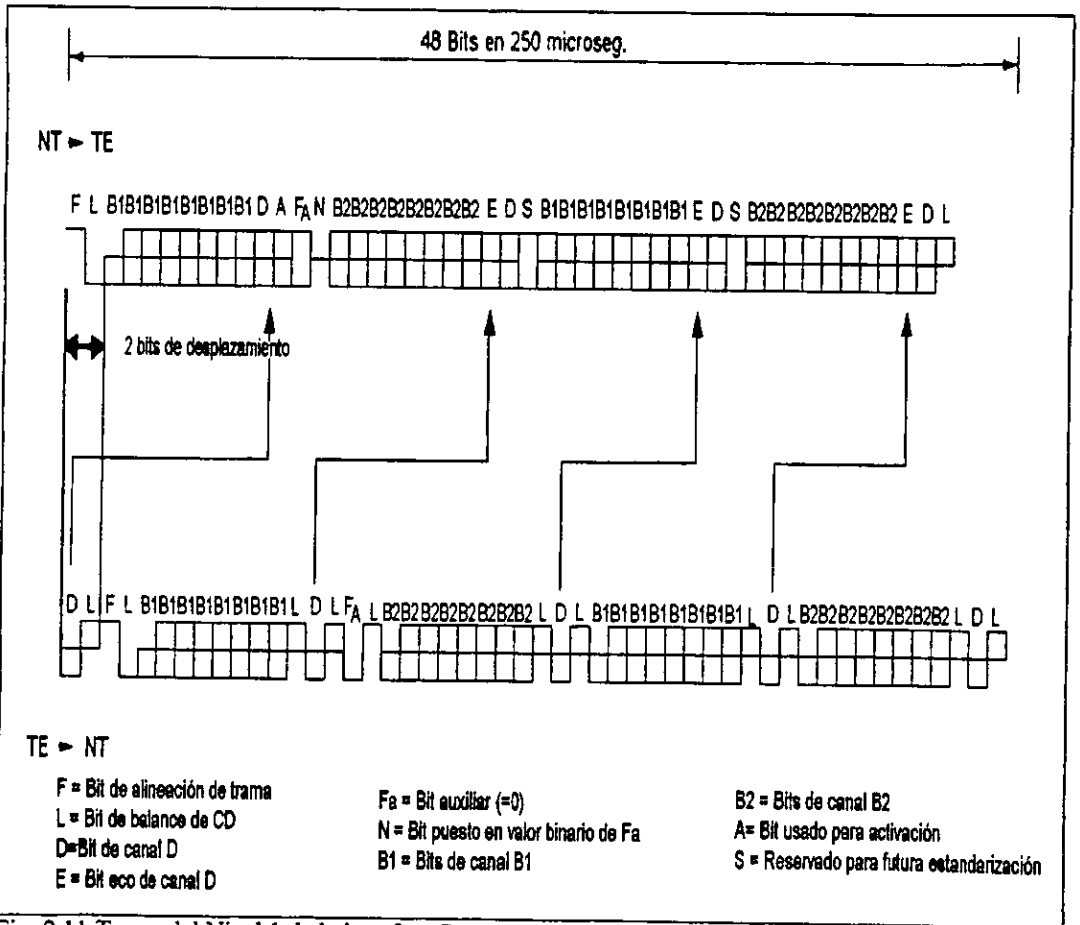


Fig. 2.11 Trama del Nivel 1 de la interfase S.

Los bits de control que son únicos en las tramas de NT a TE se describen a continuación:

Bits A (activación / desactivación)

Bits de Activación/Desactivación permiten a un equipo terminal estar en línea (activo). También puede ponerlo fuera de línea (desactivado) en modo de baja potencia de consumo cuando ni transmite ni recibe.

Bits E (eco)

Estos bits de eco regresan los valores de los bits de canal D anteriormente transmitidos en la trama TE a NT. Son usados para controlar el acceso al canal D, lo cual se explica en páginas posteriores.

Bits de multitrama. (M)

El bit M se coloca en "1" binario en la trama 1.

El bit M se coloca en "0" binario en las 19 tramas subsecuentes de la trama 1.

Bits S

Bits del canal S reservado para futura estandarización .

El bit S se deja en un "0" Binario de acuerdo a la recomendación I.430 del U.I.T.

MÉTODOS DE ACCESO AL CANAL D

Cuando un Te, hace uso de un canal D éste transmite su información de señalización en las ranuras correspondientes al canal D de la trama de nivel 1, en la dirección TE a NT, y la NT le envía un eco (le regresa el mismo valor) en la posición del próximo bit E. El TE espera en la posición del próximo bit E recibir el mismo valor (eco) del último bit de canal D enviado. Si no es así, el TE supone que en el canal D ha ocurrido una colisión y deja de transmitir. Entonces tiene que esperar para volver a usar el canal D, siguiendo las reglas del método de control para el acceso al canal D, el cual se describe a continuación:

Los TE's deben observar los bits E que vienen de la NT. Un cierto número de bits E continuos con valor binario de "1" indica qué canal D está libre (8 unos o más). El número específico de unos continuos en la posición del canal E que un TE tiene que ver

antes de transmitir, depende si el TE quiere transmitir información de señalización o de usuario sobre el canal D.

La información de señalización tiene alta prioridad, por lo tanto, se necesita menos bits con valor uno continuo en la posición E para transmitir información de señalización.

Inicialmente (esto es, para la primera trama enviada por un TE), el número de unos continuos en los bits E que un TE tiene que ver son 8 para enviar información de señalización y 10 para enviar información de usuario. Después de transmitir en forma exitosa una trama de capa 1), el número de unos continuos en los bits E que un TE específico tiene que ver, debe ser incrementado en uno (tanto para señalización como para información de usuario). Esto permite a otro TE tener acceso al canal D.

ESTRUCTURA DE TRAMA DE LA INTERFASE "S" O "T" DEL PRI.

Como se mencionó al inicio, se han definido 2 estándares uno es: el 1.544 Mb/s para EE.UU. , Australia, Corea de Sur y Japón (23 canales B a 64 Kb/s, más overhead) y el otro es el estándar Europeo, también utilizado en México de 2.048 Mb/s (30 canales B a 64 Kb/s, más el overhead). A diferencia del acceso básico (que puede ser usado en configuraciones punto a punto o punto a multipunto), ambos tipos de PRI's son pensados para operar solamente punto a punto.

En esta operación punto a punto el PRI permanentemente esta activado y no necesita bits de control para activación/desactivación de nivel físico ni un método para el uso del canal D. dado que estas funciones no lo requieren, las tramas del PRI en ambas direcciones tienen el mismo formato.

Sin embargo existen dos tipos de tramas para el PRI: Una trama para el de 1.544 Mb/s, y el otro tipo de trama para el de 2.048 Mb/s Véase fig. 2.12

ACCESO PRIMARIO 29 B + D

1BIT F	8BIT B1	8BIT B2	8BIT B22	8BIT B23	8BIT D
-----------	------------	------------	-------	-------------	-------------	-----------

1TRAMA = 193 BITS CADA 125 MICROSEGUNDOS
17125 MICROSEG. * 193 = 1.544 Mb/s

8 BITS F'	8 BITS B1	8 BITS B2	8 BITS B15	8 BITS D	8 BITS B16	8 BITS B29	8 BITS D
--------------	--------------	--------------	-------	---------------	-------------	---------------	-------	---------------	-------------

1 TRAMA 0 256 BITS CADA 125 MICRO SEGUNDOS.
 $1/125 \text{ MICROSEGUNDOS} * 256 = 2.048 \text{ Mb/s}$

B = CANAL B

D = CANAL D

F = BIT PARA ALINEACIÓN DE TRAMA (SINCRONIA) 1

F' = CANAL DE SINCRONÍA

FIG. 2.12 ESTRUCTURA DE TRAMA DE NIVEL 1 DE LA INTERFASE S/T

Para el acceso a 1.544 Mb/s, la trama consiste de 193 bits transmitidos cada 125 micro segundos (8000 tramas por segundo). Esto proporciona una velocidad total de 1.544 Mb/s; sin embargo, la velocidad real de transferencia de datos es de 1.536 Mb/s esto es debido a que uno de los 193 bits es usado para sincronía. Los restantes 192 bits se dividen en 24 ranuras de tiempo, cada una de ocho bits de longitud. Veintitrés de las ranuras de tiempo son para canales B y la ranura restante es para el canal D.

El formato para el Acceso de 2.048 M b/s es semejante al formato de 1.544 Mb/s. Estas tramas son transmitidas también cada 125 micro segundos, pero consisten de 256 bits que son divididos en 32 ranuras (espacios de tiempo), con una longitud de ocho bits cada una. La ranura cero se usa para sincronía, las ranuras 1 a 15 y 17 a 31 son usadas para los canales B, y la ranura 16 es usada para el canal D. Dado que hay ocho bits de sincronía por trama, la velocidad real de transferencia de datos es de 1.984 Mb/s (248 bits * 8000 tramas por segundo).

PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN DE CAPA 2 DEL CANAL D

Las recomendaciones de UIT I.430 e I.431 definen el nivel físico para los accesos básicos y primarios y la capa 2 para el canal D es definida en las recomendaciones I.440 (Q.920) e I.441 (Q.921). La recomendación I.441 (Q.921) define en forma detallada el nivel 2.

Otro nombre más común para este protocolo es LAPD (procedimiento de Acceso al Enlace en el Canal D). Su propósito es controlar el intercambio de información entre las entidades pares de capa 3 a través de la interfaz de usuario-red. También controla las interacciones entre el enlace de datos (capa 2) y la capa de red (capa 3) y entre la capa 2 y la capa física (capa 1). Para llevar a cabo esto, la capa 2 provee servicios a la capa 3 y recibe servicios de capa 1. Se le conoce como Punto de Acceso al Servicio (SAP) en el punto donde la capa 2 proporciona servicios a la capa 3. LAPD puede asociar más de una entidad (*) de capa 3 con un SAP.

Para el intercambio de información entre dos o más entidades de capa 3, una asociación debe ser hecha entre entidades de la capa 3, por el protocolo de capa 2. A esta asociación se le conoce como conexión de enlace de datos.

ESTAS SON ALGUNAS DE LAS FUNCIONES LAPD:

- Es independiente de la velocidad de transmisión de la capa 1.
- Permite la operación de múltiple equipo terminal en la interfaz usuario-red.

(*) Una entidad es un módulo especializado, a su vez varias entidades conforman un subsistema y, al conjunto de varios subsistemas se le denomina función. Una función puede realizar por ejemplo una conversión de códigos; por ejemplo el cambio del alfabeto TELEX al ASCII o bien pasar fechas al formato numérico. Existen varias funciones que al agruparse generan un nivel o estrato, los cuales tienen por finalidad suministrar servicios.

- La limitación de tramas se realiza mediante el uso de banderas (0111111=) y a la transparencia a través de la técnica conocida como "relleno de bits", como la usada en el protocolo HDLC. (La técnica de relleno de Bits consiste básicamente en insertar un = en la secuencia de bits de datos cuando una serie de cinco 1s es detectada dentro de la trama para impedir que la secuencia de bits se confunda con una bandera).
- Efectúa un control de la secuencia para mantener en orden las tramas a través de la conexión de enlaces de datos.
- Proporciona detección y recuperación de errores en la conexión de enlaces de datos.
- Efectúa control de flujo.

Hay dos tipos de servicios de transferencia de datos que proporciona LAPD: con acuse y sin acuse de recibo.

Sin acuse de recibo, la información de capa 3 se transfiere sin separar una respuesta del lado receptor. Este es el método más rápido, pero no provee control sobre la secuencia de las tramas transmitidas para corrección de errores (determinar cuando una trama necesita ser transmitida). Existen dos formas del servicio con acuse de recibo: operación de una sola trama y operación de multitrama.

El servicio de cause de recibo permite controlar el orden de las tramas mediante la numeración de las tramas. También provee control de errores dando acuse de recibo para tramas transmitidas de manera exitosa y pidiendo retransmisión de las tramas con errores.

Este servicio es usado solamente en configuraciones de punto a punto.

ESTRUCTURA DE TRAMA DEL PROTOCOLO LAPD

DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS DE LA TRAMA

VER FIGURA 2.13

ESTRUCTURA DE LA TRAMA DEL PROTOCOLO LAPD

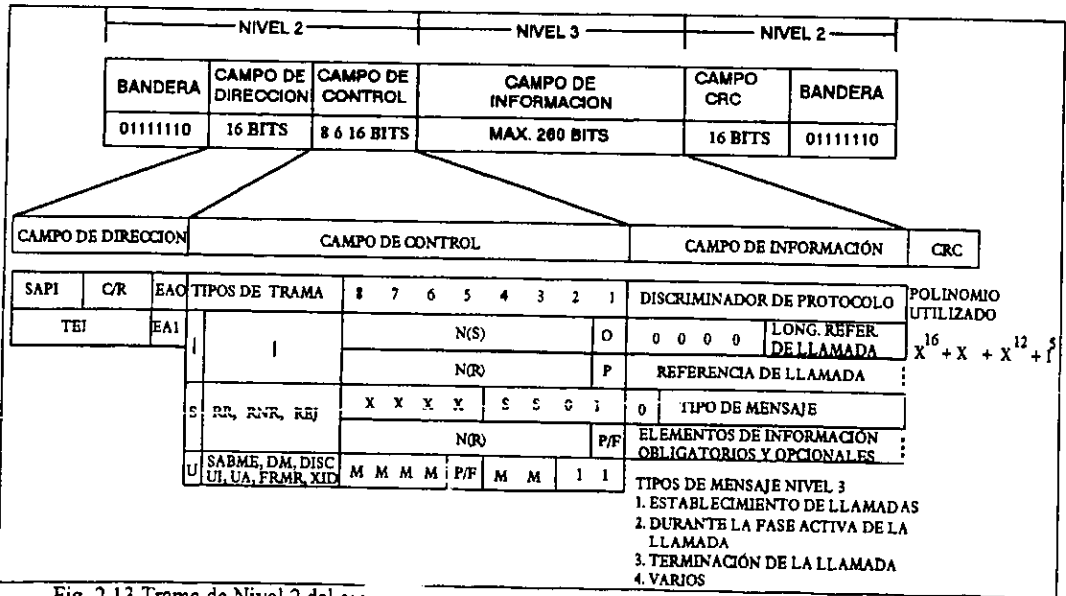


Fig. 2.13 Trama de Nivel 2 del c...

CAMPOS DE BANDERA.

Todas las tramas deben iniciar y terminar con un campo de bandera. A la bandera que indica el inicio de la trama se le conoce como bandera de apertura, mientras que a la bandera que indica el fin de la misma se le conoce como bandera de cierre, aunque en algunas ocasiones, esta también sirve para indicar la apertura de la siguiente trama. El campo de bandera contiene una codificación única, la cual consiste de una secuencia de un cero, seguida por seis unos consecutivos y finalizando con otro cero (01111110).

CAMPO DE DIRECCIÓN.

El campo de dirección identifica al receptor destino de una trama – instrucción y la transmisión de un Bit de extensión del campo de dirección (EA).

BIT EA

Este bit sirve para indicar que dentro de un campo de dirección existen octetos adicionales colocándolos con un valor de 0, cuando se pone a un valor de 1 se indica que ese octeto es el octeto final del campo de dirección. Para nuestro caso, debido a que el campo de dirección es de octetos, el primer bit EA se coloca en un valor de 0, mientras que el segundo se coloca en un valor de 1.

BIT DE CAMPO PARA INSTRUCCION/RESPUESTA (C/R).

El bit C/R sirve para identificar una trama como instrucción o respuesta. De acuerdo a las reglas establecidas en el protocolo HDLC, cuando se desea enviar una instrucción se utiliza la dirección de la entidad de enlace de datos que lo va a recibir, mientras que cuando se trata de una respuesta se utiliza la dirección de la entidad de enlace de datos que la genera.

En la siguiente figura (2.14), se muestra los valores que utilizan tanto el lado red para cualquiera de los casos.

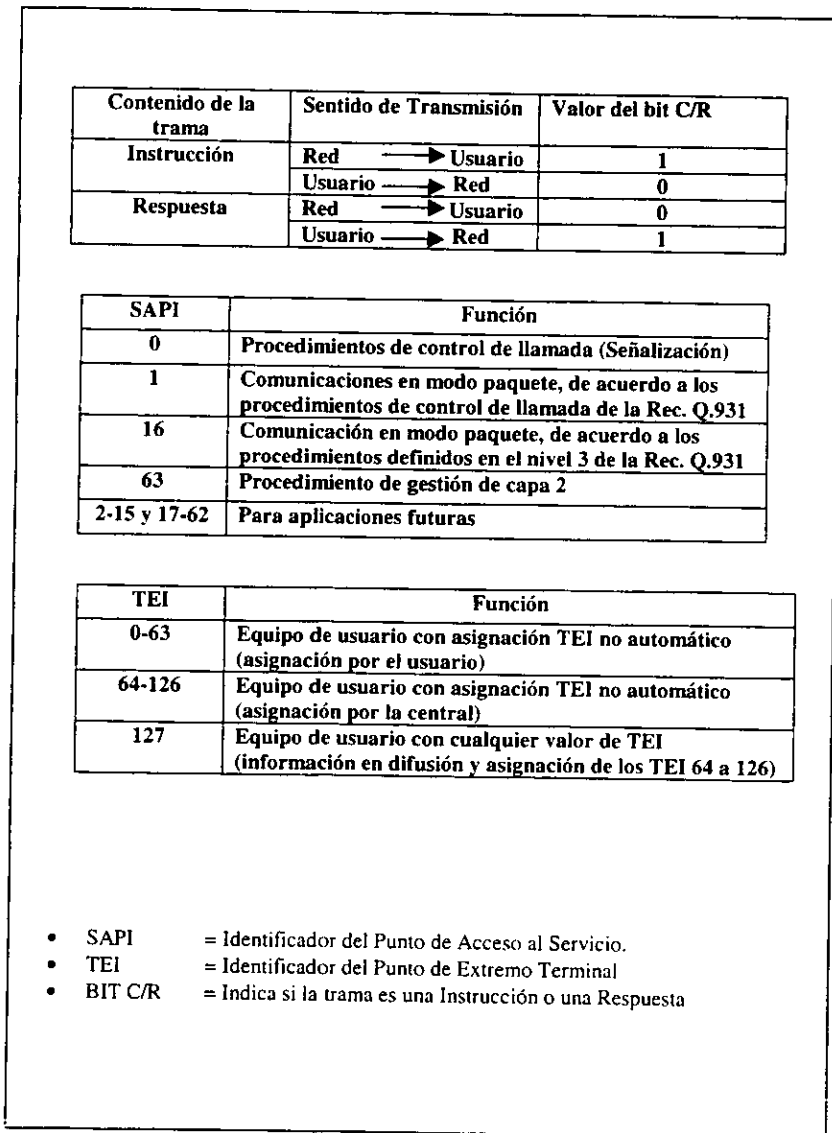


Fig. 2.14 Valores de C/R, SAPI's y TEI's en el nivel dos del canal D (Campo de dirección).

IDENTIFICADOR DE PUNTO DE ACCESO AL SERVICIO (SAPI)

El SAPI identifica el punto a través del cual una entidad de nivel de enlace de datos proporciona servicios a una entidad de nivel 3 ó una entidad de gestión de capa. En consecuencia el SAPI especifica una entidad de nivel 2 que debe procesar una trama de nivel de enlace de datos y también una entidad de nivel 3 ó de gestión de capa que recibirá la información llevada en dicha trama. El subcampo del SAPI consta de 6 bits (del 3 al 8) lo cual permite un total de 64 valores (de 0 a 62), de los cuales solo cuatro están especificados de acuerdo a la figura anterior (2.14) quedando los restantes para futura estandarización.

IDENTIFICADOR DE PUNTO EXTRTEMO TERMINAL.

Un TEI para una conexión de enlaces de datos puede estar asociado con un solo equipo terminal. Un equipo terminal puede contener varios TEI's usados para transferencia de datos punto a punto. El TEI para conexiones de enlace de datos en difusión está asociado con todas las entidades de nivel de enlace de datos conteniendo el mismo SAPI. El subcampo de TEI es de 7 bits, lo cual permite hasta 128 valores posibles (de 0 a 127), los cuales están asignados de la siguiente manera:

TEI para conexiones de enlace de datos en difusión.

El valor de TEI para este tipo de conexiones es de 127 (1111111 en binario), también se le llama TEI de grupo. Dicho TEI es asignado a la conexión de enlace de datos en difusión asociada con el punto de acceso al servicio SAP direccionado.

TEI para conexiones de enlace de datos punto a punto.

El resto de los valores de TEI se utilizan para conexiones de enlace de datos punto a punto asociados con el SAP direccionado.

Los valores no-automáticos son seleccionados por el usuario, y su asignación es responsabilidad de él mismo. Los valores automáticos son seleccionados por la red, y de igual forma la asignación es responsabilidad de la red.

La asignación de valores de TEI se muestra en la figura 2.14.

CAMPO DE CONTROL

El campo de control identifica el tipo de trama. El campo de control puede ser de uno o dos octetos dependiendo del formato. Los formatos del campo de control se muestran en la figura 2.15.

APLICACION	FORMATO	INSTRUCCION/ COMANDO	RESPUESTA	CODIFICACION							
				8	7	6	5	4	3	2	1
TRAMAS SIN ACUSE DE RECIBO Y MODO MULTITRAMA CON ACUSE DE RECIBO PARA TRANSFERENCIA DE INFORMACION NO NUMERADAS	TRANSFERENCIA DE INFORMACION	I (INFORMACION)		N(S)				O			
	SUPERVISION	RR RECEIVE READY	RR RECEIVE READY	0 0 0 0 0 0 0 1				P			
		RNR RECEIVE NO READY	RNR RECEIVE NO READY	N(R)				P/F			
				0 0 0 0 0 0 0 1							
				N(R)				P/F			
		REJ REJECT	REJ REJECT	0 0 0 0 0 0 0 1							
				N(R)				P/F			
	MODO MULTITRAMA CON ACUSE DE RECIBO PARA TRANSFERENCIA DE INFORMACION	SABME SET ASYNC BALANCE MODE EXTENDED		0	1	1	P	1	1	1	1
			DM DISCONNECT MODE	0	0	0	F	1	1	1	1
		UI UNNUMBERED INFORMATION		0	0	0	P	0	0	1	1
		DISC DISCONNECT		0	1	0	P	0	0	1	1
			UA UNNUMBERED ACKNOWLEDGEMENT	0	1	1	F	0	0	1	1
			FRMR FRAME REJECT	1	0	0	F	0	1	1	1
	ADMINISTRACION DE LA CONEXION	XID EXCHANGE IDENTIFICATION	XID EXCHANGE IDENTIFICATION	1	0	1	P/F	1	1	1	1

FIG. 2.15 COMANDOS Y RESPUESTAS DEL NIVEL 2 DEL CANAL D (CAMPO DE CONTROL)

Tres tipos de formatos de control son especificados:

- **TRANSFERENCIA DE INFORMACION NUMERADA (FORMATO I)**

Este formato debe ser usado para llevar acabo una transferencia de información entre entidades de nivel 3. Cada trama I tiene un número de secuencias N(s), un número de secuencia N(R) mediante el cual se puede o no efectuar un reconocimiento de tramas I adicionales recibidas por la entidad de nivel 2, y un bit P que puede ser puesto a un valor de 0 ó 1.

- **FUNCIONES DE SUPERVISION (FORMATO S)**

Este formato debe ser usado para llevar acabo funciones de control de supervisión de enlace de datos como son: reconocimiento de tramas I, solicitud de transmisión de tramas I y solicitud de suspensión temporal de transmisión de tramas I. Las funciones de N (R) y P (F) son independientes, es decir, cada trama de supervisión tiene un número de secuencia N (R) mediante el cual se puede o no efectuar un reconocimiento de tramas I adicionales recibidas por la entidad de nivel 2, y un P/F bit que puede ser puesto a un valor de 0 ó 1.

- **FUNCIONES DE SUPERVISION (FORMATO S)**

Este formato debe ser usado para llevar acabo funciones de control de supervisión de enlace de datos como son: reconocimiento de tramas I, solicitud de retransmisión de tramas I y solicitud de suspensión temporal de transmisión de tramas I. Las funciones de N (R) y P/F son independientes, es decir, cada trama de supervisión tiene un número de secuencia N (R) mediante el cual se puede o no efectuar un reconocimiento de tramas I adicionales recibidas por la entidad de nivel 2, y un P/F bit que puede ser puesto a un valor 0 ó 1.

TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN NO NUMERADA Y FUNCIONES DE CONTROL

Este formato puede ser usado para proporcionar funciones de control de enlace de datos adicionales y para realizar transferencia de información sin acuse recibido. Este formato no contiene números de secuencia. Incluye un bit P/F que puede ser puesto a un valor de 0 ó 1.

BIT POLL/FINAL (P/F)

Todas las tramas independientemente de su tipo contienen un bit P/F. Este bit proporciona una función tanto en tramas de instrucción como de respuesta. El bit P

puesto a 1 es usado por la entidad de nivel 2 para solicitar una trama de respuesta transmitida como resultado de la recepción de una instrucción con el bit P puesto a 1.

CAMPO DE INFORMACION

Este campo es opcional, y aparece dentro de la trama sólo cuando se transfiere información con o sin acuse de recibido. Este campo consta de un número entero de octetos que no pueden exceder el valor de 260.

Este campo puede ser generado por:

- El nivel:
Lo genera cuando requiere transferir información de señalización sobre las características de enlace que se va a establecer.
- La gestión de capa:
La genera cuando se requiere de algún procedimiento de administración de TEI (asignación, prueba y suspensión).

SECUENCIA DE VERIFICACION DE TRAMAS (FCS)

El campo de la secuencia de verificación de trama FCS debe ser una secuencia de 16 bits. Esta secuencia es calculada de la siguiente manera:

El complemento a unos de la suma en módulo 2 de los residuos de las siguientes divisiones da como resultado:

- a) El residuo de la división modulo 2 de:

$$\frac{(X^k)(X^{15} + X^{14} + \dots + X^2 + X^1 + 1)}{X^{16} + X^{12} + X^5 + 1}$$

- b) El residuo de la división modulo 2 de:

$$\frac{(X^k) \text{ (trama de longitud k)}}{X^{16} + X^{12} + X^5 + 1}$$

Donde :

- K = Número de bits de la trama entre la bandera de apertura y la secuencia FCS, y excluyendo los bits insertados para transparencia.
- Trama de longitud k = trama contenida entre la bandera de la apertura y la secuencia FCS y excluyendo los bits insertados para transparencia.
- $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ = Polinomio generador del CRC V.41 estandarizado por el UIT en la Rec. I.431.

En el lado receptor debe realizarse el mismo proceso, pero incluyendo el campo de secuencia de verificación de trama FCS, debiendo obtenerse la siguiente secuencia en caso de una transmisión sin errores:

0001110100001111

TRANSPARENCIA

Una entidad de nivel de enlace de datos transmisora deberá insertar un bit "0" después de cada secuencia de cinco 1s consecutivos entre las secuencias de bandera de apertura y de cierre (campos de dirección, control, información y campo de verificación de secuencia de tramas FCS), incluyendo los cinco últimos bits de campo de FCS. Esto para asegurar que una bandera o una condición de aborto no sea simulada dentro de la trama. Una entidad de nivel de enlace de datos receptora deberá examinar el contenido de la trama entre las banderas de apertura y de cierre descartando cualquier bit "0" que siga en forma directa a una secuencia de cinco 1's consecutivos. A esta técnica se le conoce como " Relleno de Bits".

INSTRUCCIONES Y RESPUESTAS

Las siguientes instrucciones y respuestas son usadas por las entidades de nivel 2 tanto del lado del usuario como del lado de la red y están representadas en la figura anterior. Cada conexión de enlace de datos deberá soportar el total de las instrucciones y respuestas para cada una de las aplicaciones implementadas. Los tipos de tramas asociadas con cada una de las dos aplicaciones (instrucción o respuesta) están identificadas en la figura 2.15.

Los tipos de tramas asociadas con una aplicación no implementada deberán ser descartadas, y ninguna acción se tomará como resultado de esa trama. Para propósitos de los procedimientos del LAPD en cada aplicación, los códigos que no aparecen en la figura son considerados como campos de control de instrucciones y respuestas no definidas.

INSTRUCCIONES DE INFORMACIÓN

La función de la instrucción de información es transferir, a través de una conexión de enlace de datos, tramas numeradas secuencialmente conteniendo campos de información proporcionados por el nivel 3. Esta instrucción es usada en la operación multitrama en conexiones de enlaces de datos punto a punto.

INTRUCCIONES DE ESTABLECIMIENTO DEL MODO BALANCEADO ASINCRONO EXTENDIENDO (SAMBE)

Las instrucciones no numeradas SABME son usadas para establecer a la entidad de nivel 2 del lado usuario, en el modo de operación con acuse de recibo multitrama con un módulo igual a 128.

Ningún campo información es permitido con la transmisión de una instrucción SABME. Una entidad de nivel 2 confirmará la aceptación de una instrucción SABME mediante la transmisión de una respuesta UA a la brevedad posible. Después de aceptar este comando las variables V(S) y V(A) serán puestas a 0. La transmisión de instrucciones SAMBE indican la eliminación de todas las condiciones de excepción existentes.

Las tramas de información I transmitidas previamente que no han sido reconocidas cuando esta instrucción es procesada, permanecen sin serlo y son descartadas. La recuperación de la información de esas tramas que son descartadas es responsabilidad del nivel superior (nivel 3 o entidad de gestión).

INSTRUCCION DISCONNECT (DISC)

La instrucción no numerada DISC es usada para terminar con el modo de operación multitrama. Ningún campo de información es permitido con la transmisión de instrucciones DISC. La entidad de nivel 2 que recibe una instrucción DISC confirma la aceptación del mismo mediante la transmisión de una respuesta UA. La entidad de nivel 2 que envía la instrucción DISC termina con la operación del modo multitrama al recibir una respuesta UA o DM.

Las tramas de información I transmitidas previamente han sido reconocidas cuando este comando es procesado, permanecen sin serlo descartadas. La recuperación de información de esas tramas que son descartadas es responsabilidad del nivel superior (nivel 3 o entidad de gestión).

INSTRUCCION DE INFORMACION NO NUMERADA (UI)

Cuando una entidad de nivel 3 o de gestión solicita transferir información sin acuse de recibo, se debe utilizar la instrucción no numerada UI para enviar información a su entidad par sin afectar las variables de nivel 2. Las tramas de instrucción UI no contienen un número de secuencia, y raíz de esto, pueden perderse sin notificación.

INSTRUCCION / RESPUESTA LISTO PARA RECIBIR (RR)

La trama de supervisión RR es usada por la entidad de nivel 2 para:

- a) Indicar que esta lista para recibir una trama I.
- b) Dar acuse de recibo de tramas numeradas I recibidas previamente incluyendo la trama N(R) - 1.
- c) Borrar una condición de ocupado que fue indicada anteriormente mediante la transmisión de una trama RNR por la misma entidad de nivel 2.

Además, esta instrucción puede ser usada, poniendo el bit P a un valor de 1, para solicitar a su entidad par de nivel 2 una respuesta acerca de su condición.

INSTRUCCIÓN / RESPUESTA DE RACHAZO (REJ)

La trama de supervisión REJ es usada por una entidad de nivel 2 para solicitar la retransmisión de tramas I empezando con la trama numerada N(R). El valor de N(R) en la trama REJ de acuse de recibo de tramas que han sido transmitidas por primera vez, deberán transmitirse siguiendo a las tramas I retransmitidas.

Solo una condición de excepción para una condición dada de transferencia de información se puede establecer un instante. La condición de excepción REJ es borrada después de recibir una trama I con N(S) igual de la trama REJ. Un procedimiento opcional para la retransmisión de una respuesta REJ es descrita en el apéndice I.

La transmisión de una trama REJ puede también indicar la desaparición de una condición de ocupado dentro de la entidad de nivel 2 que la envía; esta condición de ocupado se reporta mediante la transmisión de una trama RNR por parte de la misma entidad de nivel 2.

Además, esta instrucción puede ser usada poniendo el bit P a un valor de 1, para solicitar a su entidad par de nivel 2 una respuesta a cerca de su condición.

INSTRUCCIÓN / RESPUESTA NO LISTO PARA RECIBIR (RNR)

La trama de supervisión RNR es usada por una entidad de nivel 2 para indicar una condición de ocupado; es decir la incapacidad temporal para aceptar nuevas tramas I. El valor de $N(R)$ en la trama RNR da acuse de recibo de tramas numeradas incluyendo a $N(R) - 1$.

Además ésta instrucción puede ser usada poniendo el bit P a un valor de 1, para solicitar a su entidad par de nivel 2 una respuesta acerca de su condición.

RESPUESTA DE ACUSE DE RECIBA NO NUMERADO (UA)

La respuesta no numerada UA es usada por una entidad de nivel 2 para dar acuse de recibo de la recepción y aceptación de instrucciones de establecimiento de modo de operación recibidas no son procesadas, hasta que la respuesta UA es transmitida. Ningún campo de información es permitido al transmitir esta respuesta. La transmisión de la respuesta UA indica la eliminación de una condición de ocupado que haya sido reportada mediante la transmisión anterior de una trama RNR por la misma entidad de nivel 2.

RESPUESTA DE MODO DESCONECTADO (DM)

La respuesta no numerada DM es usada por una entidad de nivel 2, para reportar a su entidad par, que se encuentra en un estado tal que la operación en modo multitrama no puede llevarse a cabo. Ningún campo de información es permitido al transmitir la respuesta.

RESPUESTA RECHAZO DE TRAMA (FRMR)

La respuesta no numerada FRMR puede ser recibida por una entidad de nivel 2, como un reporte de una condición de error no recuperable mediante la retransmisión de una trama idéntica. Esta condición de error será al menos una de las siguientes :

- a) La recepción de un campo de control de instrucciones o respuestas no definido o no previsto.
- b) La recepción de una trama no numerada o de supervisión con longitud incorrecta.
- c) La recepción de un $N(R)$ inválido.
- d) La recepción de una trama I con un campo de información que excede la máxima longitud de establecida.

INSTRUCCION / RESPUESTA INTERCAMBIO DE IDENTIFICACION

La trama XID contiene un campo de información, en el cual esta contenida de identificación. El intercambio de tramas XID es una disposición obligatoria utilizada en la gestión de conexión (es decir, cuando una entidad par recibe una instrucción XID debe responder con una respuesta XID a la brevedad posible). El campo de control de esta trama no contiene número de secuencia.

El campo de información no es obligatorio. Dependiendo si existe o no, la entidad receptora tomará una de las tres acciones siguientes:

- a) Recepción de una trama conteniendo un campo de información que puede interpretar. En este caso deberá contestar con una trama XID conteniendo un campo de información similar.
- b) Recepción de una trama conteniendo un campo de información que no puede interpretar. En este caso deberá contestar con una trama XID conteniendo un campo de información de longitud cero.
- c) Recepción de una trama conteniendo un campo de identificación de longitud cero. En este caso deberá contestar con una trama XID conteniendo un campo de información de longitud cero.

La máxima longitud permitida en el campo de información de esta trama será igual a 260 octetos. La transmisión o recepción de una trama XID no debe tener efecto en el modo de operación de las variables de estado asociadas con las entidades de nivel de enlace de datos.

CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO.

Esta configuración provee solamente un transmisor-receptor en cada extremo del cable (véase figura 2.16). Por tanto, es necesario determinar la atenuación máxima admisible entre los extremos del cable para establecer el nivel de salida del transmisor y la gama de los niveles de entrada del receptor. Además, es necesario establecer el tiempo máximo de propagación de ida y de retorno para cualquier información que deba ser devuelta de un extremo a otro dentro de un periodo de tiempo especificado.

El objetivo general para la distancia operacional entre ET y TR es de 1000 mts. Se ha convenido en cumplir este objetivo general con una atenuación de cable máxima de 6 dB a 96 kHz. El tiempo de propagación de ida y retorno entre 10 y 42 μ seg.

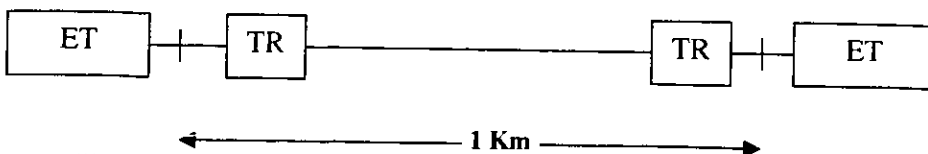


Fig. 2.16

CAPITULO 3

RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Introducción:

En una red de transmisión, la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase se acumulan de acuerdo con las características de generación y transferencia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de cada equipo conectado. Estos equipos pueden ser diferentes tipos de multiplexores/demultiplexores y sistemas de línea.

Una fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase excesivas pueden perjudicar tanto a las señales digitales (generación de bits erróneos, deslizamientos incontrolados) como a las analógicas (modelación de fase no deseada de la señal transmitida). Por tanto, es necesario fijar límites de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase en las interfaces de red, con el fin de garantizar una adecuada calidad de las señales transmitidas.

Por tal motivo incluimos las Recomendaciones del UIT, en donde se definen los parámetros y valores necesarios para un control eficaz de la magnitud de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase presentes en las interfaces de red de las jerarquías digitales plesiócronicas (PDH).

Dicha Recomendación se aplica a las redes que utilizan la jerarquía digital basada en la velocidad binaria del primer nivel de 2 048 kbit/s. En la Recomendación G.703 figuran las características eléctricas de las interfaces de red pertinentes.

Los principios del control de la fluctuación de fase responden a la necesidad de:

- recomendar un límite máximo para la red, que no debe rebasarse en ninguna interfaz jerárquica;
- recomendar un marco coherente para la especificación de los distintos equipos digitales;
- facilitar informaciones y directrices suficientes para que las organizaciones puedan medir y estudiar la acumulación de fluctuación de fase en cualquier configuración de red.

Esta Recomendación define parámetros y objetivos de la característica de error para conexiones digitales internacionales que funcionan por debajo de la velocidad primaria de la jerarquía digital. Los objetivos indicados son independientes de la red física que soporta la conexión. Esta Recomendación se basa en las mediciones de errores en los bits y de la tasa de errores en los bits. Los eventos, parámetros y objetivos se definen en consecuencia.

El Anexo A trata de la definición de la disponibilidad de la conexión y el Anexo B da directrices sobre la interpretación del Cuadro 1/G821.

CARACTERÍSTICA DE ERROR DE UNA CONEXIÓN DIGITAL INTERNACIONAL QUE FUNCIONA A UNA VELOCIDAD BINARIA INFERIOR A LA VELOCIDAD PRIMARIA Y FORMA PARTE DE UNA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

La presente Recomendación tiene en cuenta que los servicios se basan en el concepto de una red digital de servicios integrados (RDSI).

En las redes digitales, los errores son una fuente importante de degradación porque afectan a los servicios vocales debido a distorsión de la voz, y a los servicios de datos debido a pérdida o la inexactitud de la información o a la reducción del caudal.

A pesar de que es probable que los servicios vocales predominen en la RDSI de banda estrecha, es necesario transportar una amplia gama de tipos de servicio, por lo que es conveniente disponer de una especificación unificada.

Antecedentes

Esta Recomendación se aprobó en 1980 y definía los parámetros y objetivos de la característica de error para las conexiones de RDSI que funcionan a la velocidad binaria de 64 kbit/s. Como fue la primera Recomendación que indicaba objetivos de característica de error, encontró un amplio campo de aplicación, incluso en campos para los cuales no estaba elaborada. Una de estas aplicaciones fue la evaluación de la característica de error a velocidades binarias superiores a 64 kbit/s.

En 1988 se añadió el Anexo D a la Recomendación G.821, que indicaba cómo obtener datos de característica de error de conexiones a 64 kbit/s teniendo en cuenta las mediciones realizadas a velocidades binarias más altas. Sin embargo, en la práctica la experiencia demostró que el Anexo D/G.821 en muchos casos producía resultados dudosos, por lo que se hizo evidente que se necesitaba una Recomendación que tratase de los parámetros y objetivos de característica de error para velocidades binarias más altas.

Para llenar esta laguna, se elaboró y se adoptó en 1993 la Recomendación G.826, en la que se indican parámetros y objetivos de característica de error para trayectos digitales de velocidad binaria constante que funcionan a la velocidad primaria y a velocidades superiores. La Recomendación G.826 dice que "... es la única que especifica parámetros y objetivos de característica de error a la velocidad primaria o a velocidad superior." Habida cuenta de este enunciado, fue necesario limitar la Recomendación G.821 a las velocidades binarias por debajo de la velocidad primaria y suprimir el Anexo D/G.821. Por otra parte, fue necesario incluir en la Recomendación G.821 la gama de velocidades binarias comprendidas entre 64 kbit/s y la velocidad primaria.

Otro problema que se planteó en la utilización práctica de la Recomendación G.821 fue la aplicabilidad del parámetro "minuto degradado". En la práctica, este evento no se detectó casi nunca, por lo que se decidió suprimirlo de la Recomendación G.821.

En resumen, se han efectuado ahora las siguientes modificaciones de la Recomendación G.821:

- Esta Recomendación se ha estructurado de acuerdo con la Recomendación A.15.
- Es aplicable a velocidades binarias por debajo de la velocidad primaria de la jerarquía digital.
- Se ha suprimido el parámetro minuto degradado.
- Se ha suprimido el Anexo D/G.821 (1988).
- Por lo demás, no se han efectuado modificaciones técnicas a esta Recomendación.

Después de aprobada la Recomendación G.826, se continuó trabajando sobre la Recomendación G.821 y se efectuaron comparaciones entre los objetivos de calidad del funcionamiento de las Recomendaciones G.821 y G.826 que mostraron discrepancias entre ambas Recomendaciones. En el Apéndice I a la presente Recomendación figuran algunos ejemplos.

Por consiguiente, la Recomendación G.821 se utilizará con ciertas precauciones hasta que se supriman las discrepancias con la Recomendación G.826.

CONTROL DE LA FLUCTUACIÓN DE FASE Y DE LA FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE EN LAS REDES DIGITALES BASADAS EN LA JERARQUÍA DE 2048 kbit/s

(Melbourne, 1988; revisada en Helsinki, 1993)

Límites de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase máximas de salida en cualquier interfaz jerárquica de la red

Límites de fluctuación de fase en la red

Los límites indicados en el Cuadro 1/G823 representan los niveles máximos admisibles de fluctuación de fase en interfaces jerárquicas dentro de una red digital. Los límites deben cumplirse en todas las condiciones de funcionamiento y cualquiera que sea la cantidad de equipos que precedan a la interfaz. Estos límites de red son compatibles con la tolerancia mínima de fluctuación de fase que todos los puertos de entrada de los equipos deben proporcionar.

En las redes operacionales, para compensar la acumulación progresiva y la transferencia continua de fluctuación de fase en elementos de red y a través de elementos de red conectados en serie (como regeneradores, etc.) será generalmente necesario controlar la fluctuación de fase a un nivel conveniente *más bajo* que el límite máximo admisible. Además, en las largas rutas de transmisión con un gran número de secciones en cascada, pueden necesitarse equipos que proporcionen una reducción de la fluctuación de fase para evitar que se rebase el límite de red y la tolerancia de fluctuación de fase de los equipos individuales. En situaciones en que la máxima amplitud admisible de fluctuación de fase se produce en una interfaz entre dos países, la adopción de medidas correctivas apropiadas se deja en manos de las Administraciones nacionales. Es improbable que esta situación se produzca frecuentemente.

El montaje para la medición de la fluctuación de fase a la salida en una interfaz digital se ilustra en la Figura 3.1. Los valores específicos de los límites de la fluctuación de fase y de las frecuencias de corte de los filtros para los distintos niveles jerárquicos se indicarán en el Cuadro 1/G823. La respuesta de frecuencia de los filtros asociados a los aparatos de medida debe tener un régimen de decremento de 20 dB/década. En la Recomendación O.171 se describe un aparato de medida apropiado.

Fluctuación de fase máxima admisible en una interfaz jerárquica

Valor del parámetro \square	Límite de red		Anchura de banda del filtro de medición		
	B_1 Intervalo unitario cresta a cresta	B_2 Intervalo unitario cresta a cresta	Filtro paso banda con una frecuencia de corte inferior f_1 o f_3 y una frecuencia de corte superior f_4		
			f_1	f_3	f_4
64 (Nota 1)	0,25	0,05	20 Hz	3 kHz	20 kHz
2 048	1,5	0,2	20 Hz	18 kHz (700 Hz)	100 kHz
8 448	1,5	0,2	20 Hz	3 kHz (80 kHz)	400 kHz
34 368	1,5	0,15	100 Hz	10 kHz	800 kHz
139 264	1,5	0,075	200 Hz	10 kHz	3500 kHz

NOTAS

- 1 Sólo para la interfaz codireccional.
- 2 Los valores de frecuencias que figuran entre paréntesis son aplicables solamente a ciertas interfaces nacionales.
- 3 UI Intervalo unitario:
 para 64 kbit/s 1 UI = 15,6 \square s
 para 2048 kbit/s 1 UI = 488 ns
 para 8448 kbit/s 1 UI = 118 ns
 para 34 368 kbit/s 1 UI = 29,1 ns
 para 139 264 kbit/s 1 UI = 7,18 ns

Cuadro 1/G823

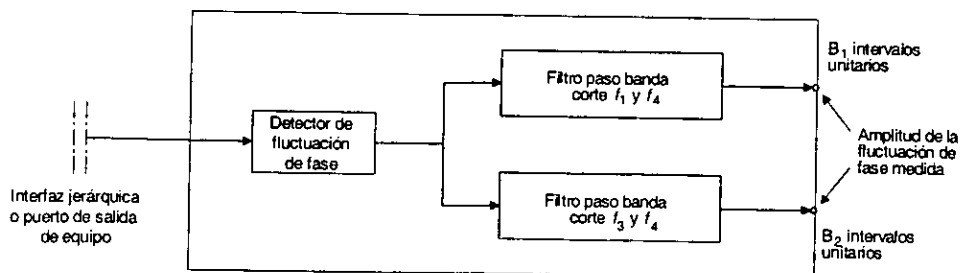


FIGURA .3.1.

Disposición para medir la fluctuación de fase procedente de una interfaz jerárquica o de un acceso de salida de equipo

Se supone que, en una red sincronizada, el equipo digital situado en los nodos acomodará las desviaciones de fase permitidas en la señal entrante, junto con la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de la planta de transmisión, es decir, en condiciones sincronizadas normales no ocurrirán deslizamientos. Sin embargo, hay que reconocer que, como resultado de algunas degradaciones de la calidad de funcionamiento, situaciones de avería, acciones de mantenimiento u otras causas, el error de intervalo de tiempo (TIE, *time interval error*) relativo entre la señal entrante y el reloj interno del equipo de terminación puede rebasar la tolerancia de fluctuación lenta de fase y fluctuación de fase del equipo, lo que dará lugar a un deslizamiento controlado.

En los nodos de terminación de enlaces que interconectan redes independientes sincronizadas (o cuando se utiliza explotación plesiócrona en las redes nacionales), el TIE relativo entre la señal entrante y la señal de temporización interna del equipo de terminación podría exceder la tolerancia de fluctuación lenta de fase y fluctuación de fase del equipo, en cuyo caso ocurrirán deslizamientos. En la Recomendación G.811 se indica la máxima tasa media de deslizamientos controlados admisibles a largo plazo, es decir, un deslizamiento cada 70 días.

Límites de fluctuación lenta de fase en la red

No se ha definido un límite de red máximo para la fluctuación lenta de fase en todas las interfaces jerárquicas. Las magnitudes reales de la fluctuación lenta de fase pueden predecirse, ya que dependen mucho de las características de propagación de los medios de transmisión y del envejecimiento de los circuitos de reloj. Los estudios han demostrado que, siempre que los puertos de entrada puedan tolerar una fluctuación lenta de fase conforme con los requisitos de tolerancia de entrada de fig. 3.1, los deslizamientos introducidos como consecuencia del rebasamiento de la tolerancia de entrada serán poco frecuentes. En las interfaces con nodos de red, se aplican los límites siguientes.

El máximo error en el intervalo de tiempo (MTIE, *maximun time interval error*) en un periodo de S segundos no excederá los siguientes límites:

- 1) $S < 10^4$; esta región queda en estudio;
- 2) $(10^{-2} S + 10\,000)$ ns; aplicable para valores de S superiores a 10^4 .

NOTAS

- 1 La Figura 3.2 ilustra la especificación global resultante.
- 2 El valor total de $10\ \mu\text{s}$, superpuesto a la temporización media, como se especifica más arriba, sólo puede producirse a la salida del último nodo de una cadena. Para asegurar esto hay que aplicar reglas de planificación apropiadas.

Límites de fluctuación de fase apropiados para los equipos digitales

Principios básicos de especificación

Para cada equipo digital es necesario especificar la calidad de funcionamiento respecto de la fluctuación de fase de tres maneras.

Tolerancia de fluctuación de fase en los puertos de entrada digitales

Para asegurar que todo equipo pueda conectarse a cualquier interfaz jerárquica recomendada en una red, es preciso disponer lo necesario para que los puertos de entrada de todos los equipos puedan admitir niveles de fluctuación de fase hasta el límite máximo de red definido en el Cuadro 1/G823.

Por razones de conveniencia para la medición, la tolerancia requerida se define en función de la amplitud y la frecuencia de una fluctuación de fase sinusoidal que, al modular una señal de prueba, no causa una degradación apreciable del funcionamiento del equipo. Es importante reconocer que no se pretende que la condición de la prueba sea, por sí misma, representativa del tipo de fluctuación de fase que, en la práctica, se observa en una red. Sin embargo, la prueba sí asegura que el factor «Q» asociado con la recuperación de la señal de temporización de los circuitos de entrada del equipo no es demasiado alto y, de ser necesario, que se cuenta con suficiente capacidad de memoria tampón.

Así pues, todos los puertos de entrada digitales de los equipos deben estar en condiciones de tolerar una señal digital cuyas características eléctricas satisfacen los requisitos de la Recomendación G.703, pero modulada por una fluctuación lenta de fase y una fluctuación de fase sinusoidales que tienen una relación amplitud-frecuencia definida en la Figura 3.3. El Cuadro 2/G823 indica los límites apropiados para los diferentes niveles jerárquicos.

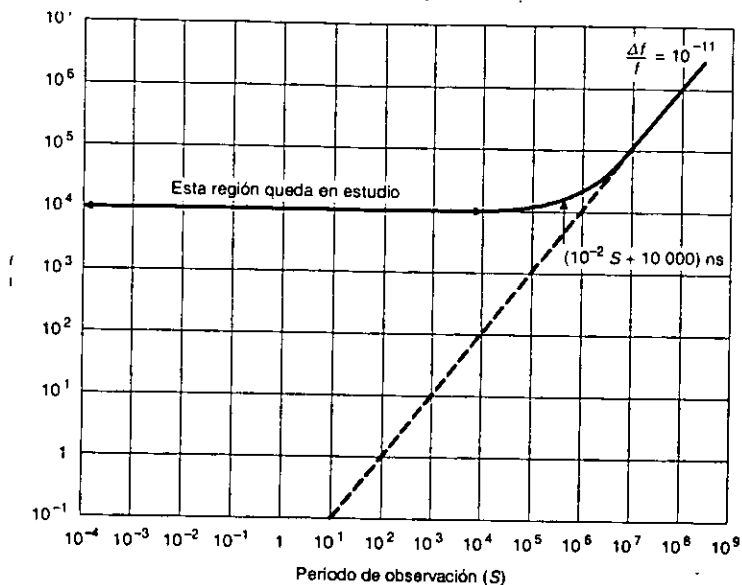


FIGURA 3.2
 Máximo error en el intervalo de tiempo (MTTE) admisible en función del período de observación S a la salida de un nodo de red

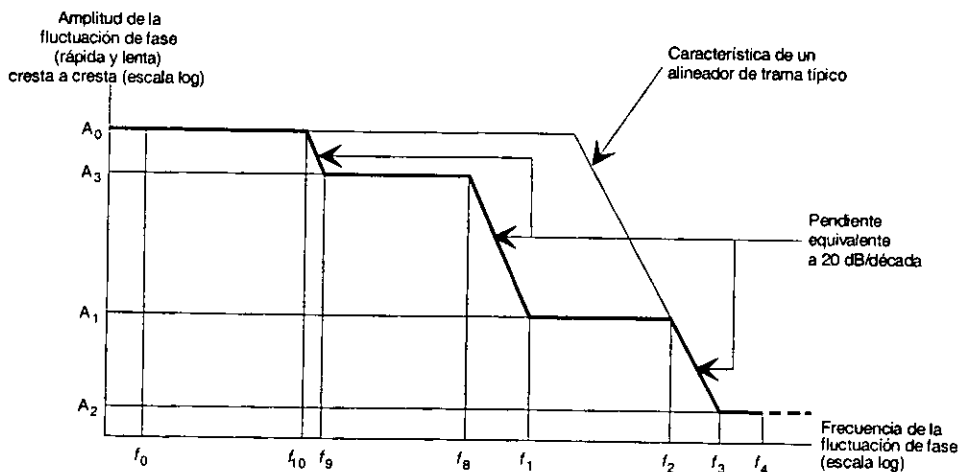


FIGURA 3.3
 Límite inferior de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase máximas admisibles de entrada

La fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase se superpone a la señal de temporización que es idealmente síncrona con un reloj de referencia, y en la práctica, razonablemente estable. Una instrumentación conforme a la Recomendación O.171 es adecuada para medir la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de frecuencias superiores a 2 Hz.

En principio, estos requisitos deben cumplirse cualquiera que sea el contenido de información de la señal digital. A efectos de la prueba, el contenido binario equivalente de la señal modulada por la fluctuación de fase debe ser una secuencia binaria pseudoaleatoria como la definida en el Cuadro 2.

Al derivar estos límites se considera que los efectos de la fluctuación lenta de fase son predominantes en frecuencias por debajo de f_1 , y muchos equipos de transmisión, tales como los sistemas de línea digital y módem asíncronos que utilizan técnicas de justificación, son efectivamente transparentes a estos cambios de frecuencia muy baja en fase. A pesar de esto, es necesario admitir la fluctuación lenta de fase en la entrada de ciertos equipos (por ejemplo, conmutadores digitales y módem síncronos). La condición de una frecuencia inferior a f_1 no puede traducirse de manera sencilla en una evaluación práctica, pero debe tenerse en cuenta al diseñar el equipo.

A diferencia de la parte de la plantilla entre las frecuencias f_1 y f_4 , que refleja la magnitud de fluctuación de fase máxima admisible en una red digital, la parte que queda por debajo de la frecuencia f_1 no está destinada a representar la fluctuación lenta de fase máxima admisible que puede producirse en la práctica. Por debajo de la frecuencia f_1 , la plantilla se establece de forma que, en caso necesario, la provisión de este nivel de almacenamiento tampón a la entrada de un equipo facilita la admisión de la fluctuación lenta de fase generada en una elevada proporción de conexiones reales.

Una entrada que sincroniza el nodo y otra entrada que no sincroniza el nodo pueden derivar sus temporizaciones respectivas del mismo reloj de referencia, pero a través de trayectos diferentes; por esta razón, en casos extremos, pueden tener desviaciones de fase opuestas. La desviación máxima relativa prevista de fase es de 18 μ s, y debe ser admitida por el equipo.

Una inversión de corta duración del error de intervalo de tiempo relativo entre la señal entrante y el reloj interno del equipo de terminación poco después de que se produzca un deslizamiento controlado no debe causar otro deslizamiento. Para impedir ese deslizamiento, el equipo debe estar diseñado con una histéresis adecuada para este fenómeno. Esta histéresis debe ser de al menos 18 μ s.

Fluctuación de fase máxima de salida en ausencia de fluctuación de fase de entrada

Es preciso limitar el nivel de la fluctuación de fase producida dentro de los distintos equipos. En las Recomendaciones sobre sistemas específicos se definen los niveles máximos de fluctuación de fase que pueden generarse en ausencia de una fluctuación de fase a la entrada. Los límites efectivos aplicados dependen del tipo de equipo. Estos límites deben respetarse cualquiera que sea el contenido de información de la señal digital. En cualquier caso, los límites no sobrepasan nunca el límite máximo de red permitido. La Figura 3.1 ilustra el montaje para la medición de la fluctuación de fase a la salida.

Características de transferencia de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase

Las características de transferencia de fluctuación de fase definen la relación fluctuación de fase de salida/entrada en función de la frecuencia de fluctuación de fase para una velocidad binaria dada. Cuando existe fluctuación de fase en el puerto de entrada digital del equipo digital, en muchos casos una parte de la fluctuación de fase se transmite al puerto de salida digital correspondiente. Muchos tipos de equipo digital atenúan de por sí las componentes de fluctuación de fase de alta frecuencia presentes en la entrada. Para controlar la fluctuación de fase en casos de equipo digital homogéneo en cascada, es importante limitar el valor de la ganancia de fluctuación de fase. La transferencia de fluctuación de fase de un equipo digital determinado puede medirse utilizando una señal digital modulada por fluctuación de fase sinusoidal.

La Figura 3.4 muestra la forma general de una característica típica de transferencia de fluctuación de fase. Los valores apropiados para los niveles x e $-y$ dB, y las frecuencias f_1 , f_2 , f_3 y f_4 , pueden obtenerse en la Recomendación correspondiente.

Como la anchura de banda de los circuitos de suavizado de fase en el equipo digital asíncrono es generalmente superior a 10 Hz, la fluctuación lenta de fase de la señal de entrada puede aparecer prácticamente no atenuada a la salida. Sin embargo, en ciertos equipos digitales (por ejemplo, relojes nodales) es necesario que la fluctuación lenta de fase sea suficientemente atenuada entre la entrada y la salida. Las Recomendaciones que tratan de equipos síncronos definirán finalmente los valores límite de las distintas características de transferencia de fluctuación lenta de fase.

Valores de los parámetros relativos a la tolerancia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de entrada

Velocidad binaria (kbit/s)	Intervalo unitario cresta a cresta				Frecuencia								Señal de prueba pseudoaleatoria
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	f ₀	f ₁₀	f ₉	f ₈	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	
64 (Nota 1)	1,15 (18 □s)	a)	0,25	0,05	1,2 □ 10 ⁻⁵ Hz	a)	a)	a)	20 Hz	600 Hz	3 kHz	20 kHz	2 ¹¹ - 1
2 048	36,9 (18 □s)	18 (Nota 7)	1,5	0,2	1,2 □ 10 ⁻⁵ Hz	4,88 □ 10 ⁻³ Hz (Nota 7)	0,01 Hz (Nota 7)	1,667 Hz (Nota 7)	20 Hz	2,4 kHz (93 Hz)	18 kHz (700 Hz)	100 kHz	2 ¹⁶ - 1 (Rec. O. 151)
8 448	152 (18 □s)	a)	1,5	0,2	1,2 □ 10 ⁻⁵ Hz	a)	a)	a)	20 Hz	400 Hz (10,7 kHz)	3 kHz (80 kHz)	400 kHz	2 ¹⁵ - 1 (Rec. O. 151)
34 368	618,6 (18 □s)	a)	1,5	0,15	a)	a)	a)	a)	100 Hz	1 kHz	10 kHz	800 kHz	2 ²³ - 1 (Rec. O. 151)
139 264	2506,6 (18 □s)	a)	1,5	0,075	a)	a)	a)	a)	200 Hz	500 Hz	10 kHz	3500 kHz	2 ²³ - 1 (Rec. O. 151)

a) Valores en estudio.

NOTAS

- Sólo para la interfaz codireccional.
- Para las interfaces dentro de las redes nacionales pueden utilizarse los valores de frecuencia (f₂ y f₃) indicados entre paréntesis.
- UI intervalo unitario:
 para 64 kbit/s 1 UI = 15,6 □s
 para 2048 kbit/s 1 UI = 488 ns
 para 8448 kbit/s 1 UI = 118 ns
 para 34 368 kbit/s 1 UI = 29,1 ns
 para 139 264 kbit/s 1 UI = 7,18 ns
- El valor de A₀ (18 □s) representa una desviación de fase relativa entre la señal entrante y la señal local de temporización interna derivada del reloj de referencia.
- La desviación de fase absoluta queda en estudio.
- En el Anexo C se da un ejemplo de configuración de referencia que explica el valor de A₀.
- Estos valores se refieren a las interfaces a 2048 kbit/s no utilizadas para transportar señales de sincronización. Quedan en estudio las especificaciones de las señales de sincronización.

Equipos multiplexores-demultiplexores digitales

Los límites de fluctuación de fase para los multiplexores y demultiplexores digitales figuran en las Recomendaciones pertinentes relativas a estos equipos.

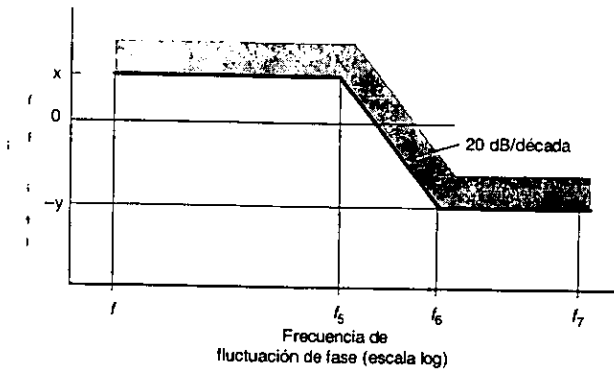


FIGURA 3.4.

Característica típica de transferencia de fluctuación de fase

Directrices para la medición de la fluctuación de fase

Hay dos categorías claramente identificables de mediciones de la fluctuación de fase:

- mediciones realizadas utilizando una señal de tráfico indefinida que, por lo general, puede considerarse cuasialeatoria (estas mediciones se efectúan generalmente en condiciones de explotación).
- mediciones realizadas utilizando secuencias de prueba específicas (estas mediciones se efectúan generalmente en laboratorio, en fábrica y con ocasión de la recepción de equipo).

Mediciones efectuadas utilizando una señal de tráfico indefinida

A causa de la naturaleza cuasialeatoria de la fluctuación de fase y de su posible dependencia con respecto de la carga de tráfico, para que las mediciones cresta a cresta en redes operacionales sean exactas es necesario efectuarlas durante largos periodos de tiempo. En la práctica se prevé que, con la experiencia adquirida en sistemas particulares, será posible identificar anomalías detectadas en mediciones efectuadas en un periodo más corto, que indiquen que el límite máximo admisible podría rebasarse si el intervalo de medición fuese más largo.

Los límites de red recomendados se han derivado de manera tal que la probabilidad de rebasar esos niveles es muy pequeña. La observación práctica de una magnitud semejante con un grado de fiabilidad elevado requiere un intervalo de medición tan largo que es inaceptable. Para tener en cuenta un efecto de esa clase quizá sea necesario introducir un límite menor, aunque relacionado, que tenga una mayor probabilidad de incidencia, lo cual facilitaría su medición durante un periodo razonablemente corto. Estos aspectos son objeto de nuevos estudios.

Mediciones efectuadas utilizando una determinada secuencia de prueba

Teniendo en cuenta la conveniencia de evaluar la calidad de funcionamiento desde el punto de vista de la fluctuación de fase de equipo de línea digital utilizando una determinada secuencia binaria pseudoaleatoria, es necesario derivar límites apropiados para esta situación de prueba única. Aunque el empleo de esas señales de prueba determinísticas son de suma utilidad para las pruebas de aceptación en fábrica y de recepción de equipo, los resultados tienen que estar relacionados con una situación de explotación en la que es probable que el contenido de información de la señal sea más aleatorio (por ejemplo una señal de tipo telefónico). Sobre la base de la experiencia práctica, suele ser posible relacionar una medición basada en tráfico con una

medición basada en una secuencia binaria pseudoaleatoria mediante la aplicación de un factor de corrección apropiado (Anexo A).

La utilización de una secuencia binaria pseudoaleatoria en la medición de la fluctuación de fase puede tener el inconveniente de que, para que la medición sea válida, la secuencia binaria pseudoaleatoria debe tener un contenido espectral adecuado dentro de la anchura de banda de la fluctuación de fase del sistema objeto de la medición. En los casos en que el contenido espectral es insuficiente, será necesario introducir una corrección adecuada, para que tenga sentido comparar, el valor medido con los límites especificados. Este aspecto es objeto de nuevos estudios (Anexo A).

Señales de prueba aplicadas a dispositivos de procesamiento de señales que forman parte integrante de sistemas de transmisión

La inclusión de dispositivos de procesamiento de señales que forman parte integrante de un sistema de transmisión a menudo influye sobre la característica de fluctuación de fase observada. Los estudios realizados han demostrado que la señal transmitida, particularmente si es pseudoaleatoria o está altamente estructurada, interactúa con los aleatorizadores digitales y convertidores de código de línea para producir efectos interesantes que se traducen en cambios de la calidad de funcionamiento de dichos equipos. Todos los efectos de interacción dan como resultado una modificación de la estadística de la señal transmitida, lo que causa el cambio consiguiente en la fluctuación de fase sensible al esquema generada dentro de cada repetidor. Una manifestación típica es que mediciones sucesivas en un sistema de transmisión provisto de estos dispositivos, utilizando una señal de prueba idéntica en cada ocasión, dan como resultado una gama muy variada de valores cresta a cresta y cuadráticos medios de la amplitud de fluctuación de fase.

Los estudios han demostrado que los siguientes factores influyen en la característica de la fluctuación de fase observada:

- las conexiones de realimentación en el generador de señales de prueba de secuencia binaria pseudoaleatoria y en el aleatorizador del sistema de transmisión;
- el número de pasos en el generador de señales de prueba de secuencia binaria pseudoaleatoria y en el aleatorizador del sistema de transmisión;
- la presencia de un convertidor de código en el sistema de transmisión.

En consecuencia, al considerar la elección de la señal de prueba a los fines de la validación de equipos, deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- a) No es aconsejable utilizar un generador de señales de prueba de secuencia binaria pseudoaleatoria con una longitud de ciclo que tenga factores comunes con el aleatorizador incorporado en el sistema de transmisión;
- b) Debe evitarse una configuración igual del generador de señales de prueba de secuencia binaria pseudoaleatoria y del aleatorizador del sistema de transmisión, si se requiere una señal aleatoria.

Acumulación de fluctuación de fase en las redes digitales

En vista de la variabilidad de las configuraciones de red, no pueden examinarse todos los casos posibles. Para analizar una configuración particular de red es necesario utilizar la información acerca de las características de fluctuación de fase de equipos individuales, conjuntamente con modelos apropiados de acumulación de fluctuación de fase. El Anexo B tiene por objeto facilitar información suficiente para que las organizaciones puedan efectuar esas evaluaciones.

Anexo A

Utilización de una secuencia binaria pseudoaleatoria para la medición de la fluctuación de fase en sistemas de línea digital, sistemas radioeléctricos y sistemas de fibra óptica

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

A.1 Relación entre una medición basada en el tráfico aleatorio y una medición basada en una secuencia binaria pseudoaleatoria

Suele ser conveniente utilizar, en lugar de una señal de tráfico de tipo aleatorio, una secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo-random binary sequence*). Pero, las mediciones de la fluctuación de fase efectuadas con esta señal de prueba tienden a arrojar resultados óptimos en comparación con una medición idéntica efectuada con una señal de tráfico, en la que el contenido de información es más aleatorio. Esta diferencia se debe a que la señal de tráfico, que suele ser de naturaleza no determinística, puede causar la generación de una gama casi infinita de amplitudes de fluctuación de fase mientras que, por su naturaleza cuasialeatoria, una secuencia binaria pseudoaleatoria sólo puede causar la generación de una gama finita de amplitudes de fluctuación de fase. Sobre la base de la experiencia práctica adquirida hasta la fecha, se ha determinado un factor de corrección que establece una relación entre ambos tipos de mediciones, pero es sumamente difícil dar un valor exacto para cada situación práctica concebible. Su valor real depende de muchos aspectos que están interrelacionados, como por ejemplo el periodo de medición, la longitud del sistema, el valor del factor Q del circuito de extracción de la temporización, la longitud de la secuencia y la presencia de aleatorizadores. Para relacionar una medición basada en el tráfico aleatorio (efectuada durante un intervalo relativamente corto) con una determinada secuencia binaria pseudoaleatoria es necesario utilizar los siguientes factores de corrección que se cree representan una buena opción práctica para la mayoría de las circunstancias:

- 1,5 para 2048 kbit/s y 8448 kbit/s (sobre la base de la utilización de una secuencia binaria pseudoaleatoria de $2^{15} - 1$ elementos generada de conformidad con la Recomendación O.151),
- 1,3 para 34 368 kbit/s y 139 264 kbit/s (sobre la base de la utilización de una secuencia binaria pseudoaleatoria de $2^{23} - 1$ elementos generada de conformidad con la Recomendación O.151).

Por lo tanto

$$\left[\begin{array}{l} \text{Amplitud de la fluctuación} \\ \text{de fase estimada cuando} \\ \text{se} \\ \text{transmite una señal} \\ \text{aleatoria} \\ \text{(tráfico)} \end{array} \right] = \text{Factor de corrección } X \left[\begin{array}{l} \text{Amplitud de la} \\ \text{fluctuación de fase} \\ \text{medida utilizando una} \\ \text{determinada secuencia} \\ \text{binaria pseudoaleatoria} \end{array} \right]$$

A.2 Contenido espectral de la secuencia binaria pseudoaleatoria

Por su propia naturaleza, la secuencia binaria pseudoaleatoria es cíclica y, en consecuencia, se caracteriza por un espectro de potencia formado por rayas espectrales regularmente espaciadas. Para lograr un resultado significativo, en el cual el error de medición sea aceptable, es necesario velar por que la secuencia binaria pseudoaleatoria utilizada en la medición de la fluctuación de fase a la salida tenga un contenido espectral adecuado dentro de la anchura de banda de la fluctuación de fase del sistema objeto de la medición. Se puede demostrar que la anchura de banda del espectro de la fluctuación de fase a la salida de una cadena de regeneradores digitales es una función del factor Q del circuito de extracción de la temporización y del número de regeneradores en serie [1].

Así pues: Anchura de banda de la fluctuación de fase = $\frac{f_1}{Q \times n}$ [Hz] para valores elevados de n

donde

f_1 es la frecuencia de la señal de temporización extraída de la señal entrante por el circuito de extracción de la temporización;

Q es el factor Q de un repetidor;

n es el número de repetidores en serie;

y

$$\text{Frecuencia de repetición PRBS} = \frac{f}{L} \text{ [Hz]}$$

donde

- f es la velocidad binaria;
- L es la longitud de la secuencia.

Para que el contenido espectral sea adecuado, la frecuencia de repetición del esquema ha de ser inferior a $\frac{1}{y}$ de la anchura de banda de la fluctuación de fase del sistema sometido a prueba. El valor de y queda en estudio:

Así

$$\frac{f}{L} \leq \frac{f_1}{y \times Q \times n}$$

y

$$L \geq y \times n \times Q \times \frac{f}{f_1}$$

Ejemplos

Para el código de línea B6ZS $f = f_1$ y $L \geq (y)(n)(Q)$

Para un código de línea cuaternario no redundante $\frac{f}{f_1} = \frac{2}{1}$ y $L \geq (y)(n)(Q)(2)$

Si el sistema utiliza un aleatorizador o una técnica de traducción de código (por ejemplo, 4B3T), habrá que tener esto en cuenta para reducir la longitud de la secuencia de prueba.

Anexo B

Acumulación de fluctuación de fase en redes digitales y directrices relativas

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

B.1 Acumulación de fluctuación de fase en redes digitales

B.1.1 Relaciones de acumulación de fluctuación de fase en el caso de equipos digitales homogéneos conectados en serie

B.1.1.1 Equipos de línea digital, sistemas radioeléctricos y de fibra óptica

Con este tipo de equipo, la relación aplicable depende críticamente del contenido de la señal transmitida, la realización física de la extracción de la temporización, la inclusión de un par aleatorizador/desaleatorizador, etc. Se han identificado varias relaciones.

B.1.1.1.1 Regeneradores homogéneos en serie

La mayoría de los repetidores digitales que se utilizan actualmente son totalmente regenerativos y tienen su propia temporización, o sea que la señal de salida es retemporizada bajo el control de una señal de temporización derivada de la señal entrante. La forma más significativa de fluctuación de fase tiene su origen en imperfecciones de los circuitos, que causan una fluctuación de fase dependiente de la secuencia de los impulsos en la señal digital que se transmite; esta forma se denomina fluctuación de fase dependiente del esquema de la señal. Los mecanismos que generan una fluctuación de fase dentro de un regenerador han sido extensamente estudiados y guardan principalmente relación con imperfecciones del circuito de extracción de la temporización.

Puesto que la fluctuación de fase dependiente del esquema de la señal procedente de secciones regeneradas, es el tipo dominante de fluctuación de fase en una red, debe examinarse la forma en que esta fluctuación se acumula. A efectos de la fluctuación de fase, un repetidor regenerador actúa como un filtro de paso bajo para la fluctuación de fase presente en la señal de entrada, pero también genera una fluctuación de fase, que puede representarse por una fuente adicional de fluctuación de fase en la entrada. Si esta fluctuación de fase adicional fuese verdaderamente aleatoria, como fluctuación de fase distinta de la dependiente del esquema de la señal, la fluctuación de fase media cuadrática total J_N presente en la señal digital tras N regeneradores estaría dada por la relación aproximada:

$$J_N = J \times \sqrt[4]{N}$$

donde J es la fluctuación de fase media cuadrática introducida por un solo regenerador y debida a fuentes de fluctuación de fase no correlacionadas. En esta ecuación se da por supuesto que la fluctuación de fase introducida por cada regenerador no está correlacionada.

Ahora bien, la mayor parte de la fluctuación de fase introducida por los regeneradores depende del esquema de la señal y puesto que el esquema es el mismo en cada regenerador, puede suponerse que cada regenerador introduce la misma fluctuación de fase en una cadena de regeneradores similares. En este caso, se puede demostrar que los componentes de baja frecuencia de la fluctuación de fase se suman linealmente, mientras que los componentes de frecuencias más altas son cada vez más atenuados por el efecto de filtro de paso bajo de los regeneradores sucesivos. Si se transmite una señal aleatoria, la fluctuación de fase media cuadrática J_N presente en la señal tras N regeneradores estaría dada por la relación aproximada:

$$J_N = J_1 \times \sqrt{2N} \text{ para valores grandes de } N$$

donde J_1 es la fluctuación de fase media cuadrática introducida por un solo regenerador, debida a mecanismos dependientes del esquema de la señal.

NOTAS

1 Sobre la base de la experiencia práctica adquirida hasta la fecha, pueden obtenerse para J_1 valores comprendidos entre 0,4 y 1,5% de un intervalo unitario utilizando diseños con una buena razón eficiencia/costo.

2 Si para la extracción de la temporización se utiliza un bucle de enganche de fase, la tasa de acumulación será marginalmente mayor, y vendrá dada por la relación aproximada:

$$J_N = J_1 \times \sqrt{2NA}$$

donde A es un factor que depende del número de regeneradores y del factor de amortiguamiento de los bucles de enganche de fase. En esta aplicación se suele escoger el parámetro A de modo que tenga una amplitud marginalmente mayor que la unidad.

3 La aplicación de recuperación de temporización utilizando un filtro de ondas acústicas de superficie transversal produce una tasa de acumulación que se aproxima a la obtenida para fuentes de fluctuación de fase no correlacionada. Esta acumulación de fluctuación de fase favorable se produce debido al gran retardo inherente que reduce la correlación entre la señal de temporización recuperada y el tren de datos. Por tanto, la fluctuación de fase que depende de un esquema sistemático es aleatorizada efectivamente y tiende a acumularse de una manera similar a la obtenida con respecto a las fuentes de fluctuación de fase no correlacionada. El único efecto secundario perceptible es una degradación marginal en la fluctuación de fase de alineación. Esta acumulación de fluctuación de fase favorable no es presentada por resonadores de ondas acústicas de superficie debido a su modo de funcionamiento diferente.

4 Los repetidores provistos de circuitos que comprenden transformaciones de esquemas representan efectivamente fuentes de fluctuación de fase no correlacionada que causan una acumulación de fluctuación de fase no sistemática. Por ejemplo, una transformación de esquemas basada en la adición de módulo 2 de una señal y su versión retardada (secuencia de Huffman) hace que la fluctuación de fase cuadrática media se acumule aproximadamente en proporción a la raíz cuarta del número de repetidores.

De las ecuaciones anteriores se extraen dos conclusiones importantes:

- la fluctuación de fase que depende del esquema de la señal se acumula más rápidamente que la que no depende de éste, cuando aumenta el número de regeneradores y
- la amplitud de la fluctuación de fase producida por una cadena de regeneradores aumenta indefinidamente cuando aumenta el número de regeneradores.

La fluctuación de fase producida por un esquema aleatorio es, por su propia naturaleza, aleatoria, y la función de distribución de la probabilidad de amplitud se considera próxima a la gaussiana. Por lo tanto, para una amplitud media cuadrática dada (desviación típica), puede calcularse la probabilidad de rebasar cualquier amplitud cresta a cresta escogida. A efectos de la especificación, suele darse por supuesto que la razón del valor cresta a cresta al valor medio cuadrático es de 12 a 15, con lo cual se obtiene un valor para el cual la probabilidad de ser rebasado es muy baja.

En cambio, cuando la señal que se transmite se compone de dos esquemas repetitivos que se alternan a baja frecuencia, la fluctuación de fase se presenta como una onda repetitiva de baja frecuencia con una amplitud proporcional al número de regeneradores, lo cual podría dar lugar a una amplitud muy grande de la fluctuación de fase. En esos casos, la amplitud máxima cresta a cresta de la fluctuación de fase (J_{NP}) se describe por la relación siguiente:

$$J_{NP} = d \times N$$

donde d es la fluctuación de fase sensible al esquema producida por un solo generador al que se aplican esquemas repetitivos alternos. Esta relación presupone que la frecuencia de repetición es lo suficientemente baja para que se establezcan regímenes estacionarios. El valor efectivo depende del esquema de señal utilizado.

Esta situación es muy poco probable en condiciones normales de explotación porque la señal transmitida se compone, por lo general, de tráfico procedente de varias fuentes distintas (aunque no necesariamente a la velocidad de línea primaria), junto con una señal de alineación de trama y dígitos de control de justificación, etc. Además, la probabilidad de que se produzcan esquemas fijos puede reducirse aún más utilizando aleatorizadores digitales, que tienden a aleatorizar la señal.

Sistemas de línea digital y sistemas radio digitales homogéneos, conectados en serie, sistemas radioeléctricos y de fibra óptica provistos de aleatorizadores y reductores de la fluctuación de fase

Debe examinarse la posibilidad de incluir un par de aleatorizador/desaleatorizador en un sistema de línea digital o un sistema radio digital cuando esos sistemas homogéneos se conectan en serie. En tales situaciones, la fluctuación de fase aportada a cada sistema no está correlacionada y, por lo tanto, se observa que se acumula proporcionalmente a la raíz cuarta del número de sistemas conectados en serie. Así pues, la fluctuación de fase media cuadrática, J_M , presente en la señal digital después de M sistemas de línea digital o radio digitales está dada por la relación aproximada:

$$J_M = J_S \times \sqrt[4]{KM}$$

donde J_S es la fluctuación de fase media cuadrática producida por un sólo sistema y K es una constante con un valor entre 1 y 2. Para valores grandes de M , $K = 2$.

Cuando se utilizan reductores de la fluctuación de fase además de aleatorizadores, la misma relación de acumulación pudiera ser aplicable, pero el valor de J_S se reduce apreciablemente. En estas circunstancias, la fluctuación de fase media cuadrática, J_S , está dada por la relación aproximada siguiente:

$$J_S \approx 2N J \sqrt{\frac{f_c}{B}} \text{ para valores grandes de } N$$

donde J es la fluctuación de fase media cuadrática de un solo regenerador, N el número de regeneradores en serie, f_c la frecuencia de corte del reductor de fluctuación de fase, y B la semianchura de banda de un sólo regenerador:

$$\frac{W}{H} = \frac{w_0}{2Q}$$

NOTA – Será preciso seguir estudiando la validez de las relaciones indicadas en la presente subcláusula, sobre todo en caso de que se hayan incorporado reductores de fluctuación de fase, pues el grado de aleatorización producido por la longitud de aleatorizador que suele considerarse aceptable puede no ser suficiente para garantizar que las aportaciones de fluctuación de fase, dentro de la anchura de banda de las funciones de transferencia de la fluctuación de fase esperadas, no estén correlacionadas hasta el punto de la acumulación según una ley de raíz cuarta sea dominante.

B.1.1.2 Equipos multiplexores-demultiplexores (múldex)

Con este tipo de equipo, el único tipo de fluctuación de fase que tiene probabilidades de acumularse en grado significativo es la fluctuación de fase del tiempo de espera, variable, de baja frecuencia que puede tener componentes a frecuencias comprendidas en la banda de paso del bucle de enganche de fase de los demultiplexores. Cabe prever que la acumulación de la fluctuación de fase del tiempo de espera se produzca a una frecuencia comprendida entre:

$$\sqrt[4]{N} \text{ y } \sqrt[2]{N},$$

donde N es el número de pares de multiplexadores/demultiplexadores en serie

Hacen falta nuevos estudios para determinar una relación más exacta.

B.2 Directrices sobre la aplicación práctica de las relaciones de acumulación de fluctuación de fase en una red digital

Quedan en estudio estos aspectos.

Anexo C

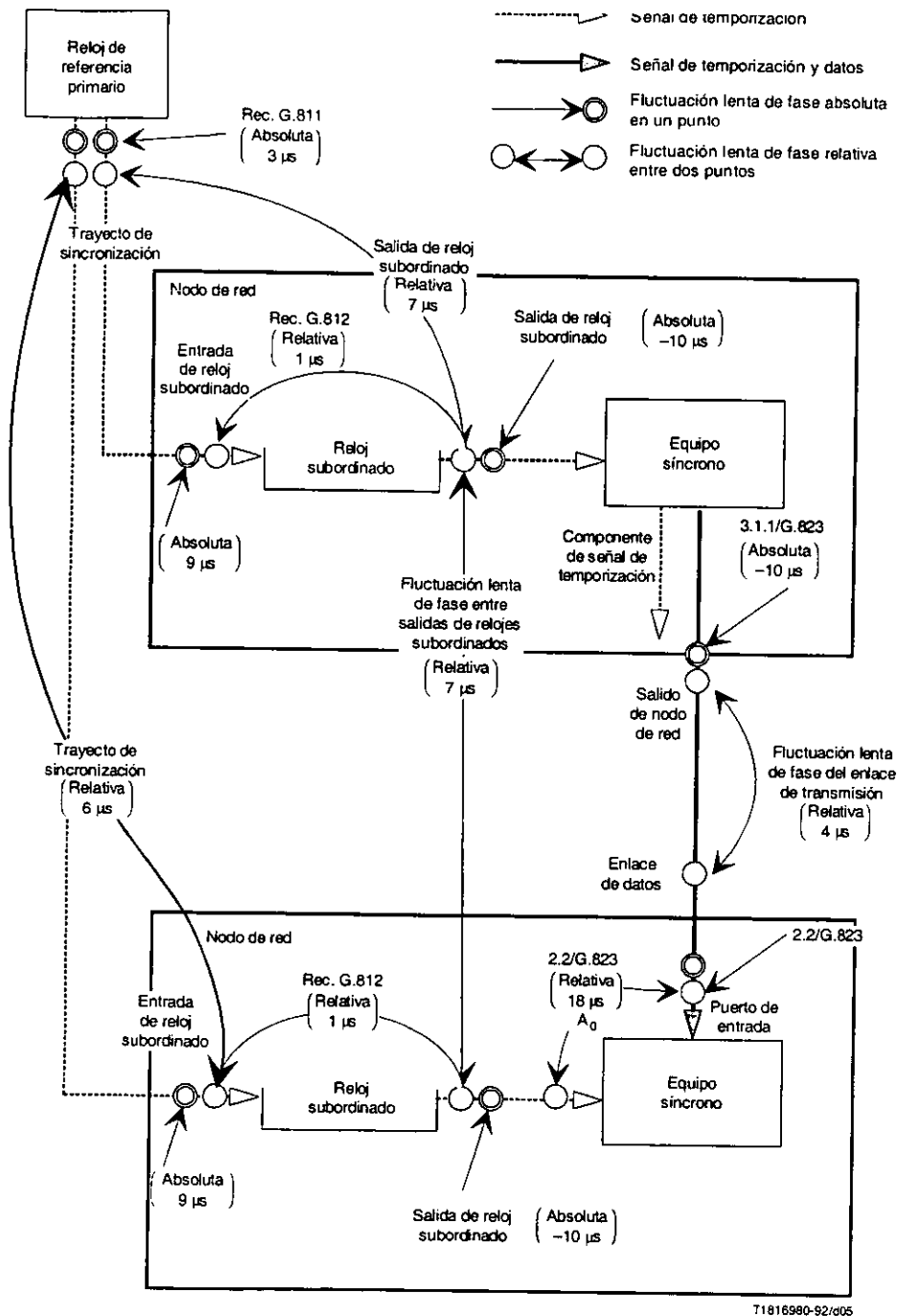
Modelo de referencia de la fluctuación lenta de fase para nodos de red

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

En la Figura 3.5 se muestra un modelo de referencia de la fluctuación lenta de fase para nodos de red que explica el valor A_0 .

En este modelo se establecen las siguientes hipótesis:

- desviación lenta de fase relativa máxima en los nodos de la red: 18 μs ;
- MTIE de un reloj de referencia primario: 3 μs , como en la Recomendación G.811;
- MTIE a la salida de un nodo de red: 10 μs , como en la presente Recomendación y en la Recomendación G.824;
- desviación lenta de fase relativa máxima en relojes subordinados: 1 μs , como en la Recomendación G.812.



NOTA - En esta figura se supone el caso más desfavorable de adición lineal de fluctuación lenta de fase. Sin embargo, un análisis más preciso de la acumulación de fluctuación lenta de fase indica que esta hipótesis puede ser pesimista. Esto queda en estudio.

FIGURA 3.5.
 Modelo de referencia de la fluctuación lenta de fase

CARACTERÍSTICA DE ERROR DE UNA CONEXIÓN DIGITAL INTERNACIONAL QUE FUNCIONA A UNA VELOCIDAD BINARIA INFERIOR A LA VELOCIDAD PRIMARIA Y FORMA PARTE DE UNA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

(Ginebra, 1980; revisada en 1996)

Alcance

La presente Recomendación especifica eventos, parámetros y objetivos de la característica de error de conexiones digitales con conmutación de circuitos a $N \times 64$ kbit/s ($1 \leq N \leq 24$ ó ≤ 31 respectivamente) utilizadas para tráfico vocal o como un "canal portador" para servicios de datos.

Conexiones digitales

Los objetivos de calidad de funcionamiento se indican para cada sentido de una conexión con conmutación de circuitos a $N \times 64$ kbit/s ($1 \leq N \leq 24$ ó ≤ 31 respectivamente) utilizada para tráfico vocal o como "canal portador" para servicios de datos.

La Recomendación I.325 contiene configuraciones de referencia para los tipos de conexiones de la RDSI enumerados en la Recomendación I.340. En el contexto de la característica de error de tipos de conexiones con conmutación de circuitos a 64 kbit/s y la asignación de la calidad de funcionamiento a los elementos de la conexión, en la Figura 3.6 se muestra una configuración ficticia de referencia (HRX) totalmente digital, que abarca una longitud total de 27 500 km.

Eventos y parámetros de característica de error

• Eventos

Los parámetros de característica de error se obtienen a partir de los siguientes eventos:

- **segundo con errores (ES):** Es un periodo de un segundo en el cual uno o más bits son erróneos.
- **segundo con muchos errores (SES):** Es un periodo de un segundo que tiene una tasa de errores en los bits $\geq 1,10^{-3}$.
- **Parámetros**

Cabe señalar que el tiempo de observación total (S_{total}) se divide en dos partes, a saber, el tiempo durante el cual se considera que la conexión está indisponible (S_{avail}) y el tiempo en la que está indisponible ($S_{unavail}$). La característica de error sólo se debe evaluar mientras la conexión está en el estado de disponibilidad. Véanse los Anexos A y B.

Los parámetros son:

- **tasa de segundos con error (ESR):** La relación entre ES y los segundos totales en el tiempo de disponibilidad durante un intervalo de medición fijo.
- **tasa de segundos con muchos errores (SESR):** La relación entre SES y los segundos totales del tiempo de disponibilidad durante un intervalo de medición fijo.

• Funciones de los objetivos de característica de error

La finalidad de los objetivos de calidad de funcionamiento es cumplir dos funciones principales:

- a) dar al usuario de redes digitales nacionales e internacionales una indicación de la característica de error prevista en condiciones reales de funcionamiento, facilitando así la planificación del servicio y el diseño de equipos terminales;
- b) servir de base para formular normas de calidad de funcionamiento para equipos y sistemas de transmisión en una conexión de la RDSI.

Los objetivos de calidad de funcionamiento representan un compromiso entre el deseo de satisfacer las necesidades de servicios y la exigencia de realizar sistemas de transmisión que tengan en cuenta las restricciones económicas y técnicas. Aunque los objetivos de calidad de funcionamiento se establecen para adaptarse a las necesidades de diferentes servicios, están destinados a representar un solo nivel de calidad de transmisión.

Como los objetivos de calidad de funcionamiento pretenden satisfacer las necesidades de la red digital, hay que reconocer que tales objetivos no pueden ser cumplidos fácilmente por todos los equipos y sistemas digitales existentes. Sin embargo, el propósito es establecer objetivos de diseño de equipos que sean compatibles con los objetivos de la presente Recomendación.

Se encarece además que todas las tecnologías, dondequiera que aparezcan en la red, se deben diseñar de preferencia para normas mejores que las indicadas en este documento con el fin de minimizar la posibilidad de rebasar los objetivos de extremo a extremo en un número importante de conexiones reales.

Los objetivos se relacionan con una conexión muy larga y como se reconoce que una gran proporción de las conexiones internacionales reales son más cortas, se prevé que una proporción importante de conexiones reales ofrecerán una calidad de funcionamiento mejor que el valor límite indicado en la cláusula 5. Por otra parte, en un pequeño porcentaje, las conexiones serán más largas y en este caso pueden rebasar los márgenes indicados en la presente Recomendación.

NOTA - Los deslizamientos controlados, que pueden ser percibidos como ráfagas de errores cortas, no se incluyen en los cálculos de los objetivos de características de error de la presente Recomendación. Por consiguiente, los usuarios deben saber que las mediciones de la característica de error que incluyen los efectos de deslizamientos controlados pueden producir una calidad de funcionamiento más degradada que la indicada por la presente Recomendación. Los usuarios deben consultar la Recomendación G.822, que especifica los objetivos de tasa de deslizamientos controlados, para la orientación para estimar los posibles efectos en sus aplicaciones.

Los objetivos de característica de error se aplican a conexiones con conmutación de circuitos a $N \times 64$ kbit/s.

Sin embargo, se reconoce en situaciones reales, los objetivos de esta Recomendación tendrán que ser evaluados a partir de mediciones hechas en trayectos que funcionan a velocidades binarias más altas. Para ello, se utilizará la Recomendación G.826, que especifica objetivos de característica de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funcionan a la velocidad primaria o a velocidades superiores.

Objetivos de calidad de funcionamiento

Los objetivos de calidad de funcionamiento para una conexión RDSI internacional se muestran en el Cuadro 1/G821. Se pretende que las conexiones RDSI internacionales satisfagan todos los requisitos de dicho cuadro. La conexión no satisfará el objetivo si no se cumplen cualquiera de los requisitos.

cuadro 1/G.821

Objetivos de característica de error para conexiones RDSI internacionales

Clasificación de la característica	Objetivo (Notas 1, 2)
Tasa de segundos con muchos errores	< 0,002
Tasa de segundos con error	< 0,08

NOTAS

1 Las tasas se calculan durante el tiempo de disponibilidad. No se ha especificado el tiempo de observación porque el periodo puede depender de la aplicación. Se sugiere como referencia un periodo del orden de un mes cualquiera.

2 El Anexo B ilustra cómo se debe evaluar la calidad de funcionamiento global.

Asignación de objetivos globales

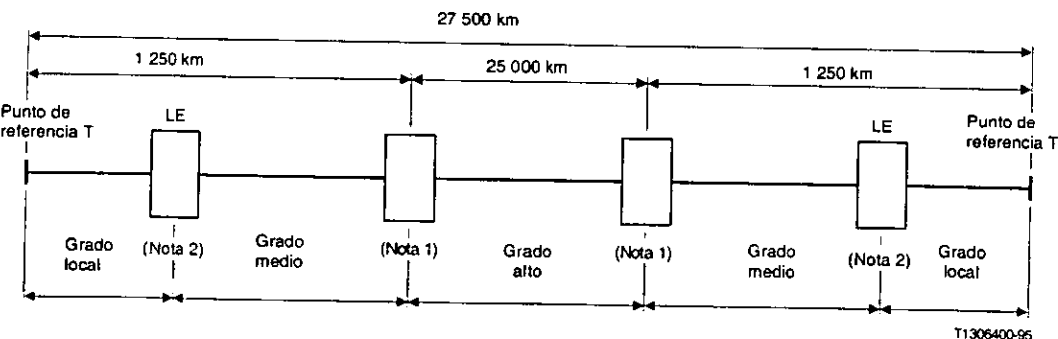
Dado que los objetivos indicados se aplican a una conexión completa, es necesario subdividirlos en sus partes componentes. En esta cláusula se exponen los principios básicos y el método utilizados para la distribución de los objetivos de calidad de funcionamiento.

El principio de distribución global se basa en la utilización de dos métodos ligeramente diferentes, uno aplicable a los segundos con errores y el otro aplicable a los segundos con muchos errores.

• Principios básicos de distribución

La distribución se basa en la hipótesis de que se utilizan sistemas de transmisión cuyas propiedades corresponden a una de un número limitado de categorías diferentes.

Se han establecido tres clasificaciones distintas de la calidad representativa de circuitos reales de transmisión digital, que son independientes de los sistemas de transmisión utilizados. Estas categorías se denominan grado local, grado medio y grado alto, y en general su empleo tiende a depender de su ubicación en la red (véase la Figura 3.6).



- NOTAS
- 1 No es posible ofrecer una definición de la ubicación de la frontera entre las partes de grado medio y alto de la conexión ficticia de referencia. La Nota 4 al Cuadro 2 ofrece más aclaraciones de este punto.
 - 2 LE designa la central local (*local exchange*) o un punto equivalente.

T1306400-95

figura 3.6

Delimitación de la calidad del circuito en la conexión ficticia de referencia de mayor longitud

La distribución de la degradación permitida se indica en el Cuadro 2/G821, y en las subcláusulas siguientes, los objetivos de calidad de funcionamiento de red obtenidos.

Se aplican las siguientes hipótesis generales al método de distribución:

al distribuir los objetivos entre los elementos componentes de una conexión, se subdividen las tasas ESR y SESR;

- no se subdivide el umbral de tasa de errores;
- se aplica una distribución igual de los objetivos para los segundos con errores;
- no se tienen en cuenta la contribución de errores de elementos de conmutación digitales o de equipos múltiplex digitales porque es despreciable en comparación con la contribución de los sistemas de transmisión.

Se consideran que estas categorías de calidad para las diferentes partes de la conexión representan la situación de una gran proporción de conexiones internacionales reales. Las administraciones son libres de utilizar cualesquiera sistemas de transmisión que deseen con sus propias redes y se consideran que estas otras configuraciones son completamente aceptables a condición de que la calidad de funcionamiento global del tramo nacional no sea peor que lo sería si se empleasen las configuraciones normalizadas por el UIT-T.

Cabe señalar que un pequeño porcentaje de conexiones serán más largas que la HRX de 27 500 km. Por definición, la parte de la conexión que exceda de esta longitud se transportará por circuitos de grado alto, por lo que la cantidad en que estas conexiones exceden del margen total previsto en la presente Recomendación será proporcional a la cantidad por la cual se rebasa la sección de 25 000 kilómetros. Las administraciones deben observar que si en las realizaciones reales se pueden mejorar los límites de calidad de funcionamiento indicados en las distintas clasificaciones, la ocurrencia de estas situaciones podrá reducirse considerablemente.

Cuadro 2/G.821

Distribución de los objetivos para las tres categorías de circuitos (Nota 1)

Clasificación del circuito	Distribución de los objetivos del Cuadro 1
Grado local (2 extremos)	15% del margen global a cada extremo (Notas 2, 5 y 6)
Grado medio (2 extremos)	15% del margen global a cada extremo (Notas 3, 5 y 6)
Grado alto	40% (equivalente a una calidad conceptual de 0,0016% por km para 25 000 km (Notas 4, 7 y 8))

NOTAS

- 1 El principio de distribución indicado en este Cuadro es aplicable a ESR y a la mitad de SESR
- 2 Se considera que la asignación de grado local constituye un margen global, esto es, un margen para esa parte de la conexión, independientemente de la longitud.
- 3 Se considera que la asignación de grado medio constituye un margen global, esto es, un margen para esa parte de la conexión, independientemente de la longitud. La longitud real de la parte de grado medio de la conexión variará considerablemente de un país a otro. Los sistemas de transmisión de esta categoría presentarán una variación de la calidad comprendida entre las otras categorías.
- 4 La asignación de grado alto se divide en función de la longitud, obteniéndose una asignación conceptual por kilómetro que puede utilizarse para determinar un margen global para un modelo de red definido (por ejemplo, enlace digital ficticio de referencia). Para fines de planificación de enlaces en los modelos de red, puede utilizarse márgenes de enlace basados en el número de secciones de 280 km (longitud nominal), en vez de la asignación por kilómetro estipulada en esta Recomendación. Para secciones más largas, que no son múltiplos enteros exactos de 280 km, se utiliza el múltiplo entero superior siguiente.
- 5 Se permiten tramos con grado local y grado medio para cubrir los primeros 1250 kilómetros del circuito desde el punto de referencia T hasta la red. Por ejemplo en los países de gran extensión, este tramo del circuito sólo puede llegar al centro primario mientras que en países pequeños puede llegar hasta los centros secundario, terciario o el centro de conmutación internacional.
- 6 Las administraciones pueden asignar los márgenes globales para los tramos de grado local y medio de la conexión según sea necesario dentro de un margen total del 30% para cualquier extremo de la conexión.
- 7 Entendiéndose que la característica de error de un sistema de satélite es muy independiente de la distancia, se asigna un margen total del 20% de los objetivos de segundos con errores permitidos a un HRDP por satélite utilizado en el tramo de alto grado de la HRX.
- 8 Si el tramo de alto grado de una conexión comprende un sistema de satélite y la distancia restante incluida en esta categoría excede de 12 500 kilómetros o si el tramo de alto grado de una conexión sin satélites excede de 25 000 kilómetros, se pueden rebasar los objetivos de la presente Recomendación. Estas conexiones se consideran relativamente raras, por lo que se continúan los estudios para investigar esta circunstancia. A este respecto resulta útil el concepto de distancia equivalente por satélite (la longitud de un trayecto terrenal equivalente) y se ha observado que cabe esperar un valor comprendido entre 10 000 y 13 000 kilómetros.
- 9 No se indican requisitos específicos para las instalaciones en los locales de abonado, entre el punto de referencia T y el equipo terminal. Sin embargo, el equipo de abonado se debe elegir cuidadosamente puesto que la calidad de funcionamiento global de la conexión depende en gran medida no sólo del funcionamiento de la red, sino también de la calidad de la instalación terminal.

• Método de distribución de los segundos con errores

En el Cuadro 2 se muestra la distribución de la degradación permitida, es decir, ESR de 0,08. En el Cuadro 3 se muestran los objetivos de calidad de funcionamiento de red conexos.

Cuadro 3/G.821

Distribución del objetivo de tasa de segundos con errores

Clasificación del circuito	Objetivos de calidad de funcionamiento de la red ESR
Grado local	0,012
Grado medio	0,012
Grado alto	0,032

• Método de distribución de los segundos con muchos errores

La atribución total de SESR de 0,002 se subdivide en las tres categorías de circuitos (es decir, de grado local, de grado medio, de grado alto) como sigue:

- a) La SESR de 0,001 se divide entre las tres categorías de circuito en la misma proporción adoptada para los otros objetivos. Los resultados se muestran en el Cuadro 4/G821.

Cuadro 4/G.821

Distribución del objetivo de segundos con muchos errores

Clasificación del circuito	Distribución de los objetivos de segundos con muchos errores
Grado local	0,00015 del margen global a cada extremo
Grado medio	0,00015 del margen global a cada extremo
Grado alto	0,0004

NOTAS

- 1 Para los sistemas de transmisión correspondientes a la categoría de grado alto, cada tramo de 2500 km no podrá contribuir con más de SESR de 0,00004.
- 2 Para un HRDP por satélite que funciona en el tramo de grado alto hay un margen global de SESR de 0,0002.

b) LA SESR restante de 0,001 es un margen global para las categorías de grado medio y alto con miras a tener en cuenta las condiciones de red adversas que se experimentan ocasionalmente (es decir, el mes más desfavorable del año) en los sistemas de transmisión. Dado el carácter estadístico de los efectos del mes más desfavorable en una conexión mundial, se considera que los siguientes márgenes son consecuentes con el valor total de SESR de 0,001:

- SESR de 0,0005 a un HRDP de 2500 km para sistemas de radioenlaces que se pueden utilizar en el tramo de la conexión de grado alto y de grado medio.
- SESR de 0,0001 para un HRDP por satélite.

Anexo A

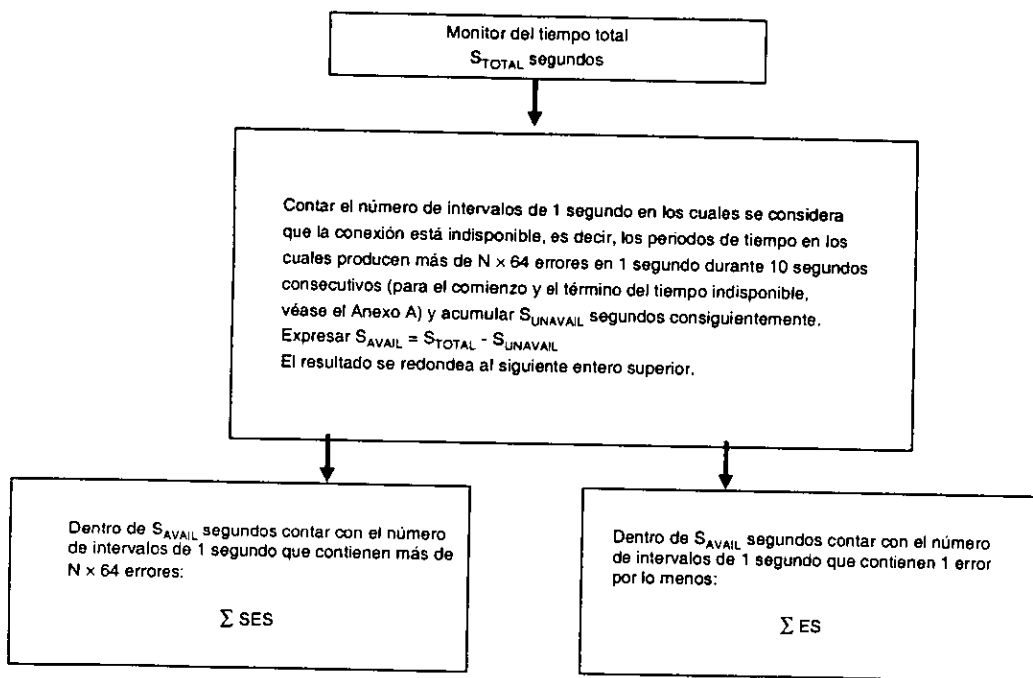
Tiempo de disponibilidad y de indisponibilidad

Un periodo de tiempo de indisponibilidad comienza cuando la tasa de errores en los bits (BER) en cada segundo es peor que 1×10^{-3} durante diez segundos consecutivos. Se considera que estos diez segundos son tiempo de indisponibilidad. Un nuevo periodo de tiempo de disponibilidad comienza con el primer segundo de un periodo de diez segundos consecutivos cada uno de los cuales tiene una BER mejor que 10^{-3} .

En las Recomendaciones de la serie E.800 figuran las definiciones relativas a la disponibilidad.

Anexo B

Directrices para la interpretación del Cuadro 5/G.821



T1306410-95

Clasificación de la característica (véase el Cuadro 1/G.821)	Objetivo
SESR	$\frac{\sum SES}{S_{Avail}} < 0.002$
ESR	$\frac{\sum ES}{S_{Avail}} < 0.08$

NOTA - $1 \leq N \leq 24$ ó $6 \leq 31$ respectivamente.

Apéndice I

Discrepancias entre las Recomendaciones G.821 y G.826

I.1 Introducción

En este apéndice se comparan los objetivos y asignaciones de calidad de funcionamiento de las Recomendaciones G.821 y G.826.

I.2 Comparación de las definiciones y objetivos de SES

a) Criterios para declarar un SES

- La Recomendación G.821 define una condición de SES a $N \times 64$ kbit/s cuando la tasa de errores en los bits es 1×10^{-3} .
- La Recomendación G.826 define una condición de SES cuando el número de bloques con errores es 30% y se detectan determinados defectos.

Cabe señalar que los criterios no equivalen directamente. La relación entre los dos depende del tamaño del bloque, de la estructura de los errores en los bits, etc.

Dada la indicación anterior sobre la relación de los eventos de SES, se deben armonizar los objetivos de las Recomendaciones G.821 y G.826, de modo que un canal a 64 kbit/s transmitido por un trayecto de orden más alto que cumple los objetivos de SES de la Recomendación G.826 cumpla los objetivos de SES especificados en la Recomendación G.821.

b) Comparación de los objetivos de SES y principios de distribución

Ambas Recomendaciones tienen un objetivo de SES para un HRX/HRP de 27 500 km de 0,002. Sin embargo, el método de distribución difiere.

La Recomendación G.821 atribuye el 0,001 inicial según el Cuadro 4/G821 y "el 0,001 restante es un margen global para las categorías de grado medio y alto para tener en cuenta las condiciones de red adversas ocasionalmente experimentadas (o sea, el mes más desfavorable del año) en los sistemas de transmisión". La repercusión es que este 0,001 adicional es para tener en cuenta el desvanecimiento de sistemas de radioenlaces y de satélite y no debe asignarse para sistemas de fibra o cable coaxial.

La Recomendación G.826 asigna el total de 0,002 del margen de SESR al HRP de 27 500 km utilizando la metodología especificada en 6.2. No se indica ningún margen especial para tramos radioeléctricos y la asignación para un salto por satélite es mucho mayor que la asignación de la Recomendación G.821. Los Cuadros 6 y 7 /G821 ilustran estas diferencias en las asignaciones del SES entre ambas Recomendaciones.

Cuadro 6/G.821

Comparación de la asignación de objetivos de SESR al tramo internacional del HRX/HRP (en la hipótesis de que no haya radioenlaces ni satélites en la conexión)

Recomendación G.821 Objetivos de SESR para el trayecto internacional de 25 000 km (grado alto)	Recomendación G.826 Objetivo de SESR para un trayecto internacional de 25 000 km (suponiendo cuatro países de tránsito)
$0,4 \times 0,001 = 0,0004$	$0,6 \times 0,002 = 0,0012$
Lo anterior equivale a < 35 SES/24 horas (promediado en el mes)	Lo anterior equivale a < 101 SES/24 horas (promediado en el mes)

CUADRO 7/G.821

Comparación de la asignación de SES a un tramo por satélite

Recomendación G.821	Recomendación G.826
Asignación inicial = $20\% \times 0,001 = 0,0002$	Asignación de $35\% \times 0,002 = 0,0007$
Asignación al mes más desfavorable = 0,0001	
Asignación total = 0,0003	

Los cuadros anteriores muestran las diferencias de los objetivos y asignaciones entre ambas Recomendaciones.

I.3 Comparación de objetivos de tasa de segundos con error

El siguiente Cuadro I.2 muestra cómo la asignación de la Recomendación G.821 para el tramo internacional de un circuito a 64 kbit/s es mayor que la asignación de la Recomendación G.826 para velocidades binarias de hasta 15 Mbit/s.

CUADRO 8/G.821

Comparación de objetivos de tasa de segundos con error

Recomendación G.821 Asignación de ESR a un tramo internacional de 25 000 km	Recomendación G.826 Asignación de ESR a un tramo internacional de 25 000 km
Velocidad binaria a 64 kbit/s $8 \times 0,004 = 0,032$	Velocidad binaria 1,5 - 5 Mbit/s $4 \times 0,006 = 0,024$
	Velocidad binaria 5 - 15 Mbit/s $5 \times 0,006 = 0,03$
	Velocidad binaria 15 - 55 Mbit/s $7,5 \times 0,006 = 0,045$
	Velocidad binaria 55 - 150 Mbit/s $16 \times 0,006 = 0,096$

En la hipótesis de que el tramo internacional de una conexión a 64 kbit/s se transmita por un sistema a velocidad binaria más alta, es lógico prever que la asignación de ES para un canal a 64 kbit/s sería igual o menor (normalmente menor) que los objetivos de asignación de ES a velocidades más altas en la Recomendación G.826. Esta discrepancia puede causar una confusión considerable y tiene que resolverse en el trabajo futuro sobre las dos Recomendaciones.

Se pudiera suponer que cabe esperar un número más alto de segundos con error en una conexión conmutada, aunque la Recomendación G.821 dice "No se tiene en cuenta la contribución de errores de los elementos de conmutación digital o del equipo multiplex digital porque es despreciable en comparación con la contribución de los sistemas de transmisión". Debe señalarse también que en la Recomendación G.826 se asigna un 2% adicional de los objetivos de extremo a extremo a las conexiones de tránsito para tener en cuenta la complejidad adicional del circuito.

PUESTA EN SERVICIO DE TRAYECTOS, SECCIONES Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITALES INTERNACIONALES¹⁾

(Rec. M.555, Melbourne, 1988; revisada y renumerada en 1992)

Resumen

Esta Recomendación trata de la puesta en servicio de secciones, trayectos y sistemas de transmisión digitales internacionales, con o sin supervisión en servicio.

Palabras clave

- procedimientos de puesta en servicio;
- supervisión en servicio;
- intercambio de información para la BIS;
- mediciones iniciales;
- sección digital;
- trayecto digital;
- sistema de transmisión digital.

Abreviaturas:

BIS	Puesta en servicio (<i>bringing-into-service</i>)
CRC	Verificación por redundancia cíclica (<i>cyclic redundancy check</i>)
ES	Segundo con error (<i>errored second</i>)
ISM	Supervisión en servicio (<i>in-service monitoring</i>)
SES	Segundo con muchos errores (<i>severely errored second</i>)

Generalidades

La presente Recomendación se refiere a la puesta en servicio de los trayectos, secciones y sistemas de transmisión digitales internacionales. Esto entraña la intervención de la estación directora y la estación subdirectora cuyas funciones se especifican en las Recomendaciones M.80 [2] y M.90 [3]. A estas operaciones se aplican diversas medidas técnicas y administrativas. Tales medidas son diferentes de los procedimientos de aceptación del equipo (puesta en servicio inicial) que se derivan del contrato con el suministrador (interno o externo a la Administración).

En esta Recomendación se hace una distinción entre los procedimientos de BIS con y sin supervisión en servicio. Si no hay capacidades de supervisión en servicio, las mediciones iniciales constituyen el único medio de comprobar operaciones sin perturbar el tráfico. Antes de pasar tráfico a las entidades correspondientes no debe existir ninguna duda en cuanto a su calidad de funcionamiento.

Si es posible llevar a cabo mediciones en servicio; por ejemplo, si existe CRC u otro mecanismo similar, las mediciones de BIS sin tráfico pueden reducirse siempre que se preste especial atención a la entidad cuando se vaya a poner en funcionamiento por primera vez.

Con miras a la cooperación internacional, basta con considerar en cada país dos clases de estaciones de transconexión:

- a) las estaciones que ejercen funciones directoras, esto es, las estaciones directoras o subdirectoras de trayecto digital;
- b) las estaciones más próximas a la frontera. En la presente Recomendación, estas estaciones se denominan estaciones fronterizas.

El servicio técnico debe indicar el encaminamiento que ha de utilizarse y se puede aplicar el método indicado en la Recomendación M.570

¹⁾ En esta Recomendación los términos «trayecto», «sección» y «sistema de transmisión» se entienden digitales.

La información sobre designaciones necesaria para la estación directora se especifica en la Recomendación M.1400.

La estación directora establecerá el formulario de encaminamiento para la totalidad del bloque o trayecto, teniendo en cuenta las indicaciones que facilite su servicio técnico, y cada estación subdirectora para las secciones de las que sean respectivamente responsables.

Las estaciones directoras para cada extremo de un trayecto, etc., internacional deben coordinar sus actividades en los dos sentidos de transmisión.

Dichas actividades son las siguientes:

- comprobar que la información de designación es coherente en ambas Administraciones,
- asegurar que la estación directora y las estaciones subdirectoras participantes reciben las órdenes de trabajo,
- asegurar que el trabajo se lleva a cabo,
- tomar nota de las dificultades y comunicarlas a los departamentos pertinentes para que actúen en consecuencia,
- fijar las fechas de mediciones iniciales,
- determinar los límites de BIS, de acuerdo con la Recomendación M.2100,
- coordinar las mediciones,
- recopilar los resultados de las mediciones y declarar si se satisfacen o no los requisitos, de acuerdo con las otras estaciones directoras,
- establecer las disposiciones adecuadas para la localización de averías si las mediciones iniciales no satisfacen los requisitos,
- asegurar que los medios para la ISM, de haberla, son operativos,
- distribuir los formularios de BIS completados,
- validar las bases de datos (bases de datos configuración de la red, de descripción y mantenimiento),
- declarar la entidad, «en servicio».

Mediciones iniciales de un sistema de transmisión digital

Generalidades

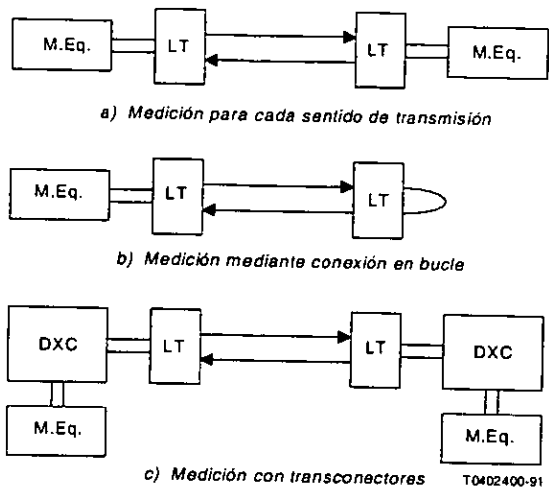
En el resto de la presente Recomendación se supone que el sistema de transmisión ya ha sido objeto de las comprobaciones estipuladas en el contrato suscrito entre la Administración y el suministrador del equipo (márgenes, supervisión del funcionamiento del equipo; etc.).

El objeto de estas mediciones es asegurar el correcto funcionamiento del sistema de transmisión desde el punto de vista del servicio y constituir una referencia para las operaciones de mantenimiento.

Mediciones

Las mediciones iniciales en el sistema de transmisión se realizarán de terminal a terminal, utilizando instrumentos con una secuencia de bits pseudoaleatoria simple o una secuencia de bits pseudoaleatoria entramada, de conformidad con la Recomendación O.151. Para este tipo de medición se recomienda emplear una secuencia de bits pseudoaleatoria entramada.

La medición debe llevarse a cabo con algunos de los montajes indicados en la figura 3.7



LT Terminal de línea (line terminal)
 DXC Transconector digital (digital cross connect)
 M.Eq. Aparato de medidas (measurement equipment)

FIGURA 3.7 .
 Configuración para la medición de una sección de línea digital

Las mediciones deben realizarse durante el periodo de medición mínimo inicial indicado en la Recomendación M.2100. Este lapso debe incluir periodos de trabajo para asegurar que se detecta cualquier problema de perturbación relacionado con actividades industriales²⁾.

Una vez finalizado el periodo inicial de las mediciones, los resultados se compararán con los umbrales S1 y S2 de la asignación a sección de línea de la Recomendación M.2100 esto ha de hacerse para cada uno de los parámetros.

- Si todos los valores obtenidos en las mediciones correspondientes a los parámetros son inferiores a sus umbrales S1 respectivos, la BIS puede declararse sin reserva.
- Si el valor medido de cualquier parámetro es superior al umbral S2 del parámetro, la BIS no puede declararse y debe llevarse a cabo el procedimiento de localización de averías indicado en la Recomendación M.2120.
- Si algunos de los valores obtenidos en las mediciones correspondientes a los parámetros están comprendidos entre los umbrales S1 y S2 y otros están por debajo de su umbral S1, la medición debe ampliarse a un segundo periodo. Si cada uno de los valores obtenidos en las mediciones correspondientes a los parámetros son inferiores a sus umbrales S1 respectivos, puede declararse la BIS. De no ser así, debe llevarse a cabo un proceso de localización de averías.

²⁾ Actividad industrial es un término informal que recoge todo lo que pueda repercutir en el sistema de transmisión, desde actuaciones de mantenimiento en otros equipos hasta violaciones causadas por vehículos próximos.

Si se realizan mediciones mediante conexión en bucle, solo deben considerarse los valores S1 y S2 en un sentido de transmisión. En estas condiciones, es imposible determinar la distribución de la degradación entre los dos sentidos. Si el resultado de la medición no es aceptable, habrá que volver a efectuarla, esta vez por el método de las mediciones separadas para cada sentido de transmisión.

La estación directora puede siempre decidir detener una medición cuando sea evidente que se ha cruzado un umbral de límite.

Establecimiento y pruebas iniciales de un trayecto digital internacional

Establecimiento del trayecto

Una vez acordada la ruta, la estación directora del trayecto (de orden n) dirigirá las operaciones necesarias para establecer el trayecto.

Todas las estaciones de repetidores interesadas (esto es, las situadas en los extremos de cada una de las secciones que constituirán el trayecto digital), efectuarán pruebas de establecimiento y verificación de los equipos que van a utilizarse.

Cada país establece la parte nacional que está en su territorio; las estaciones situadas en los extremos de la sección de esos dos países (generalmente las estaciones fronterizas) establecen cada sección internacional y se interconectan, según convenga la sección internacional y las nacionales. Una vez efectuadas las conexiones, las estaciones subdirectorales interesadas lo comunican a la estación directora.

El procedimiento en un trayecto digital internacional de orden n se basa en las siguientes pruebas progresivas de sus secciones componentes:

- secciones nacionales e internacionales;
- secciones combinadas (la conexión de secciones nacionales e internacionales);
- trayecto global (la conexión de secciones combinadas).

Pruebas iniciales del trayecto digital

Determinación de los límites para la BIS

La orden de trabajo para el establecimiento del trayecto indica la composición del mismo. A partir de esta información es posible calcular la asignación del trayecto aplicando los principios indicados en la Recomendación M.2100.

Velocidad primaria internacional

La duración de la medición vendrá determinada por las condiciones de funcionamiento del trayecto explicadas a continuación. Esta duración, junto con el valor de la asignación del trayecto, dará dos límites, S1 y S2, que se presentan en el cuadro 10/M.2100. Estos límites se obtienen como se describe en el § 2.6 de la Recomendación M.2100.

Consideraciones generales acerca del procedimiento de prueba de BIS

El procedimiento de prueba de BIS se puede dividir de la siguiente manera:

Etapas

Las mediciones iniciales se deben llevar a cabo durante un periodo de 15 minutos, utilizando un aparato de medidas con una secuencia de bits pseudoaleatoria (preferiblemente entramada) de acuerdo con la Recomendación O.151.

Durante este periodo de 15 minutos, no se deberá producir ningún error o evento de indisponibilidad. Si se detecta algún evento, se deberá repetir esta etapa, hasta dos veces. Si durante la tercera (y última) prueba se produce un evento, debe efectuarse la localización y corrección de la avería (véase la Recomendación M.2120).

Etapa 2

Después de haber pasado satisfactoriamente la primera etapa, se aplica una prueba de 24 horas de duración. Se podrá transportar tráfico real en el trayecto si se dispone de ISM. Si no se dispone de ISM, la prueba se realiza en las mismas condiciones que en la etapa 1 (es decir, utilizando un aparato de medidas).

Al final del periodo de 24 horas, se comparan los resultados de las mediciones con los límites S1 y S2 de la BIS.

En caso de producirse un evento de indisponibilidad en algún momento durante la prueba de BIS, se investigará el motivo y se volverá a organizar una prueba de BIS. Si se volviese a producir un evento de indisponibilidad en la segunda prueba de BIS, se deberá suspender dicha prueba hasta que se haya eliminado la causa del evento de indisponibilidad.

Nota – Se reconoce que, al menos a corto plazo, algunos trayectos podrían no cumplir los requisitos de indisponibilidad.

Los resultados de las pruebas de BIS deberían registrarse como referencia para el futuro.

Puesta en servicio de trayectos que no son supervisados durante la explotación

Las dos etapas del procedimiento de prueba de BIS, descritas anteriormente, se deben llevar a cabo utilizando un aparato de medidas. Al final de la etapa 2 se pueden presentar los casos siguientes:

- si los valores de ES y de SES son menores o iguales que sus respectivos valores S1, se acepta el trayecto y empieza el modo de mantenimiento normal sin ISM;
- si los valores de ES o de SES (o los de ambos) son mayores o iguales que sus respectivos valores S2, se rechaza el trayecto y éste pasa al modo de mantenimiento de localización de averías sin ISM, de acuerdo con los procedimientos descritos en la Recomendación M.2120;
- si los valores de ES o de SES (o los de ambos) son mayores que sus respectivos valores S1 pero ambos son menores que sus respectivos valores S2, el trayecto puede aceptarse provisionalmente o volverse a probar en función de un acuerdo bilateral o multilateral.

Esto se ilustra en la figura 3.8

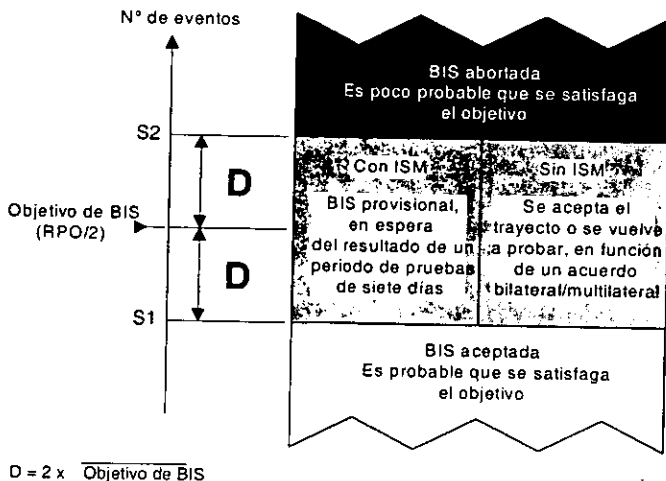


FIGURA 3.8

Puesta en servicio de trayectos supervisados continuamente durante la explotación

Se deberán llevar a cabo las dos etapas del procedimiento de prueba de BIS descrita anteriormente. Al final de la etapa 2 se pueden presentar los escenarios siguientes:

- si los valores de ES y de SES son menores o iguales que sus respectivos valores S1, se acepta el trayecto y éste pasa al modo de mantenimiento normal con ISM;
- si los valores de ES o de SES (o los de ambos) son mayores o iguales que sus respectivos valores S2, se rechaza el trayecto y éste pasa al modo de mantenimiento con ISM de localización de averías, de acuerdo con los procedimientos de la Recomendación M.2120;
- si los valores de ES o de SES (o los de ambos) son mayores que sus respectivos valores S1 pero ambos son menores que sus respectivos valores S2, se acepta provisionalmente el trayecto en espera de los resultados de un periodo de prueba de BIS ampliado de siete días.

Descripción de la prueba de BIS ampliada de siete días

Esta prueba sólo es aplicable a trayectos con ISM que presentan una calidad de funcionamiento marginal en etapa 2 de la prueba de 24 horas. El primer periodo de 24 horas se incluye en el de los siete días.

Al final de este periodo, las mediciones no deberán sobrepasar los objetivos de BIS de siete días indicados en el cuadro 10/M.2100. Son posibles dos resultados:

- si los resultados de la prueba son satisfactorios, se acepta el trayecto y éste pasa al modo de mantenimiento normal con ISM;
- si se sobrepasan objetivos de BIS de siete días en cuanto a ES o SES (o los de ambos), se rechaza el trayecto y éste pasa a modo de mantenimiento con ISM de localización de averías, de acuerdo con los procedimientos de la Recomendación M.2120.

Puesta en servicio de más de un trayecto a la vez en el mismo trayecto digital de orden superior

Cuando se ponga en servicio más de un trayecto³⁾ a la vez, el procedimiento que debe utilizarse depende de si el trayecto de orden superior ha estado en servicio durante algún tiempo o es también nuevo. Los procedimientos para los trayectos de velocidad primaria dependen asimismo de si se dispone o no de ISM.

Procedimientos para nuevos trayectos y sistemas de transmisión Internacionales

En cada trayecto o sección de orden superior de velocidad superior a la primaria:

- El primer afluente de trayecto o sección de orden superior debe probarse durante 24 horas.
- Los restantes afluentes de orden superior deben probarse durante un periodo de una o dos horas, que dependerá de la interconexión con otras secciones de línea digital. Si el trayecto digital no se está ampliando, se probará durante dos horas. Si el afluente se va a conectar a otro sistema de transmisión, deberá probarse primeramente durante una hora y después durante 24 horas entre los terminales del trayecto.
- El primer trayecto de velocidad primaria de cada trayecto de orden superior debería probarse durante 24 horas, dispóngase o no de ISM.
- Los restantes trayectos deberían probarse durante 15 minutos cada uno. Estos afluentes pueden conectarse en un montaje cascada-bucle y probarse simultáneamente durante 15 minutos. Si se utiliza este procedimiento, se aplican los límites de calidad de funcionamiento de 15 minutos para un sentido de transmisión, de un afluente.

³⁾ En los § 4.3.1 y 4.3.2 el término afluente, se utiliza para indicar una de varias secciones o trayectos transportados por una sección, trayecto o sistema de transmisión de orden superior.

Procedimiento para la puesta en servicio de multiples trayectos de velocidad primaria sobre un trayecto existente de orden superior con puntos de terminación de trayecto cosituados

- Si se dispone de ISM deberían probarse todos los afluentes durante 15 minutos cada uno o podrían conectarse en cascada-bucle y probarse simultáneamente durante 15 minutos. Si se utiliza este procedimiento, se aplican los límites de calidad de 15 minutos para un sentido de transmisión de un afluente.
- Si no se dispone de ISM, el primer afluente debería probarse durante 24 horas. Los afluentes restantes se probarían durante 15 minutos cada uno o podrían conectarse en cascada-bucle y probarse simultáneamente durante 15 minutos. Si se utiliza este procedimiento, se aplican los límites de calidad de funcionamiento de 15 minutos para un sentido de transmisión de un afluente.

Planificación para situaciones imprevistas

En la realización de las pruebas no es raro que se presenten problemas. Estableciendo en el plan de pruebas periodos para situaciones imprevistas pueden resolverse muchos problemas sin necesidad de revisar todo el plan.

Resumen

Esta Recomendación proporciona los procedimientos para la detección y localización de averías en trayectos, secciones y sistemas de transmisión de la jerarquía digital plesiócrona (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) y en trayectos y secciones de multiplexión de la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*), con y sin supervisión en servicio. El filtrado y fijación de umbrales de la información de calidad de funcionamiento se describen referidos a la red RGT. Se estudia el retorno al servicio y los análisis de tendencias a largo plazo.

Orígenes

La Recomendación UIT-T M.2120 ha sido revisada por la Comisión de Estudio 4 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 19 de abril de 1997.

Recomendación M.2120

PROCEDIMIENTOS DE DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS EN TRAYECTOS, SECCIONES Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE LA JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA Y EN TRAYECTOS Y SECCIONES DE MULTIPLEXIÓN DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

Palabras clave

(publicada en 1992, revisada en 1997)

análisis de tendencias a largo plazo; detección de averías; fijación de umbrales; filtrado; localización; retorno al servicio; RGT; sección múltiple SDH; sección PDH; sistema de transmisión PDH; supervisión en servicio; trayecto PDH, trayecto SDH.

Generalidades

Alcance

La RGT, descrita en la Recomendación M.3010, está siendo progresivamente implementada por numerosas Administraciones. Los procedimientos de mantenimiento aquí descritos abarcan tanto el caso en que se

dispone de una ISM total (como, en la RGT), como el caso en que se dispone de una ISM parcial o no se dispone de ISM. El último caso se denomina pre-ISM.

El procesamiento de la información estará integrado en mayor o menor medida en función del grado de desarrollo de la RGT.

Por ISM se debe entender una situación en que para cada trayecto y/o sistema de transmisión existe un equipo de supervisión (monitor) dedicado exclusivamente a la calidad de funcionamiento. Se facilita así la recopilación y almacenamiento de datos de calidad de funcionamiento, el informe periódico programado de datos actuales e históricos, el informe de excepción, y la determinación de umbrales.

Existe una situación de pre-ISM cuando cualesquiera de las condiciones no se ajustan a la definición de la ISM (por ejemplo, cuando la supervisión está compartida en el tiempo, o no existe supervisión).

Abreviaturas

Esta Recomendación utiliza las siguientes siglas.

BIS	Puesta en servicio (<i>bringing-into-service</i>)
CRC	Verificación por redundancia cíclica (<i>cyclic redundancy check</i>)
ES	Segundo con error (<i>errored second</i>)
ISM	Supervisión en servicio (<i>in-service monitoring</i>)
ME	Entidad de mantenimiento (<i>maintenance entity</i>)
MEF	Función de entidad de mantenimiento (<i>maintenance entity function</i>)
OOS	Fuera del servicio (<i>out-of-service</i>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
RGT	Red de gestión de las telecomunicaciones
RTR	Informe de umbral reiniciado (<i>reset threshold report</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SEF	Función de entidad de soporte (<i>support entity function</i>)
SES	Segundo con muchos errores (<i>severely errored second</i>)
TR	Informe de umbral (<i>threshold report</i>)

Técnicas de mantenimiento con ISM

Relación con la Recomendación M.20

En la Recomendación M.20, "Filosofía de mantenimiento de las redes de telecomunicaciones", se exponen ciertas directrices aplicables a las operaciones de mantenimiento. Esta subcláusula desarrollará los principios indicados en la Recomendación M.20 y su aplicación específica a los sistemas de transmisión y a la ISM. Ver la figura 3.9

Figura 7/M.20

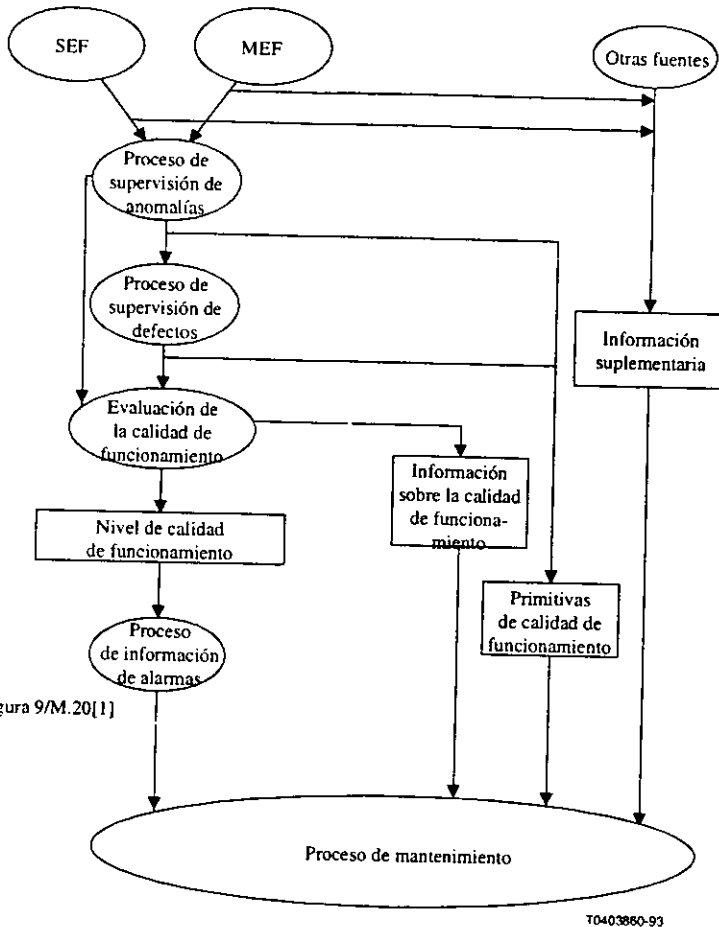


Figura 9/M.20[1]

T0403860-93

Figura 3.9 – Proceso de elaboración de información utilizada para el mantenimiento

Información sobre localización de averías

Una vez que se ha recibido una indicación de alarma, deberá comenzar el proceso de localización de averías. A tal fin, se necesita información de diversos tipos:

- información sobre la calidad de funcionamiento;
- información sobre el nivel de calidad de funcionamiento;
- primitivas de calidad de funcionamiento;
- información suplementaria.

Información sobre la calidad de funcionamiento

La información sobre la calidad de funcionamiento se expresa en términos de los parámetros de las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1, y se utiliza para calcular los niveles de calidad de funcionamiento. Por lo general, llevará una indicación de tiempo y será almacenada a fin de efectuar análisis de correlación y de tendencias a largo plazo.

Información sobre el nivel de calidad de funcionamiento

La información sobre el nivel de calidad de funcionamiento (nivel de calidad de funcionamiento inaceptable, degradado y normal) se obtiene de la información sobre calidad de funcionamiento (o de las primitivas de calidad de funcionamiento equivalentes). Es la información que iniciará el proceso de información de alarmas, cuando se alcanza un límite de calidad de funcionamiento. Los límites de calidad de funcionamiento se denominan también umbrales de alarma. La alarma generada (por ejemplo, alarma de mantenimiento inmediato, alarma de mantenimiento diferido o información de evento de mantenimiento), determina la urgencia de las acciones subsiguientes.

Información sobre las primitivas de calidad de funcionamiento

Las primitivas de calidad de funcionamiento son las informaciones básicas del tipo de anomalías y defectos que se utilizan para determinar los cálculos de parámetros de las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1. Las primitivas de calidad de funcionamiento dependen del tipo de entidad que se esté supervisando.

Información suplementaria

La información suplementaria es la que no proviene de la supervisión. Incluye las informaciones deducidas, tales como la identificación de las ME o sub-ME averiadas, o información de otras ME. Incluye también información administrativa como la constitución de un trayecto.

La información suplementaria comprende también informaciones tales como los cálculos de restablecimiento de la transmisión directa (conmutación de protección).

Filtrado, fijación de umbrales, señalación y almacenamiento de historial de la calidad de funcionamiento

Las funciones descritas en esta subcláusula se pueden llevar a cabo dentro o fuera del elemento de red.

Parámetros

La evaluación de la característica de error y de la disponibilidad se basa en el tratamiento de los parámetros, ES y SES. La obtención de estos parámetros a partir de la información de la señal normalizada se explica en las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1 .

Estados de transmisión e informes de umbral

Estados de transmisión

Un trayecto puede estar en uno de los dos estados siguientes:

- estado de indisponibilidad;
- estado de disponibilidad.

El estado de transmisión se determina a partir de los datos filtrados de SES/no-SES

Informes de umbral

Un informe de umbral (TR) es un informe de característica de error no solicitado procedente de una entidad de mantenimiento (ME), con respecto a un periodo de evaluación de 15 minutos o a uno de 24 horas.

Sólo se pueden producir TR cuando el sentido interesado está en estado de disponibilidad.

Se definen seis TR, basados en los datos filtrados de ES y SES.

TR basados en un periodo de evaluación de 15 minutos

Un TR1-ES se produce tan pronto como se alcanza o rebasa el umbral de 15 minutos de ES.

Un RTR1-ES se produce opcionalmente al final de un periodo de 15 minutos en el que el cómputo de ES es menor o igual que el umbral "reiniciado" de ES. Sólo se puede producir después de un periodo de 15 minutos que contenga un TR1-ES.

Un TR i-SES se produce tan pronto como se alcanza o rebasa el umbral de 15 minutos de SES.

Un RTR1-SES se produce opcionalmente al final de un periodo de 15 minutos en el que el cómputo de SES es cero. Sólo puede producirse después de un periodo de 15 minutos que contenga un TR1-SES.

TR basados en un periodo de evaluación de 24 horas

Un TR2-ES se produce tan pronto como se alcanza o rebasa el umbral de 24 horas de ES.

Un TR2-SES se produce tan pronto como se alcanza o rebasa el umbral de 24 horas de SES.

No existe RTR para el periodo de evaluación de 24 horas. Véase 2.3.4.3 para los detalles.

Tipos de filtros utilizados en la evaluación de los estados de transmisión e informes de umbral

Se debe tener cuidado con los contadores de ES y SES así como con la generación de TR durante los cambios de estado de transmisión.

Filtros de los estados de disponibilidad e indisponibilidad

El filtro de estado de indisponibilidad es una ventana rectangular deslizante de 10 segundos, con una granularidad de deslizamiento de 1 segundo.

El filtro de estado de disponibilidad también es una ventana rectangular deslizante de 10 segundos, con una granularidad de deslizamiento de 1 segundo.

Filtros TR1 y RTR1

Los filtros TR1 y RTR1 son ventanas rectangulares fijas de 15 minutos. Los instantes de comienzo y fin de periodo de 15 minutos de las ventanas rectangulares fijas son los mismos para los ES y los SES y se deben producir en la hora y a los 15, 30 y 45 minutos después de la hora.

Filtro TR2

El filtro TR2 es una ventana rectangular fija de 24 horas. Los instantes de comienzo y fin de las ventanas fijas rectangulares de 24 horas son los mismos que para los ES y SES y se deben producir en el límite de la ventana de 15 minutos.

Evaluación de los estados de transmisión y de los informes de umbral

Evaluación de los estados de indisponibilidad y disponibilidad

Se detecta el estado de indisponibilidad al final de 10 SES consecutivos. Al ser detectado, se debe enviar un informe de estado de indisponibilidad con indicación de fecha/tiempo al centro de gestión de calidad de funcionamiento. La indicación de fecha/tiempo debe estar relacionada con el primero de los 10 SES consecutivos.

La terminación del estado de indisponibilidad (es decir, la vuelta al estado de disponibilidad) se detecta al final de 10 segundos consecutivos que no son SES. Tras la detección, se debe enviar un informe de terminación de indisponibilidad con indicación de fecha/tiempo al centro de gestión de calidad de funcionamiento. La indicación de fecha/tiempo debe estar relacionada con el primero de los 10 segundos consecutivos que no son SES.

El cómputo de los segundos y el de indisponibilidad se debe calcular en el elemento de red o dentro de un sistema de gestión de calidad de funcionamiento.

Evaluación de los TR1-ES/SES y RTR1-ES/SES

Los parámetros ES y SES se cuentan por separado, segundo por segundo, en cada periodo de ventana rectangular fija de 15 minutos. Existen dos TR1, uno para los ES, llamado TR1-ES, y otro para los SES, llamado TR1-SES. Los valores de umbral deben ser programables en la gama de 0 a 900, con valores por defecto. Los valores por defecto se dan en las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1

Existen dos RTR1, uno para los ES llamado RTR1-ES, y otro para los SES llamado RTR1-SES. Los valores de umbral deben ser programables en la gama de 0 a 900. Los valores por defecto para RTR1-ES de la PDH figuran en la Recomendación M.2100 y quedan en estudio en la Recomendación M.2101.1 Los valores por defecto para RTR1-SES figuran en las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1

Un umbral puede ser rebasado en cualquier segundo dentro del periodo de ventana rectangular fija de 15 minutos. Tan pronto como se rebasa un umbral se debe enviar un TR1-ES o un TR1-SES, según correspondía, al centro de gestión de calidad de funcionamiento, con una indicación de fecha/tiempo. Además, debe continuar la cuenta de eventos de calidad de funcionamiento hasta el final del periodo de 15 minutos vigente, momento en que los cómputos de ES y SES vigentes se almacenan en los registros de historial y se ponen a cero los registros de ES y SES vigentes.

Si se utiliza la capacidad opcional de reiniciación de umbral, no debería generarse más de:

- un TR1-ES para cada sentido de transmisión hasta que haya un RTR1-ES;
- un TR1-SES para cada sentido de transmisión hasta que haya un RTR1-SES.

Cuando se haya satisfecho el requisito anterior que corresponda, se debería enviar el RTR1 adecuado (es decir RTR1-ES o RTR1-SES, respectivamente) al centro de gestión de calidad de funcionamiento al final del periodo de 15 minutos. Sólo se permite generar un RTR1 después de su respectivo TR1 y, una vez generado, reactiva la capacidad de TR1 para el parámetro y el sentido de transmisión que correspondan.

Evaluación de TR2

Los parámetros ES y SES se cuentan por separado en cada periodo de 24 horas. Hay dos TR2: uno para los ES llamado TR2-ES, y otro para los dos SES llamado TR2-SES. Los valores de umbral deben ser programables con valores por defecto.

El elemento de red reconocerá un rebasamiento de umbral de 24 horas dentro de los 15 minutos siguientes a la producción de dicho evento. El rebasamiento de umbral dará la indicación de fecha/tiempo del momento de reconocimiento. Se deberá enviar un TR2-ES o un TR2-SES, según corresponda, al centro de gestión de calidad de funcionamiento con la indicación de fecha/tiempo. Además, se seguirán contando los eventos de calidad de funcionamiento hasta el final del periodo vigente de 24 horas, en cuyo momento se almacenarán los cómputos de ES y SES en los registros de historial y se pondrán a cero los registros de ES y SES vigentes.

No se debe generar más de un TR2 por parámetro y por sentido de transmisión durante cualquier ventana rectangular fija de 24 horas.

Evaluación de los informes de umbral durante los cambios de estado de transmisión

Se debe procurar que los informes de umbral sean generados correctamente y que los contadores de ES y SES se procesen correctamente durante los cambios de estado de transmisión. Esto implica que todos los informes de umbral deben aplazarse en 10 segundos (véanse las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1).

Almacenamiento del historial de calidad de funcionamiento en los elementos de la red

Los requisitos de almacenamiento del historial de calidad de funcionamiento en las ME son:

- almacenar los cómputos de los parámetros ES y SES;
- una vez que el elemento de red haya efectuado el cómputo de segundos de indisponibilidad y de eventos de indisponibilidad, los almacenará junto con los cómputos de ES y SES;
- en cada ME debe haber un registro de los 15 minutos vigentes (que puede facilitar también el filtro TR1/RTR1) además de otros registros de historial de $N - 15$ minutos. Los registros de historial de $N - 15$ minutos se utilizan en configuración pila, es decir, los valores guardados en cada registro descienden un lugar en la pila al final de cada periodo de 15 minutos, y se van descartando los valores de los registros más antiguos situados en la parte inferior de la pila. N es mayor o igual a 16 para la SDH (véase la Recomendación G.784);
- debe haber un registro de las 24 horas vigentes (que puede también facilitar el filtro TR2), más un registro de las 24 horas previas, para cada parámetro.

Señalización del historial de calidad de funcionamiento por los elementos de red

Debe ser posible comunicar los datos de calidad de funcionamiento al centro de gestión de calidad de funcionamiento para cumplir varias funciones; por ejemplo:

- por demanda del centro de gestión de calidad de funcionamiento;
- en un formato limitado y específico no solicitado, en el caso de los informes de cambio de estado de disponibilidad/indisponibilidad de transmisión y, durante el estado de disponibilidad, informes de característica de error de TR1/RTR1 o TR2;
- periódicamente, como parte de una tarea de acumulación de datos de toda la red por el (o los) centros de gestión de red. Estos datos se podrán utilizar entonces en aplicaciones como el

mantenimiento preventivo (por ejemplo, análisis de tendencias a largo plazo) y análisis de los elementos que presentan un funcionamiento mediocre.

Precisión y resolución

Cómputos de parámetros

Todos los cómputos de parámetros deberán ser cómputos reales para el periodo de filtrado de 15 minutos.

Aunque todos los cómputos de parámetros deberían (idealmente) ser también reales para los periodos de filtrado de 24 horas, se reconoce que podría ser deseable limitar el tamaño de los registros. En tal caso podrían producirse desbordamientos de registros. De producirse el desbordamiento, los registros deberían mantener los valores máximos del parámetro en cuestión hasta que sean leídos y reiniciados al final del periodo de 24 horas. Puede emplearse una implementación que comprenda la fijación y reinicialización de un bit de desbordamiento.

Indicación de fecha/tiempo de los informes

Quedan en estudio la precisión de la indicación de fecha/tiempo de los informes así como los métodos para mantener dicha precisión.

El formato de las indicaciones de fecha/tiempo es el siguiente:

- la ventana de 15 minutos indicará día, mes, año, hora, minuto;
- la ventana de 24 horas indicará, día, mes, año, hora;
- los eventos de tiempo de indisponibilidad indicarán día, mes, año, hora, minuto, segundo;
- la indicación de las alarmas se efectuará en el momento de su activación por el equipo o bien en el instante exacto del evento (se decidirá) con día, mes, año, hora, minuto, segundo.

Los requisitos de exactitud de reloj de equipo quedan en estudio.

Capacidad de supervisión desde un solo extremo

Se prevén situaciones en las que sería deseable llevar a cabo desde un solo extremo el procesamiento de la característica de error y de la disponibilidad de ambos sentidos del trayecto de transmisión. Las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1 ofrecen información sobre la señal normalizada que se podría utilizar con tal fin.

Procedimientos de localización de averías en sistemas de transmisión PDH y secciones de multiplexión SDH

La localización de averías dependerá en gran medida de los medios de localización de averías de que dispone la ME.

Localización de averías en un entorno pre-ISM

En un entorno pre-ISM, un sistema de transmisión o sección de multiplexión puede no producir parámetros normalizados y no ser capaz de registrar el historial de calidad de funcionamiento. En tal situación, la única solución es una supervisión hacia adelante, probablemente utilizando aparatos de medida con licencia de explotación.

Es evidente que mediante esta estrategia no se puede tener la seguridad de haber identificado la causa del problema que afecta directamente a la calidad de funcionamiento, particularmente si se trata de un problema transitorio.

Procedimientos de localización de averías en trayectos PDH y SDH

La eficiencia del procedimiento de localización de averías dependerá en gran medida del tipo de información disponible para cada velocidad binaria (es decir, información CRC, bit de paridad, palabra de trama conocida, etc.).

Localización de averías en un entorno pre-ISM o utilizando medios fuera del servicio

En un entorno pre-ISM el proceso de localización de averías comenzará, por lo general, a raíz de una queja de usuario.

En esa situación, la única solución es una supervisión después de ocurrido el evento. Este proceso no puede garantizar que se llegue a identificar la causa del problema que afecta directamente a la calidad de funcionamiento, especialmente si el problema es de carácter transitorio.

La estación directora responsable del trayecto averiado debería:

- Determinar el encaminamiento del trayecto.
- Seccionalizar el trayecto. Si el tráfico no ha quedado completamente interrumpido, se colocarán en diversos puntos accesibles del trayecto aparatos de medida en servicio como los descritos en las Recomendaciones O.161, O.162 y O.163, a fin de determinar la parte averiada. Estas mediciones se efectuarán en puntos de supervisión protegidos.
- Coordinar el proceso de medición, para que las estaciones subdirectorales y los centros participantes comiencen y terminen sus mediciones al mismo tiempo.
- Centralizar los resultados, en la estación directora o en el punto de avisos de averías, y compararlos para determinar la sección averiada.
- Asegurarse de que no hay "huecos" de supervisión en el trayecto. Se entiende por "huevo" un tramo del trayecto que existe entre dos porciones supervisadas. Por ejemplo, un equipo de transconexión puede no ser cubierto por los monitores de los sistemas de transmisión conectados a la entrada y a la salida. Estos equipos de transconexión sólo podrán pasarse por alto si poseen su propio sistema de supervisión.

Cuando haya varias secciones averiadas, lo normal es que la localización de averías se centre primero en la sección más gravemente degradada. Si se dispone de medios adicionales, el tiempo total fuera de servicio podría reducirse utilizando dichos medios en las secciones menos degradadas. De todas formas, es necesario un control, de modo que las actividades de un técnico (o de un grupo) no enmascaren un problema en el que otras personas distintas estén trabajando.

Si el tráfico se interrumpe totalmente, o si no se dispone de instrumentos de ISM, se utilizará el mismo procedimiento de localización de averías, pero con aplicación de una secuencia de bits pseudoaleatoria (de ser posible, una secuencia entramada, valiéndose de un aparato como el que se indica en la Recomendación O.150, O.151 u O.181).

Los puntos de aplicación y los lugares de supervisión deberán ser elegidos de modo que la localización sea eficiente. Esto incluye la posibilidad de conexiones en bucle.

Localización de averías en un entorno ISM

La estación directora del trayecto se informa de los problemas gracias a informaciones de niveles de calidad de funcionamiento inaceptable o degradado (véanse las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1), análisis de tendencia y/o quejas de los usuarios.

La estación directora de trayecto debería:

- emprender una acción correctiva en un lapso de tiempo adecuado al nivel de alarma (alarma de mantenimiento inmediato, de mantenimiento diferido o instrucciones especiales);
- confirmar el nivel inaceptable o degradado del trayecto consultando para ello el historial (datos de BIS, etc.) del trayecto.

Una vez iniciados los procedimientos, se espera de la estación directora de la ME en cuestión que proporcione información suplementaria a la base de datos de la RGT.

Las estaciones directorales de los trayectos soportados por la ME serán capaces de determinar, a partir de la base de datos, informaciones como, por ejemplo, el momento en que se espera la vuelta al servicio, tomando para ello en consideración informaciones referentes a cualesquiera otras ME averiadas que afecten al trayecto.

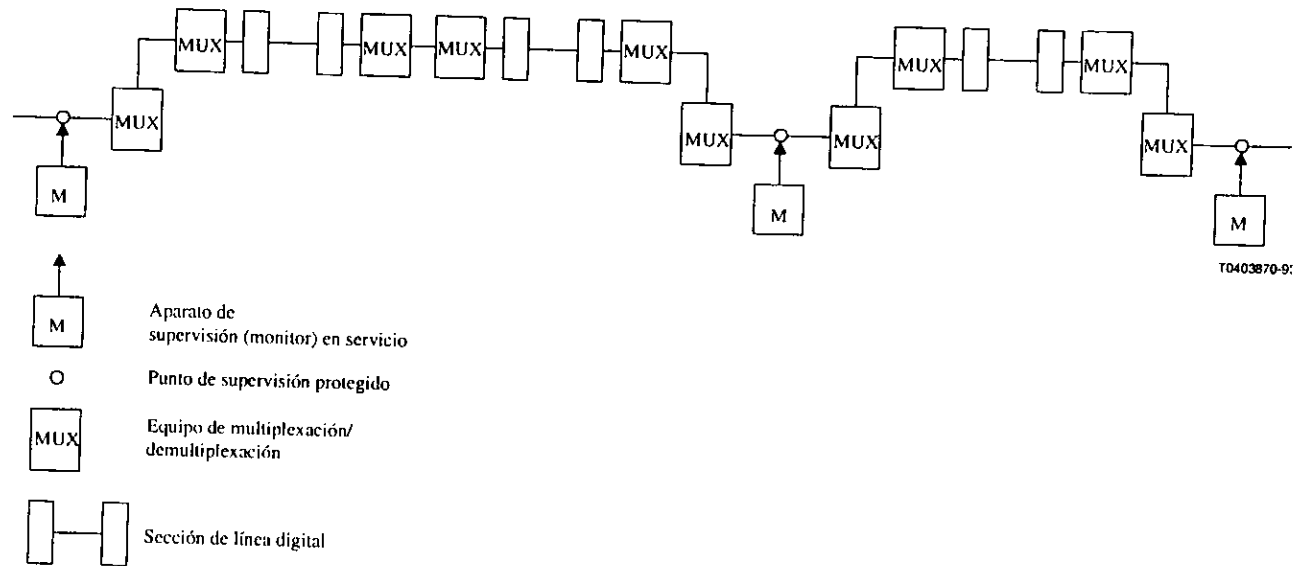


Figura 2/M.2120 – Medición en servicio a lo largo de un trayecto en el entorno pre-ISM

Si no es posible seguir este procedimiento, será preciso determinar el encaminamiento del trayecto e interrogar a las estaciones directoras de trayecto de nivel superior, a fin de determinar el origen del problema. Esta interrogación podrá efectuarse directamente o mediante consulta de las bases de datos. La información intercambiada deberá estar expresada en términos de información sobre la calidad de funcionamiento, con arreglo a las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1, con indicación de fecha/tiempo de cada uno de los eventos e indicándose el sentido de transmisión afectado. Aplicando este procedimiento, el problema quedará asignado a la estación directora de la ME en que haya degradación.

Retorno de una entidad de mantenimiento (ME) al servicio

Una vez terminada una acción de reparación sobre una ME averiada, será necesario cerciorarse que la calidad de funcionamiento es satisfactoria.

Según cuáles hayan sido el tipo y causa de la avería y el proceso de reparación, esta verificación podría concernir a la simple posibilidad de transmitir una señal, o ser de carácter más complejo.

Los límites de calidad de funcionamiento para el retorno de una ME al servicio (tras la intervención) están indicados en las Recomendaciones M.2100 y M.2101.1.

En último caso, puede que sea necesario repetir las pruebas de BIS de la Recomendación M.2110.

Cuando el trayecto se vuelve a poner en servicio, debería ser supervisado continuamente durante siete días como mínimo.

Análisis de tendencia y signatures

A fin de mejorar la prestación del servicio al usuario, muchas Administraciones siguen, o tratan de seguir, un método preventivo para el mantenimiento y la localización de averías. El mantenimiento preventivo implica la localización y corrección de averías antes de que el deterioro de calidad de funcionamiento alcance los niveles inaceptable o degradado.

Uno de los instrumentos del mantenimiento preventivo es el análisis de tendencia. Se comienza por reunir información de gran número de puntos de la red, con indicación de fecha/tiempo y almacenada. Seguidamente, se efectúan comparaciones automáticas y continuadas de las mediciones obtenidas en un punto determinado y, examinando su tendencia, se trata de determinar las averías potenciales. Los resultados del análisis de tendencia permiten generar el equivalente de una alarma de mantenimiento diferido de bajo nivel. Consideraciones económicas determinarán a partir de qué punto determinada Administración debería decidir actuar.

Una indicación que podría ser útil para el análisis comparativo y de tendencia es la característica de error. Una trayecto o sección que tenga una característica de error menos buena (o más mala) que las de otros trayectos o secciones similares, o que presente una tendencia a errores cada vez más numerosos puede ser objeto de un mantenimiento más intenso.

Este tipo de análisis de tendencia requiere una RGT bien desarrollada que haga amplio uso de técnicas de ISM.

Una técnica manual que podría ser útil tanto para el mantenimiento preventivo como para la localización de averías es el análisis de signatures. Una signature es un conjunto de características obtenidas mediante medición, cuya interpretación permite señalar el origen de una avería o una avería potencial.

La experiencia adquirida con un trayecto soportado por el cable TAT-8, por ejemplo, indicaba que el aumento gradual (a lo largo de varios días) del número de ES en ausencia de SES apuntaba a una avería de multiplexor que no era lo suficientemente importante como para generar una alarma. Esta signatura podría no aparecer en otros sistemas. Dado que las signaturas pueden depender del equipo y de la configuración, y adó su carácter frecuentemente ambiguo, el desarrollo y utilización de esta técnica deberán ser sopesados por el personal de mantenimiento local.

CAPITULO 4

Evaluación del Jitter

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se analizarán las pruebas de Fluctuación de fase (Jitter) realizadas a diferentes equipos, con el fin de dictaminar si los proveedores que actualmente se encuentran en el mercado cumplen con la recomendación G821 del UIT.

Para dicho trabajo se utilizaron equipos de medición de la marca Wandel & Golterman de procedencia Alemana (con amplio reconocimiento en el medio de las Telecomunicaciones), así como las instalaciones de diferentes proveedores y principalmente del Instituto Tecnológico de Teléfonos de México Plantel Clavería.

Los equipos que se utilizaron para generar pruebas y toma de lecturas están debidamente calibrados con el propósito evitar falsas lecturas.

Las condiciones en las cuales se realizaron las pruebas son similares a las de cualquier equipo instalado y en operación.

Para la recolección de la información se desarrollo un protocolo el cual permite una rápida identificación de la prueba así como un diagnóstico del equipo sometido a la misma. Cabe destacar que hasta el momento de realizar estos trabajos no existe en el mercado algún proveedor que realice este tipo de certificación.

JITTER PROPIO

Este tipo de fluctuación de fase como su nombre lo indica es el generado por el propio equipo siendo hasta el momento imposible su erradicación, sin embargo su control y límites de operación son factibles para ello los equipos (multiplexores) deben contar con filtros los cuales deberán operar de acuerdo a la recomendación G821 del UIT. En esta prueba lo que en realidad se mide es la calidad de operación de los filtros en el sentido de transmisión garantizando el uso de equipos con alto grado de calidad.

El montaje para la medición de la fluctuación de fase a la salida en una interfaz (Jitter Propio) digital se ilustra en la siguiente figura. Los valores específicos de los límites de la fluctuación de fase y de las frecuencias de corte de los filtros para los distintos niveles jerárquicos se indican en el Cuadro 1 de la recomendación G 823. La respuesta de frecuencia de los filtros asociados a los aparatos de medida debe tener un régimen de decremento de 20 dB/década.

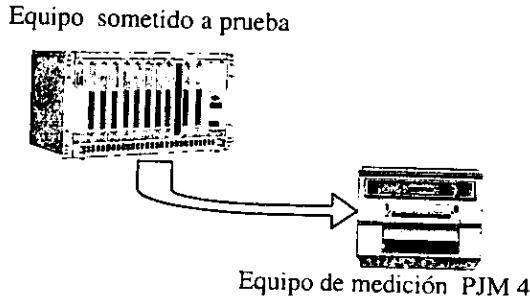


Figura 4.1

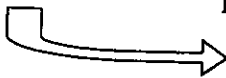
JITTER TOLERANCIA

El Jitter de tolerancia es definida como la máxima fluctuación de fase admisible a la entrada de toda interfaz digital, en ésta se someten a prueba los filtros de los equipos instalados en el sentido de recepción, los cuales tienen la función de eliminar al máximo la fluctuación de fase permitiendo una lectura confiable de la información. En el caso de que los filtros no se encuentren operando adecuadamente se observará como consecuencia el incremento de errores a la entrada(recepción) generando la pérdida información y con ello la falta de sincronía del equipo.

El equipo que se somete a este ejercicio recibe a la entrada de interfaz digital (recepción) un patrón de prueba acompañado de Jitter, el valor del jitter dependerá de la velocidad de entrada de la interfaz y de la recomendación G823 del UIT. La prueba finaliza al momento en el que el multiplexor se alarma por pérdida de sincronía, en ese momento se procede a la toma de lectura del jitter siendo este el máximo a tolerar por el equipo.

El montaje para la prueba de la fluctuación de fase a la entrada de una interfaz digital (Jitter de Tolerancia) se ilustra en la siguiente figura.

Equipo de prueba PJG 4



Equipo sometido a prueba

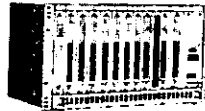


Figura 4.2

JITTER TRANSFERENCIA

Este fenómeno se define como la suma de fluctuación de fase a partir del equipo de origen, trayectoria y equipo final. Cabe señalar que es en la trayectoria en donde se puede incrementar dicha fluctuación generando como consecuencia el incremento de errores en la señal digital. Para minimizar este fenómeno todos los equipos terminales y regeneradores deberán apearse a las recomendaciones G823 y G921 del UIT. En casos prácticos nuestra propuesta es realizar este tipo de prueba en el proceso de instalación y entrega de servicio(s) así como una vez al año con lo cual se garantizaría la calidad de operación de los equipos y del medio de transmisión.

Los equipos que se someten a esta prueba deberán ser los suficientemente robustos para minimizar los efectos de la fluctuación de fase.

El montaje para la medición de la fluctuación de fase digital de Transferencia (Jitter de Transferencia) se ilustra en la siguiente figura.

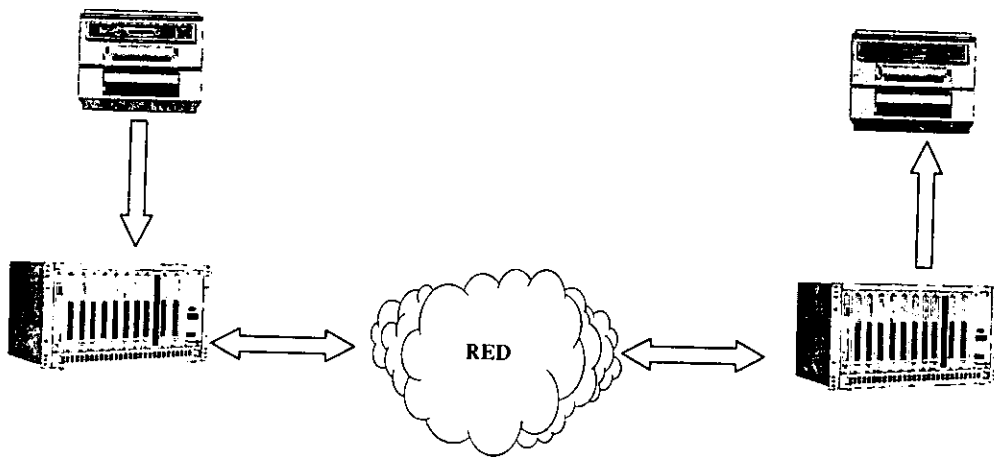


Figura 4.3

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES (formato muestra)

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio ___ Jitter Tolerancia ___ Jitter Transferencia ___

Fecha en que se realiza la prueba : _____

Nombre del personal que realiza la prueba: _____

Lugar y Hora en que se realiza la prueba: _____

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca :	Marca:
Modelo:	Modelo:
Número de Serie:	Número de serie:
Inventario:	Inventario:

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

	Frecuencias		
	f ₀	f ₂	f ₃
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

Jitter Tolerancia

	Frecuencias		
	f ₀	f ₂	f ₃
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

Jitter de Transferencia

	Frecuencias		
	f ₁	f ₃	f ₄
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio X Jitter Tolerancia Jitter Transferencia

Fecha en que se realiza la prueba : 30 JUNIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Inttelmex Cleveria

Equipo de prueba		Equipo sometido a prueba	
Marca :	Wandel & Golterman	Marca:	Alcatel
Modelo:	PJM - 4	Modelo:	T90
Número de Serie:	14283	Número de serie:	AM234
Inventario:	290	Inventario:	N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

	Frecuencias		
	f1	f3	f4
Amplitud	1.25 UI	0.18 UI	0.18 UI
Velocidad de operación del multiplexor	2048 KB/s		

Jitter Tolerancia

	Frecuencias		
	f1	f3	f4
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

Jitter de Transferencia

	Frecuencias		
	f1	f3	f4
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio X Jitter Tolerancia Jitter Transferencia

Fecha en que se realiza la prueba : 30 JUNIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Inttelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca : Wandel & Golterman	Marca: Ericsson
Modelo: PJM - 4	Modelo: Serie 7000
Número de Serie: 14283	Número de serie: 3452EMU
Inventario: 290	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

Frecuencias			
	f1	f3	f4
Amplitud	1.20 UI	0.15 UI	0.15 UI
Velocidad de operación del multiplexor			2048 Kb/s

Jitter Tolerancia

Frecuencias			
	f1	f3	f4
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

Jitter de Transferencia

Frecuencias			
	f1	f3	f4
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio X Jitter Tolerancia Jitter Transferencia

Fecha en que se realiza la prueba : 30 JUNIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Intelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca : Wandel & Golterman	Marca: Phillips
Modelo: PJM - 4	Modelo: Slime Line
Número de Serie: 14283	Número de serie: PH12334KA
Inventario: 290	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

	Frecuencias		
	f1	f3	f4
Amplitud	1.28 UI	0.2 UI	0.25 UI
Velocidad de operación del multiplexor	2048 KB/s		

Jitter Tolerancia

	Frecuencias		
	f1	f3	f4
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

Jitter de Transferencia

	Frecuencias		
	f1	f3	f4
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio ___ Jitter Tolerancia X Jitter Transferencia ___

Fecha en que se realiza la prueba : 13 JULIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Intelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca : Wandel & Golterman	Marca: Alcatel
Modelo: PJG - 4	Modelo: T90
Número de Serie: 13535	Número de serie: AM564
Inventario: 245	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

Frecuencias			
	f1	f3	f4
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

Jitter Tolerancia

Frecuencias			
	fo	f2	f3
Amplitud	2.53 UI	0.38 UI	0.27 UI
Velocidad de operación del multiplexor			2048 Kb/s

Jitter de Transferencia

Frecuencias			
	fo	f2	f3
Amplitud			
Velocidad de operación del multiplexor			

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio___ Jitter Tolerancia X Jitter Transferencia___

Fecha en que se realiza la prueba : 13 JULIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Inttelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca : Wandel & Golterman	Marca: Ericsson
Modelo: PJG - 4	Modelo: .Serie 7000
Número de Serie: 13535	Número de serie: 2345EMU
Inventario: 245	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

Frecuencias		
f1	f3	f4
Amplitud		
Velocidad de operación del multiplexor		

Jitter Tolerancia

Frecuencias		
fo	f2	f3
Amplitud 3.28 UI 0.41 UI 0.36 UI		
Velocidad de operación del multiplexor 2048 Kbps		

Jitter de Transferencia

Frecuencias		
fo	f2	f3
Amplitud		
Velocidad de operación del multiplexor		

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio___ Jitter Tolerancia X Jitter Transferencia___

Fecha en que se realiza la prueba : 13 JULIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Intelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca: Wandel & Golterman	Marca: Phillips
Modelo: PJG - 4	Modelo: Slim Line
Número de Serie: 13535	Número de serie: PH34657KA
Inventario: 245	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

Frecuencias		
f1	f3	f4
Amplitud		
Velocidad de operación del multiplexor		

Jitter Tolerancia

Frecuencias		
fo	f2	f3
Amplitud 1.6UI 0.25UI 0.18UI		
Velocidad de operación del multiplexor 2048 Kb/s		

Jitter de Transferencia

Frecuencias		
fo	f2	f3
Amplitud		
Velocidad de operación del multiplexor		

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio ___ Jitter Tolerancia ___ Jitter Transferencia X

Fecha en que se realiza la prueba : 13 JULIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Inttelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca : Wandel & Golterman	Marca: Alcatel
Modelo: PJG - 4 & PJM	Modelo: T90
Número de Serie: 13535 / 14283	Número de serie: AM546
Inventario: 245 / 290	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario).

Jitter Propio

		Frecuencias		
		f1	f3	f4
Amplitud				
Velocidad de operación del multiplexor				

Jitter Tolerancia

		Frecuencias		
		f1	f3	f4
Amplitud				
Velocidad de operación del multiplexor				

Jitter de Transferencia

		Frecuencias		
		f1	f3	f4
Jitter Entrada		2.4 UI	0.35 UI	0.25 UI
Jitter Salida		1.52 UI	0.20 UI	0.22 UI
Jitter Propio		1.25 UI	0.18 UI	0.18 UI
Velocidad de operación del multiplexor		2048 KB/s		

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio ___ Jitter Tolerancia ___ Jitter Transferencia X

Fecha en que se realiza la prueba : 13 JULIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Inttelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca : Wandel & Golterman	Marca: Ericsson
Modelo: PJG - 4 & PJM	Modelo: Serie 7000
Número de Serie: 13535 / 14283	Número de serie: 4567EMU
Inventario: 245 / 290	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

				Frecuencias		
		f1	f3	f4		
Amplitud						
Velocidad de operación del multiplexor						

Jitter Tolerancia

				Frecuencias		
		f1	f3	f4		
Amplitud						
Velocidad de operación del multiplexor						

Jitter de Transferencia

				Frecuencias		
		f1	f3	f4		
Jitter Entrada		3.2 UI	0.38 UI	0.33 UI		
Jitter Salida		1.51 UI	0.22 UI	0.18 UI		
Jitter Propio		1.2 UI	0.15 UI	0.15 UI		
Velocidad de operación del multiplexor 2048 KB/s						

REPORTE DE PRUEBAS EN MULTIPLEXORES DIGITALES

Nombre de la prueba a realizar : Jitter Propio__ Jitter Tolerancia __ Jitter Transferencia X

Fecha en que se realiza la prueba : 13 JULIO 2000

Nombre del personal que realiza la prueba: Ernesto García Reynoso Y Andrés R. Rangel
 Lugar y Hora en que se realiza la prueba: Laboratorio de Inttelmex Cleveria

Equipo de prueba	Equipo sometido a prueba
Marca : Wandel & Golterman	Marca: Phillips
Modelo: PJG - 4 & PJM	Modelo: Slim Line
Número de Serie: 13535 / 14283	Número de serie:
Inventario: 245 / 290	Inventario: N/A

Los valores de las frecuencias y amplitudes dependerán la velocidad de transmisión del equipo sometido a prueba. (ver tabla de la recomendación G821 del UIT). Los valores que se deben registrar en la siguiente tabla y deberán ser en UI (Intervalo Unitario) .

Jitter Propio

		Frecuencias		
		f1	f3	f4
Amplitud				
Velocidad de operación del multiplexor				

Jitter Tolerancia

		Frecuencias		
		f1	f3	f4
Amplitud				
Velocidad de operación del multiplexor				

Jitter de Transferencia

		Frecuencias		
		f1	f3	f4
Jitter Entrada		1.5 UI	0.22 UI	0.15 UI
Jitter Salida		1.52 UI	0.42 UI	0.41 UI
Jitter Propio		1.28 UI	0.20 UI	0.25 UI
Velocidad de operación del multiplexor		2048 KB/s		

ANALISIS DE RESULTADOS

En base a las gráficas obtenidas de las diferentes pruebas se concluye lo siguiente:

Prueba de Jitter Propio:

En este ensayo se observa que los proveedores tratan de mantenerse apegados a la norma sin embargo detectamos una deficiencia en el equipo Slim Line de Phillips ya que presenta un valor de Jitter Propio fuera del rango recomendado en la frecuencia más alta.

Prueba de Jitter de Tolerancia:

Para esta prueba las marcas de Alcatel y Ericsson tienen un comportamiento estable superando por mucho los valores de la recomendación por el contrario el equipo Slim Line presenta una deficiencia al trabajar con el valor más alto en frecuencia indicado por la norma.

Prueba de Jitter de Transferencia :

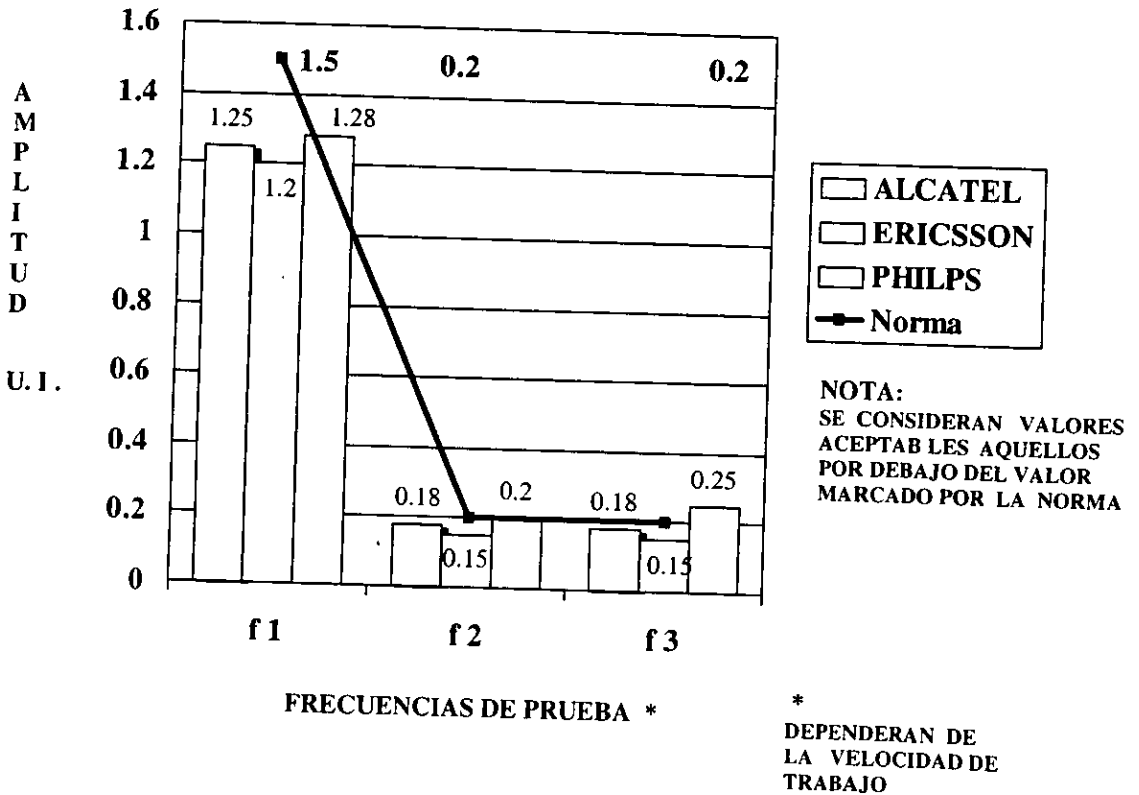
En este último ejercicio se observa el mismo comportamiento para el equipo Slim Line ya que nuevamente al ser evaluado en la frecuencia más alta marcada por la norma, el equipo se desempeña como un amplificador de Jitter siendo que para este caso la función que debe cumplir es la de atenuador.

CONCLUSIONES

Si estas pruebas formaran parte de un proceso de evaluación en la instalación y puesta de operación de equipo nuevo, se recomendaría instalar los equipos de las marcas Ericsson y Alcatel manteniendo al margen la marca de Philips ya que el equipo no cumplió con los estándares de la UIT.

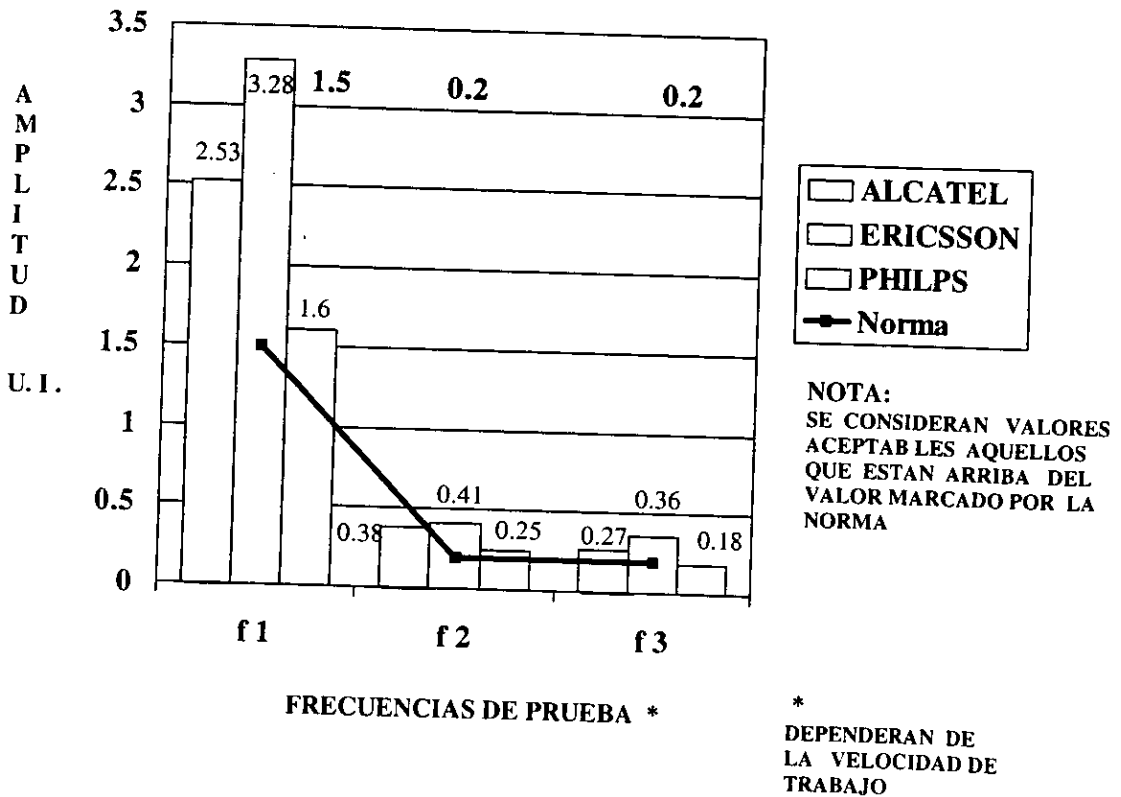
En el caso de que dichas pruebas formaran parte de un proceso de mantenimiento preventivo para equipo en operación recomendamos la reparación o sustitución del equipo Slim Line.

JITTER PROPIO

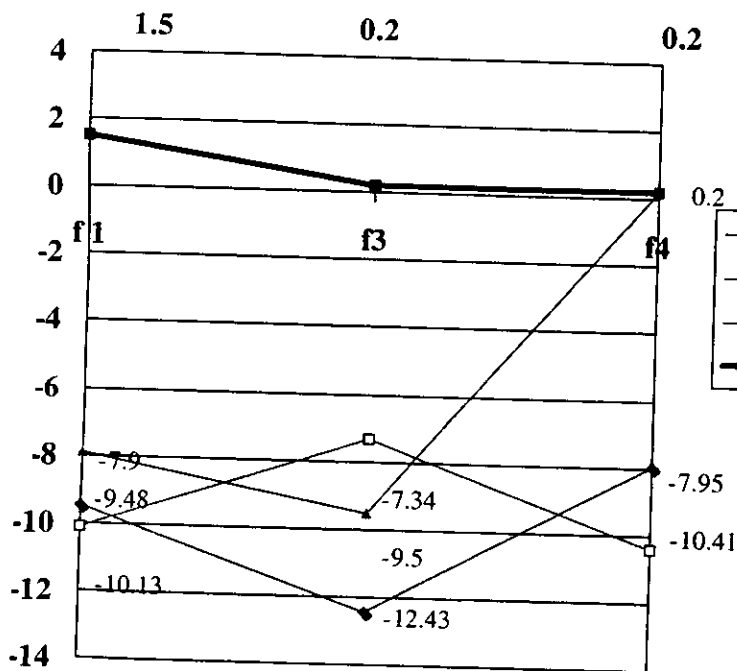


**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

JITTER TOLERANCIA



JITTER DE TRANSFERENCIA



- ◆ ALCATEL
- ERICSSON
- ▲ PHILPS
- Norma

NOTA:
SE CONSIDERAN VALORES
ACEPTABLES AQUELLOS
QUE ESTAN ABAJO DEL
VALOR MARCADO POR LA
NORMA

PARA OBTENER LOS VALORES DE ESTA GRÁFICA SE
DEBE UTILIZAR LA SIGUIENTE FORMULA
$$10 \log \frac{\text{JITTER SALIDA}}{\text{JITTER ENTRADA}} - \text{JITTER PROPIO}$$

FRECUENCIAS DE PRUEBA *

*
DEPENDERAN DE
LA VELOCIDAD DE
TRABAJO

CONCLUSIONES

El presente trabajo además de ser una fuente de información, incorpora una propuesta, la cual consiste en recolectar resultados de los tres conceptos del Jitter (propio, tolerancia y transferencia) mediante un formato de fácil manejo. El proceso de recolección se desarrolla a través pruebas basadas en la recomendación G823 del UIT y por medio la combinación formato - pruebas, se determina si los equipos de transmisión digital cumplen con las normas internacionales.

Nuestra investigación puede ser retomada por personal académico con fines didácticos y con ello el estudiante amplía su panorama de las comunicaciones digitales.

En la actualidad las empresas líderes en telecomunicaciones están diseñando equipos con un alto grado de eficiencia sin embargo, basándose en los resultados obtenidos en nuestra investigación podemos señalar que todos los equipos de transmisión digital son afectados por el fenómeno de Jitter y el ideal de la señal libre de errores no se puede dar si no se evalúa y controla dicho fenómeno*.

Cabe señalar que el único efecto conocido que produce el Jitter se destaca en el proceso de la toma de decisiones al discriminar entre un uno y un cero, la deficiencia de éste se traduce en errores y por consecuencia en un bajo índice de calidad. Para obtener un sistema de comunicaciones digitales con un alto grado de eficiencia se deben evaluar diferentes elementos siendo uno de ellos el fenómeno de Jitter y la forma más confiable es mediante el apego a la norma y un procedimiento de pruebas como el propuesto. Si bien es cierto que el fenómeno no se puede eliminar, con las pruebas y análisis de resultados se tienen los elementos suficientes para mantener un control estricto en el uso de nueva tecnología.

Se recomienda el uso del protocolo propuesto al realizar cualquier evaluación de compra, instalación, puesta en operación y rutinas de mantenimiento. Con lo anterior las empresas que proporcionan servicios de telecomunicaciones pueden estar seguras de estar bajo las normas internacionales del UIT garantizando en este rubro un sistema con alto grado de calidad.

Al realizar la evaluación del Jitter se debe efectuar todas las pruebas marcadas por la recomendación ya que los equipos pueden comportarse satisfactoriamente para un determinado tipo de Jitter, e inestable al cambiar algunas de las variables mencionadas por la norma. Esto quiere decir que en algunas ocasiones los dispositivos (supresores de Jitter) instalados en los equipos no son de alta calidad presentando problemas en aquellas condiciones donde el Jitter es considerado como más severo.

* Se logra mantener el control del fenómeno mediante el uso de equipos que trabajen dentro de los estándares de la norma del UIT G823.