



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

CAMPUS ARAGÓN

294022

MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS PCM (30 + 2 Ch's)".

T E S I S

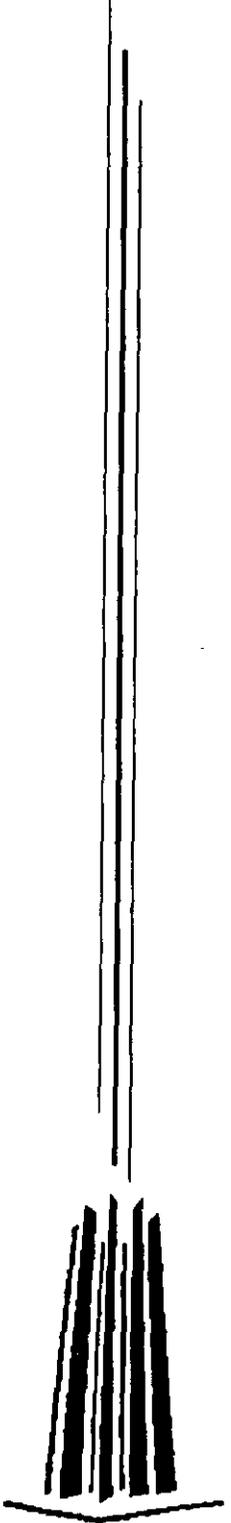
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

P R E S E N T A N:

BENITO BARRANCO CASTELLANOS. PEDRO CONTRERAS ROMERO.

ASESOR DE TESIS: ING. JUAN GASTALDI PÉREZ.





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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

**BENITO BARRANCO CASTELLANOS  
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 22 de marzo del año en curso, presentada por Pedro Contreras 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 "MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS PCM (30 + 2 Ch's)", 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, 30 de marzo de 2007  
EL DIRECTOR

Me en R.I. CARLOS EDUARDO LEVY VAZQUEZ



- C p Secretaría Académica.  
C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.  
C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/IIa.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

PEDRO CONTRERAS ROMERO  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 22 de marzo del año en curso, presentada por Benito Barranco Castellanos 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 "MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS PCM (30 + 2 Ch's)", 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, 30 de marzo de 2001  
EL DIRECTOR

M en R.I. CARLOS EDUARDO LEVY VAZQUEZ



*Handwritten signature*

- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/IIa.

*Handwritten signature*

---

---

## *AGRADECIMIENTOS.*

### **DEDICO ESTE TRABAJO DE TESIS.**

A mis padres por el apoyo que me han brindado desde el principio de mis estudios a mis hermanos que han sido el empuje de mi formación y que siempre me han brindado su apoyo en todo momento.

Le doy gracias a mi querida Emma que como compañera sentimental es la persona que me ha sabido sobrellevar y mi aliciente que es mi pequeño hijo Héctor Eduardo.

A mis amigos que en todo momento han estado conmigo, en especial a Luis a Gladis, Pepillo, Víctor, Enrique, Margarita, Pedro, Roberto, Noe, Antonio, Miguel Arcángel, Jorge, Guillermo, Israel, Memo, y a todos los compañeros de la carrera.

**Benito Barranco Castellanos.**

---

---

## *AGRADECIMIENTOS:*

**Dedico este trabajo de tesis conmigo mas profundo agradecimiento a:**

Mis padres por el apoyo moral y económico que me supieron brindar en los instantes más difíciles de mi formación como ingeniero, a mi sobrina Lizeth Contreras Vázquez por su apoyo moral para terminar con éxito mi carrera, a mis compañeros de la generación 88-93.

Muy en especial a mi amigo y compañero Guillermo Ortega Vilchis que contribuyo a mi formación como instructor en la empresa donde actualmente trabajo. Mi gratitud a todos mis amigos y compañeros de estudio por los momentos de regocijo que pasamos juntos.

**Pedro Contreras Romero**

## **CONTENIDO.**

**INDICE.**

**INTRODUCCIÓN.**

**CAPITULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS.**

**CAPITULO 2. PRACTICAS.**

**CAPITULO 3. ANEXO.**

**CONCLUSIONES.**

**GLOSARIO.**

**BIBLIOGRAFIA**

**INDICE**

Introducción .....	<i>Página</i> 5
--------------------	--------------------

**CAPITULO I****CONCEPTOS BASICOS****1.1 MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS**

1.1.1 Introducción.....	9
1.1.2 Antecedentes históricos del PCM.....	11
1.1.3 Acoplamiento.....	15
1.1.4 Filtrado.....	17
1.1.5 Muestreo.....	20
1.1.6 Cuantificación.....	24
1.1.7 Codificación.....	27
1.1.8 Ejercicios de codificación.....	28

**1.2 ESTRUCTURA DE LA TRAMA**

1.2.1 Introducción.....	30
1.2.2 El bit.....	31
1.2.3 Espacio de tiempo.....	32
1.2.4 Estructura de trama de los sistemas PCM.....	32
1.2.5 Estructura de multitrama de los sistemas PCM.....	36
1.2.6 Formación del multiplexado PCM.....	38

**1.3 CODIGO BINARIO Y DE LINEA**

1.3.1 Introducción.....	39
1.3.2 Códigos internos.....	40
1.3.3 Códigos de línea.....	42

## 1.4 MULTIPLEXORES

1.4.1 Introducción.....	45
1.4.2 Sincronización.....	49
1.4.3 Equipo PCM Phillips Slim Line.....	51
1.1.4 Equipo PCM BYB.....	57

## CAPITULO 2.

### PRACTICAS.

P1	Verificación de los voltajes de un sistema. P1-1.	
	Alimentación de los sistemas PCM. P1-1.	
	Verificación de alimentación del bastidor BYB. P1-3.	
	Verificación de los voltajes de operación. P1-6.	
P2	Interpretación de alarmas. P2-1.	
	Conexiones.....	P2-3.
	Sincronía de trama.....	P2-4.
	Palabra de alarmas.....	P2-6.
	Sincronía de multitrama.....	P2-8.
	Prueba de errores.....	P2-10.
P3	Pruebas analógicas.....	P3-1.
	Mediciones de nivel y ruido usando el PMG-3.....	P3-2.
	Mediciones analógicas usando el PCM-4 (A/A).....	P3-7.
P4	Análisis de una señal PCM según la norma G-703.....	P4-1.
	Norma G-703.....	P4- 2.
	Medición del periodo de un pulso.....	P4-5.
	Medición de la amplitud de un pulso.....	P4-6.
	Medición de la frecuencia de reloj con un frecuencímetro.....	P4-7.

P5	Pruebas de calidad en señales digitales.....	P5-1.
	Prueba de la G-821.....	P5-2.
	Analizador de trama y señalización, PRA-1.....	P5-6.
	Ejercicios prácticos.....	P5-11.
	Errores en equipos PCM.....	P5-12.
P6.	Jitter.....	P6-1.
	Teoría del Jitter.....	P6-2.
	Jitter propio.....	P6-7.
	Tolerancia del Jitter.....	P6-12.

## ANEXO.

Introducción.....	A-1.
Multímetro.....	A-2.
Generador de señal digital PDG-3.....	A-3.
Elmi monitor de señales.....	A-5.
Generador y medidor de nivel PMG-3.....	A-7.
PCM-4.....	A-9.
Osciloscopio.....	A-11.
Analizador de trama y señalización PRA-1.....	A-12.
Generador de Jitter PJG-4.....	A-15.
Medidor de Jitter PJM-4.....	A-17.

**Conclusiones.**

**Glosario.**

**Bibliografía.**

## INTRODUCCION

El objetivo de esta tesis es dar a conocer los procedimientos y técnicas de medición, que son necesarias para el mantenimiento preventivo y correctivo en los sistemas de transmisión digital de primer orden, además de verificar la calidad con que se transmite la información a través de éstos, de acuerdo a las normas de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

Este trabajo contempla a los sistemas digitales de primer orden y de norma europea, esto es debido a que en México se adoptó esta norma, en la cual los sistemas de primer orden son de 32 espacios de tiempo.

En las grandes empresas de comunicaciones (Telmex, Avantel, Alestra etc.), se encuentran una gran cantidad de estos sistemas de transmisión digital, como por ejemplo: El equipo BYB primer orden del fabricante Ericsson, que es un multiplexor de 30 canales de voz o de 31 canales de datos, el equipo Phillips slim line de primer orden de fabricante Phillips, también de 30 o de 31 canales, el equipo CP600 de fabricación canadiense, éste es un multiplexor multiservicios con más tecnología que los anteriores, utiliza la técnica PCM por lo que se le considera un multiplexor de 30 + 2 canales. Gracias a estos sistemas es posible la comunicación a grandes distancias cuando son empleados para formar equipos de orden superior (8, 34 y 140 Mb/s), pero también se pueden enlazar de punto a punto a través de un par de hilos (dos para transmitir y dos para recibir) y multiplexar 30 canales de voz mas dos espacios de tiempo para transmitir sincronía, alarmas y señalización. Cabe decir que cuando se requiere transmitir solo datos, estos equipos multiplexan 31 canal más un espacio para transmitir sincronía y alarmas.

Estos sistemas están diseñados de tal forma que se puede monitorear la señal de transmisión tanto a nivel analógico como a nivel digital y requieren tanto de un mantenimiento preventivo como correctivo. Para poderles dar este mantenimiento, se necesita aplicar las técnicas de medición con las cuales se puede determinar sí la calidad del sistema esta dentro de la norma de la UIT.

Las normas de la UIT G-703, G-712, G-821 y G-823 marcan los parámetros establecidos para comprobar si el sistema PCM transmite con buena calidad.

Para poder verificar si estos equipos de transmisión digital cumplen con las normas se utilizan aparatos de medición tales como: el PCM-4, PRA-1, Osciloscopio, PJM-4 y PJG-4, los cuales se explicarán en el anexo.

La problemática que presentan estos sistemas cuando se enlazan uno con otro a través de una conexión punto a punto con un par de hilos es que no pueden transmitir a grandes distancias, ya que la señal tiene que ser regenerada aproximadamente cada 2 Km y el número máximo de regeneradores que se pueden utilizar es de 18 o de 20 dependiendo del fabricante; por esto actualmente se utilizan para formar multiplexores digitales de alto orden y para líneas privadas y así poder transmitir voz, datos, etc. a grandes distancias a través de los diferentes medios de transmisión (fibra óptica, radio enlace digital, etc.).

Debido a la gran variedad de sistemas que existen en las diferentes empresas que se dedican a dar servicio de comunicación (Telmex, Avantel, AT&T, etc.) surge la pregunta ¿cual es el más adecuado para transmitir información digitalizada?. Todos estos sistemas cumplen con las normas de la UIT, por lo tanto todos son adecuados tanto en calidad y servicio como en eficiencia, pero algunos presentan deficiencias con respecto a otros, que son tecnologías más recientes y por lo tanto proporcionan más servicios a los clientes.

En esta tesis se pretende exponer las técnicas que se pueden usar para medir la calidad de estos sistemas de transmisión digital, ya que todos ellos requieren de cierto mantenimiento preventivo y correctivo para determinar que tanto se han degradado en sus funciones debido al uso continuo que tienen. Para determinar el estado del sistema se le aplica la técnica de medición que recomienda la UIT en sus puntos de prueba y de esta manera se sabe si se encuentra dentro de la recomendación.

En el capítulo uno se describirán los conceptos básicos del PCM como son los de acoplamiento y filtrado, el muestreo, la cuantificación y la codificación con los cuales se convierte una señal analógica de voz a

una señal digital. Como se estructura la trama y la multitrama de estos sistemas PCM de acuerdo a la recomendación G-732 de la UIT. Como se convierte la información digitalizada en código binario a código de línea HDB-3. Por último se describen algunos multiplexores y sus principales características.

El capítulo dos muestra el mantenimiento de los sistemas a través de algunas técnicas de medición recomendadas por la UIT. Además como se vaya avanzando en el desarrollo de las prácticas se irá conociendo la configuración de cada aparato y así poder determinar si el sistema se encuentra dentro de los parámetros recomendados por la UIT

El anexo está dedicado a la descripción de cada uno de los aparatos de medición, se hace una introducción sobre cada uno de ellos y una tabla donde se enumeran sus principales características.

Como se mencionó anteriormente el propósito de elaborar esta tesis es el dar a conocer el cómo funcionan estos sistemas múltiplex digitales explicando cada una de las etapas de conversión de la información y también como poderles dar mantenimiento para el buen funcionamiento y al aplicar la norma detectar que tanto se ha degradado el sistema en sus funciones de transmisión. Aunque todos estos sistemas transmiten bajo las normas de la UIT, algunos resultan ser de menor calidad que otros y esto se detecta al aplicar la medición correspondiente, pero también existen sistemas de nuevas tecnologías más eficientes en calidad y servicios, ocupan menos espacio en su ubicación y transmiten mayor cantidad de información proporcionando al cliente mayores y mejores servicios.

# **CAPITULO UNO**

## **CONCEPTOS BASICOS**

## 1.1 MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS

### 1.1.1 INTRODUCCION

Este subtema trata de un tipo de sistemas de comunicación que pueden llevar mensajes o señales de información, tales como conversaciones telefónicas a larga distancia, mediante el tratamiento discreto de dichos mensajes. En la presente introducción se presentarán los conceptos fundamentales en los que se basa el sistema PCM.

Las ondas del sonido incidentes sobre el micrófono son convertidas en ondas eléctricas que son análogas a la presión acústica. La amplitud puede tener cualquier valor en cualquier instante. Se dice que la señal es de tipo analógica o continua, a diferencia de las señales como la del telégrafo que presentan fluctuaciones entre dos amplitudes bien definidas; estas últimas se clasifican dentro del tipo discreto.

Enfocando nuestra atención a las señales de voz, matemática y experimentalmente se ha demostrado que no es esencial su reproducción exacta para no perder legibilidad y calidad. El deterioro que sufre comúnmente las señales telefónicas y otras señales continuas durante su transmisión, ocasiona distorsión en su amplitud y frecuencia, además del ruido indeseable que inevitablemente interfiere en su transmisión. El resultado es que las señales reproducidas en un receptor tendrán componentes extrañas que no están correlacionadas en lo absoluto con la señal original, sin embargo, esto no necesariamente afecta nuestra comprensión del mensaje hablado. Lo importante es que mientras las distorsiones que afectan la señal sean suficientemente pequeñas, pasarán a nuestros sentidos y al equipo receptor, desapercibidas. La experiencia ha demostrado que el sistema de comunicación no necesita reproducir con extrema exactitud la señal de voz. Tener una reproducción suficientemente aproximada sirve a nuestros propósitos. Existe una razón aún más fundamental del por que no se requiere que el sistema reproduzca un mensaje exactamente: ¡Porque es imposible!. Los daños ocasionados en la señal por el ruido externo en el medio de transmisión son inevitables. Si se supone que la amplitud de un elemento de la onda discreta puede ser situada dentro de cierta duración, sería factible

también considerar a la onda continua como subdividida en elementos de la señal de corta duración y que estos la representan muy aproximadamente. Esto lleva al principio fundamental en el que está basado el sistema de modulación por pulsos codificados (PCM), es decir, "una señal continua puede representarse mediante una señal discreta". Esta última es solo una aproximación, pero recuérdese que una señal continua también constituye una aproximación de la original después de haber sido dañada por el ruido y la distorsión, No hay razón para suponer que una aproximación deliberada sea menos útil que una aproximación formal e incontrolable. El valor de la representación discreta es que, como se verá más adelante, contrariamente al caso de la onda continua, puede ser procesada fácilmente, para transmitirse muy lejos con poca distorsión y más invulnerable al ruido; en otras palabras, la información en un mensaje discreto está limitada en calidad inicial, pero es capaz de transmitirse con un alto grado de precisión.

El proceso mediante el cual se logra que la onda continua de información quede aproximada es mediante una sucesión de muestras o impulsos de corta duración y se le conoce como muestreo y la señal resultante de este proceso como señal muestreada. El análisis espectral del tren de impulsos modulados en amplitud (PAM) revela que, además de la portadora y las bandas laterales, también se tiene la presencia del espectro de la señal original por lo que ésta se puede extraer fácilmente mediante un filtro paso bajo.

Cada "valor muestreado" se compara con una escala de valores previamente determinados (niveles de cuantificación) y se le asigna uno de estos valores según el intervalo, esto se conoce como "cuantificación"; el resultado constituye la señal "cuantificada".

Los procesos del muestreo y cuantificación producen una señal discreta; sin embargo, como será analizado más adelante, esta forma no es muy apropiada para su transmisión por línea o enlace radioeléctrico. Se requiere una traslación a un tipo diferente de señal; este último proceso es el de "codificación". En la práctica, los procesos de cuantificación y codificación se llevan a cabo en la misma unidad, el codificador PCM.

El tipo de sistema PCM que se estudiará en esta tesis es el que se encuentra instalado en Bancos, PEMEX, Telmex, etc. que adopta la norma europea. Este equipo de transmisión multiplexa 30 canales telefónicos más 2 espacios de tiempo usados para transmitir sincronía, alarmas y señalización en un solo tren de pulsos digitales a una velocidad de 2048 Kb/s. Esta señal digital (ya con estructura de trama y multitrama) es convertida a una señal con código de línea que puede pasar a través de los regeneradores intermedios.

Cuando estos regeneradores o repetidores reciben la señal transmitida desde la estación terminal o de otro regenerador, la cual lógicamente ha sufrido distorsiones por el medio de transmisión, reproducen una señal regenerada y la vuelven a enviar. Gracias a estos regeneradores se puede transmitir a distancias considerables sin que la señal de información pierda su calidad.

### 1.1.2 ANTECEDENTES HISTORICOS DEL PCM

Los procesos de muestreo y cuantificación son algo que el hombre ha hecho por mucho tiempo: la representación de un fenómeno mediante unas cuantas mediciones realizadas redondeando los resultados numéricos; a pesar de esto, la aplicación de esta idea para la implementación de sistemas de comunicación no fue realmente explotada sino hasta mediados de nuestro siglo.

Según la historia de la comunicación eléctrica, la razón más antigua para el muestreo de una señal, fue la intención de entrelazar las muestras de diferentes fuentes de información en el tiempo (TDM Múltiplex por División de Tiempo). Esto consiguió su incipiente intervención de señales telegráficas aproximadamente durante el año 1853 con J.M. Baudot. Las señales muestreadas y multicanalizadas eran, en si mismas, discretas. El sistema de W.M. Miner en 1903 fue un paso notable, ya que aplicaba las técnicas empíricas del muestreo a señales de voz, aunque esto no tubo mucho éxito, debido a las dificultades de los dispositivos de muestreo. Es importante señalar que esto fue hecho 10 o 15 años antes de que se empezara a experimentar con telefonía por portadoras, sistemas que empezaban a tener amplia aplicación durante la segunda y tercer década del siglo.

Los sistemas TDM no siguieron floreciendo probablemente debido a la falta de componentes adecuados.

Por otro lado, otro elemento de los sistemas PCM, La transmisión digital, siguió desarrollándose a partir del telégrafo en el sentido de los diferentes códigos que iban inventándose. Fue el telégrafo el que condujo a estudios más profundos hechos por Nyquist y Hartley en 1920, que suministraron ideas fundamentales en cuanto a la medida de la información para señales discretas.

Al rededor de 1936, se tenían ya ciertos conocimientos empíricos sobre el muestreo de las señales continuas y la telefonía TDM, lo que aún no representaba una ventaja sobre los ya bien establecidos sistemas onda portadora; también la telegrafía era un concepto bien entendido en la teoría y la práctica.

La primer patente sobresaliente sobre sistemas PCM fue registrada en 1939 por Alec H. Reeves; representaba el intento por lograr la transmisión de señales continuas explotando la característica de inmunidad al ruido de las señales telegráficas. Se mencionaron ya las ideas de cuantificación y codificación, apropiados para el ruido y el ancho de banda del medio de transmisión, así como circuitos específicos.

Durante la primera y la segunda guerra mundial, estas últimas invenciones no tuvieron la oportunidad de desarrollarse; los siguientes pasos en este sentido fueron dados a finales de la guerra en los laboratorios de Bell Telephone. Algunos de los resultados fueron publicados en 1948 por Blak, Oliver, Pierce y otros. Además los estudios sobre la teoría de la comunicación, publicados en un documento extraordinario en 1948 por C.E. Shannon, ayudaron grandemente al entendimiento del concepto "sistema de comunicación", proporcionando ideas sobre la evaluación cuantitativa de la eficiencia de un sistema; algunos de los conceptos expuestos sirvieron para la invención de códigos para combatir el ruido en el canal de comunicación.

Con la invención del transistor y posteriormente de los microcircuitos, se tuvieron las características de utilidad primordial en sistemas PCM, es decir, tamaño y bajo consumo de potencia lo que permite

reducciones substanciales en el equipo y la implementación sencilla de la infinidad de operaciones lógicas y de conmutación requeridas en el sistema.

A partir de aproximadamente 1956, la modulación por pulsos codificados PCM, ha sido estudiada exhaustivamente para su aplicación en redes telefónicas ya existentes.

El primer uso comercial de los sistemas de transmisión digital PCM, fue para la transmisión de conversaciones telefónicas para circuitos de enlace en 1962. El término "circuito de enlace" se aplicará en el texto a las uniones entre centrales locales ya sean directas, tandem o entre locales y de tránsito. Antes de su introducción era (todavía lo es) de uso común usar exclusivamente circuitos de enlace a frecuencias de voz a 2 hilos (cables multipares) no amplificados y sistemas de frecuencias portadoras (FDM) para circuitos interurbanos. La razón de no usar sistemas de portadora para circuitos de enlace es económica; son costosos en este caso; una buena parte del costo esta en las terminales. Para grandes distancias el costo de las terminales esta balanceado por el bajo costo del medio de transmisión multicanal no siendo los circuitos de enlace normales suficientemente largos para justificar esto. Una de las ventajas principales de los sistemas PCM es que las terminales resultan comparativamente más económicas que las de FDM. Por lo tanto el PCM puede competir con transmisión sobre canales multipares a distancias entre 10 a 40 Km.

Otro factor es que esta misma aplicación conserva los beneficios de uno de los distintivos característicos del PCM: la regeneración. Un cable como circuito de enlace es un medio deficiente para manejar señales de gran ancho de banda sobre las que influye con una gran cantidad de distorsión y diafonía. Las señales digitales, con la ayuda de repetidores soportan este deterioro mejor que en el caso de FDM u otras señales analógicas. Así, puede emplearse PCM para transmitir señales multicanal sobre pares de cables usados originalmente para canales telefónicos a frecuencias de voz, incrementando con esto la capacidad de los cables ya existentes, lo que es extremadamente interesante considerando el crecimiento del tráfico telefónico.

Las señales digitales se transmiten usando 2 pares de cables, uno para cada dirección de transmisión, los cuales pueden estar dentro del

mismo cable o pertenecer a cables diferentes. Los repetidores regenerativos se colocan a intervalos de aproximadamente 2 Km. El límite para el esparcimiento entre repetidores para cierta cantidad de tráfico en el cable, está impuesta no tanto por la pérdida introducida, sino por diafonía

**Resumiendo, los factores principales en favor del PCM son:**

- a) Calidad de la transmisión casi independiente de la diafonía. Las señales pueden regenerarse mediante repetidores intermedios en una ruta ya que la información se lleva en forma de símbolos discretos.
- b) Aumento de la capacidad de ciertos medios ya existentes. El primer uso comercial del sistema fue en circuitos de enlace telefónico, en los que la multicanalización en tiempo fue posible usando pares de cables originalmente destinados para canales telefónicos sin traslación de frecuencias.
- c) Se logra minimizar considerablemente el ruido y la interferencia mediante códigos apropiados.
- d) Economías inmediatas para ciertas aplicaciones. Los sistemas telefónicos en enlace han tenido éxito, no solo debido al uso del cable ya existente, si no también debido a que el equipo necesario ha competido en costo con otras alternativas consideradas.
- e) Se tiene el uso extendido en circuitos digitales en todo el sistema, por lo que facilita el tratamiento de la información, inclusive la compatibilidad de diferentes fuentes de información. Recuérdese que, en la última instancia, son solo bits los que fluyen por el canal de transmisión.
- f) Como es conocido y ya es una realidad, el uso de circuitos normalizados, principalmente del tipo digital ofrece una gran perspectiva para abatir los costos de fabricación en gran escala.

### 1.1.3 ACOPLAMIENTO

**INTRODUCCION:** Para analizar cada una de las etapas del multiplexor PCM se analizará el diagrama a bloques de la figura A. (Pag. 46). En este diagrama se observan cada una de las etapas principales en las cuales la señal analógica de voz va cambiando de forma hasta convertirse en una señal digital con código de línea en el sentido de transmisión y en el sentido de recepción de una señal digital con código de línea a una señal analógica de voz.

La primera etapa es la de acoplar a la señal de voz que viene con una impedancia de 600 Ohms de la central de conmutación, normada en la norma G-712 de la UIT, para enlace de frecuencias vocales de dos y de cuatro hilos; para acoplar la señal de entrada al MUX PCM es necesario un tipo de acoplamiento que permita adaptar impedancias para que exista una máxima transferencia de energía; en los sistemas PCM el tipo de acoplamiento que se utiliza a la entrada y salida de la señal, es por transformador, tomando en cuenta que entre etapas se llevan a cabo otros tipos de acoplamiento.

En el sentido de transmisión, la señal es acoplada de una impedancia de 600 Ohms a una alta impedancia de toda la circuitería del equipo multiplexor, que puede variar dependiendo del diseño del fabricante. A la salida del convertidor del código de línea, la señal es nuevamente, acoplada de una alta impedancia a una impedancia de 75 Ohms. En el sentido de recepción la señal es acoplada de 75 Ohms a alta impedancia y de alta impedancia a 600 Ohms.

**TIPOS DE ACOPLAMIENTO:** Para conectar el transductor de entrada a un amplificador o a la carga u otra etapa es necesario un medio de acoplamiento que permita adaptar impedancias para que exista máxima transferencia de energía. Los acoplamientos inter-etapas más utilizados son:

1. - ACOPLAMIENTO DIRECTO.
2. - ACOPLAMIENTO R-C
3. - ACOPLAMIENTO POR TRANSFORMADOR

1. - **ACOPLAMIENTO DIRECTO**: Este tipo de acoplamiento es necesario para aplicaciones de baja frecuencia. Consiste en unir dos etapas por medio de un cable o una pista. En principio, este método es ideal porque resulta económico y no sufre las atenuaciones que introduce todo capacitor en bajas frecuencias. Los niveles de corriente continua de las primeras etapas están relacionados con los niveles de corriente continua de las etapas siguientes, por esta razón el arreglo de polarización se diseña para la red completa, y no para cada etapa.

2.- **ACOPLAMIENTO R-C**: Este tipo de acoplamiento se aplica empleando resistencias de polarización y capacitores de acople, aunque con el no se produce una perfecta adaptación de impedancias y por lo tanto, no habrá máxima transferencia de energía. Separa totalmente a la señal de los circuitos de polarización. Entre etapas el capacitor tiene la función de prevenir la corriente continua evitando que la etapa anterior afecte las condiciones de polarización de la siguiente etapa.

3.- **ACOPLAMIENTO POR TRANSFORMADOR**: Este tipo de acoplamiento es muy eficiente, ya que además de aislar la corriente continua, la resistencia del primario es de pocos Ohms comparada con la gran resistencia en el secundario, por lo cual hay menor pérdida de potencia ya que emplea transformadores elevadores y de reducción, lo cual permite emparejar hasta lo máximo la carga de las etapas y lograr con esto la máxima transferencia de potencia.

El tipo de acoplamiento con el cual se acopla la señal en estos sistemas PCM es por transformador como se muestra en la siguiente figura 1.1 (primera etapa del diagrama "A" Pag. 46 ).

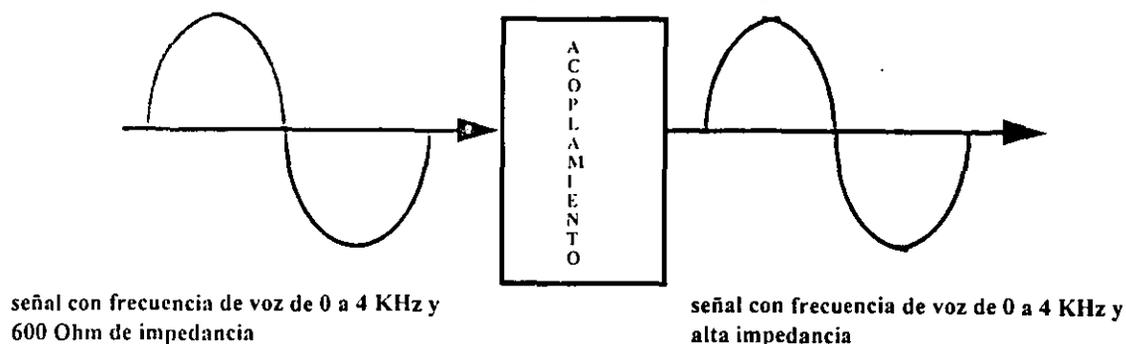


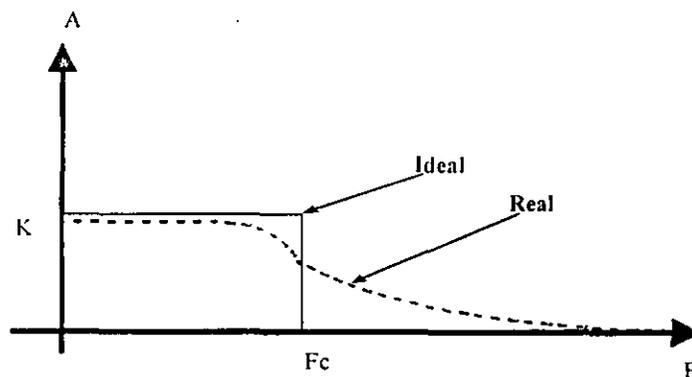
Fig. 1.1 Acoplamiento

Como se puede ver en la figura el dispositivo de acoplamiento acopla las impedancias de 600 Ohms a una alta impedancia de toda la circuitería del sistema de transmisión.

### 1.1.4 FILTRADO

**TIPOS DE FILTROS:** Un filtro es un circuito diseñado para dejar pasar una banda de frecuencias específicas, mientras atenúa todas las señales fuera de esta banda. Los circuitos de filtros pueden ser pasivos o activos. Los circuitos de filtros pasivos contienen solo resistores, inductores y capacitores. Los filtros activos, emplean transistores o amplificadores operacionales más resistores, inductores y capacitores. Los inductores no se utilizan a menudo en los filtros activos, debido a que son voluminosos, costosos y pueden tener componentes resistivos grandes. **Hay 4 tipos de filtros:**

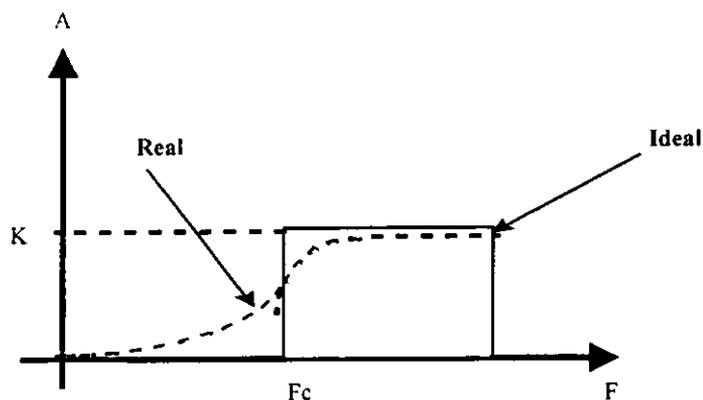
**1.- FILTROS PASA - BAJAS:** Es un circuito que tiene una señal de amplitud constante desde CD hasta una frecuencia de corte  $f_c$ . Conforme la frecuencia aumenta arriba de  $f_c$ , el voltaje de salida se atenúa como se observa en la figura 1.2.



Respuesta real e ideal del filtro

Fig. 1.2 Filtro Pasa Bajas

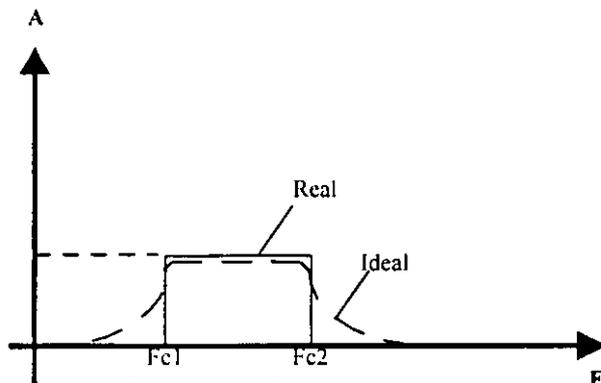
**2.- FILTRO PASA ALTAS:** Es un circuito que atenúa el voltaje de salida para todas las frecuencias abajo de la frecuencia de corte  $f_c$ . Arriba de  $f_c$ , la magnitud del voltaje de salida es constante como se ve en la siguiente figura 1.3.



Respuesta real e ideal del filtro

Fig. 1.3 Filtro Pasa Altas

3. - **FILTRO PASA - BANDA:** Este tipo de filtro permite pasar sólo una banda de frecuencias mientras atenúa las demás como se ve en la siguiente figura 1.4.



Respuesta real e ideal del filtro

Fig. 1.4 Filtro Pasa Banda

**4.- FILTRO SUPRESOR DE BANDA:** Este tipo de filtro se comporta exactamente de manera opuesta al filtro pasa-banda esto es, rechaza una banda específica de frecuencias mientras deja pasar todas las que se encuentran fuera de ella como se ve en la figura 1.5.

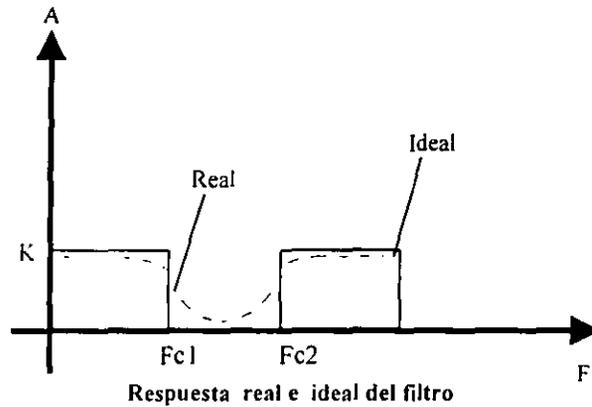


Fig. 1.5 Filtro Supresor de Banda

Después de que la señal es acoplada en el dispositivo de acoplamiento ésta debe ser filtrada pasando primero por un filtro paso altos el cual se encarga de cortar las frecuencias bajas por debajo de 300 Hz. Enseguida la señal pasa por el filtro paso bajos que corta las frecuencias arriba de 3400 Hz. Los dos filtros, el paso altos y el paso bajos forman el filtro pasa bandas que limita a la señal en el rango de frecuencias del canal telefónico (300 a 3400 Hz). Los sistemas multiplexores de primer orden cuentan con una etapa de atenuación en donde la señal es preparada para que llegue a su objetivo final con el nivel adecuado. En la figura 1.6 se observa el cambio que ha sufrido la señal desde que entro al sistema PCM.

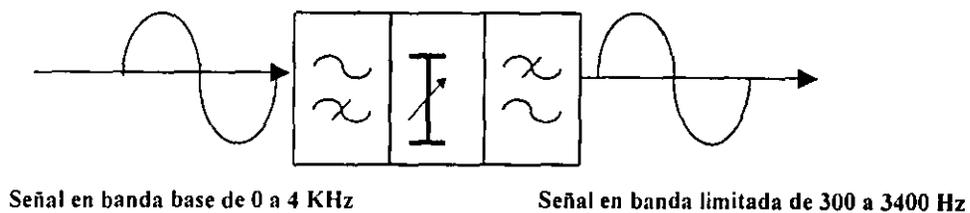


Fig. 1.6 Filtrado

### 1.1.5 MUESTREO

Como se mencionó anteriormente, el proceso usado para obtener pulsos periódicos conteniendo muestras de una onda continua se le conoce como *MUESTREO*. Este proceso se basa en el teorema de muestreo que especifica:

“Una señal continua que no contenga frecuencias mayores a  $\omega$  Hz, está totalmente determinada por muestras de la señal tomadas a intervalos  $\omega/2$  segundos”. Esto quiere decir que la frecuencia de muestreo siempre debe ser mayor o igual al doble de la mayor frecuencia de la señal de información. A éste teorema también se le conoce como “teorema de NYQUIST”.

La señal continua que es aplicada al equipo PCM, se hace pasar primero por un filtro pasa-banda con el objeto de limitarla dentro de un rango determinado de frecuencias (ancho de banda).

La señal es interrumpida periódicamente por un interruptor electrónico, teniendo a la salida de éste, pulsos que representan la amplitud de la señal muestreada en los instantes de muestreo. Con este proceso se obtiene una señal modulada por amplitud de pulsos (muestras PAM) como se observa en la figura 1.7.

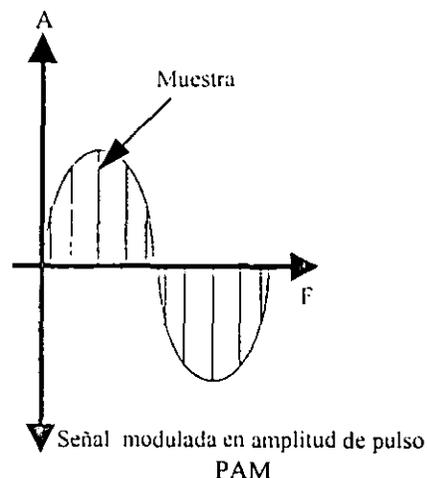


Fig. 1.7 Señal Muestreada

En la modulación por amplitud de pulsos (PAM) se toman muestras de la señal telefónica (normalmente en forma estrictamente periódica) y solo se transmiten estas muestras con ayuda de un dispositivo de muestreo. Aunque las señales se transmiten solamente en forma parcial, es posible reconstruir la señal o señales originales en el receptor de forma completa de acuerdo a las siguientes premisas:

- a) Las señales a modular tendrán limitadas su ancho de banda
- b) El proceso de muestreo cumplirá con las leyes del teorema del muestreo o teorema de NYQUIST.

La figura 1.8 explica este proceso: Con una secuencia de impulsos de muestreo estrechos (en los que la cadencia de la señal viene dada por  $F_m$ ), se multiplica (o se modula) la señal original ( $F_v$ ), con lo que resulta  $F_s = F_v \times F_m$ .

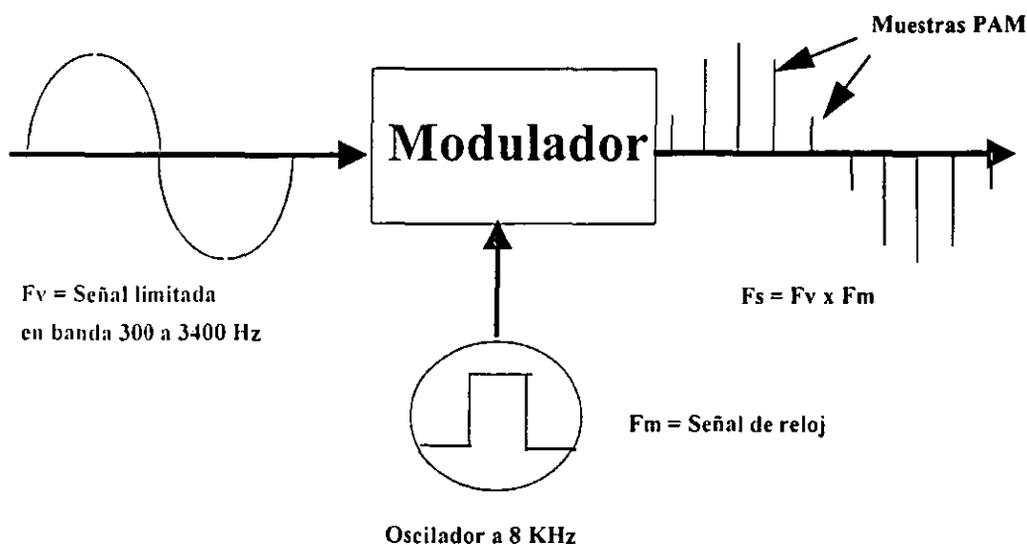


Fig. 1.8 Modulador

Se genera, por lo tanto, una secuencia de impulsos, cuyas amplitudes corresponden exactamente a las amplitudes de la señal en los instantes respectivos. Este proceso se denomina modulación por amplitud de pulsos (PAM por sus siglas en ingles). En el punto de recepción y antes de la restitución de la señal hay que generar una curva continua de la señal mediante interpolación con un filtro paso-bajos. En la figura 1.9 se indican los espectros de frecuencias de las señales. En la modulación por amplitud de pulsos aparece el espectro

de la señal original una vez en su posición primitiva y adicionalmente sobre las componentes de frecuencia (onda fundamental y armónicas) del impulso de muestreo - líneas con una separación de frecuencias de  $1/T$  - moduladas en forma de banda lateral superior y banda lateral inferior. Mediante el filtro paso bajos de interpolación, antes de la recuperación de la señal, se excluyen los espectros de frecuencias perturbadoras.

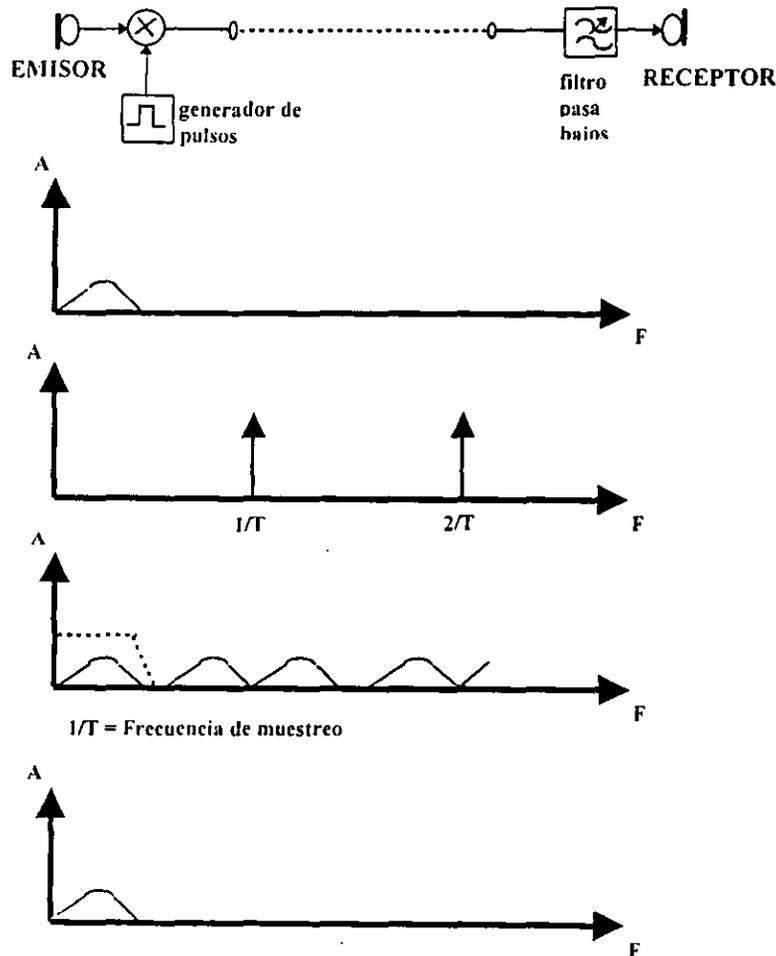


Fig. 1.9 Espectros de Frecuencia

En la figura 1.10 la banda lateral inferior junto a la frecuencia de muestreo  $F_m = 1/T$  se aproximará tanto más al espectro original, cuanto más elevadas sean las componentes de frecuencia del espectro original, tocándose finalmente, si la frecuencia más elevada se hace igual a la mitad de la frecuencia de muestreo. De lo anterior se deduce la siguiente ley para la relación entre el ancho de banda de la señal original y el valor que debe de tener la frecuencia de

muestreo, y que se conoce como el teorema de muestreo: El valor de la frecuencia de muestreo  $F_m$  tiene que ser mayor que el doble de la frecuencia  $F_v$  más elevada que se va a transmitir, por lo tanto, la frecuencia  $F_m$  debe ser mayor o igual a  $2F_v$ . En caso de que esta ley no se tenga en consideración, se originan señales perturbadoras debido al solapamiento del espectro; estas señales interferentes no están contenidas en la señal original y se conoce como efecto de repliegue. Para evitarlo, y por principio, se inserta antes del muestreo un filtro paso bajos para limitar el espectro de frecuencias de la señal de entrada, adaptándolo a la frecuencia de muestreo. Está normalizada internacionalmente una frecuencia de muestreo de 8 KHz para las señales telefónicas. Antes del muestreo se limita la señal telefónica a un ancho de banda de 300 a 3400 Hz a través del proceso de filtrado.

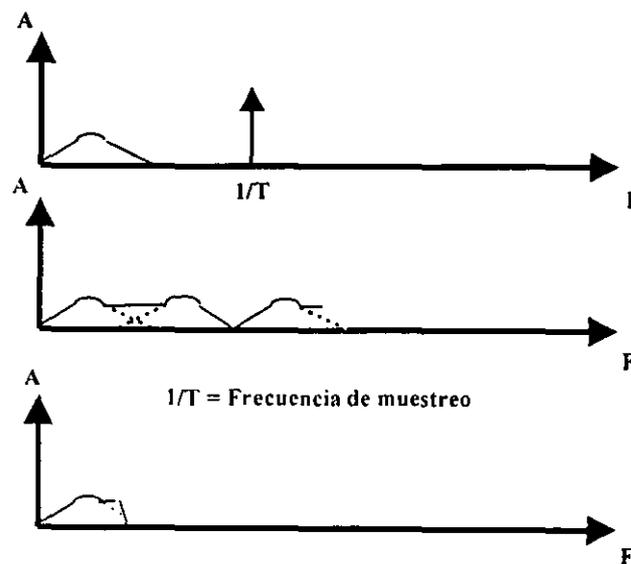


FIG. 1.10 Espectro Original

En la figura 1.11 se observa la etapa del muestreo de acuerdo al diagrama de la figura "A". Observe que entre muestra y muestra hay un periodo de 125 microsegundos, al cual sí se le saca el inverso, se obtiene la frecuencia del muestreo (8 KHz).

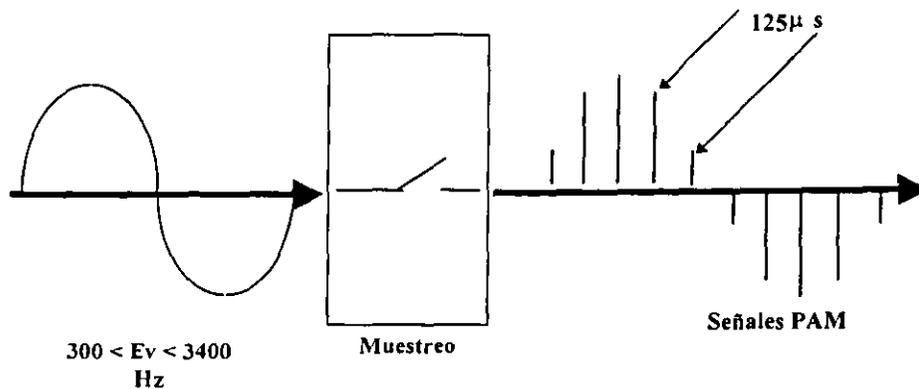


Fig. 1.11 Muestreo

### 1.1.6 CUANTIFICACION

El proceso de cuantificación, consiste en limitar o discretizar las amplitudes de las señales muestreadas; debido a que las amplitudes muestreadas de la señal original serán representadas por números binarios por lo que es necesario limitar el número de valores permisibles para facilitar el proceso de codificación. En los multiplexores de primer orden el número de niveles de cuantificación se define por la siguiente relación.

$$N = 2^n$$

Donde:

**N** = Número de niveles de cuantificación

**n** = Número de bits para codificar una muestra.

De esta manera para un sistema con 8 bits por muestra codificada se tiene:

$$N = 2^8 = 256$$

Mediante el proceso de cuantificación, cada una de las muestras de la señal se aproximan al nivel próximo inferior, así por ejemplo si hay dos valores de decisión  $V_1 = 3$  Volts y  $V_2 = 4$  Volts y la muestra a ser comparada tiene una amplitud de 3.5 Volts, ésta se irá al nivel de  $V_1$ .

En la figura 1.12 se presenta como ejemplo un juego de 8 niveles cuánticos que tienen límites en  $V_0, V_1, \dots, V_7$  y que pueden ser discretizados por 3 dígitos binarios. Los límites de cada cuantium son los valores de decisión, de manera que, todas las muestras alcancen o excedan el umbral de algún valor de decisión, tendrán un número binario en común asignado para cada una de éstas muestras.

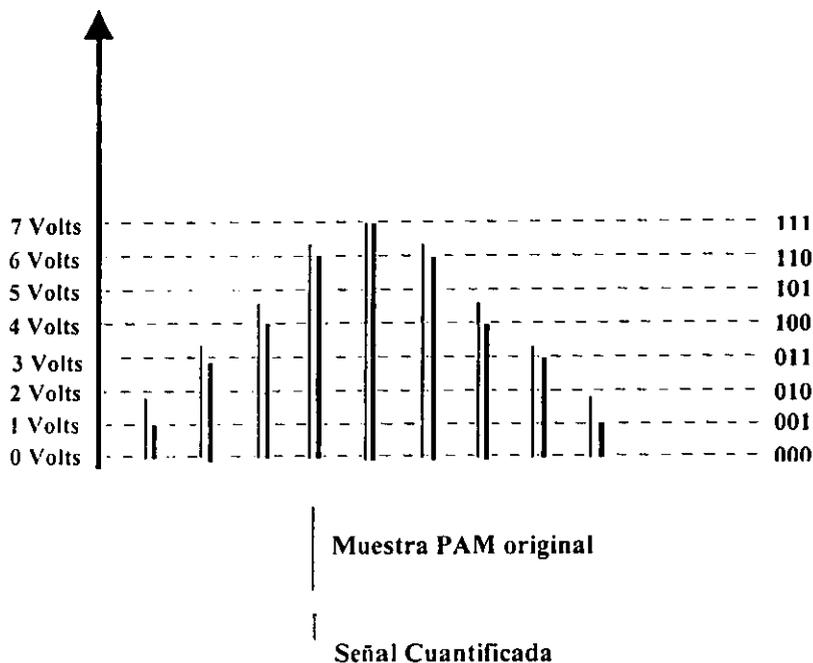


Fig. 1.12 Niveles de cuantificación

Analizando la figura anterior si la muestra tiene un valor entre 4 y 5 volts será representada por el número binario 100; por otro lado si la muestra alcanza justamente el umbral del valor de decisión se le asignara dicho valor, en la figura la muestra con mayor amplitud tomará el valor 111.

De las consideraciones anteriores, puede observarse que puede haber un error y esto es debido a la toma de decisión de la muestra PAM y el nivel de cuantificación asignado. Este error aparece como un ruido de fondo en el receptor y se le conoce como ruido de cuantificación.

Una manera de reducir el ruido de cuantificación es incrementando el número de niveles de cuantificación y consecuentemente la magnitud de error, este proceso incrementa el número de códigos a transmitir y también el número dígitos para cada muestra; es evidente que si se aumenta el número de dígitos por muestra, el ancho de la rendija del

tiempo de cada bit disminuirá y por lo tanto el ancho de banda del sistema se incrementará. El método utilizado para el decremento de este ruido es la cuantificación no lineal.

La probabilidad de distribución de amplitudes de las señales telefónicas, es tal, que las amplitudes pequeñas son predominantes y precisamente por este echo, la cuantificación no lineal tiene muchas ventajas, ya que este tipo de cuantificación varía de manera no lineal el ancho de los niveles de cuantificación ofreciendo un gran número de niveles pequeños para las señales de baja amplitud y un número menor de niveles grandes para las señales de mayor amplitud.

El CCITT en la norma G - 711 recomienda el uso de la ley A para sistemas de 30 + 2 canales, la cual se representa en la figura 1.13

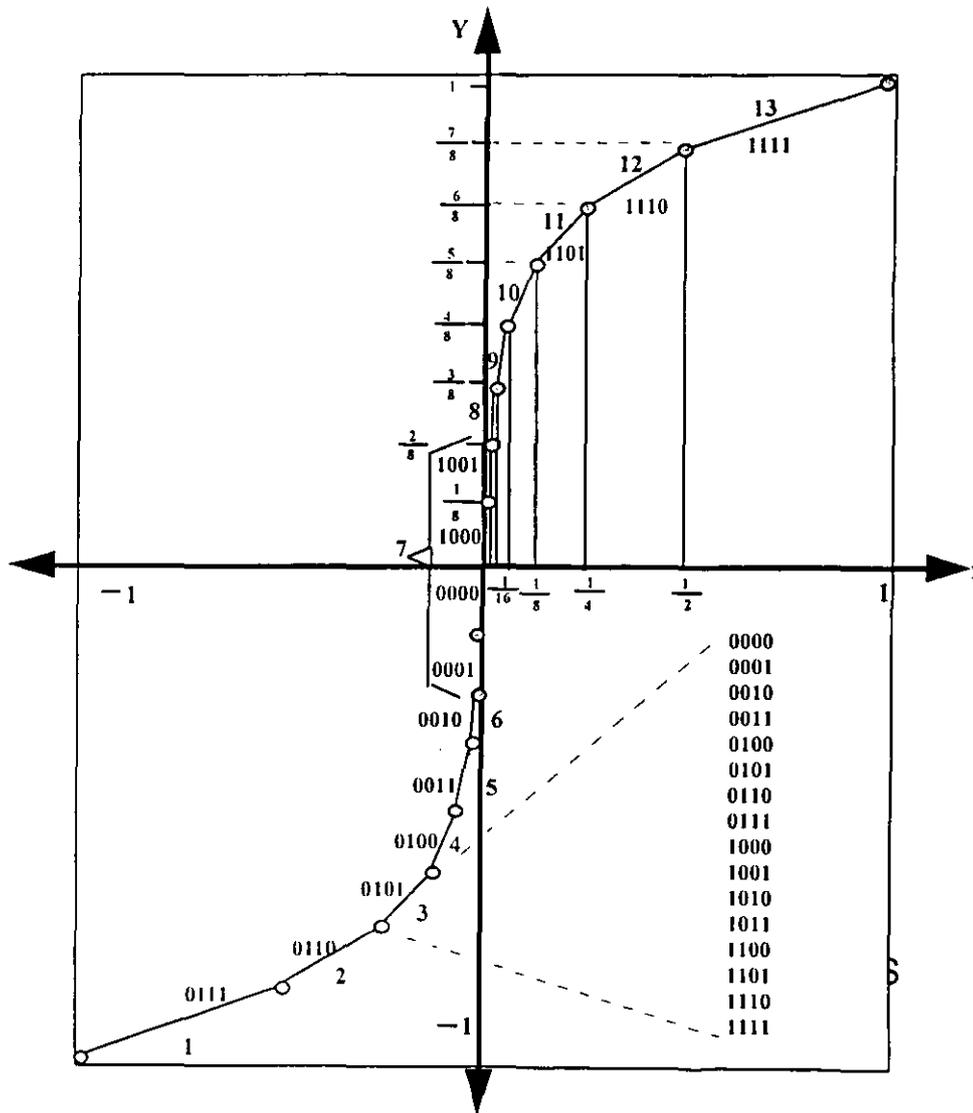


Fig. 1.13 Ley A

La curva es representada mediante 13 segmentos. La ley A del compresor se basa en la división del rango de trabajo del sistema en 64 intervalos, para amplitudes positivas y 64 intervalos para las amplitudes negativas. La función de transferencia se divide en 13 segmentos, siendo cambiada la pendiente en cada segmento por un factor de 2, de esta forma, una amplitud que corresponde a 1/64 del rango de trabajo total, se reproduce en el compresor como una señal de salida con una amplitud de  $16/64 = 1/4$  del rango total de trabajo, es decir, esta señal de bajo nivel es amplificada por un factor de:

$$F = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{64}} = \frac{64}{4} = 16 \text{ veces}$$

De esta manera, las muestras de la señal analógica son cuantificadas mediante un proceso de cuantificación no lineal o compresión con la ley A, lo cual asigna la relación de números binarios que corresponden a un cierto rango de amplitud.

### 1.1.7 CODIFICACION

La función del codificador es generar los caracteres de la señal en números binarios y que representan los valores cuantificados de las muestras, de echo, los procesos de cuantificación y codificación son funciones combinadas en los sistemas prácticos.

A la muestra cuantificada se le asigna un valor finito comprendido dentro de la ley A, a este valor, el codificador le asigna un código de 8 bits mediante las siguientes 3 etapas.

1. - Determinación de la polaridad de la muestra.
2. - Proceso de codificación no lineal.
3. - Codificación lineal.

1. - *Determinación de la polaridad de la muestra.* Debido a que la ley A contempla 128 niveles de cuantificación positivos y 128 niveles de cuantificación negativos, es necesario determinar la polaridad de la muestra para definir el estado del dígito 1, de los 8 dígitos, para ubicarla en la parte positiva o negativa de la curva, de tal manera que

si el valor de la amplitud de la muestra PAM es (+) el dígito 1 será 1 y si la muestra PAM es (-), el dígito 1 será cero.

**2. - Proceso de codificación no lineal.** En la segunda etapa se inicia este proceso y que precisamente define la compresión, esto se lleva a cabo analizando mediante una comparación sucesiva en el codificador el valor de la amplitud de la muestra, generándose de esta manera los dígitos 2, 3, y 4 que nos ubica dentro del segmento correspondiente en la curva de la ley A.

**3. - Codificación lineal.** En la última etapa del proceso, la muestra es codificada de una manera lineal mediante un método de codificación apropiado.

### 1.1.8 EJERCICIOS DE CODIFICACION

Para codificar una muestra PAM de  $x$  amplitud se hará uso de la siguiente tabla de codificación. Los datos de esta tabla fueron obtenidos directamente de la curva de la ley A.

Segmento	Valor binario	Rango de nivel hasta (mV)	Tamaño del escalón
7	000	> 0 a 16	1mV
7	001	> 16 a 32	1mV
6 y 8	010	> 32 a 64	2mV
5 y 9	011	> 64 a 128	4mV
4 y 10	100	> 128 a 256	8mV
3 y 11	101	> 256 a 512	16mV
2 y 12	110	> 512 a 1024	32mV
1 y 13	111	> 1024 a 2048	64mV

Tabla de codificación

Ejemplo:

Codificar la muestra PAM con amplitud de 13 mV.

Solución:

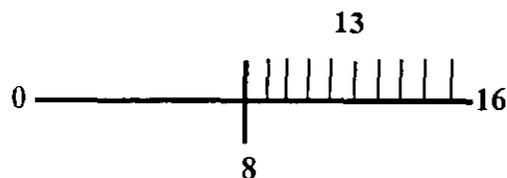
Como la muestra es positiva, el primer dígito será 1. De acuerdo a la tabla de codificación, la muestra se encuentra entre los límites de cero y 16 y por lo tanto los siguientes tres dígitos serán 000. De esta manera se han obtenido los 4 primeros bits de los 8 a codificar 1000.

El siguiente paso es codificar linealmente para obtener los otros 4 dígitos, para esto se utilizará el método de aproximaciones sucesivas.

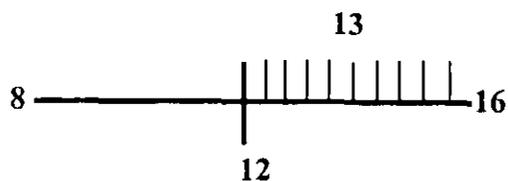
El método consiste en lo siguiente: se suman los límites entre los cuales cae la muestra y el valor obtenido se divide entre 2, el resultado será la media, si el valor de la muestra cae a la derecha de la media el dígito número 5 será 1, si cae a la izquierda será cero.

Para obtener el bit 6 se sigue el mismo procedimiento con los nuevos límites y así hasta obtener los 8 bits.

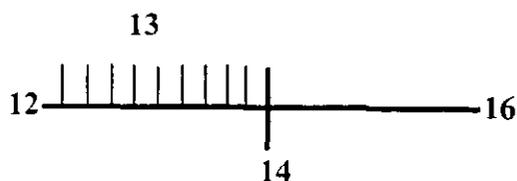
En el ejemplo los límites son  $>0$  a 16 sumando estos dos valores y dividiendo el resultado entre 2 el valor obtenido es 8, (la media). Como el valor de la muestra cae a la derecha de la media el bit 5 es 1.



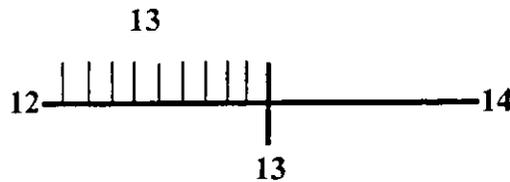
Los nuevos límites son 8 y 16, por lo tanto la media es 12. La muestra cae a la derecha de la media, por lo tanto el bit número 6 es 1.



Los nuevos límites son 12 y 16, por lo tanto la media es 14. La muestra cae a la izquierda de la media, por lo que el bit número 7 es cero.



Los nuevos límites son 12 y 14, por lo tanto la media es 13.



Como el valor de la muestra es igual al de la media el criterio que se debe de seguir es codificar el siguiente dígito como cero para disminuir el ruido de cuantificación, por lo tanto el bit número 8 es cero.

De esta manera se han codificado los 8 bits, por lo tanto para una muestra PAM con una amplitud de 13 mV, le corresponde un valor binario con la siguiente combinación: 10001100.

## 1.2 ESTRUCTURA DE LA TRAMA

### 1.2.1 INTRODUCCION

En el subtema anterior se describieron las etapas con las cuales se convierte la señal analógica de voz en una señal digital. En la figura 1.14 se observa esta etapa.

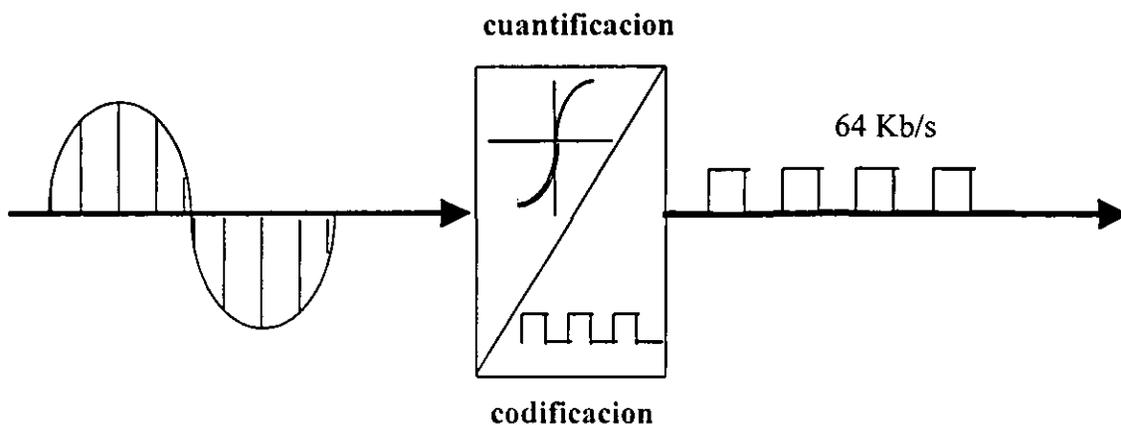


Fig. 1.14 Codificador PCM

En la figura anterior se observa la señal digital que sale con velocidad de 64 Kb/s, esta es la velocidad del canal telefónico digitalizado y se

obtiene de la multiplicación de los 8 bits de la palabra digital multiplicados por la frecuencia del muestreo de 8 KHz. Esta señal junta con otras 29 son multiplexadas en el multiplexor más 2 espacios de tiempo, el TS0 y el TS16, para formar la señal completa de 2048 Kb/s.

El multiplexado en los sistemas PCM se lleva a cabo Byte por Byte y para lograrlo se estructura la trama de acuerdo a la norma G-732 del CCITT que pone de manifiesto que una trama se forma por 32 espacios de tiempo ( $T_s$ ) y que su periodo de duración es de 125 microsegundos. Cada TS esta formado por 8 bits que son obtenidos al codificar la muestra PAM cuantificada. En este subtema se describirá como se estructura la trama en estos sistemas de transmisión digital.

### 1.2.2 EL BIT

El bit, en transmisión, es definido como la mínima cantidad de información que se puede transmitir a través de un medio de transmisión (par simétrico, cable coaxial, fibra óptica y microondas) y es un uno o un cero como se observa en la figura 1.15

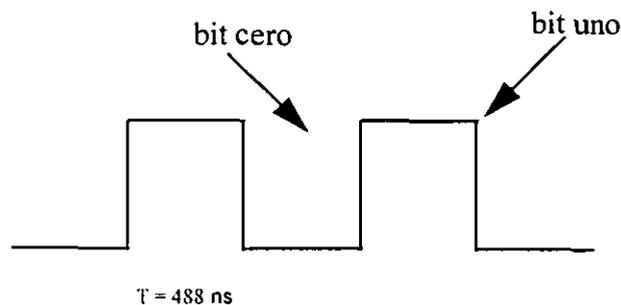


Fig. 1.15 El bit

Como se observa en la figura el periodo del bit es de 488 nanosegundos, esto es por que en los sistemas PCM la frecuencia de transmisión es de 2048 KHz y al obtener el recíproco de este valor se obtiene el periodo del bit.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2048000 \text{ Hz}} = 488 \text{ ns}$$

$f$  = frecuencia de transmisión

$T$  = periodo del bit

### 1.2.3 TIME SLOT (espacio de tiempo TS)

Es un segmento de tiempo asignado por el sistema PCM a un canal. En telefonía el TS es de ocho bits consecutivos, su tiempo de duración es de 3.9 microsegundos como se ve en la figura 1.16

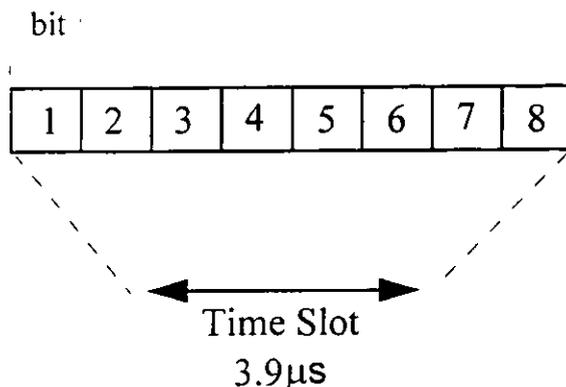


Fig. 1.16 Espacio de Tiempo

Al conjunto de los ocho bits se le llama Time Slot por sus siglas en inglés, pero también se le llama muestra codificada, palabra PCM y en computación Byte. Cuando esta palabra se transmite se envía siempre por el bit más significativo, esto quiere decir que al extremo remoto va a llegar primero el bit número uno, el dos y así hasta el bit número ocho.

El periodo del TS se obtiene al multiplicar el periodo del bit por ocho obteniéndose el resultado de 3.9 microsegundos, pero también se puede obtener al dividir el periodo de la trama que es de 125 microsegundos entre treinta y dos que son el número de espacios de tiempo que forman a dicha trama.

### 1.2.4 ESTRUCTURA DE TRAMA DE LOS SISTEMAS PCM

En una trama de pulsos codificados están situados intervalos de tiempo definidos exactamente. La trama asigna a cada señal multiplexada PCM un espacio de tiempo de 8 bits, siendo su frecuencia de repetición de trama igual a la frecuencia de muestreo de las señales de entrada (8 Khz correspondientes a 125 microsegundos). Como se muestra en la figura 1.17 la trama de estos sistemas está dividida en los espacios de tiempo 0 a 31, lo que

conduce a una longitud de trama de 256 bits, y con una frecuencia de repetición de 8000 Hz se obtiene una capacidad de transmisión de 2048 Kb/s (recomendación G.732 y G.702 del CCITT).

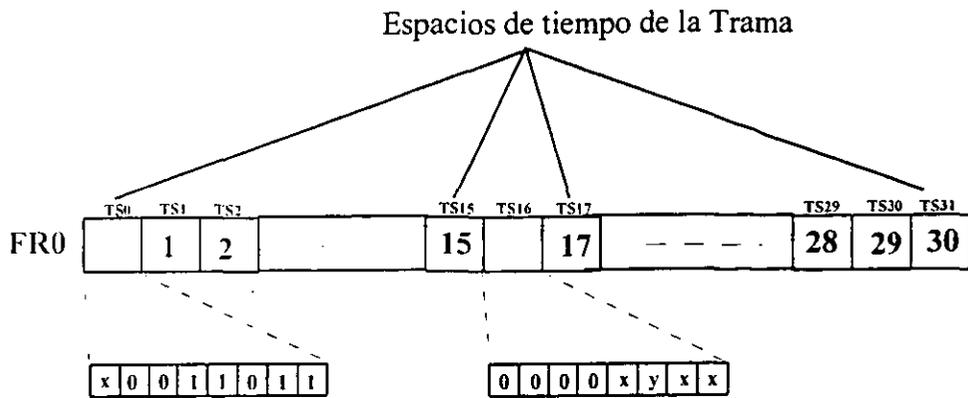


Fig. 1.17 La Trama

El comienzo de la trama esta definido por la palabra de sincronía de trama de ocho bits en el espacio de tiempo cero. En este espacio de tiempo (TS0) se transmiten alternativamente la palabra de sincronía de trama y la palabra de alarmas, como se describirá más adelante. En el TS16 se transmite la palabra de sincronía de multitrama (únicamente en la trama cero).

Como se puede ver en la figura 1.17 el TS1 lleva información del canal 1, el TS2 del canal 2 y así hasta el TS15 que lleva información del canal 15. Después del TS16, el TS17 lleva información del canal 16 y así hasta el TS31 que lleva la información del canal 30.

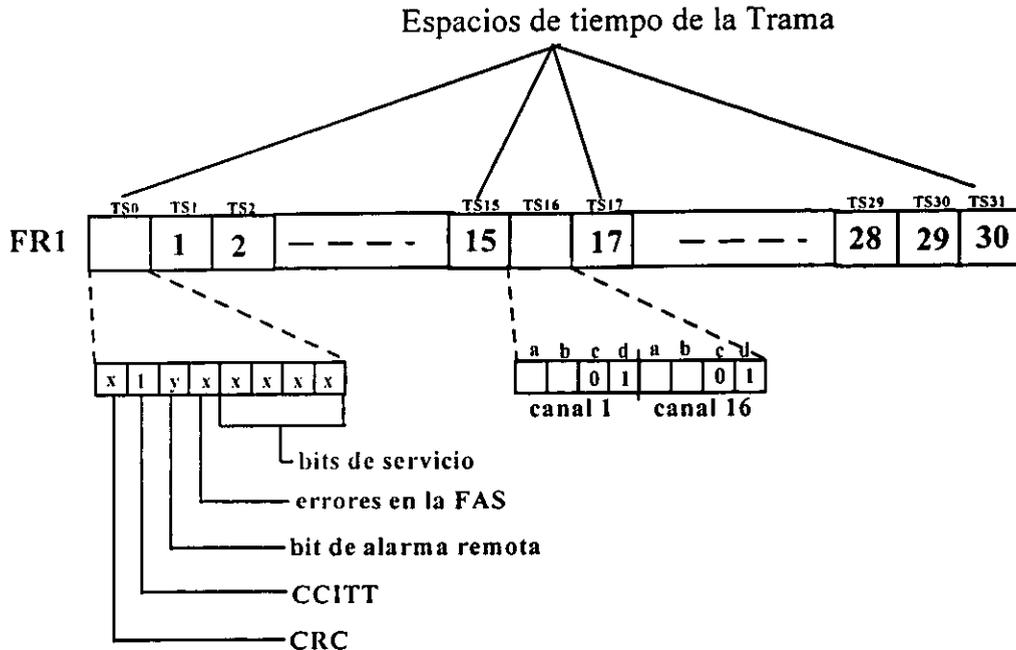
*SIGNIFICADO DE LOS BITS DE LA PALABRA DE SINCRONIA DE TRAMA*

X	0	0	1	1	0	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8

Al bit número uno se le da el uso nacional o internacional por norma de la UIT, en estado uno si la llamada va a cruzar frontera (Guatemala Estados Unidos etc.) y en estado cero si la llamada es nacional (Guadalajara, Monterrey, etc.). Los bits del dos al ocho son el patrón de sincronía, estos bits deben de llegar al extremo remoto sin que cambie su estado, si llegan cambiados el equipo remoto detecta un primer error en la palabra de sincronía y cuando recibe por tres o

cuatro veces consecutivas errores en la palabra de trama el enlace se viene abajo.

Como se mencionó anteriormente en el TS0 también se transmite la palabra de alarmas, esta palabra formada por ocho bits contiene los bits de servicio y el bit de alarma remota así como un bit de sincronía y el bit que checa el código de redundancia cíclica como se muestra en la figura 1.18.



**FAS = Palabra de Alineamiento de Trama**

**CRC = Código de Redundancia Ciclico**

Fig. 1.18 La Trama

*SIGNIFICADO DE LOS BITS DE LA PALABRA DE ALARMAS*

En el TS0 de la trama uno el bit número uno checa el procedimiento del CRC el cual supervisa los sistemas de transmisión, así como la estructura de la trama y trama de la señalización, ofrece en los sistemas PCM múltiples posibilidades para la supervisión simultánea de la ruta por la que transcurren en lo que se refiera a:

\* La frecuencia de error binario (FEB) como criterio sobre la calidad de la ruta de transmisión digital.

- \* El sincronismo de la trama.
- \* La evaluación de los bits de alarma en la palabra de alarma.
- \* El fallo de la señal.

En la recomendación G.704 de la UIT se ha incluido el procedimiento CRC4 de verificación por redundancia cíclica para la supervisión de rutas PCM, en especial con vistas a la red digital de servicios integrados (RDSI, ISDN). El CRC4 se utiliza para evitar la sincronización errónea motivada por palabras de alineamiento de trama simuladas en la señal transmitida y también para registrar errores binarios en el flujo de datos.

El bit número dos de la palabra de alarmas es utilizado por la UIT para la sincronización y para diferenciar a la palabra de alineamiento de trama de la de alarmas.

El bit número tres es el bit de alarma remota, cuando se presenta en estado uno indica que el sistema remoto tiene un problema en su recepción y esto puede ser por: no-señal, no-sincronía de trama, alta tasa de errores o una señal indicadora de alarmas (AIS).

El bit número cuatro es utilizado en algunos sistemas para detectar errores remotos en la palabra de sincronía de trama, cuando se presenta en estado uno indica que el sistema remoto está recibiendo errores en la palabra de sincronía de trama.

Los bits del cinco al ocho son bits de servicio y en los sistemas (Telmex) no tienen ningún uso, pero pueden ser activados para detectar algún tipo de alarma en el sistema remoto dependiendo del uso que se les quiera dar.

En la figura 1.18 se observa también el TS16 de la trama uno en donde se transmite señalización por canal asociado, asociando dos canales en este espacio de tiempo esto se explicará posteriormente.

## 1.2.5 ESTRUCTURA DE MULTITRAMA DE LOS SISTEMAS PCM

Una multitrama es el conjunto de 16 tramas consecutivas, numeradas del 0 al 15, y es el ciclo completo donde se inserta toda la información (voz, sincronía, alarmas y señalización). El periodo de la multitrama se obtiene al multiplicar 16, que es el número de tramas, por 125 microsegundos, esto quiere decir que la palabra de sincronía de multitrama se va a presentar cada 2 milisegundos. Según la UIT en su norma G.732 un sistema pierde la sincronía en la multitrama si se detectan por dos veces consecutivas errores en el patrón de sincronía de la palabra de multitrama y se recupera esta sincronía cuando el sistema detecta una sola vez el patrón de sincronía correcto. En la figura 1.19 se describe toda la multitrama con toda la información que llevan cada uno de los espacios de tiempo (TS).

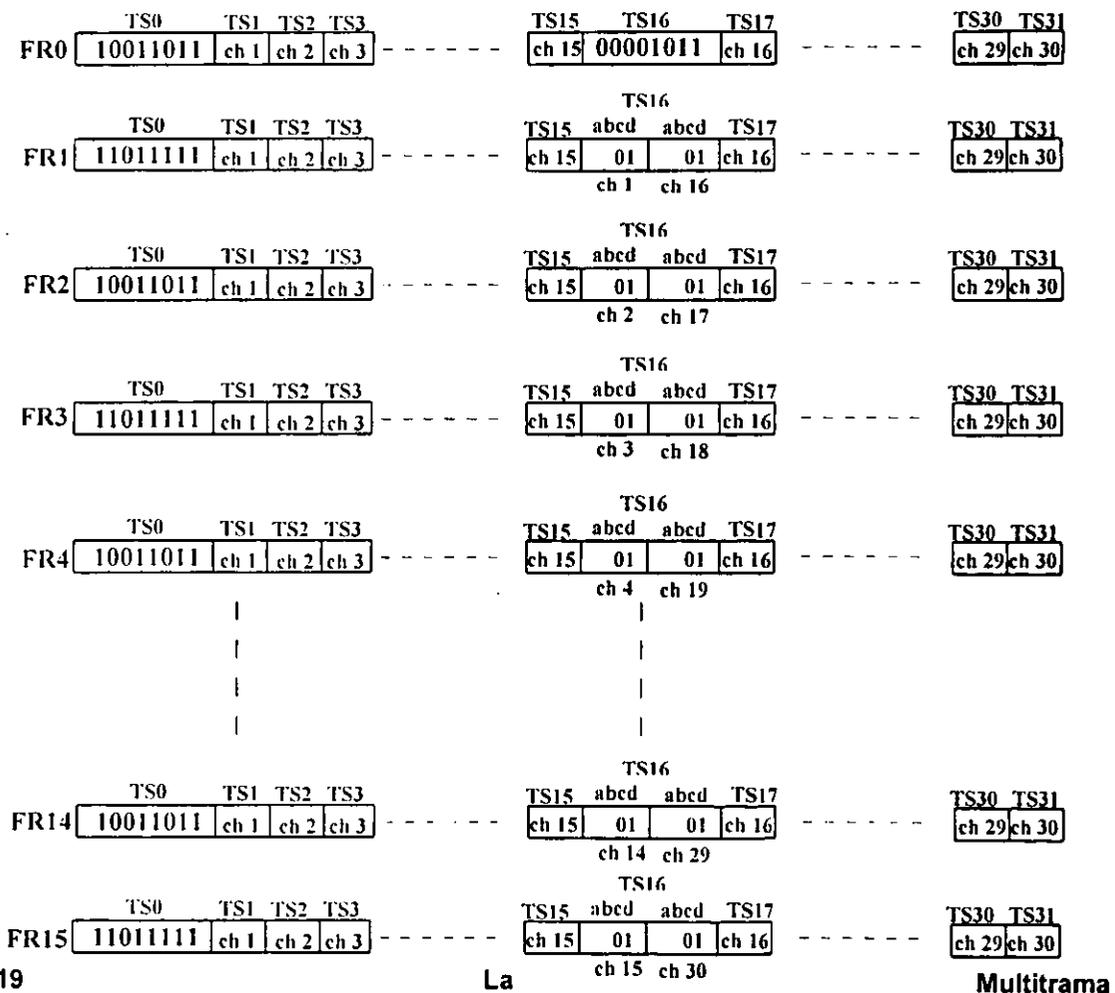


Fig.1.19

Como se puede observar en la figura en el TS0 de las tramas pares se encuentra la palabra de sincronía de trama y en el TS0 de las tramas impares se encuentra la palabra de alarmas. En el TS16 únicamente de la trama 0 se encuentra la palabra de sincronía de multitrama. En el TS16 de la trama 1 a la trama 15 se encuentra la señalización por canal asociado llevando la señalización del canal 1 y 16 la trama 1, 2 y 17 la trama 2, 3 y 18 la trama 3 y así hasta la trama 15 que lleva la señalización del canal 15 y 30.

Las palabras de sincronía de trama y multitrama así como la de alarmas se observan en los sistemas PCM como se describen en la figura, siempre y cuando el enlace no tenga ningún problema. También en la figura 1.19 se puede ver que la información codificada de cada muestra de los treinta canales se acomoda en una trama, por lo tanto se entiende que en una multitrama solo lleva 16 muestras de cada canal.

#### *SIGNIFICADO DE LOS BITS DE LA PALABRA DE SINCRONIA DE MULTITRAMA*

Los primeros cuatro bits son el patrón de sincronía de multitrama, y cualquiera de ellos o todos que llegue al extremo remoto en estado uno se genera un primer error en la palabra y como se mencionó anteriormente si llegan dos palabras erróneas consecutivas se pierde la sincronía en la multitrama. El bit 5 es un bit de servicio, el bit 6 es el bit de alarma remota, esto quiere decir que cuando el extremo remoto pierde la sincronía de la multitrama, éste envía el bit 6 en estado uno al otro extremo. Los bits 7 y 8 también son bits de servicio.

La señalización de los treinta canales se transmite en el TS16 de la trama 1 a la trama 15 y se describe por medio de los bits a, b, c y d. Como se ve en la figura 1.2.5.1 los bits c y d están amarrados a 0 y 1 por el CCITT en tanto que los bits a y b son los que lleva el estado del canal del sistema PCM. Si un canal se encuentra ocupado y en buen estado llevará la señalización 0101, si el canal esta libre llevará la señalización 1001, si el canal se encuentra dañado en estado abierto llevará la señalización 0001 y por último si el canal está bloqueado llevará la señalización 1101. Esta señalización es importante ya que a través de ella se puede detectar un fallo en x canal y también el cobro

de la llamada, ya que el que descuelga el teléfono para hacer la llamada es el que la paga.

### 1.2.6 FORMACION DEL MULTIPLEXADO PCM

Después de la codificación en el origen de la señal se dispone de una palabra de código de 8 bits a una frecuencia de 8 KHz para la transmisión digital por cada señal telefónica. Para obtener un rendimiento más elevado de los medios de transmisión se transmiten varias señales en múltiplex por división de tiempo (TDM), en el cual las palabras de código se entrelazan primeramente en forma temporal o en el tiempo y se agrupan en una trama de pulsos.

Además de los 30 intervalos de tiempo para las 30 señales telefónicas, hay adicionalmente un intervalo de tiempo 0 para la palabra de sincronía de trama o para la palabra de alarmas y un intervalo de tiempo 16 para la palabra de sincronía de multitrama y la señalización por canal asociado (que proviene de los abonados). La trama tiene 256 bits y se repite a una frecuencia de 8 KHz.

En el lado de recepción tiene lugar una sincronización de tramas para conseguir una distribución inequívoca de la señal digital. Para ello, y al comienzo de cada una de las tramas pares de una multitrama se presenta la palabra de sincronía de trama con una muestra fija de 7 bits.

Durante el proceso de sincronización se explora la corriente o el flujo de bits primeramente bit a bit buscando esta muestra. Una vez que se ha encontrado, se continúa contando toda la trama (256 bits) y, por lo tanto, se prueba si el segundo bit de la palabra de código que sigue a ella (palabra de alarmas) es en estado lógico 1. En caso de que no ocurra de esta manera, se hace una interrupción y se vuelve a explorar nuevamente bit a bit en busca de la muestra que forma la palabra de sincronía de trama. Solamente cuando la muestra de bits se ha detectado, esta vez de forma completa, se permite en el sistema de multiplexado la transmisión. En la figura 1.20 se muestra este tipo de multiplexado TDM.

También en la figura se observa que el código saliente del multiplexor es NRZ (no retorno a cero). Este código no puede salir a la línea por

contener altas componentes de corriente directa, para lograrlo se aplica a la señal otro proceso que es el de codificarla en un código de línea adecuado para el transporte correcto de la señal. Este código es el HDB-3 (alta densidad bipolar que no permite más de tres ceros consecutivos) utilizado en todos los sistemas PCM de norma europea.

Más adelante, en el siguiente subtema, se describirá detalladamente como es que la señal es convertida a código de línea HDB-3.

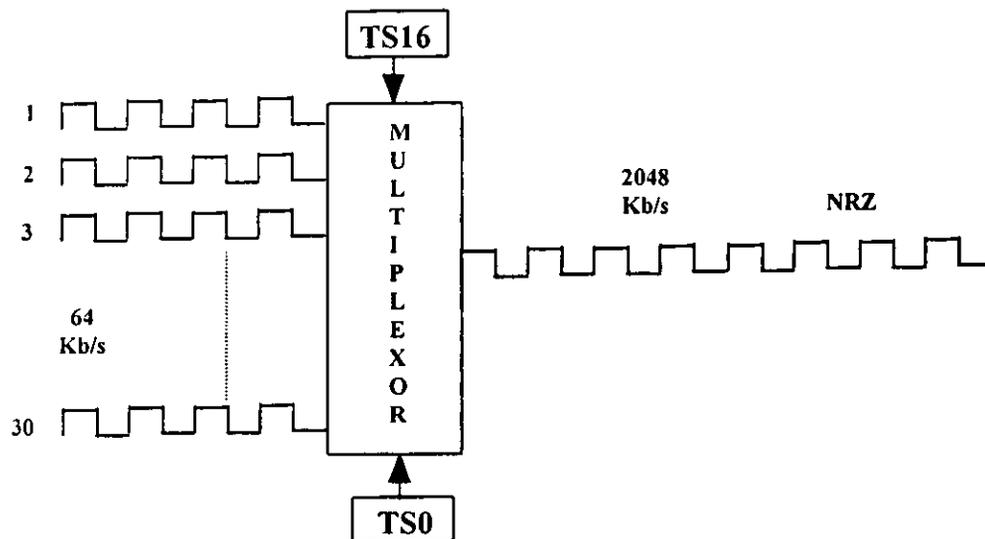


Fig.1.20 Multiplexor Digital 30 + 2 canales

## 1.3 CODIGO BINARIO Y DE LINEA

### 1.3.1 INTRODUCCION

En este subtema se describirán algunos de los códigos más utilizados por los sistemas PCM como son NRZ, RZ, ADI, AMI, y HDB-3, describiendo las ventajas que tienen algunos y las razones por las cuales son utilizados en la transmisión en la línea PCM.

En el subtema anterior se vio como se forma una señal PCM y el tren de pulsos resultantes para ser transmitido. Dependiendo del tipo de medio de transmisión adoptado (cable, radio enlace etc.), aparecen dificultades al emplear una señal constituida de esa forma, por lo que es necesario darle un tratamiento para que se mantengan inalteradas las informaciones contenidas en ella.

El objetivo fundamental de codificar la información es el de tener un mejor control de ella, haciéndose esto, por medio de símbolos y reglas que expresen bien dicha información. Existe una gran cantidad de códigos que sirven para dar un mejor tratamiento y seguridad a la información.

Para el almacenamiento, recuperación y transmisión de datos se utilizan dos tipos fundamentales de códigos con el fin de preservar la integridad y seguridad de los mismos estos son:

- **Códigos Internos** (dentro de los dispositivos de almacenamiento y procesamiento)
- **Códigos de Línea** (en las líneas de transmisión)

A continuación se describe cada uno de ellos.

### 1.3.2 CODIGOS INTERNOS

Estos códigos son utilizados en el procesamiento interno de la señal PCM y almacenamiento de información en memoria, destrucción de largas cadenas de ceros, etc. Son unipolares y se les llama códigos internos porque no pueden salir a la línea, debido a que contienen largas componentes de corriente directa y ésta no puede pasar a través de las etapas de regeneración. Los códigos internos que se utilizan en los sistemas PCM son:

**NRZ** (no retorno a cero)

**RZ** (retorno a cero)

**ADI** (inversión de dígitos alternados)

**NRZ:** En este código el periodo del bit es al 100% de su ciclo de trabajo como se ve en la figura 1.21.

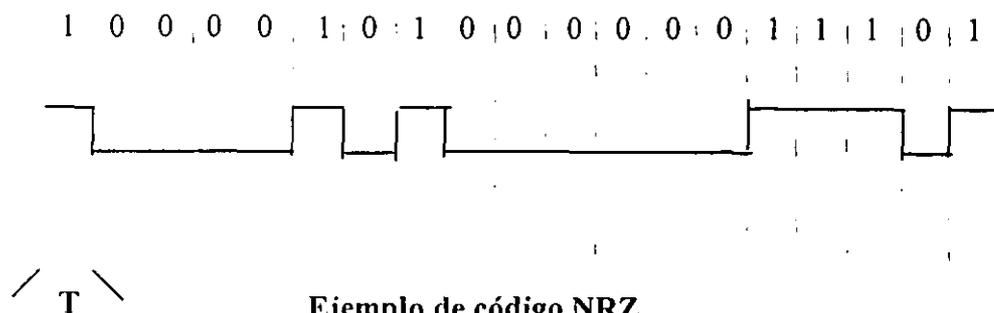


Fig. 1.21 Código no retorno a cero

Como se puede ver en la figura anterior el periodo del bit ocupa todo el periodo de tiempo, se dice que es una señal al 100% de su ciclo de trabajo.

### Desventajas

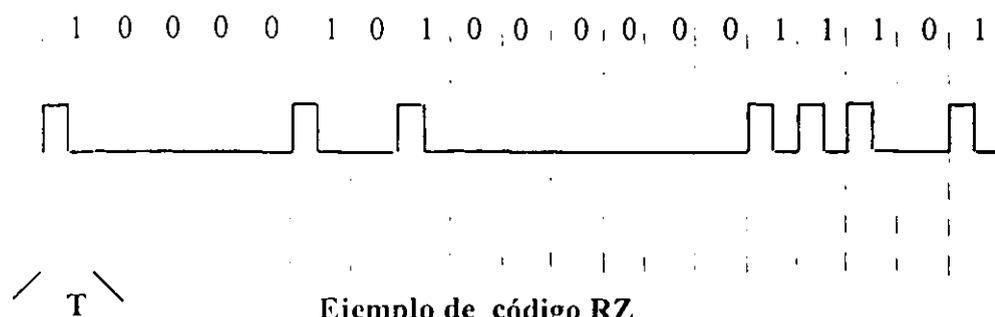
El NRZ tiene desventajas para ser usado en la línea de transmisión PCM, en especial por cable, debido a que:

- Es más sensible a perturbaciones.
- No es posible que la señal de componente continua pase a través de los regeneradores de línea.
- La extracción (o recuperación) de la sincronía de reloj no es posible obtenerla.

En la practica, el reloj se extrae de las transiciones de la señal recibida para sincronizar un circuito tanque o similar (de cada regenerador y del múltiplex en recepción). Usando un NRZ, existiría una perdida de sincronía al presentarse largas cadenas de ceros o de unos.

**RZ:** Retorno a cero. Unipolar al 50%.

En este código el ciclo de trabajo de cada bit se reduce al 50%. Se usa en el interior de los mismos equipos puesto que aun tiene las mismas desventajas que el código anterior para la transmisión. En la figura 1.22 se puede ver este tipo de código.



1.22 Código retorno a cero

Como se puede ver en la figura anterior este código es al 50% de su ciclo de trabajo, por lo que su periodo completo es como se observa en la figura.

**ADI:** El código ADI significa inversión de dígitos alternados por sus siglas en ingles. Este código sigue un patrón conocido como PINININI,

lo cual significa que el primer bit de cada palabra PCM (grupo de 8 bits) se le toma y respeta su polaridad, al siguiente bit hay que cambiarle su estado (inversión), al siguiente bit dejarlo normal, al siguiente bit hacerle una inversión y así sucesivamente. Le sirve al equipo para evitar largas cadenas de unos y de ceros y lo utilizan internamente los equipos de transmisión PCM. En la figura 1.23 se observa este código.

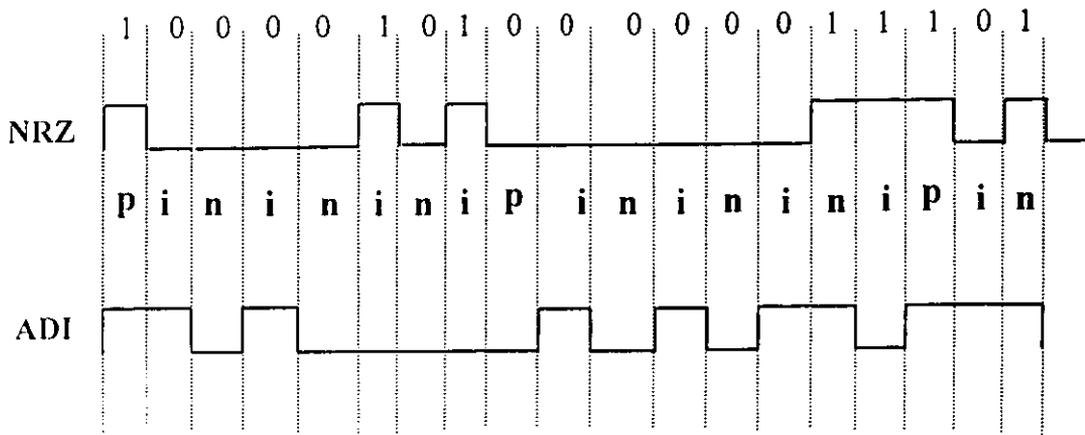


Fig. 1.23 Código ADI

Como se puede ver en la figura anterior a un código NRZ se le aplica la palabra PINININI y el resultado es un código ADI (inversión de dígitos alternados). Se utiliza en los multiplexores cuando estos transportan solo voz, debido a que cuando no hay tráfico se multiplexan puros ceros y es ahí donde el código ADI invierte el bit par para darle mejor claridad a los símbolos.

### 1.3.3 CODIGOS DE LINEA

**AMI:** Inversión de Marcas Alternadas, bipolar al 50% alternativo a tres niveles.

En este código, una vez aplicado el RZ, se alternara la polaridad de los unos, de esta forma, no existirá componente de corriente continua. Se considera ya un código de línea, aunque con algunas deficiencias ya que no elimina la posibilidad de que una cadena larga de ceros haga imposible la extracción de la frecuencia de reloj. En la figura 1.24 observa este código

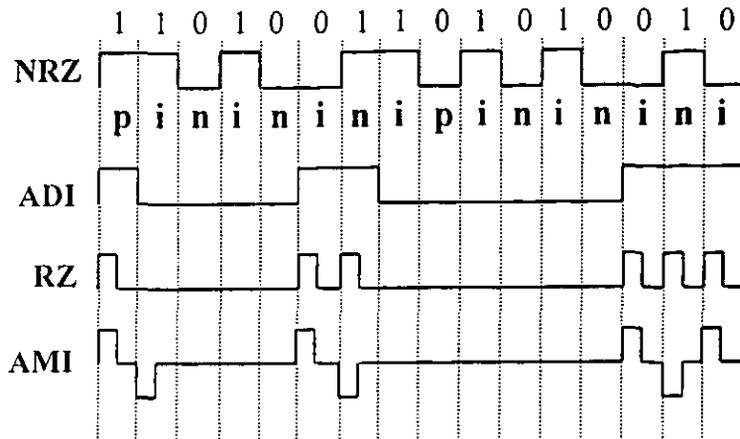


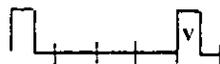
Fig. 1.24 Código AMI

**HDB-3:** Bipolar de alta densidad de máximo 3 ceros consecutivos, al 50% alternativo a tres niveles.

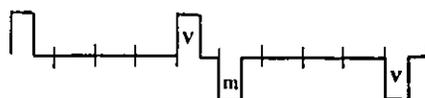
El código de alta densidad bipolar, alterna los pulsos en forma similar que el código AMI, pero tiene la restricción de no permitir mas de tres ceros consecutivos en la línea, para el caso en que se presenten mas de tres ceros, se insertaran pulsos de violación y marcas de violación según las siguientes tres reglas.

**REGLAS DEL HDB-3**

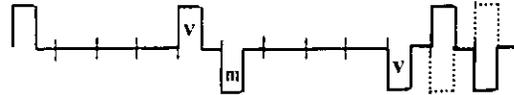
**Primer regla:** Pulsos de violación (V). Se insertan en la posición del cuarto cero cuando hay mas de tres ceros consecutivos en la señal. El primer bit de violación tendrá la misma polaridad que el último bit de información, después estos pulsos se irán alternando.



**Segunda regla:** Marcas (M). Si el bit de violación no rompe alternancia se inserta una marca (pulso extra) en la posición del primer cero con la misma polaridad que el último bit de violación.



**Tercer regla:** Inversión de la información. Si al aplicar la regla número dos, el siguiente bit de información tiene la misma polaridad que el bit de violación y el bit de marca, se invierte toda la información consecuente hasta volver a encontrar mas de tres ceros consecutivos.



En la figura 1.25 se observan los pasos a seguir para codificar en código HDB-3.

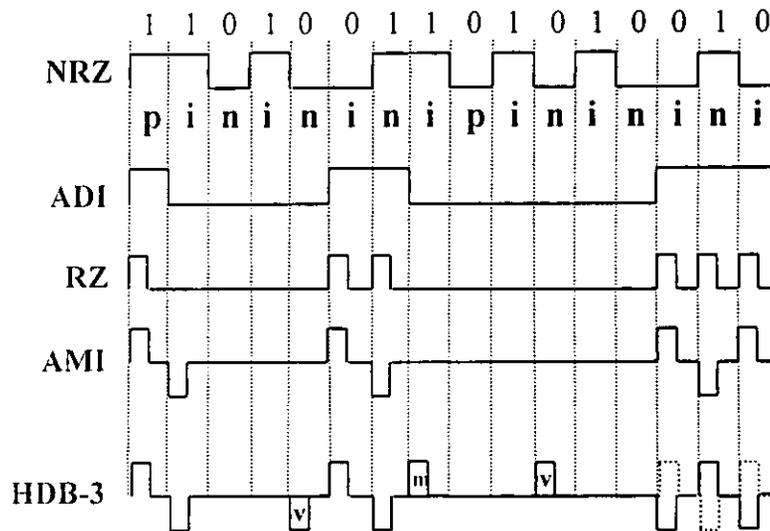


Fig. 1.25 Código HDB-3

Los códigos de línea son utilizados en los sistemas PCM con el fin de poder pasar a través de las etapas de regeneración, y a la salida de estos sistemas para poder pasar a través de la etapa de acoplamiento por transformador, el cual acopla de una alta impedancia a una impedancia de 75 Ohm. En la figura 1.26 se observa esta etapa de conversión de un código NRZ a un código HDB-3.

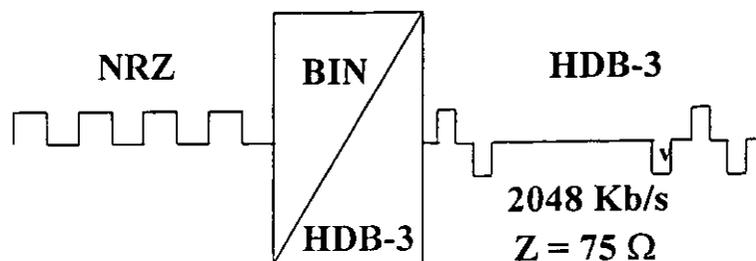


Fig. 1.26 Codificador de Línea

En la interfaz digital a 75 Ohms es donde se analizan algunas de las normas del CCITT para checar calidad en estos sistemas de transmisión digital estas normas son la G-703 y la G-821 que se analizaran en su respectivo capítulo.

## 1.4 MULTIPLEXORES

### 1.4.1 INTRODUCCION

Los multiplexores digitales son sistemas de transmisión diseñados para convertir señales analógicas (de voz) en señales digitales en el sentido de transmisión y en el sentido de recepción convertir señales digitales en señales analógicas (de voz) y multiplexarlas para enviarlas a una velocidad de 2048 Kb/s. Como se mencionó anteriormente estos sistemas multiplexan 30 más dos canales cuando transmiten voz y 31 mas un canal cuando transmiten datos.

Algunos de estos multiplexores que se encuentran activos en las empresas de comunicaciones (Telmex, Avantel, Alestra etc.) son el sistema PCM BYB de Ericsson, el sistema PCM Phillips Slim Line de Phillips, el sistema multiservicios CP600 de fabricación canadiense. En la actualidad estos sistemas digitales están funcionando para enlaces de líneas privadas.

DIAGRAMA A BLOQUES DE UN MULTIPLEXOR

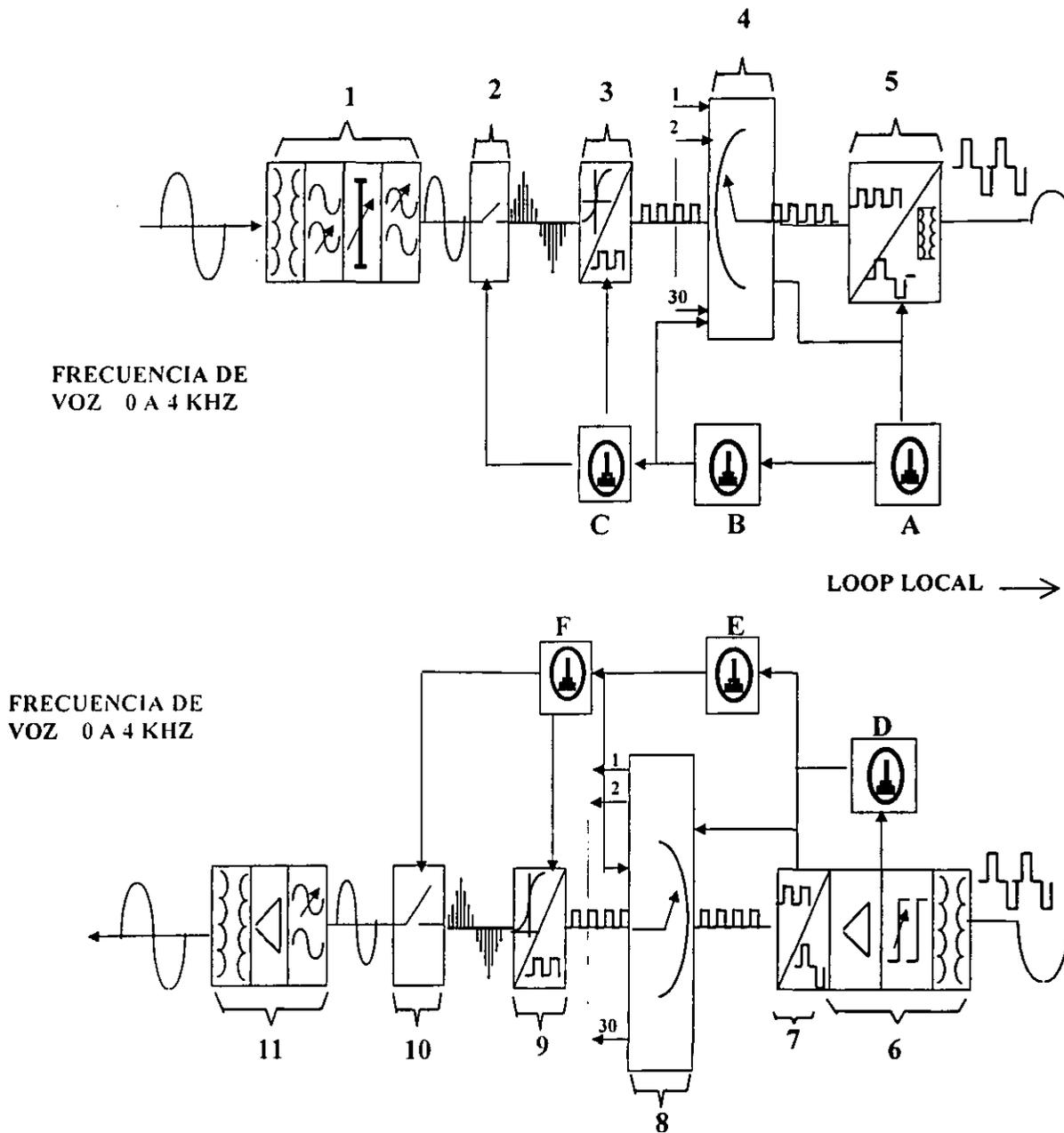


Fig. (A) DIAGRAMA A BLOQUES

En la figura (A) se observan cada una de las etapas con que cuenta un multiplexor de primer orden para llevar a cabo la conversión de la señal de voz (analógica) en una señal digital y viceversa

### SENTIDO DE TRANSMISION

Etapa No. 1 (acoplamiento y filtrado) la señal de voz se acopla de una impedancia de 600 Ohms en una alta impedancia que depende de la circuitería del sistema, La señal se filtra para limitarla en el ancho de banda del canal telefónico (300 a 3400 Hz.) y además se le proporciona la ganancia a través de los atenuadores de canal.

Etapa No. 2 (muestreo) la señal se somete a un proceso de muestreo de acuerdo al teorema de NYQUIST en donde entre muestra y muestra de un mismo canal existe un periodo de 125 microsegundos.

Etapa No. 3 (cuantificación y codificación) a las muestras obtenidas de la señal analógica (voz) se les asigna un valor establecido dentro de la ley A y a éste valor se le aplica el código de 8 bits.

Etapa No. 4 (Multiplexación) se multiplexan las 30 señales de voz junto con el TS0 y el TS16 de acuerdo a la estructura de la trama establecida por la norma G.732 de la UIT.

Etapa No. 5 (codificador de línea) a la señal se le aplica el código de línea HDB-3 con el cual puede pasar a través de las etapas de acoplamiento y regeneración, es acoplada de una alta impedancia a impedancia de 75 Ohms.

Bloque A: reloj del sistema oscilando a 2048 KHz. Con desviación de frecuencia de más menos 102 Hz. Norma G.732 del CCITT. Sincroniza a las etapas de Multiplexación y convertidor de código de línea.

Bloque B: divisor de frecuencia entre 32 para sincronizar a la señal a la entrada al multiplexor con velocidad de canal de 64 Kb/s.

Bloque C: divisor de frecuencia entre 8 para sincronizar a las etapas de muestreo y del cuantificador/codificador. Con esta sincronización interna en el multiplexor se garantiza que no exista el retardo de grupo entre etapas, ya que en los sistemas que transportan voz no se permite el retardo de la señal.

### SENTIDO DE RECEPCION

Etapa No. 6 y 7 (ecualización y decodificador de línea) la señal es acoplada de una impedancia de 75 Ohms a una alta impedancia, es ecualizada y amplificada se compensan perdidas de 0 a 6 dB a la frecuencia de 1024 KHz para un máximo de distancia de cable coaxial de 400 m (dependiendo del fabricante). Se extrae el ritmo de reloj para comprobar si la señal de reloj acompaña a la señal de información en fase. El decodificador convierte a la señal con código HDB-3 a un código NRZ.

Etapa No. 8 (demultiplexor) la señal digital es demultiplexada y se lleva a cabo la extracción del TS y del TS16 en donde son analizados por los circuitos de control para detectar errores en las palabras de sincronía (trama y multitrama).

Etapa No. 9 (decodificador) la señal se convierte de digital a analógica. Se toman octetos de bits y se obtiene la respectiva muestra PAM con la amplitud con que fue transmitida.

Etapa No. 10 (demodulador) la señal es demodulada obteniéndose a la salida de esta etapa la señal original de voz.

Etapa No. 11 (filtrado y acoplamiento) la señal se filtra para eliminar el ruido adherido por el decodificador la señal se amplifica y se acopla de una alta impedancia a la impedancia de 600 Ohms.

Bloque D: reloj de recepción sintonizado a 2048 KHz sincroniza al decodificador de línea y al demultiplexor.

Bloque E: divisor de frecuencia entre 32 sincroniza a la señal a la salida del demultiplexor.

Bloque F: divisor de frecuencia entre 8 sincroniza al decodificador y al demodulador.

Loop local: en la figura se observa que la señal es retornada al multiplexor por medio de este Loop. Se utiliza cuando el sistema presenta alarma para el análisis de la falla presentada en el equipo PCM.

## 1.4.2 SINCRONIZACION

INTRODUCCION: Los sistemas de transmisión PCM deben de tener una exactitud en frecuencia permitida por la norma G.732 de la UIT de  $\pm 50$  ppm (mas menos 50 partes por millón). Este requerimiento, puede ser satisfecho por estos equipos de transmisión usando osciladores internos de cristal de cuarzo de bajo costo, que pueden funcionar sin necesidad de sincronización por parte de una fuente externa común. Para garantizar una calidad máxima para conexiones internacionales estos sistemas se sincronizan de tres diferentes maneras.

### TIPOS DE SINCRONIZACION

- \* *Sincronización por carrera libre*
- \* *Sincronización por el reloj de recepción*
- \* *Sincronización por señal de reloj externa*

Sincronización por carrera libre: En este tipo de sincronización los sistemas PCM envían su reloj de transmisión, sincronizando su propio sentido de transmisión y al sentido de recepción del sistema remoto, esto quiere decir que el enlace funciona con dos señales de reloj como se ve en la figura 1.27.

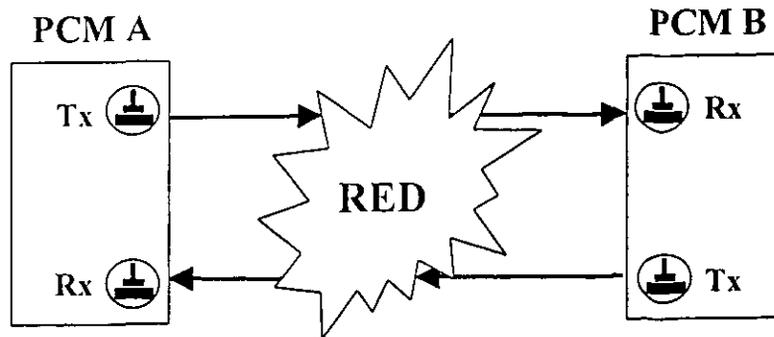


Fig.1.27 Sincronización por carrera libre

Sincronización Por el reloj de recepción: En este tipo de sincronización uno de los sistemas envía su señal de reloj y esclaviza al reloj del sistema remoto en recepción. Como se ve en la figura (A) la señal de reloj es recuperada en recepción y ésta por medio de puentes físicos o por software esclaviza al reloj de transmisión del otro sistema. La señal del sistema esclavizado se envía y en recepción del sistema remoto esta señal es recuperada como se ve en la figura 1.28.

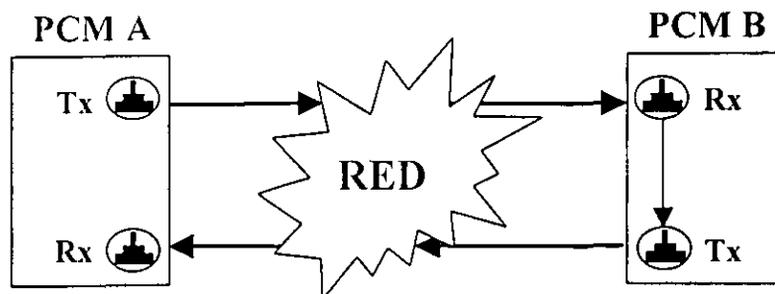


Fig. 1.28 Sincronización por reloj en recepción

Los dos sistemas se sincronizan con un solo reloj amarrándose a la señal del reloj más exacto.

Sincronización por señal de reloj externa: En este tipo de sincronización los sistemas tanto del lado A como del lado B se esclavizan con señal de reloj externa. Los sistemas de TELMEX toman el reloj de cesio del centro telefónico de San Juan o el de Celaya. Este reloj no tiene la variación de mas menos 50 partes por millón como lo tienen los relojes propios del sistema PCM tienen una

inexactitud de  $\pm 10^{-11}$  partes por millón. En la figura 1.29 se observa este tipo de sincronización.

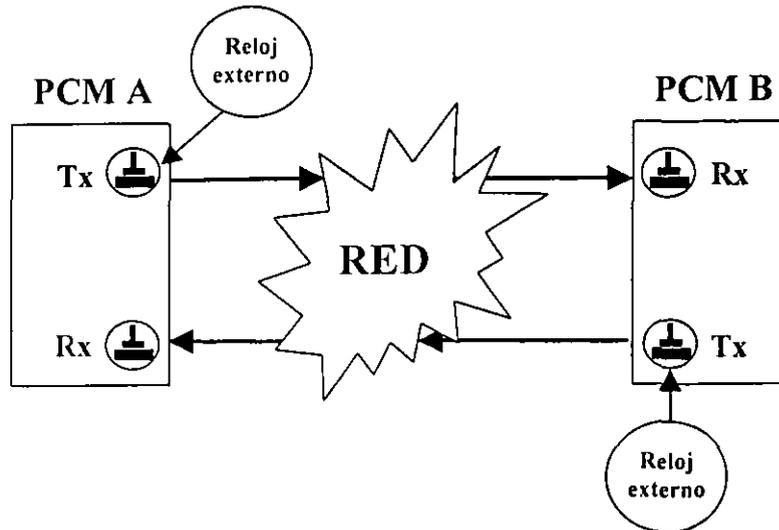


Fig.1.29 Sincronización por reloj externo

La sincronización por señal de reloj externa es como en carrera libre con la diferencia de la calidad del reloj de cesio. La sincronización es indispensable para un buen funcionamiento en el enlace, si un reloj falla el enlace se viene abajo, ya que ésta señal es la que transporta a la información digitalizada (voz o datos).

### 1.4.3 EQUIPO PCM PHILLIPS SLIM LINE

#### INTRODUCCION

El sistema de multiplexación de 2 Mb/s 8TR 641 comprende el equipo requerido para combinar los 30 canales de voz junto con la señalización por canal asociado en un solo tren de bits de 2048 Kb/s a través de modulación por pulsos codificados (PCM) y la multiplexación por división en el tiempo (TDM) en el sentido de transmisión y realizando las operaciones inversas en el sentido de recepción.

Los canales de voz se pueden sustituir todos o en partes por canales de datos a 64 Kb/s. Si el sistema multiplexor utiliza solamente canales de datos puede manejar hasta un máximo de 31 canales.

**BASTIDOR**

El bastidor Slim Line de phillips tipo 9560 048 76100 tiene capacidad para alojar tres sistemas tipo 9560 091 80100, cada uno de estos controlado por un sistema PCM múltiplex de 2 Mb/s (8TR 641).

El bastidor esta formado por tres sub-bastidores, cada sub-bastidor es un sistema, y cada uno de estos sistemas está formado por tres repisas, por lo que el sistema I está en las repisas 2, 3 y 4, el sistema II en las repisas 5, 6 y 7 y el sistema III en las repisas 8, 9 y 10 como se observa en la figura 1.30.

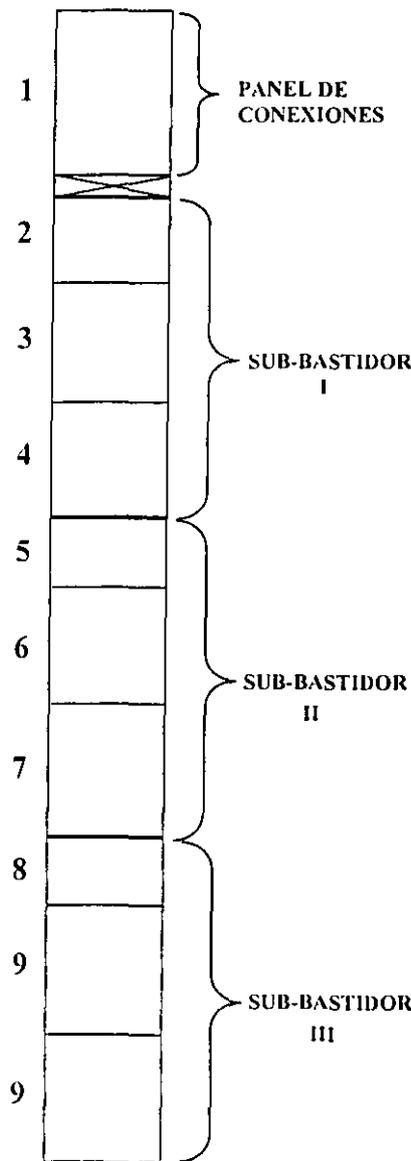


Fig. 1.30 Diagrama del bastidor phillips slim line

La repisa 1 en la parte superior del bastidor es el panel de conexiones el cual está cubierto con una puerta desmontable y en su interior se encuentran los 6 conectadores para los cables de estación y sub-bastidores y un conector para colocar la unidad de alarmas del bastidor.

El panel de conexiones también contiene un bloque de terminales atornillable en los cuales se conectan el voltaje primario de batería y un voltaje auxiliar de alarmas para generar una alarma a la falta de alimentación principal.

### ALIMENTACION DEL BASTIDOR

Planta de fuerza entrega una tensión rectificada de  $-48$  volts de corriente directa en un bastidor lateral de tensiones (BLT). En el BLT hay un fusible por cada bastidor de toda la fila de bastidores, así mismo se tiene seguridad de redundancia, ya que cada bastidor cuenta con doble alimentación. Del BLT la alimentación de  $-48$  volts de corriente directa llega hasta un bloque de terminales atornillable como se ve en la figura 1.31.

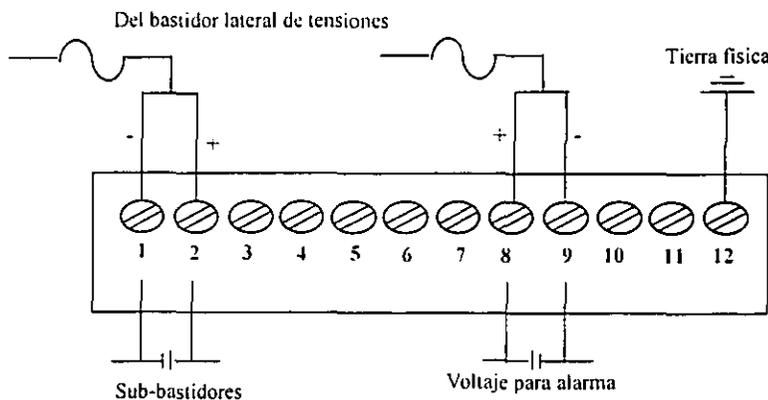


Fig. 1.31 Bloque de tornillos 1XC1

Este bloque de tornillos conocido como 1XC1 se encuentra arriba del panel de conexiones y el voltaje de  $-48$  volts llega a los tornillos 1 y 9, la tierra eléctrica llega a los tornillos 2 y 8 y la tierra física llega al tornillo 12 como se ve en la figura 1.31.

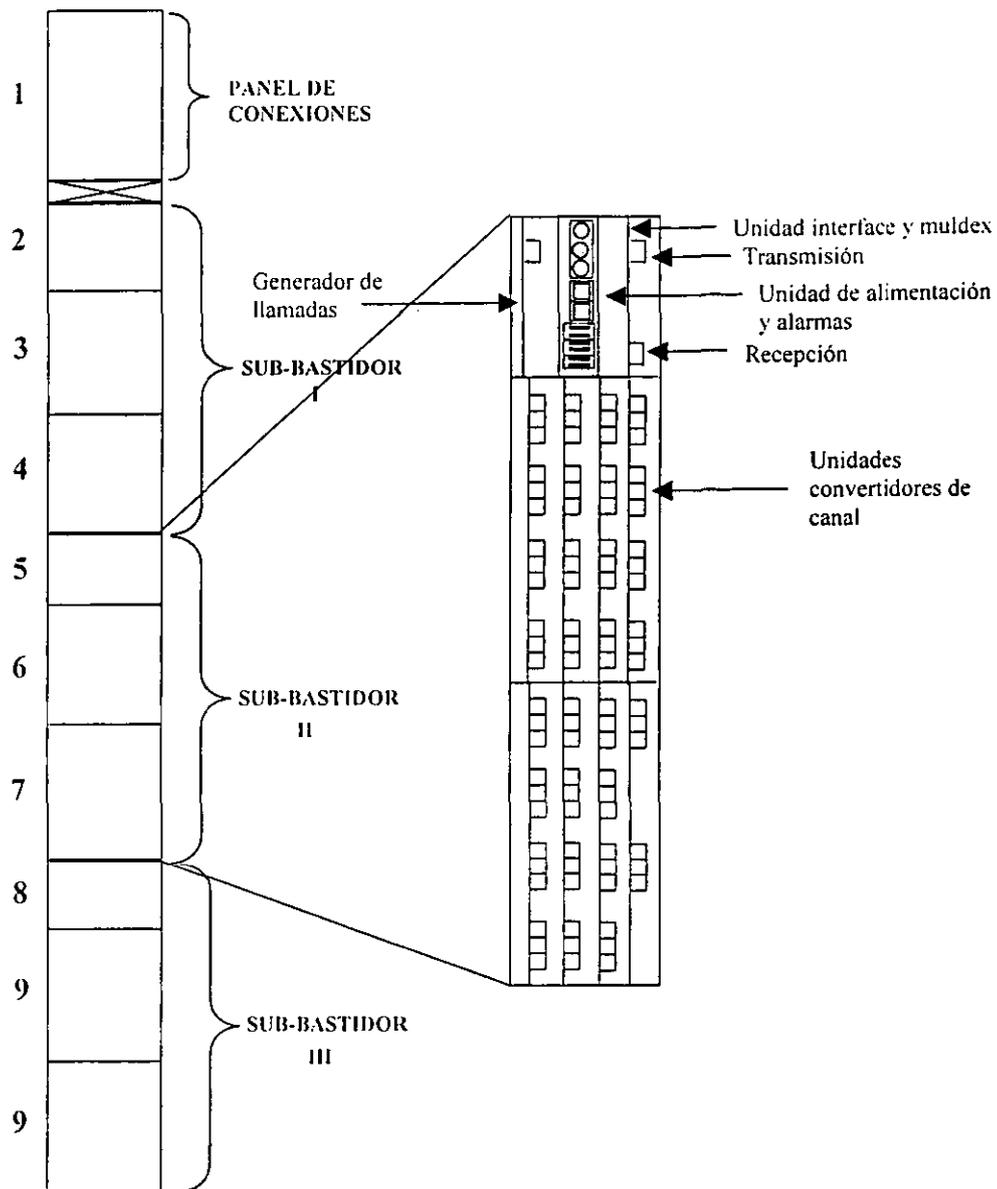


Fig. 1.32 El Sub-bastidor

LOCALIZACION DE CANALES

Dependiendo del tipo de unidades a ser conectadas en el sistema para los canales, se tienen dos formas de la localización de las mismas.

Si se usan solo unidades de convertidor de canal o bien la combinación de unidades de convertidor de canal y unidades de

convertidor de datos, la posición de los canales de 1 a 30 en el sistema es la siguiente:

1	2	3	4
9	10	11	12
16	17	18	19
24	25	26	27
5	6	7	8
13	14	15	
20	21	22	23
28	29	30	

Fig. 1.33 Canales de Voz y Datos

Si solo se usan unidades de convertidor de datos para conformar el sistema la distribución de los canales de 1 a 31 es como se observa en la siguiente figura 1.34.

1	2	3	4
9	10	11	12
17	18	19	20
25	26	27	28
5	6	7	8
13	14	15	16
21	22	23	24
29	30	31	

Fig.1.34 Canales de Datos

En la parte interior la posición de cada unidad en el sub-bastidor es indicada por medio de etiquetas correspondientes y se pueden ver en la figura del bastidor correspondiente.

DATOS TECNICOS

ALIMENTACION: Para que las unidades, voz, datos y control operen adecuadamente, necesitan ser alimentadas con voltajes de operación internos los cuales se muestran a continuación.

Voltaje	Corriente	Potencia
+5 volts	140 mA	700 mW
-5 volts	4 mA	25 mW

Estos voltajes en el equipo Phillips Slim Line no tienen puntos de prueba como en otros sistemas PCM.

DIMENSIONES DEL SUB-BASTIDOR

ALTO	ANCHO	FONDO
750 mm.	120 mm.	240 mm.

El consumo de energía por sub-bastidor debe ser menor o igual a 75 Wats

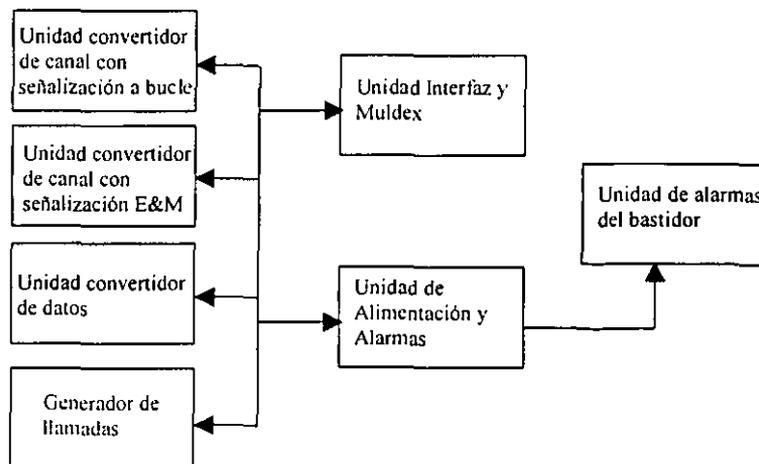


Fig.1.35 Diagrama general del equipo SLIM LINE

El Sistema Phillips Slim Line está básicamente configurado al diagrama a bloques anterior, sin embargo, puede tener diferentes configuraciones dependiendo del tipo de unidad (tarjeta) que se este usando.

#### 1.4.4 EQUIPO PCM BYB

##### INTRODUCCIÓN

El equipo múltiplex BYB, equipo de señalización y terminal de línea se almacenan en un bastidor en común del tipo M5/BYB, este equipo presenta gran facilidad para instalación y mantenimiento, ya que todas sus conexiones están por el frente de las unidades por lo que no se necesita hacer ninguna desconexión o desmontaje para realizar labores de expansión o mantenimiento.

El sistema BYB multiplexa 30 o 31 canales en un tren de pulsos de 2048 Kb/s. La familia BYB esta compuesta por múltiplex de canales de voz con señalización a bucle y señalización E&M dependiendo de la aplicación. Si el medio de transmisión es un par de cobre, se tienen equipos terminales de línea y regeneradores a lo largo de la ruta de transmisión. También se tiene la opción de conectarse a un multiplexor de alto orden, a un terminal óptico o a un radio digital.

Todos los equipos a excepción de los regeneradores de línea, están montados en un bastidor del tipo M5/BYB que presenta una facilidad de manejo y conexión, ya que todas las conexiones se hacen por el frente de los equipos.

##### BASTIDOR

En el bastidor tipo M5/BYB se pueden alojar desde 5 hasta 12 sistemas BYB dependiendo del tipo de señalización con que se configure cada sistema. En la figura 1.36 se observa este tipo de bastidor.

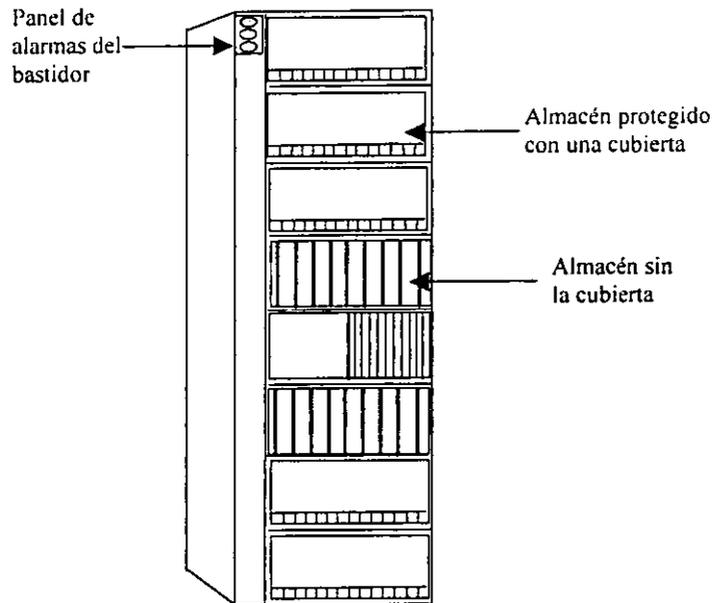


Fig. 1.36 Bastidor M5/BYB

En el bastidor M5/BYB se pueden montar repisas de equipos múltiplex, equipos de señalización a convertidores, equipos con señalización E&M, equipos terminales de línea (LTU), repisas de unidades híbridas y repisas de multiplexores M5 dependiendo del tipo de configuración del bastidor.

### **ALIMENTACION DEL BASTIDOR**

Las tensiones primarias de alimentación se obtienen generalmente de las baterías de plantas de fuerza conectándose en la mayoría de los casos a través de fusibles, primeramente a un lateral de tensiones y a continuación a un fusible colocado en la parte inferior del lateral izquierdo del bastidor. En la figura 1.37 se describe la Alimentación del bastidor.

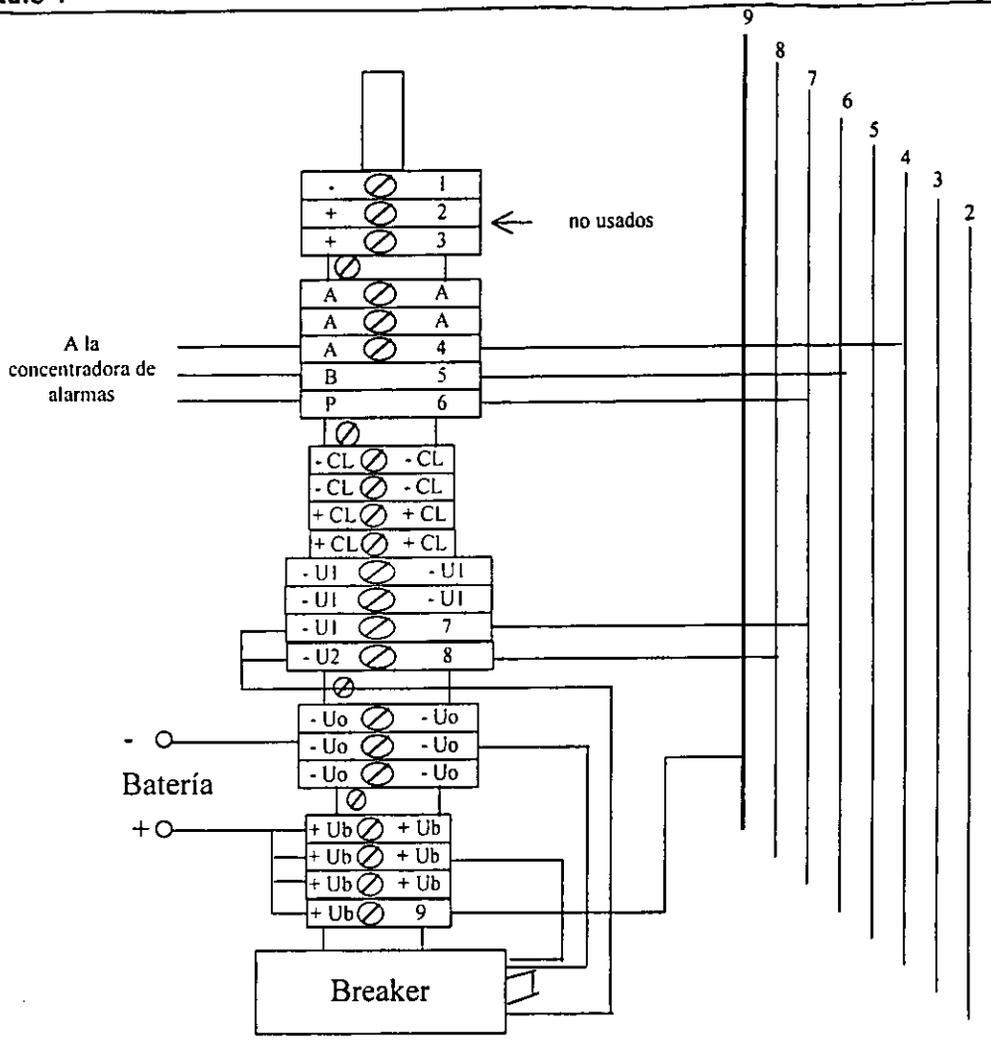


Fig. 1.37 Alimentación de Bastidor

A la regleta de conexiones (figura anterior) llega la alimentación a los tornillos  $-U_0$  y  $+U_b$  de éstos la alimentación llega al breaker y de éste llega a los tornillos  $-U_1$  y  $-U_2$  para llegar finalmente a las barras de alimentación del bastidor que se encuentran en el lateral derecho del mismo. De estas barras de alimentación se alimentan todos los equipos que se encuentren en el bastidor. Las barras de alimentación son 9 y se cuentan de afuera hacia adentro del bastidor. Las barras 1, 2 y 3 actualmente están libres, en las barras 4, 5 y 6 se encuentran tierras para activar las alarmas A, B y P (urgente, no urgente y de servicio, respectivamente) que se encuentran en la parte superior del lateral izquierdo del bastidor. Las barras 7 y 8 tienen  $-48$  volts y la barra 9 contiene una tierra que viene del tornillo 9 de la regleta de conexiones.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

**LA REPISA**

La repisa **BYB** tiene capacidad para alojar 11 tarjetas de circuito impreso 4 de las cuales son unidades de canal de transmisión otras 4 mas son unidades de canal de recepción, una de control de transmisión, una de control de recepción y un convertidor de cc/cc. Cada una de las unidades de canal de Tx recibe 8 señales analógicas (de voz) y se encarga de convertirlas en un tren de pulsos digitales y se acomodan en las ranuras 1, 3, 5 y 7 de la repisa, mientras que las unidades de canal de Rx hacen el proceso de convertir un tren de pulsos digitales a 8 señales analógicas y se acomodan en las ranuras 2, 4, 6 y 8 de la repisa. La unidad de control de Tx se acomoda en la ranura 9, en la 10 la unidad de control de Rx y por ultimo en la ranura 11 el convertidor de cc/cc como se ve en la figura 1.38.

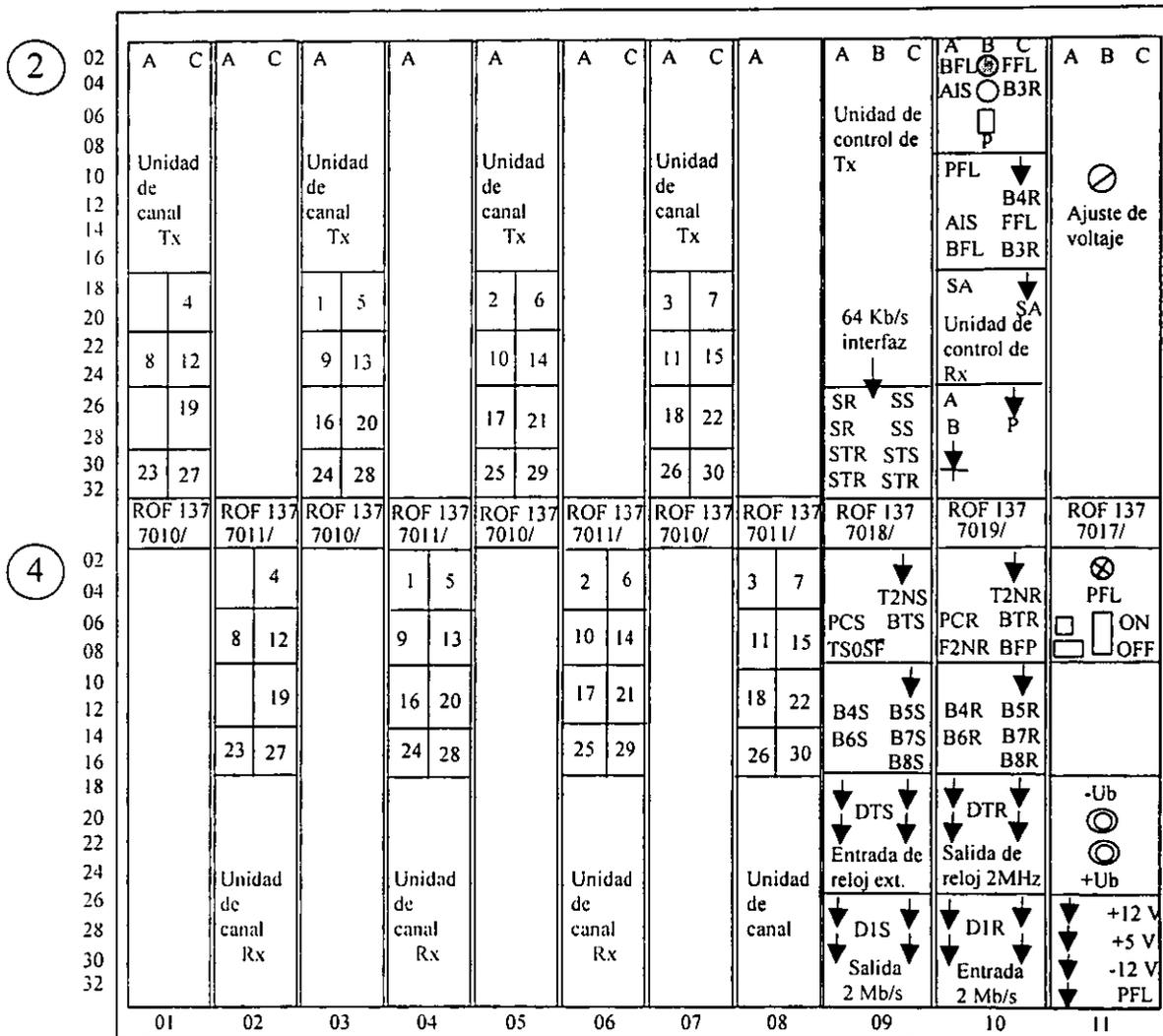


Fig. 1.38 La Repisa BYB 2Mb/s

La figura anterior muestra la configuración de las unidades dentro de la repisa. En el equipo BYB todas las conexiones se hacen por el frente del sistema por lo que es una de las facilidades del equipo con respecto al phillips slim line en el cual todas las conexiones se hacen por la parte trasera del bastidor. La posición de los canales es como se ve en la figura 1.38 cuando se usan unidades para convertir señales de voz (analógicas) en señales digitales.

Si se utilizan unidades convertidores de datos la posición de los canales en la repisa cambia.

### DATOS TECNICOS

Para que las unidades que forman al multiplexor funcionen adecuadamente se necesita que sean alimentadas con voltajes de operación internos los cuales se describen a continuación.

Volts	Tolerancia
+5 V	+1.5 V
+12 V	+3 V
-12 V	-3 V

Estos voltajes en el sistema BYB si se pueden monitorear como se describe en el capítulo dedicado a las practicas.

### DIMENSIONES DE LA REPISA

ALTO	ANCHO	FONDO
24.384 cm	24.384 cm	21.8 cm

El consumo de potencia por repisa es de 14 wats y su peso es de aproximadamente 8 Kg.

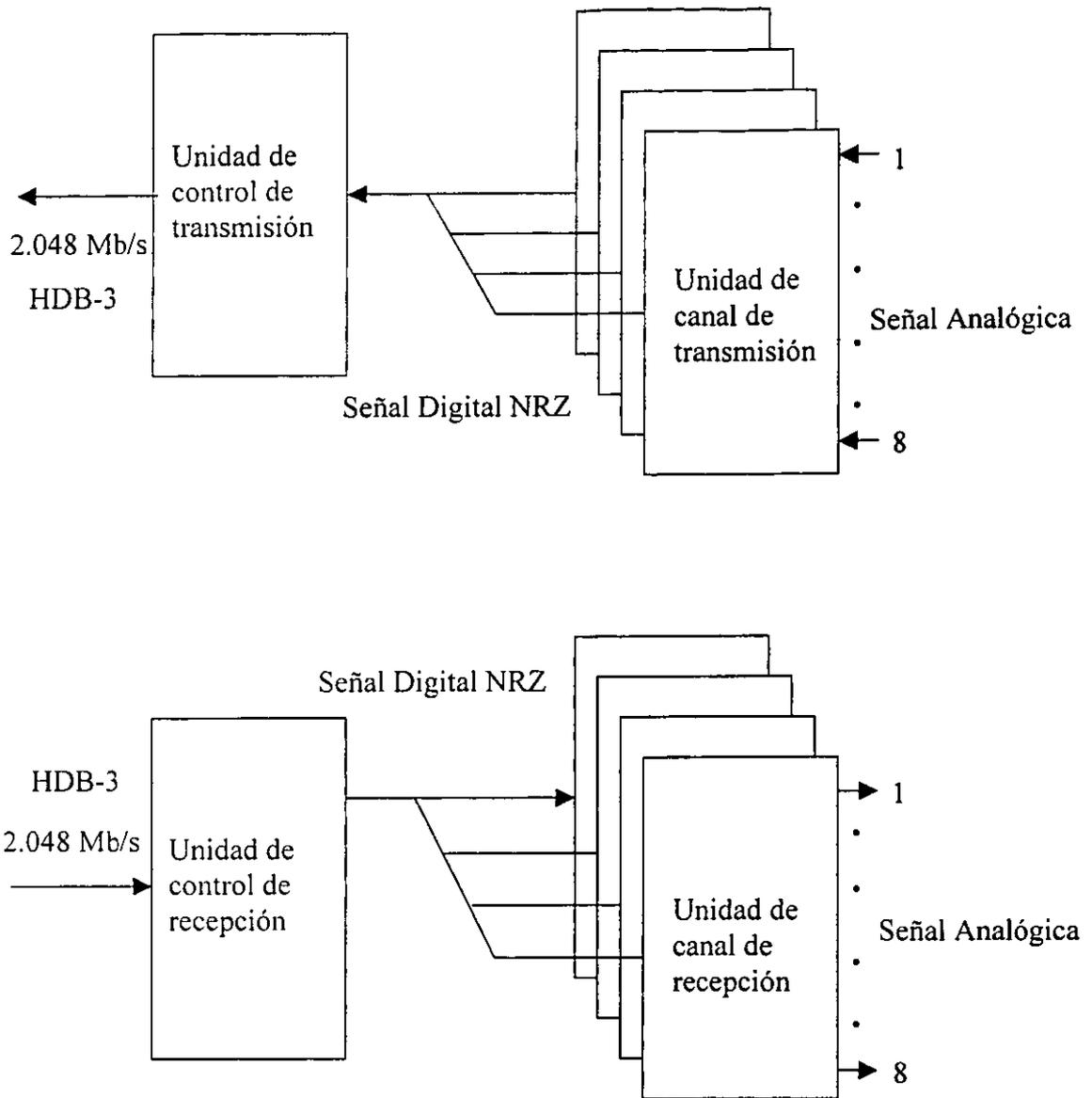


Fig. 1.39 DIAGRAMA A BLOQUES

En la figura anterior se ve en forma simplificada el diagrama a bloques del multiplexor PCM BYB. Las unidades de canal pueden cambiar de pendiendo del tipo de configuración del sistema de transmisión.

# Capitulo Dos

**PRACTICAS.**

---

## **Práctica No. 1**

### **Verificación de los voltajes de un sistema**

**Introducción** En esta práctica aprenderemos a ajustar las fuentes de alimentación de un múltiplex PCM, pero lo importante, es considerar siempre que se hable de alimentación para cualquier sistema PCM, deberemos consultar las especificaciones del equipo para asegurarnos que se encuentre dentro de ellas y de esta forma asegurar que cumpla con las especificaciones de potencia para tener un buen funcionamiento.

Para ejemplificar utilizaremos el Sistema PCM, BYB de Ericsson.

**Objetivo** Al término de la práctica, el participante verificará que los voltajes de operación de un sistema PCM se encuentren dentro de los parámetros especificados en el manual de operación del equipo.

**Material y  
Equipo**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Multímetro
1	Par de cuerdas de gancho para el multímetro
1	Neutralizador plano

### Contenido

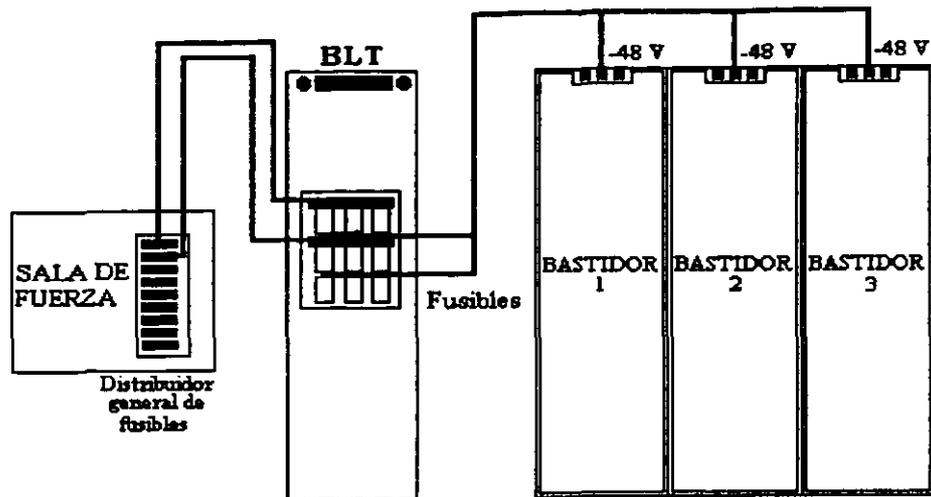
<b>Tema</b>	<b>Ver Página</b>
Alimentación de los sistemas PCM	P1 - 2
Verificación de alimentación del bastidor BYB	P1 - 3
Verificación de los voltajes de operación del multiplexor BYB	P1 - 6

## Alimentación de los sistemas PCM

**Descripción** Todos los Multiplexores digitales como equipo de transmisión necesitan para poder operar, una fuente de alimentación que pueda generar los voltajes necesarios para que operen los dispositivos electrónicos de las diversas tecnologías.

**Principio de operación de las unidades de alimentación** La forma en que son alimentados usualmente los equipos es la siguiente:

1. Planta de fuerza entrega una tensión rectificada de -48 volts de CC en un bastidor lateral de tensiones. En este bastidor lateral, habrá un fusible por cada bastidor de equipo, así mismo tenemos seguridad por redundancia, ya que cada bastidor cuenta con doble alimentación.
2. del bastidor de tensiones, la alimentación se va por el cable sobre la estructura, llegando a la regleta de conexiones correspondiente



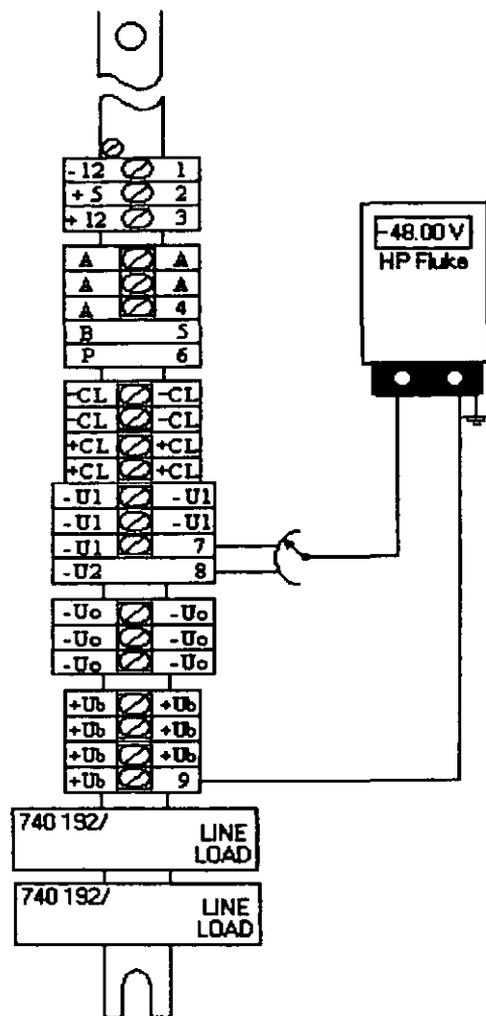
**Figura P1.1** Alimentación de los Bastidores de los equipos multiplexores

**Alimentación BYB** La alimentación de  $-48\text{ V}$  llega a la regleta de conexiones de ahí pasa por un breaker y regresa a la regleta de conexiones para pasar a las barras de alimentación 7 y 8 para los  $-48\text{ V}$  y la barra 9 la tierra.

### Verificación de alimentación del bastidor BYB

**Procedimiento** El procedimiento para verificar los voltajes de alimentación del bastidor BYB en la regleta de conexiones es el que se muestra a continuación.

Paso	Acción
1	Asegúrese de que el fusible del bastidor lateral de tensiones se encuentre dentro del valor apropiado (10A dependiendo de la carga), así como su tierra en la barra de cobre.
2	Compruebe las tensiones de $-48\text{V}$ presentes en el bastidor, colocando el multímetro en los puntos $-U1$ , $-U2$ y $+Ub$ de la regleta de conexiones como lo muestra la figura P1.2.



**Figura P1.2** Verificación de los voltajes de alimentación del bastidor BYB, en la regleta de conexiones.

**Procedimiento**  
Continuación

Paso	Acción
3	Compruebe los voltajes que se muestran en la tabla P1.1, sobre las barras 7 y 9, así como entre 8 y 9.

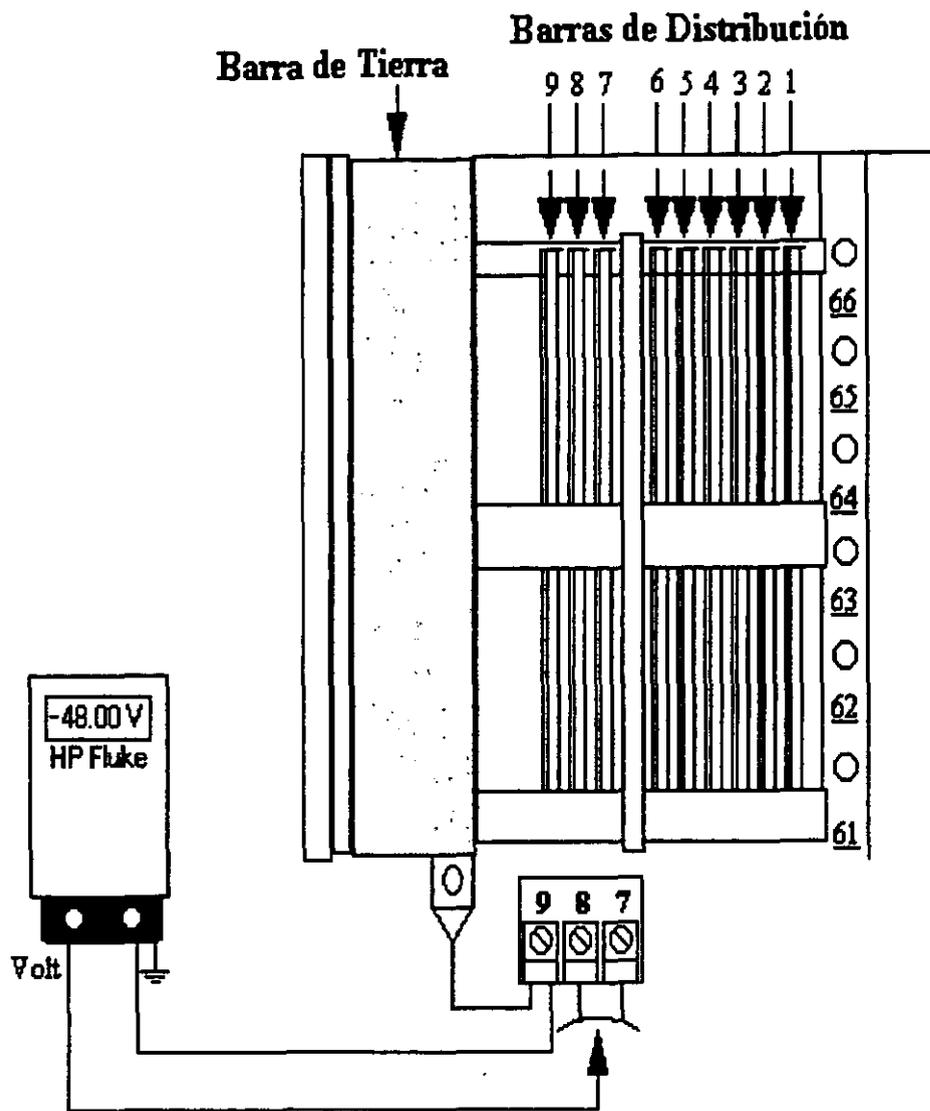


Figura p1.3 Modo de conexión en las barras del bastidor

**Procedimiento**

Continuación

Paso	Acción
4	Anote los valores medidos en la tabla P1.1.

Punto de prueba	Requisito	Valor medio
-U1	-48 volts $\pm$ 10%	
-U2	-48 volts $\pm$ 10%	
Barra 7	-48 volts $\pm$ 10%	
Barra 8	-48 volts $\pm$ 10%	

Tabla P1.1 Voltajes del bastidor BYB

## Verificación de los voltajes de operación del multiplexor BYB

**Procedimiento** El procedimiento para verificar los voltajes de operación internos del multiplexor BYB de primer orden es el que se muestra a continuación.

Paso	Acción
1	Conecte el multímetro en el frente de la unidad convertidora CD/CD. ROF 137 7017/- y mida entre las espigas en cuestión y su tierra, como se muestra en la figura P1.4.

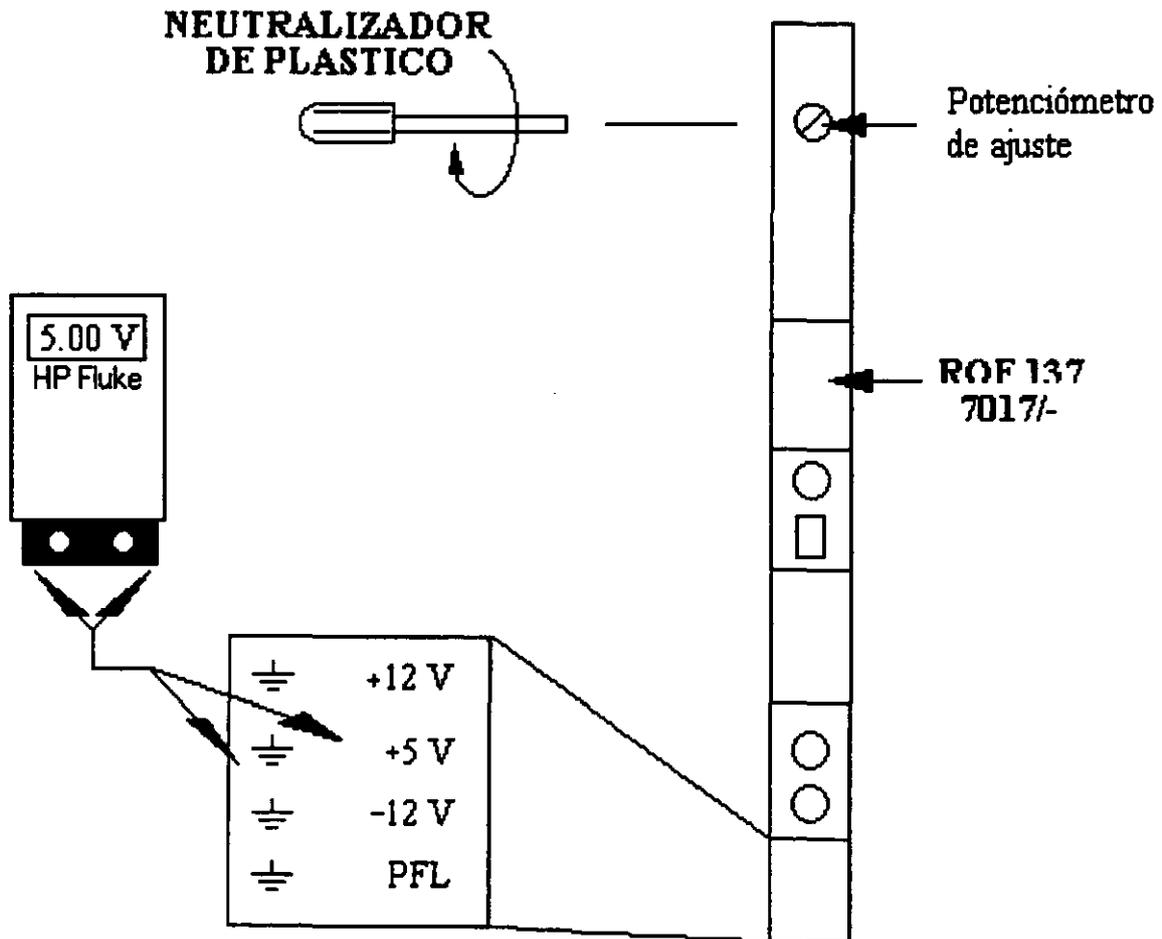


Figura P1.4 Medición y ajuste de voltajes de operación internos del BYB

## Verificación de los voltajes de operación del multiplexor BYB

### Procedimiento

Continuación

Paso	Acción
2	Anote los valores medidos, en la columna "Valor medido" de la tabla P1.2.
3	Ajustar el voltaje de +5 volts si los valores no se encuentran dentro del rango mostrado en la tabla anterior. Para hacerlo se gira el potenciómetro de ajuste con el neutralizador plano como se muestra en la figura P1.4.
4	Anote los valores ajustados de voltaje, en la columna "Valor ajustado" de la tabla P1.2.

Espigas	Requisitos	Tolerancia	Valor medido	Valor ajustado
4A26-4C26	Tierra y +12 volts	3  volts		
4A28-4C28	Tierra y +5 volts	1.5  volts		
4A30-4C30	Tierra y -12 volts	3  volts		

**Tabla P1.2** Voltajes nominales de operación internos del multiplexor BYB

## Práctica No. 2

### Interpretación de alarmas

**Introducción** En ésta práctica interpretaremos las palabras de sincronía de trama, palabras de alarmas, la palabra de sincronía de multitrama, bit 3 y bit 6, utilizando equipos generadores digitales de señal PCM (PDG-3) y un analizador de trama, por ejemplo ELMI (EPM -11). En caso de no contar con estos equipos se puede realizar con otros equipos como por ejemplo: Generador de señal PCM- 4/5 o con un analizador de trama como el PRA-I. La práctica se puede realizar utilizando un PCM BYB.

- Objetivo** Al término de la práctica el participante:
- .Verificará las palabras de sincronía de trama, multitrama y las alarmas que generan.
  - .Interpretará el significado del bit 3 y bit 6, en relación con la alarma que provocan.
  - .Utilizará los equipos de medición PDG-3 y ELMI (EPM- 11).

El material que se requiere para realizar esta práctica es el siguiente:

<b>Material y Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
	1	Generador de señal digital PDG-3
	1	Analizador de trama ELMI (EPM -11)
	1	Unidad de diodos
	1	Regleta multicontacto
	2	Cables de alimentación
	2	Cuerdas BNC a RNV
	1	Extensión de 110 V C.A.
	1	Equipo PCM BYB

**Contenido**

	<b>Tema</b>	<b>Ver Página</b>
	Conexiones	P2 – 3
	Sincronía de trama	P2 – 4
	Palabra de alarmas	P2 – 6
	Sincronía de multitrama	P2 – 8
	Prueba de errores	P2 – 10

# CONEXIONES

Conectar el PDG-3 y el ELMI como se ve en la figura

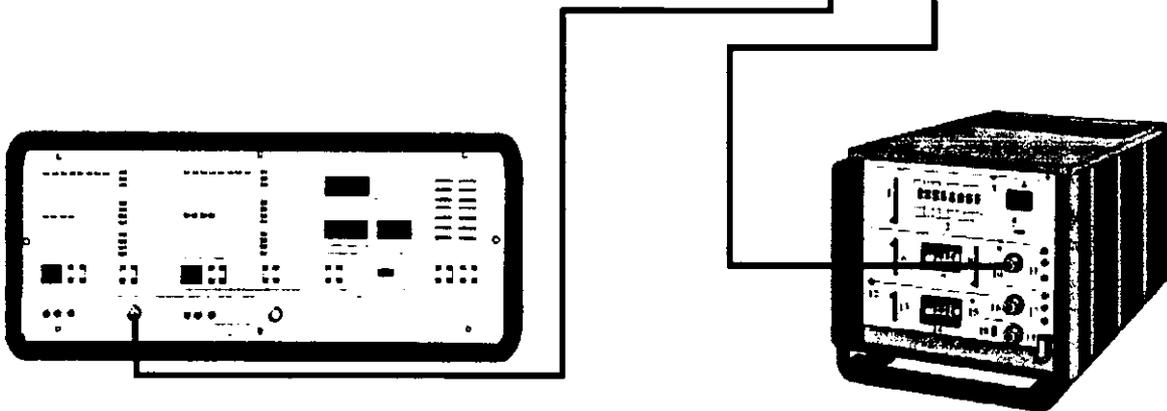
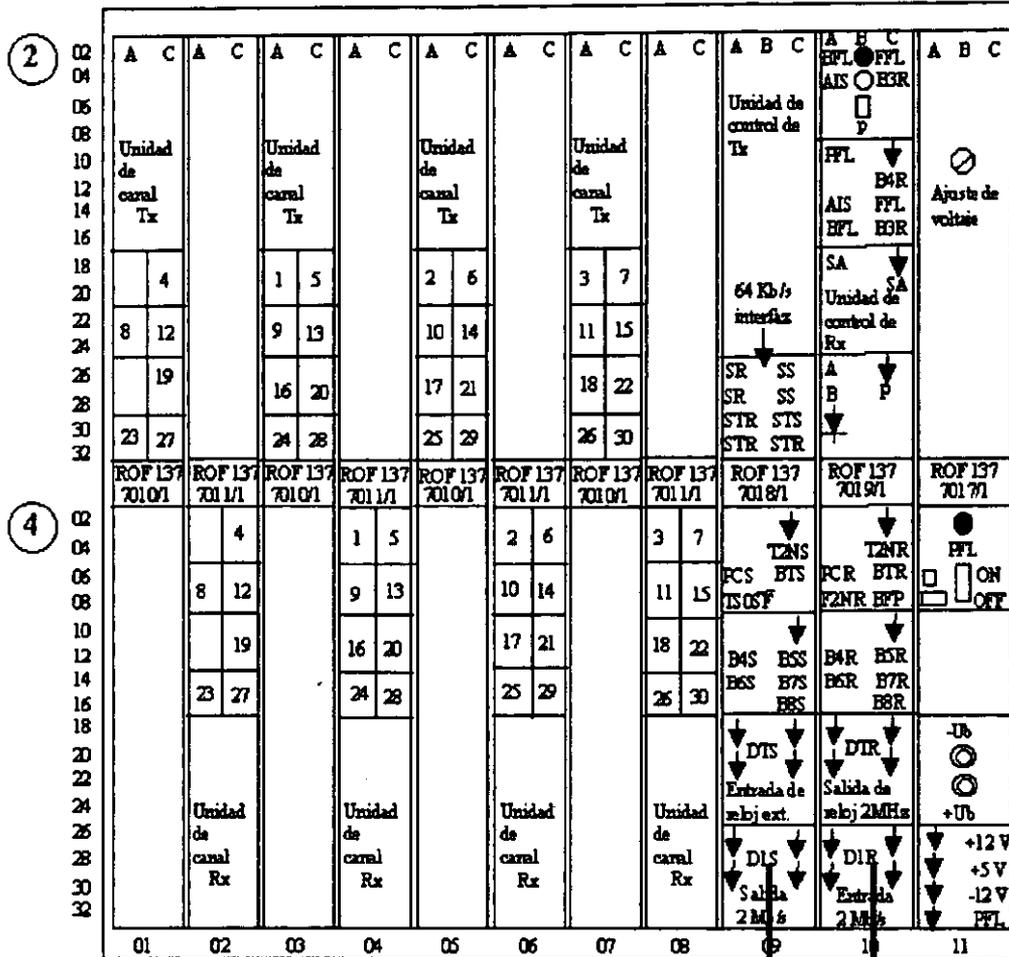


Figura P2.4 Conexiones para analizar palabras y probar errores con PCM BYB

Configuración del PDG-3

Paso	Acción												
1	Ponga el interruptor 1 del PDG-3 en la palabra de sincronía de trama (SYNC. W).												
2	<p>Seleccione la palabra de sincronía de trama con los interruptores 2 (interruptor hacia arriba es 1 y el interruptor colocado hacia abajo es 0):</p> <p style="text-align: center;">                     1   0   0   1   1   0   1   1  <i>B<sub>1</sub></i>   <i>B<sub>2</sub></i>   <i>B<sub>3</sub></i>   <i>B<sub>4</sub></i>   <i>B<sub>5</sub></i>   <i>B<sub>6</sub></i>   <i>B<sub>7</sub></i>   <i>B<sub>8</sub></i> </p>												
3	<p>Coloque los demás interruptores o selectores como se muestra en la siguiente tabla:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Interruptor / Selector</th> <th>Posición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>Código HDB<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0 dBm0 / 1 K Hz</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>1 in 10<sup>4</sup></td> </tr> <tr> <td>Selector de frecuencia (7)</td> <td>0,00 Hz</td> </tr> <tr> <td>Selector de nivel (14)</td> <td>-0,00 ó +0,0 dB</td> </tr> </tbody> </table>	Interruptor / Selector	Posición	8	Código HDB <sub>3</sub>	6	0 dBm0 / 1 K Hz	13	1 in 10 <sup>4</sup>	Selector de frecuencia (7)	0,00 Hz	Selector de nivel (14)	-0,00 ó +0,0 dB
Interruptor / Selector	Posición												
8	Código HDB <sub>3</sub>												
6	0 dBm0 / 1 K Hz												
13	1 in 10 <sup>4</sup>												
Selector de frecuencia (7)	0,00 Hz												
Selector de nivel (14)	-0,00 ó +0,0 dB												
4	Seleccione la palabra de no trama en el ELMI.												



*Asegúrese de que no existan alarmas en el multiplexor ni en el ELMI.*

Procedimiento: A continuación se describe el procedimiento para analizar la palabra de sincronía de trama

5	<p>Varíe el bit 1</p> <p>¿Se provoca alguna alarma en el MUX? <u>NO</u></p> <p>¿Por que? <u>Porque es un bit de uso nacional o internacional de acuerdo a la norma G-704 de la UIT</u></p>
---	--

Procedimiento

Continuación

Paso	Acción.
6	<p>Varíe cualquier bit del 2 al 8 de la palabra de sincronía de trama</p> <div data-bbox="583 484 1364 986" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><p>¿ Qué LED prende en la unidad 7019? <u>Rojo</u></p><p>¿Qué significa? <u>Perdida de sincronía de trama.</u></p><p>Coloque la unidad de diodos en su respectivo lugar de tarjeta ROF 137 7019 para corroborar lo que se hizo.</p><div data-bbox="595 857 1230 940"> → FFL → Pérdida de sincronía de trama</div></div> <p>¿Qué LEDS se encienden en el ELMI?</p> <p><u>Bit 3 y Bit 6 lo que significa que el sistema PCM perdió la sincronía de trama y de multitrama al variar los bits de patrón de sincronía.</u></p>

**Palabra de alarmas**

**Procedimiento** El procedimiento para analizar la palabra de alarmas es el que se muestra a continuación :

Paso	Acción			
1	Cambie el interruptor 1 del PDG-3 a la palabra de no sincronía (NON SYNC W).			
2	Programe la siguiente palabra para que el MUX no alarme:  <div style="text-align: center;">             1   1   0   0   1   1   1   1  <i>B<sub>1</sub></i> <i>B<sub>2</sub></i> <i>B<sub>3</sub></i> <i>B<sub>4</sub></i> <i>B<sub>5</sub></i> <i>B<sub>6</sub></i> <i>B<sub>7</sub></i> <i>B<sub>8</sub></i> </div>			
3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Mueva los interruptores correspondientes a los bits 1, 2, 5, 6, 7 y 8</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">¿Se genera alguna alarma en el MUX? <b>NO</b> _____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">¿Por qué? <u>Porque el bit 1 es un bit para checar el CRC y no se usa, el bit 2 no lo utiliza Ericsson, el bit 5, 6, 7 y 8 son bits de servicio</u></td> </tr> </table>	Mueva los interruptores correspondientes a los bits 1, 2, 5, 6, 7 y 8	¿Se genera alguna alarma en el MUX? <b>NO</b> _____	¿Por qué? <u>Porque el bit 1 es un bit para checar el CRC y no se usa, el bit 2 no lo utiliza Ericsson, el bit 5, 6, 7 y 8 son bits de servicio</u>
Mueva los interruptores correspondientes a los bits 1, 2, 5, 6, 7 y 8				
¿Se genera alguna alarma en el MUX? <b>NO</b> _____				
¿Por qué? <u>Porque el bit 1 es un bit para checar el CRC y no se usa, el bit 2 no lo utiliza Ericsson, el bit 5, 6, 7 y 8 son bits de servicio</u>				
4	Cambie nuevamente a la palabra de alarmas correcta 11001111.			

Procedimiento,

continua

<p>5</p>	<p>Cambie el bit 3 al estado 1.</p> <p>¿Qué LED prende en la unidad 7019? <u>El amarillo.</u></p> <p>¿Qué significa esto?</p> <p><u>Que en el extremo remoto se tienen cualquiera de las siguientes alarmas :</u></p> <p><u>No señal</u></p> <p><u>No FAS</u></p> <p><u>AIS</u></p> <p><u>Alta tasa de Error</u></p> <p>En la unidad de diodos se enciende el respectivo LED.</p> <div data-bbox="699 882 1093 990" style="text-align: center;"> </div> <p>Continúa con el paso 7</p>
<p>6</p>	<p>Cambie el bit 3 al estado 0</p>
<p>7</p>	<p>Cambie el bit 4 a estado 1.</p> <p>¿Qué LED prende en la unidad 7019?</p> <p><u>Ninguno</u></p> <p>En la unidad de diodos se prende el respectivo LED.</p> <div data-bbox="699 1433 1093 1529" style="text-align: center;"> </div> <p>¿Qué significa esto?</p> <p><u>Que se ha recibido el bit 4 indicando baja tasa de error en el extremo remoto</u></p>

Procedimiento

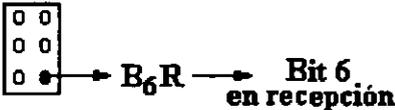
Paso	Acción
1	Cambie el interruptor 1 del PDG-3 a la posición de intervalo de tiempo 16 ( TS16/FRO).
2	Programe la siguiente palabra: 0 0 0 0 1 0 1 1 B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> B <sub>4</sub> B <sub>5</sub> B <sub>6</sub> B <sub>7</sub> B <sub>8</sub>



No debe haber alarmas en el Mux, en el equipo de señalización ni en el ELMI

3	Programe ELMI en el TS16.
4	Cambie el estado de cualquiera de primeros 4 bits en el PDG-3. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                         ¿Qué Alarma se provoca en el MUX? <u>Ninguna.</u> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                         ¿Qué LED prende en la repisa de señalización tarjeta 7033? <u>LED rojo</u> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                         ¿Qué significa?  <u>Que el sistema ha perdido la sincronía en la multitrama</u> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                         Coloque la unidad de diodos en su respectivo lugar de la tarjeta 7033 para verificar lo que se hizo y observe el LED que se enciende.  <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">                         ¿Qué LEDS prenden en el ELMI?  <u>Bit 6 (Alarma distante perdida de Multitrama)</u> </div>

Procedimiento

Paso	Acción
5	Restablezca el sistema colocando los bits que vario en el paso 4 a estado 0.
6	<p>Cambie el bit 6 al estado 1</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>¿ Qué LED prende en la repisa de señalización tarjeta 7033?</p> <p><u>El Amarillo</u></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>¿Qué significa?</p> <p><u>Que se ha recibido el bit 6 indicando perdida de multitrama remota o una AIS de 64 K</u></p> <p>En la unidad de diodos se enciende el LED respectivo.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <pre> graph LR     subgraph Grid [ ]         direction TB         G1[0 0]         G2[0 0]         G3[0 ●]     end     G3 --&gt; B6R[B6R]     B6R --&gt; Bit6[Bit 6 en recepción]                     </pre> </div> </div>

Procedimiento

Paso	Acción
1	Cambie el interruptor 1 del PDG-3 a programa interno (INT. PROG.)
2	Programe la palabra de alarmas en el ELMI
3	Seleccione un error $10^4$ bits (1 in $10^4$ ), usando el interruptor 13 y presione el botón 12.



Observe que el equipo MUX no alarma debido a que son muy pocos errores los que se le están insertando a la señal digital que se sale del PDG-3 y que entra al MUX.

4	<p>Ahora cambie el interruptor 13 en 2 errores en 4 tramas (2 in 4) y presione el botón 12.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>¿ Qué LED se enciende en la unidad 7019?</p> <p><u>El Rojo</u></p> </div> <p>En la unidad de diodos se enciende el LED.</p> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;"> <p>Tasa de Bits en el extremo local <math>&gt; 10^{-3}</math> ← BFL →</p> </div> <p>Alta densidad de errores</p>
	<p>¿Qué LEDs se encienden en el ELMI?</p> <p><u>Se enciende el bit 3 y bit 4 de la palabra de alarmas</u></p> <p>¿Cómo interpreta esto?</p> <p>Que el sistema esta recibiendo una alta tasa de errores y en respuesta transmite hacia el extremo remoto el bit 3 y 4, indicando que se esta recibiendo muchos errores</p>

## Práctica No.3

### Pruebas analógicas

**Introducción** El verificar los equipos PCM se encuentren dentro de la recomendación G.712 de la UIT es una de las actividades que se realizan cuando se hacen recepciones del equipo y después periódicamente como parte del mantenimiento preventivo y correctivo.

**Objetivo** Al término de la práctica, el participante verificará que las pruebas analógicas realizadas al equipo, cumplan con las recomendaciones especificadas por la UIT para mantener una buena calidad en la transmisión

#### Material y Equipo

Cantidad	Descripción
1	PMG-3
1	PCM-4
4	Cuerdas 2 Canal BYB-Bananas 2 BNC-RNV
1	Cable de alimentación
1	Cuerda para Loop BYB
1	Extensión multicontacto
1	Extensión de 110V C. A.
1	Multiplexor PCM BYB

**Contenido**

<b>Tema</b>	<b>Ver Página</b>
Mediciones de nivel y ruido usando el PMG – 3	P3 – 2
Mediciones analógicas usando el PCM – 4 (A / A)	P3 – 7

**Mediciones de Nivel y ruido usando el PMG -3**

**Conexiones** Para realizar mediciones de nivel y ruido es necesario conectar el PMG-3 como se indica a continuación (se ejemplifica como el canal 23 para BYB):

<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
1	Conecte el PMG – 3 Como se muestra en la figura siguiente
2	Coloque un loop local al sistema PCM

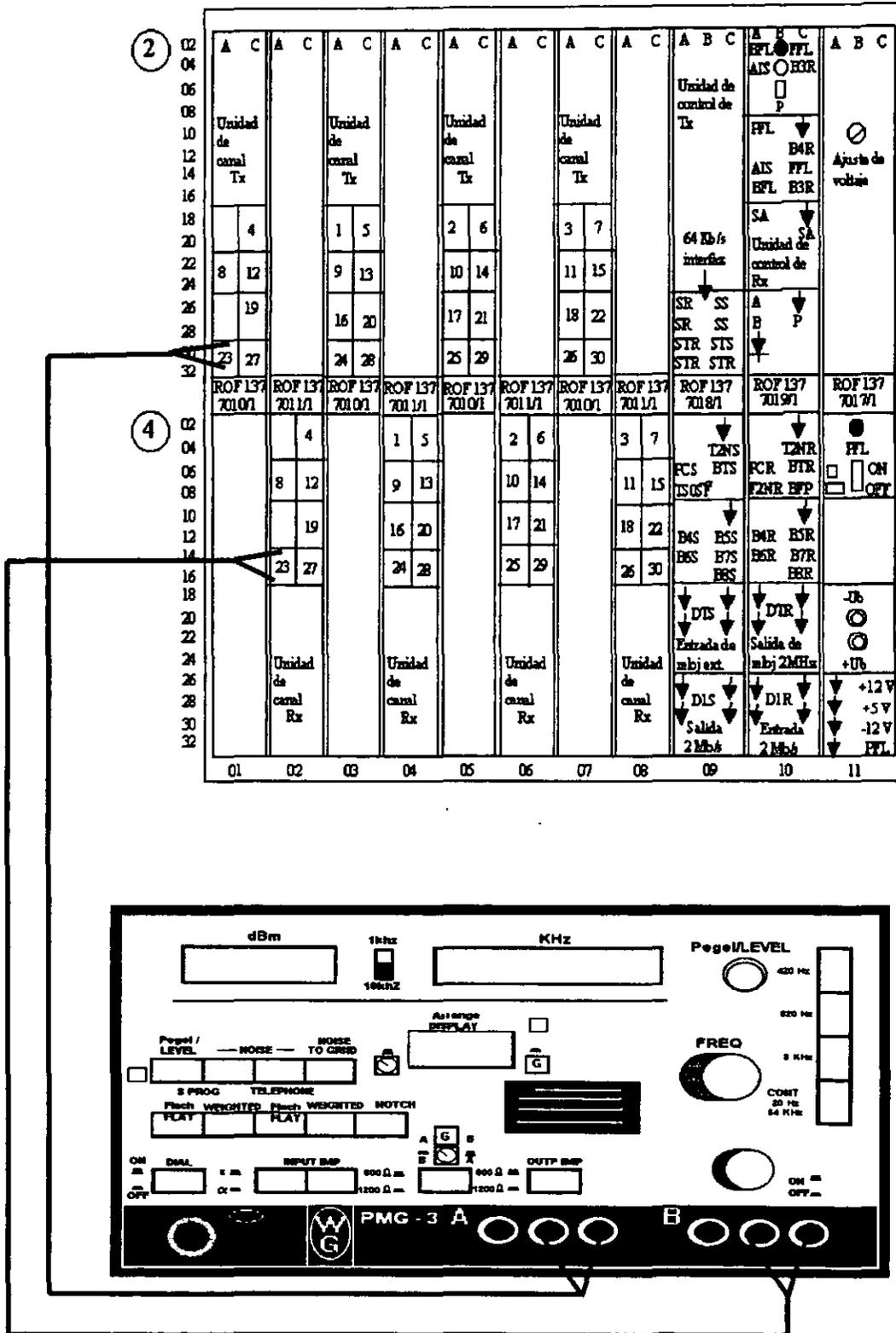


Figura P3.5 Conexiones para mediciones con el PMG -3, usando el BYB

**Procedimiento** A continuación se describe el procedimiento para medir nivel y ruido en el multiplexor BYB.

Paso	Acción
1	Configure el PMG -3 1.1 Encienda el aparato jalando el botón 14. 1.2 Cambie al modo Generador, presionando el botón 7 Display 1.3 Establezca que se genere por el canal "A" y se mida por el canal "B", presionando el botón 12.
2	Establezca un nivel de -5dBm: 2.1 Fije el nivel, presionando el botón Page Level del grupo de teclas 6 . 2.2 Seleccione un nivel de -5dBm, usando la perilla 4
3	Establezca una frecuencia de 1004 Hz: 3.1 Seleccione el modo frecuencias variables, presionando el botón CONT del grupo 5 . 3.2 Seleccione una frecuencia de 1004 Hz, usando la perilla 9.
4	Mida el nivel presionando el botón 7 Display y observe el resultado en el Display 1.



El valor esperado debe ser 1dBm con una tolerancia de  $\pm 0.5$ dBm.

5	<p>Mida el ruido en canal desocupado:</p> <p>5.1 Verifique que está seleccionado el modo Medidor en el botón 7.</p> <p>5.2 Fije ruido, presionando el tercer botón (de izquierda a derecha) del grupo de teclas <u>6</u>.</p> <p>5.3 Seleccione el tipo de filtro plano, presionando el botón Flach Flat del grupo de teclas <u>8</u>.</p> <p>5.4 Active el DIAL, presionando el botón 10 y observe el resultado en el Display.</p>
---	---



El valor observado debe ser menor a  $-65\text{dBm}$  según la norma G-712 de la UIT.

**Ejercicio** Realice las mediciones de nivel y ruido para el resto de los canales y anote los resultados en la siguiente tabla:

<b>Canal</b>	<b>Nivel</b>	<b>Ruido</b>
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Mediciones analógicas usando el PCM - 4 ( A / A )

Conexiones

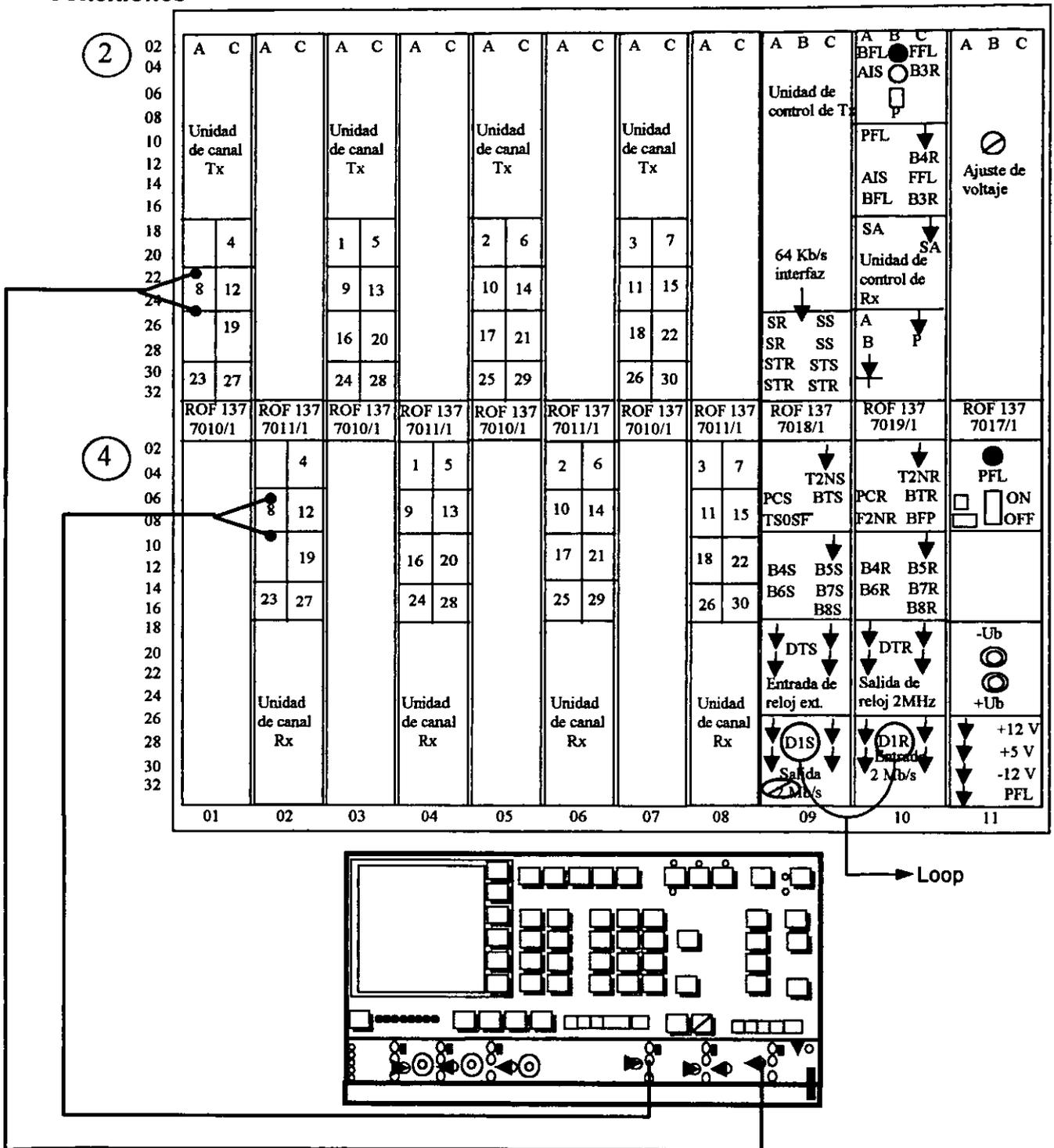


Figura P3.7 Conexiones necesaria para mediciones A/A con el PCM-4, usando BYB

**Mediciones analógicas usando el PCM – 4 ( A / A ), continuación**

**Prueba de nivel con barrido de frecuencias**

A continuación se describe el procedimiento para medir nivel con barrido de frecuencias:

Paso	Acción
1	Inicialice el aparato: 1.1 Encienda el PCM-4 y espere a que se autocalibre. 1.2 Presiona la tecla 10 Reset General



Generalmente cuando se presiona la tecla 10, el PCM –4 despliega en la pantalla el menú A, en otro caso presione la tecla MODE Lista A.

2	Establezca las condiciones para realizar las mediciones de nivel: 2.1 Seleccione la opción 1 Mediciones de Nivel (LEVEL MEASUREMENT). 2.2 Seleccione la opción 1 Onda Sinusoidal (SINE WAVE 200Hz – 4KHz ). 2.3 Presione la tecla ENTER como se indica en la pantalla, aparecerá la mascara de la UIT.
3	Seleccione el canal en el que está conectado para recibir y transmitir: 3.1 Presione BOTH CHAN del grupo de teclas <u>5</u> . 3.2 Teclee el canal y presione ENTER .
4	Genere un nivel de –5dBm: 4.1 Presione la tecla LEVEL del grupo de teclas <u>5</u> . 4.2 Escriba el valor del nivel de –5dBm y presione ENTER

5	Verifique que se cumple lo siguiente o en caso contrario selecciónelo: 5.1 Barrido sencillo (SWP /S) del grupo de teclas <u>9</u> . 5.2 Modo de medición analógico –analógico (A /A) 5.3 Impedancia de $600\Omega$ en transmisión y recepción a través de las teclas 13 y 15.
6	Inicie la prueba presionando la tecla START del grupo de teclas <u>2</u> y espere hasta que termine la prueba.
7	Ligue los resultados presionando la tecla LINK RESULT del grupo de y teclas <u>12</u> .
8	Cambie la gráfica de modo numérico presionando la tecla GRAPH NUM del grupo de teclas <u>2</u> .
9	Verifique los resultados estén dentro de las recomendaciones de la UIT



Para este caso debemos esperar recibir un nivel de 1dBm con una tolerancia de  $\pm 0.5$  dBm, en el rango de frecuencias de canal telefónico de 300 – 3400 Hz.

**Prueba de ruido en canal libre**

A continuación se describe el procedimiento para medir ruido en un canal libre:



Antes de iniciar cualquier prueba es recomendable presionar la tecla 10 Reset General para inicializar el equipo.

Paso	Acción
1	Seleccione la opción 6 Medición de ruido en canal libre (IDLE CHANNEL NOISE) del menú A.
2	Seleccione la opción 1 Psométrico (PSOPH)
3	Presione ENTER como se indica en la pantalla. Aparecerá la mascaró correspondiente.
4	Inicie la prueba.



Para este caso, el aparato realizará 30 veces la medición del mismo canal puesto que se seleccionó el modo analógico-analógico (A /A).

5	<p>Cambie la escala de máscara a -99.9dB para visualizar mejor las barras:</p> <p>5.1 Presione la tecla LOWER VALUE del grupo de teclas <u>7</u></p> <p>5.2 Teclee el valor deseado de la escala y presione ENTER</p> <p>5.3 Presione RTN del grupo de teclas <u>9</u></p>
---	--



El valor del ruido del canal libre debe ser menor a -65 dBm. Según la norma G-712 de la UIT.

**Diafonía**

A continuación se describe el procedimiento para medir la diafonía que induce un canal:

Paso	Acción
1	Seleccione la opción 7 Diafonía (CROSSTALK) del menú A.
2	Seleccione cualquiera de las siguientes opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Diferentes canales a 813 Hz (DIFFERENT CHANNELS FREQ. 813 Hz SELECT)</li> <li>• 4 Diferentes canales a 1014 Hz (DIFFERENT CHANNELS FREQ. 1014 Hz SELECT)</li> </ul>
3	Presione ENTER como se indica en la pantalla Aparecerá la máscara correspondiente.
4	Cambie la conexión del canal de recepción a un canal adyacente.
5	Seleccione el canal de transmisión 5.1 Presione SEND CHAN del grupo de teclas <u>5</u> . 5.2 Teclee el canal deseado, por ejemplo, el canal 8 y presione ENTER.
6	Seleccione el canal de recepción (en este caso 12): 6.1 Presione RECV CHAN del grupo de teclas <u>5</u> . 6.2 Teclee el canal deseado, por ejemplo, el canal 12 y presione ENTER.
7	Inicie la prueba y cambie la escala si es necesario.



Verifique que ningún valor sobrepase el parámetro que recomienda la UIT que es de  $-65 \text{ dBm}_0$ , en la norma G-712.

## Práctica No. 4

### Análisis de una señal PCM según la norma G.703 de la UIT

**Introducción** En esta práctica analizaremos un pulso de la señal de 2 Mb/s que se obtiene a la salida de un equipo PCM, midiendo su periodo y amplitud checando que se encuentre dentro de las especificaciones de la norma G.703 de la UIT. También se checará que la frecuencia de reloj se encuentre dentro de la norma G.732 de la UIT.

**Objetivo** Al término de la práctica, los participantes verificarán que la frecuencia de reloj, el periodo y la amplitud de un pulso PCM cumplan con la norma G.703 de la UIT.

#### Material y Equipo

Cantidad	Descripción
1	Osciloscopio de ancho de banda mayor a 70 MHz
1	Juego de puntas para osciloscopio
1	Extensión de 110V C.A.
2	Cables de alimentación
1	Extensión multicontacto
1	Frecuencímetro Digital
1	Cuerda BNC a RNV

**Contenido**

<b>Tema</b>	<b>Ver Página</b>
Norma G.703	P4 - 2
Periodo y amplitud de un pulso	P4 - 4
Medición del periodo de un pulso	P4 - 5
Medición de la amplitud de un pulso	P4 - 6
Medición de la frecuencia de reloj con un Frecuencímetro	P4 - 7

## **Norma G.703**

**Introducción** La recomendación G.703 de la UIT nos habla de la normatividad que deben seguir las interfases de los sistemas de transmisión. En nuestro caso para primer orden, un aspecto que nos debe interesar es la forma del pulso PCM en función de la máscara de la UIT, dicho pulso podrá observarse con un osciloscopio.

En forma práctica, lo que más no debe interesar de esa máscara son algunos parámetros importantes que deben cumplir los pulsos PCM cuando trabajamos con impedancias de 75 y 120 ohms como se muestra a continuación.

Interfase G.703

Parámetro	Valor Recomendado
Velocidad nominal	2048 Kb/s $\pm$ 50 ppm
Código	HDB <sub>3</sub>
Voltaje pico del pulso en estado 1	3 volts a 120 ohms 2.37 volts a 75 ohms
Periodo nominal del pulso	244 ns

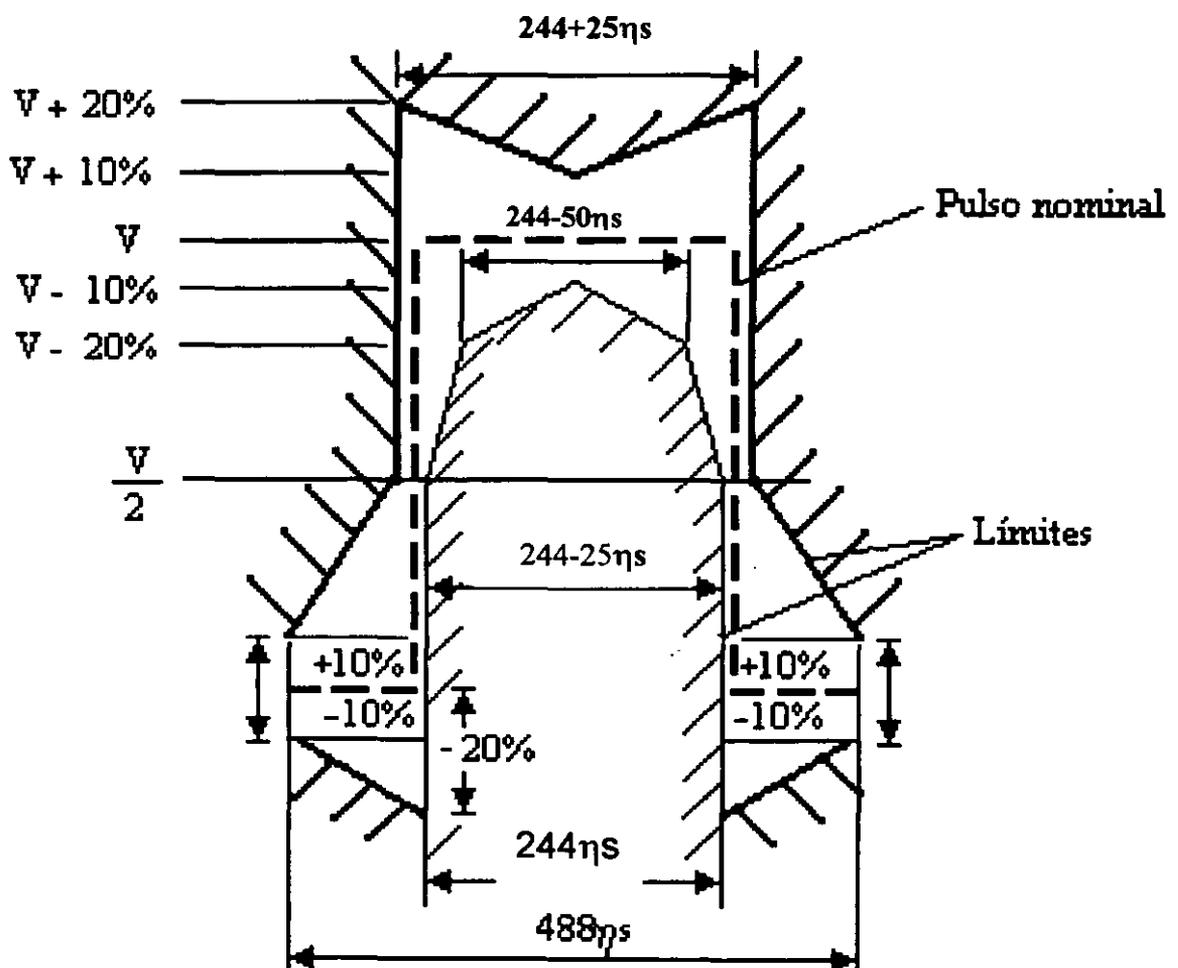
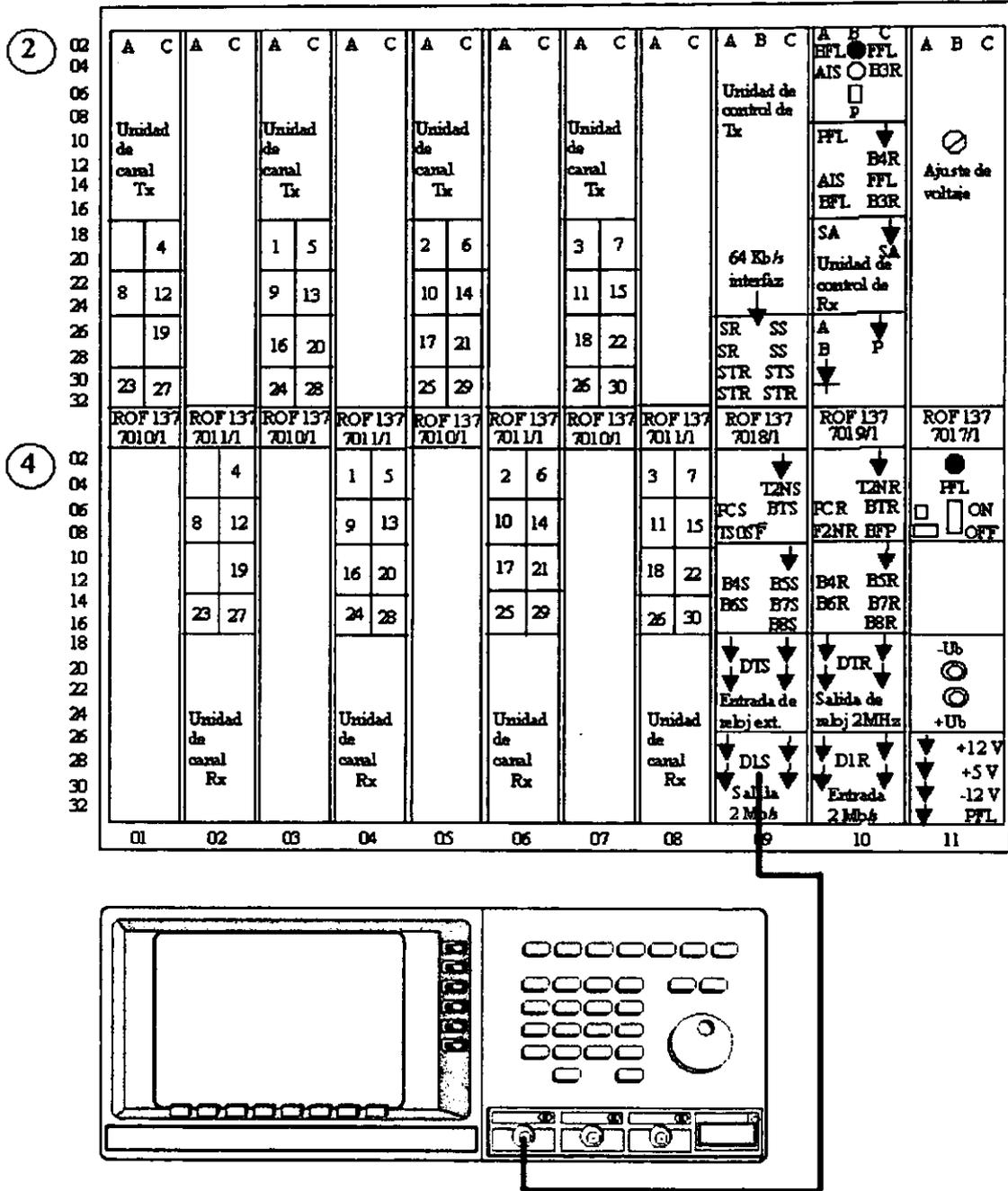


Figura P4.1 Máscara de un pulso en la señal digital

## Periodo y amplitud de un pulso

**Conexión** Para hacer la medición del periodo de un pulso de la señal de 2048 Kb/s, efectúe las siguientes conexiones:



**Figura P4.2** Conexión para medir periodo y amplitud de un pulso en un equipo BYB

## Medición del periodo de un pulso

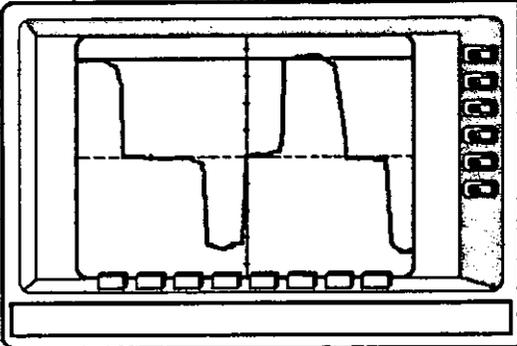
**Procedimiento** A continuación se muestra el procedimiento para medir el periodo de un pulso, para ejemplificar se utiliza el osciloscopio Tektronix TDS 320 de 100 MHz 500 MS/s, si utilizas otro osciloscopio el procedimiento básico es el mismo pero las teclas, para realizar las mismas operaciones, varían. Si tienes duda al respecto consulte su manual de operación.

Paso	Acción
1	Cambie la escala, de manera que se pueda hacer una buena medición, presionando la tecla AUTOSET. En caso de que sea necesario volver a ajustar, usando las perillas SEC/DIV y/o VOLT/DIV.
2	Congele LA señal presionando la tecla RUN/STOP.
3	<p>Fije Los cursores verticales para medir el periodo del pulso:</p> <p>3.1 Active el menú del cursor presionando la tecla CURSOR.</p> <p>3.2 Seleccione barras verticales presionando el botón a la derecha de V BARS.</p> <p>3.3 Posicione uno de los cursores en la mitad de la amplitud de un pulso con la perilla que esta a la derecha de la tecla TOGGLE.</p> <p>3.4 Fije el cursor presionando la tecla TOGGLE.</p> <p>3.5 Posicione el otro cursor en la mitad de la amplitud del pulso como lo hizo con el anterior. Los cursores deberán quedar como se muestra en la siguiente figura:</p> <div data-bbox="686 1255 1185 1612" data-label="Image"> </div>
4	Compare el valor de la medición que se observa en la pantalla como $\Delta$ : con el de la figura P4.1 y analice si está dentro de la norma.

*Figura P4.3 Medición del periodo de un pulso*

## Medición de la amplitud de un pulso

### Procedimiento

Paso	Acción
1	<p data-bbox="542 364 1356 561">Seleccione las barras horizontales presionando la tecla a la derecha de H BARS. Observe que automáticamente los cursores se posicionan en la medición de la amplitud.</p> <div data-bbox="699 609 1216 955"></div> <p data-bbox="602 986 1298 1021"><i>Figura P4.4 Medición de la amplitud de un pulso</i></p> <p data-bbox="542 1058 1356 1147">En caso de no aparecer los cursores en la posición correcta, hágalo manualmente.</p>
2	<p data-bbox="542 1176 1356 1259">Compare el valor de con la Figura P4.1 y analice si está dentro de la norma.</p>

## Medición de la frecuencia de reloj con un Frecuenciómetro

**Descripción** La medición de la frecuencia de reloj, no se puede realizar en todos los equipos PCM, ya que no todos cuentan con un punto de prueba. A continuación se hará la medición utilizando un equipo BYB.

**Procedimiento** A continuación se describe el procedimiento para medir frecuencia de reloj:

Paso	Acción
1	Conecte el Frecuenciómetro en el punto de monitoreo de reloj de la Unidad de Control de transmisión del múltiplex BYB como lo indica la figura P4.5
2	Anote el valor de la frecuencia de reloj medida:  Frecuencia de reloj = _____



*Para primer orden, la tolerancia de la frecuencia de reloj es de  $\pm 50$  partes por millón (ppm).*

3	¿El equipo está dentro de la especificación? Explique _____
---	--

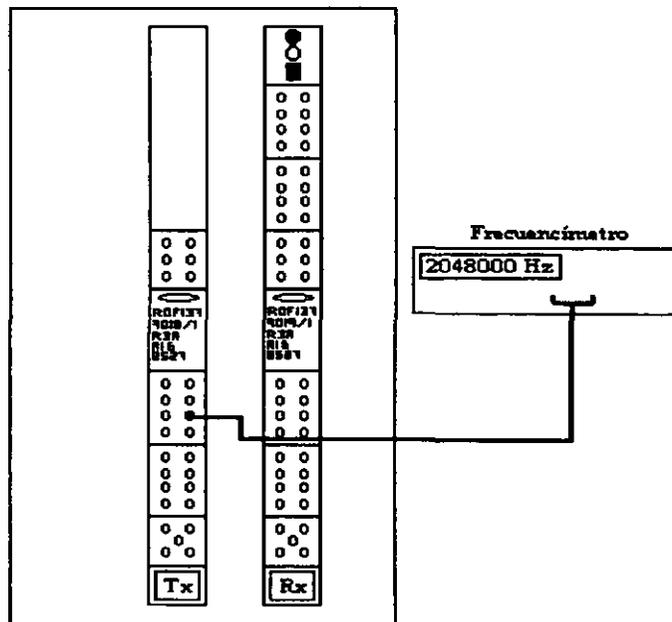


Figura P4.5 Medición de la frecuencia de reloj de un equipo BYB

## Práctica No. 5

### Pruebas de calidad en señales digitales

**Introducción** En ésta práctica se realizarán mediciones para evaluar la calidad de los equipos PCM, sin embargo, como las pruebas reales deben ser de un tiempo aproximado de 1 mes para que realmente sea válida la prueba, se utilizará un equipo generador de señal digital (se usa como ejemplo el PDG-3, pero se puede utilizar el PCM -4 ó el PRA-1) para generar errores y el equipo que se utiliza, por ejemplo para probar la G.821, es el PRA-1 (se puede utilizar el PD-1 ó Interceptor). Si no se cuenta con alguno de estos equipos, se pueden utilizar los que se tengan en la localidad.

**Objetivo** Al término de la práctica el participante evaluará la calidad de los equipos de transmisión PCM de acuerdo a lo que establece la norma G.821 utilizando el equipo PRA -1.

**Material y Equipo**

Cantidad	Descripción
1	PRA – 1 con papel en su impresora
1	PDG – 3
1	BNC a BNC
2	Cables de alimentación.
1	Extensión multicontacto.
1	Extensión de 110 V. C. A.

**Contenido**

Tema	Ver Página
Calidad de la señal.	P5-2
Prueba de la G.821	P5-5
Analizador de trama y señalización, PRA – 1.	P5-6.
Ejercicios prácticos	P5-11.
Errores en equipos PCM	P5-12

### **Calidad de la señal.**

La introducción de técnicas digitales introdujo la posibilidad de ofrecer a través de la red ya existente nuevos servicios, tales como : fax, transmisión de datos entre computadoras, correo electrónico, etc.

La importancia de contar con estos servicios se noto rápidamente en diversas empresas, especialmente bancos, casas de bolsa y compañías aéreas que de esta manera cuentan con un medio rápido de procesar información en tiempo real para así ofrecer un mejor servicio a clientes.

Al tenerse que transmitir otro tipo de señales diferentes ala voz es fundamental tomar en cuenta la importancia que tiene la confiabilidad de la red de comunicaciones.

Cuando se trata de una señal de voz codificada, no importa si entre el lugar que origino la señal de voz y el destino final de la misma hubo algunos pulsos que se transmitieron con error, dado que esto solo resultara en un poco de ruido para la persona que esta escuchando.

Sin embargo, en el caso de que la señal de información no sea a de voz sino de datos, es critico que esos pulsos o bits de información se transmitan correctamente del origen al destino ya que en muchos casos pueden representar valores importantes como pueden ser monetarios, transmitido desde un banco a una de sus sucursales.

Es por ende importante contar con los elementos necesarios para garantizar la calidad necesaria que debe tener la red de comunicaciones que permita la transmisión de la información en forma rápida y confiable.

La norma G-821 establece las condiciones de tasa de error (BER) que deben cumplir los sistemas digitales para garantizar la calidad necesaria en las señales transmitidas.

**Descripción.** La UIT establece que la norma G-821 los criterios que deben aplicarse a los resultados de la medición de la tasa de error en un sistema digital para determinar si tiene la calidad suficiente para operar adecuadamente sin riesgo de una degradación en el servicio ofrecido.

Para la evaluación de la tasa de error, la G-821 establece tres criterios en cuanto a la calidad de errores que genera durante la operación del sistema de comunicaciones.

**Criterios de evaluación.**

- **Segundo con error "ES"**, intervalo de tiempo de un segundo en el que se presenta cuando menos un error.
- **Segundo severamente errado "SES"**, intervalo de tiempo de un segundo que presenta una tasa de error (BER) mayor a  $10^{-3}$ .
- **Minuto degradado "DM"**, intervalo de tiempo de un minuto que representa una tasa de errores mayor a  $10^{-6}$ .

Para establecer si el sistema esta acorde con esta norma, se analiza el numero de veces que cada una de las condiciones anteriores se presenta durante el intervalo de medición, en base a las siguientes condiciones.

- **ES**, menos de 8% de los intervalos de un segundo.
- **SES**, menos de 0.2% de los intervalos de un segundo.
- **MD**, menos del 10% de los intervalos de un minuto.

**Tiempo disponible e indisponible.**

Durante la medición es posible que se presenten condiciones extremas que provoquen una degradación demasiada alta del enlace, sin que necesariamente los componentes del mismo no tengan la calidad suficiente.

A estos intervalos de tiempo se les conoce como periodos de tiempo indisponible y están definidos, por la G-821, como aquellos intervalos que durante 10 segundos consecutivos se presentan con una tasa de error  $>10^{-3}$  durante cada segundo. Un nuevo periodo de tiempo disponible comienza cuando se reciben 10 segundos consecutivos con una tasa de error  $< 10^{-3}$  en cada segundo.

El tiempo indisponible total debe restarse del tiempo total de medición para hacer la evaluación de los ES, SES, DE.

La UIT recomienda que las mediciones de estos tres parámetros se realice durante un periodo de un mes, cualquier falla en el cumplimiento de los objetivos de calidad para uno de los tres objetivos implica que el sistema no esta acorde con la norma.

Para determinar los segundos errados (ES), la UIT establece la cota de tasa de error de  $10^{-3}$ . dado que el intervalo de tiempo es de un segundo y la velocidad de

## Práctica 5

transmisión de 64Kb/s, entonces la tasa de error equivale a:  $10^{-3} * 64000 = 64$  errores en un segundo.

En caso de los minutos degradados (DM), donde se establece la cota de tasa de error de  $10^{-6}$ , el intervalo de tiempo de un minuto y la velocidad de transmisión de 64 Kb/s, la tasa de error equivaldrá a:  $10^{-6} * 64000 * 60 = 3.84$  errores, que redondeando da un total de 4 errores durante un minuto para que se le considere un minuto degradado.

### **Proceso para determinar la calidad del sistema digital.**

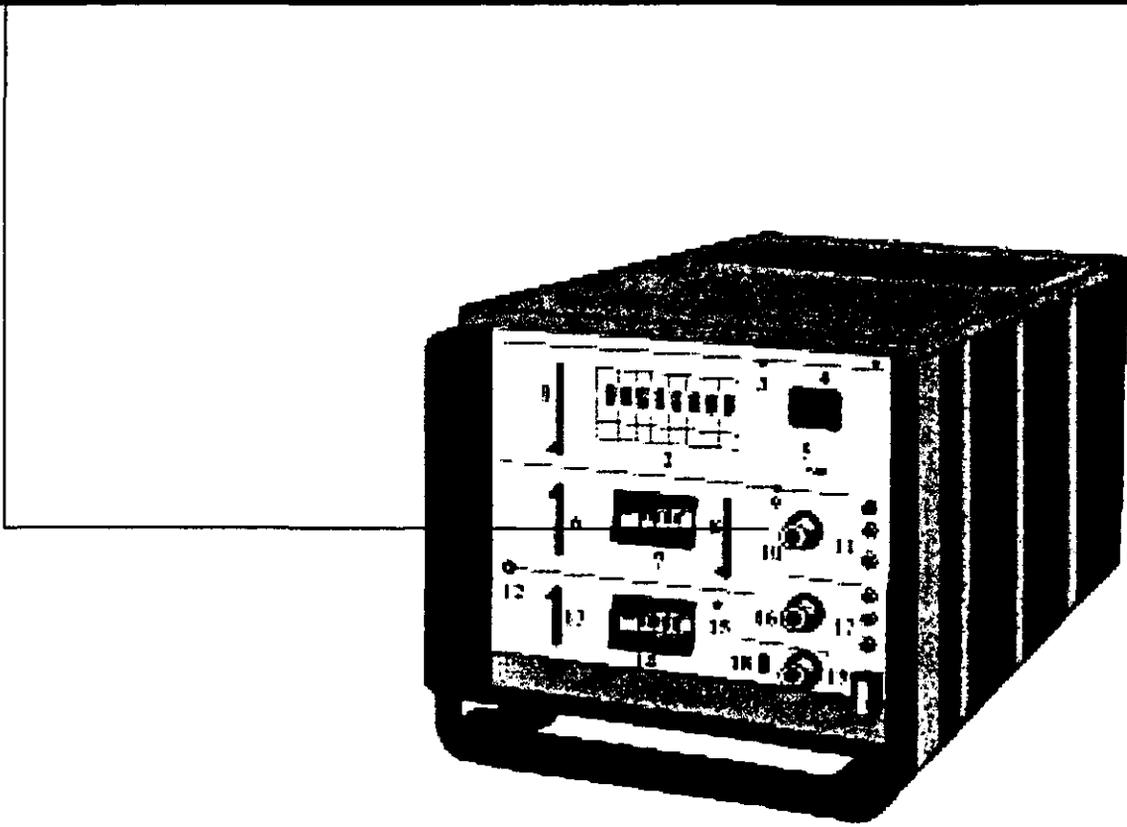
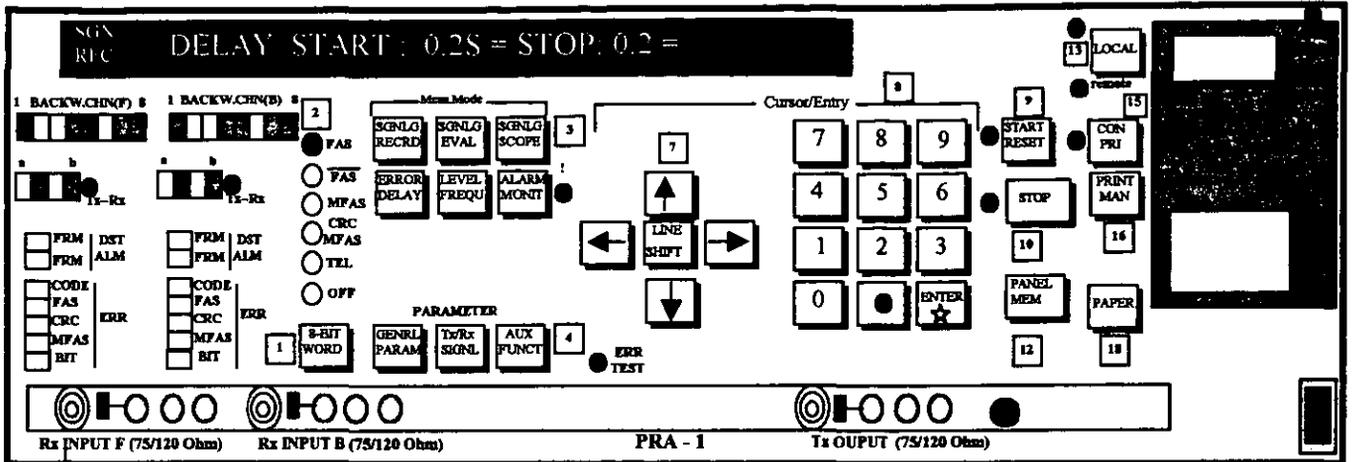
ETAPA	DESCRIPCION
1.	Monitorear el enlace durante el intervalo de tiempo especificado en un intervalo de medición de cuando menos un minuto, respectivamente (se recomienda un periodo total de medición de un mes) $S_{tot}$ .
2.	Contar los intervalos de tiempo disponible, es decir, los segundos en que ocurrieron mas de 64 errores durante 10 segundos consecutivos. Restar estos a $S_{tot}$ . Para obtener: $S_{disp} = S_{tot} - S_{indis}$ y $M_{disp} = S_{disp} / 60$ .
3.	Dentro de $S_{disp}$ , contar el numero de segundos que presentaron error (1 a 64), lo cual da como resultado los segundos con error(ES).
4.	Dentro de $S_{disp}$ , contar el numero de intervalos de 1 segundo que presentaron mas de 64 errores, lo cual da como resultado los segundos severamente errados (SES).
5.	Restar SES de $S_{disp}$ y agrupar los intervalos restantes en grupos de 60, contando el numero de estos grupos que tienen mas de 4 errores, lo cual da como resultado los minutos degradados.



se concluye la prueba determinando si se cumple con los objetivos de calidad expresados anteriormente:

- a)  $DM/M_{disp} < 10\%$
- b)  $SES/S_{dis} < 0.2\%$ .
- c)  $ES/S_{dis} < 8\%$ .

**Conexión** Para realizar la prueba de la G.821 simularemos los errores que genera un equipo de transmisión con el PDG-3 y para hacerlo se debe conectar la recepción RXF del PRA -1 con la salida del PDG -3, como se muestra en la figura P5.1.



**Figura P5.1** Conexión para realizar la prueba de la G.821

**Configuración del PRA-1** El proceso para probar G.821 con palabra de sincronía de trama usando el PRA -1 es el que se muestra a continuación.

Paso	Acción.
1	Inicialice el PRA – 1: 1.1 Prenda el PRA –1. 1.2 Inicialice el equipo presionando la tecla <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">                         RESET                          GENRL                     </div>
2	Apague el receptor RXB: 2.1 Seleccione el menú parámetros presionando la tecla <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">                         PARAM                          GENRL                     </div> 2.2 Seleccione RXB usando las teclas    2.3 Posiciónese en ON usando la tecla   2.4 Seleccione OFF usando las flechas  



Note que se apaga el LED que estaba parpadeando.

Configuración del  
PRA 1, continuación

Paso	Acción
3	<p>Configure la G.821:</p> <p>3.1 Seleccione el menú de errores presionando la tecla.</p> <div data-bbox="782 441 956 540" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; text-align: center;">                     ERROR RETAR                 </div> <p>3.2 Seleccione que la prueba se realizará una vez usando la flecha. </p> <p>3.3 Programe el tiempo de prueba (2 min); para hacerlo: Coloque el cursor en 00 min, escriba 2 y <div data-bbox="1167 700 1321 772" style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">ENTER</div></p> <p>Colóquese en los segundos, escriba 0 y <div data-bbox="1167 803 1321 876" style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">ENTER</div></p> <p>3.4 Colóquese en el contador 1 presionando 4 veces la tecla </p> <p>3.5 Seleccione errores de bit en la palabra de trama presionando 2 veces la tecla  FAST bit error.</p>
4	<p>Configure la impresora:</p> <p>4.1 Presione la tecla <div data-bbox="813 1249 936 1353" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; text-align: center;">CON PRI</div></p> <p>4.2 Encienda la impresora seleccionando ON con la tecla </p> <p>4.3 Seleccione que se va a probar la G.821. usando las flechas  Y </p>



En algunos PRA -1 la tecla 

CON  
PRI

 aparece como 

CONDIT

Configuración	Paso	Acción
del PRA – 1. <i>continuación</i>	5	Inicie la prueba :
		5.1 Regrese al menú Error Retar presionando   5.2 Presione  y espere a que se imprima el encabezado.

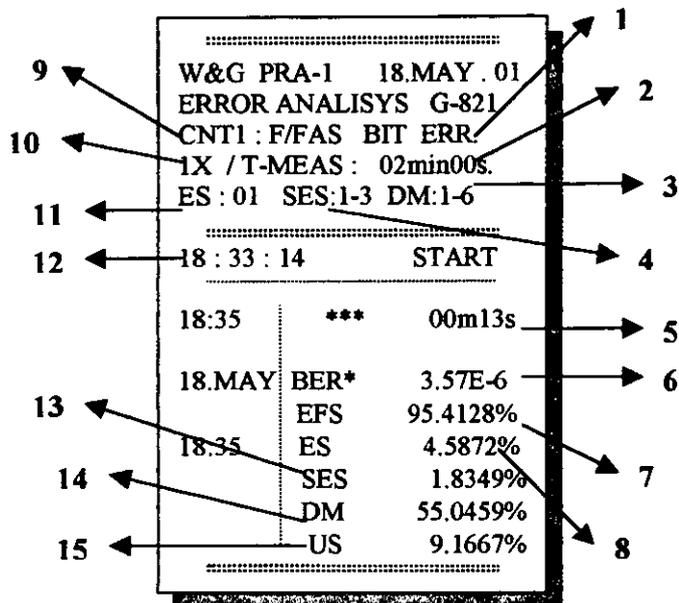
Generación de errores con el PDG-3.	Paso	Acción
	1	Cambie la palabra de sincronía de trama por un instante (cambiando cualquiera de los bits del 2 al 8).
	2	Presione durante unos instantes el botón 12 del PDG – 3
	3	Presione 10 veces el botón 12.
	4	Durante 10 segundos consecutivos varíe la palabra de sincronía de trama.
	5	Seleccione 3 errores en 4 tramas (3 in 4), con el interruptor 13.
	6	Presione el botón 12.



Lo que se está haciendo en este procedimiento es simular los errores que en forma natural genera un multiplexor con el equipo de medición PDG-3, los resultados obtenidos se pueden ver en la siguiente impresión.

**Impresión de resultados**

Recorra el papel pulsando **PAPEL** y córtelo. En el impreso que se obtiene se observan los porcentajes para cada uno de los parámetros con los que se evalúa la G.821.



**Figura P5.2 Impresión de resultados**



En el impreso anterior se observan los errores que se generaran con el PDG-3.

Para llevar a cabo la medición de la G-821 en el equipo BYB conecte el PRA-1 al mux BYB como se muestra en la siguiente figura.

Configure el PRA-1 como lo explican los pasos del 1 al 5 cambiando el tiempo de prueba a 24 Hrs.

Los valores recomendados por la UIT para los ES, SES y DM son los siguientes:

- ES < 8%
- SES < 0.2%
- DM < 10%

**Descripción de  
Los parámetros  
De la Fig. 5.2**

Donde:

<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
1	Errores de bit en la palabra de sincronía de trama.
2	Tiempo de prueba.
3	Minutos degradados.
4	Segundos severamente errados.
5	Tiempo de Alarma.
6	$3.57 \times 10^{-6}$ de tasa de errores.
7	Porcentaje de segundos libres de error.
8	Porcentaje de segundos errados.
9	Contador No. 1 hacia delante.
10	Realización de la prueba una vez.
11	Segundos errados.
12	Tiempo de inicio.
13	Porcentaje de segundos severamente errados.
14	Porcentaje de minutos degradados.
15	Porcentaje de segundos indisponibles.

**Análisis de  
resultados**

De acuerdo a la recomendación G.821 diga si con esta cantidad de errores el equipo está dentro de la norma: \_\_\_\_\_



Recuerde que si cualquiera de los parámetros se encuentra fuera de lo especificado, el equipo de transmisión se considera fuera de la norma.

**Ejercicios prácticos**

---

**Ejercicio 1** Realice la prueba G.821, siguiendo el procedimiento anterior pero ahora generando errores de código (CODE ERR)

Anote sus conclusiones:

---

---

---

---

**Ejercicio 2** Realice la prueba G.821, siguiendo el procedimiento anterior pero ahora generando errores en la palabra de trama (FAS WORD ERR)

Anote sus conclusiones:

---

---

---

---

**Ejercicio 3** Realice la prueba G.821, siguiendo el procedimiento anterior pero ahora generando errores en la palabra de multitrama (MFAS WORD ERR)

Anote sus conclusiones:

---

---

---

---

**Conexión** Como se comentó en la introducción, en ésta práctica se simularon errores con el PDG -3, pero cuando se haga la prueba en un equipo sin tráfico, se debe realizar la siguiente conexión:

<b>En caso de utilizar el PCM...</b>	<b>Conecte como se muestra en la figura...</b>
BYB	P6.3

<b>Si se desea monitorear...</b>	<b>Conectarse en un punto de prueba en paralelo de ...</b>
El equipo PCM	La salida de la señal de 2 Mb/s
La línea	La recepción de la señal de 2 Mb/s

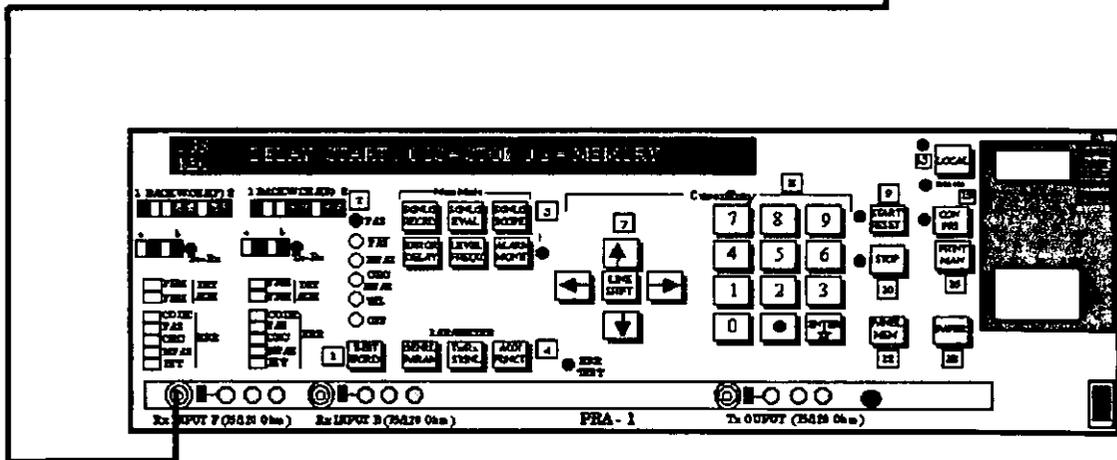
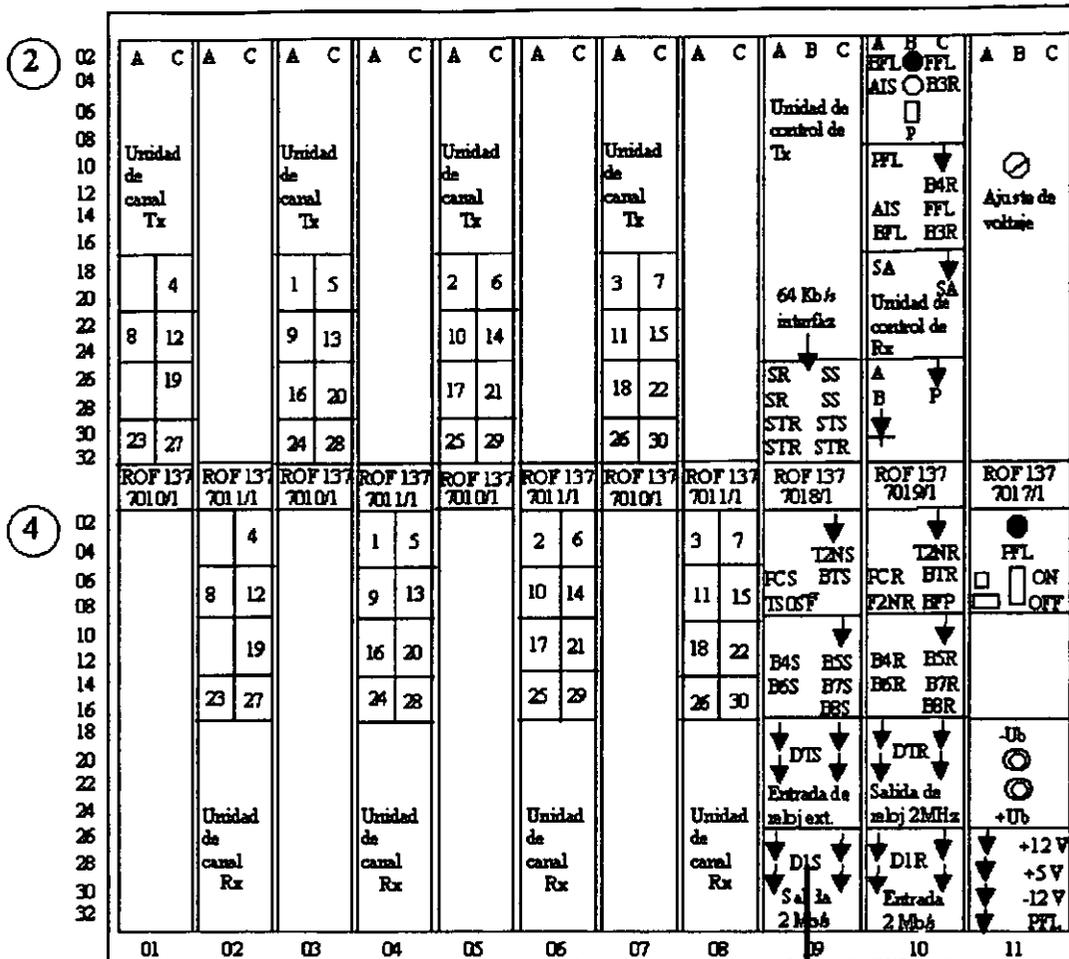


Figura P5.3 Conexión para prueba de la G.821 en equipo BYB

## Práctica N o. 6

### Jitter

**Introducción** En ésta práctica se realizarán dos de las más importantes mediciones que se deben realizar cuando se va a medir Jitter:

- Jitter propio
- Tolerancia al Jitter

Estas mediciones se realizarán utilizando como ejemplo el equipo PCM BYB o con cualquier equipo PCM que se tenga disponible.

**Objetivo** Al término de la práctica, el participante realizará dos de las mediciones de Jitter que recomienda la UIT en la norma G.823 de los sistemas de transmisión digital.

**Material y  
Equipo**

Cantidad	Descripción
1	Generador de Jitter PJG – 4.
1	Medidor de Jitter PJM – 4.
1	Generador de señales digitales PDG – 3.
1	Cuerda BNC – BNC.
3	Cables de alimentación.
2	Cuerdas BNC a RNV.
1	Extensión de 110 V C.A.
1	Extensión multicontactos.

**Contenido**

Tema	Ver Página
Teoría del Jitter.	P6 - 2
Jitter Propio	P6 – 7
Tolerancia al Jitter	P6 – 12

A continuación se hará una breve descripción de la teoría del jitter.

Las técnicas de transmisión digital se utilizan ampliamente para la transmisión 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, o radio enlaces) y de otros factores como la localización geográfica y las condiciones meteorológicas.

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 sistema analógicos; ruido e interferencias.

Aquí su influencia nociva se hace sentir sobre la recuperación del 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.

**Definición del Jitter y sus características.**

Pequeñas variaciones de la posición ideal en el tiempo de una señal digital.

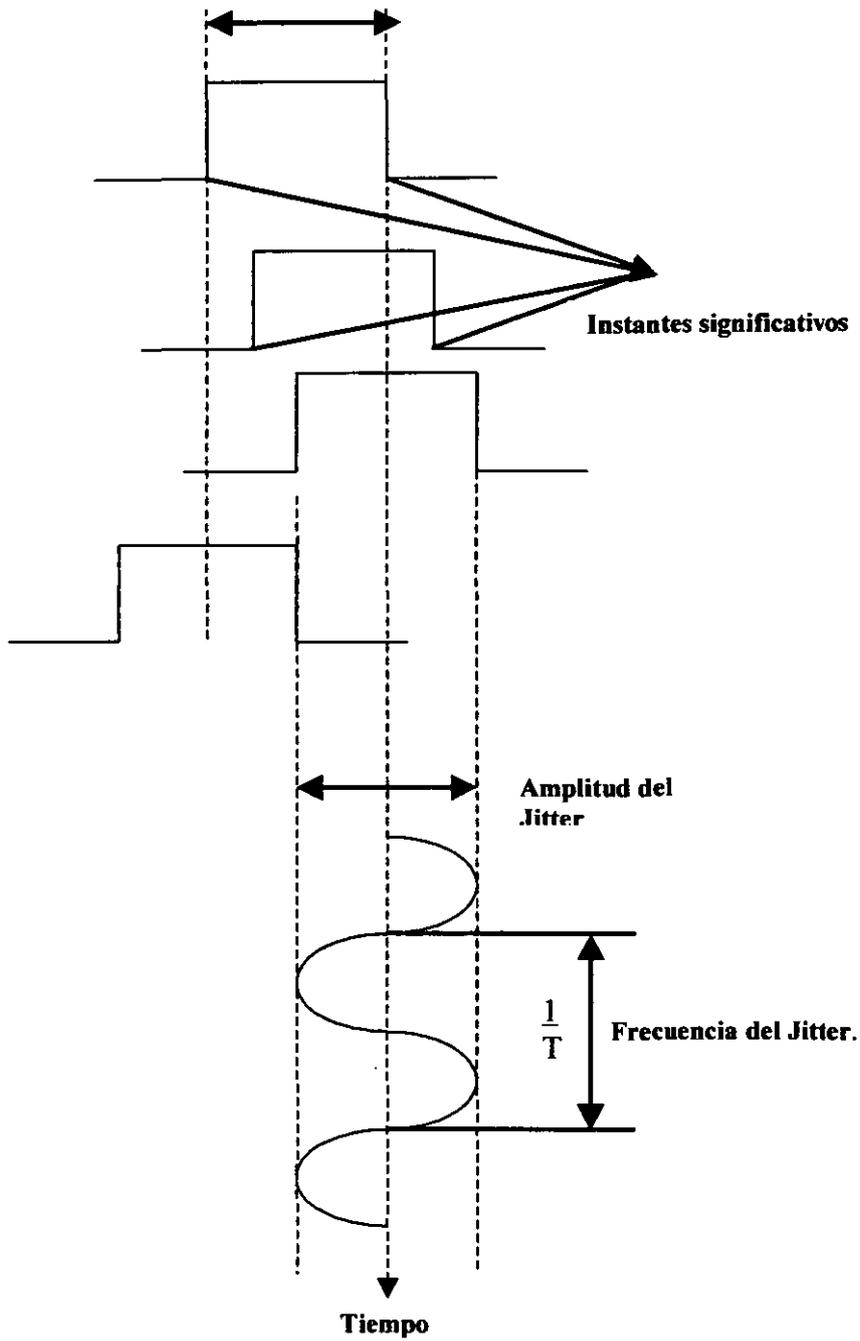


Fig. 6.1 amplitud y frecuencia del Jitter.

En la parte superior de la figura anterior, se muestra una señal digital en su posición ideal en el tiempo. En las tres 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 la figura anterior podemos obtener los dos parámetros con los cuales se especifica el Jitter.

**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.

Existen varios tipos de Jitter los cuales son:

**Jitter sistemático**, es también llamado Jitter dependiente de la secuencia de bits o Jitter condicionado por el sistema. Tiene gran influencia sobre la calidad de transmisión, pues constituye la porción principal del Jitter de un sistema. Es causado por desajustes de los circuitos de recuperación del reloj o por ecualizaciones incorrectas en los cables, produciendo interferencia intersimbólica y conversión AM-PM en los regeneradores.

El Jitter sistemático es correlativo, habiendo una acumulación de la fluctuación de fase de regenerador en regenerador, la cual, en ciertos casos, causa una amplificación del Jitter a lo largo del camino de transmisión.

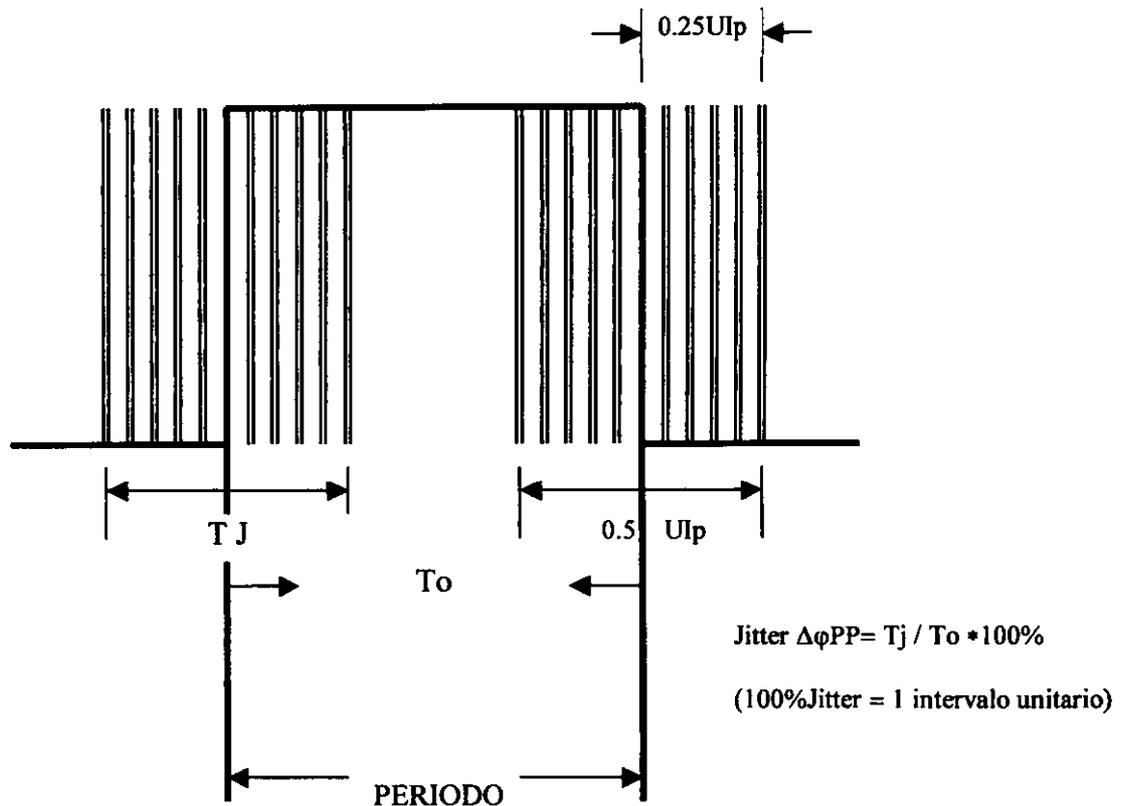
**Jitter no sistemático o aleatorio**, es causado por señales interferentes internos o externos, tales como ruido en repetidores, diafonía y reflexiones. Este tipo de Jitter no es correlativo, no se acumulan a lo largo del camino de transmisión y es independiente de la configuración de la secuencia de bits.

**Jitter de tiempo de espera**, es producido por el proceso de justificación cuando se multiplexan señales digitales plesiocronas (por ejemplo, los varios tributarios en la jerarquía PCM). El multiplexor inserta algunos bits de relleno (stuffing bits) para compensar las diferencias absolutas entre los relojes de los varios tributarios. Como la

secuencia de justificación es irregular, aparecen variaciones de fase a frecuencias muy bajas, dando origen al Jitter de tiempo de espera.

### **Unidad de medición del Jitter.**

La unidad de medición del Jitter es el UI = "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.



**Figura 6.2 Intervalo Unitario.**

- **Ventajas.** Hace que la dimensión de la fluctuación de fase sea independiente de la forma de la señal (NRZ o RZ).
- Es independiente de la frecuencia de transmisión, pues se refiere al periodo de reloj. Así se pueden comparar directamente las amplitudes del Jitter medidas en varios niveles de la jerarquía de los sistemas digitales.



La teoría de Jitter se muestra en esta parte de la práctica por hacer referencia a los sistemas de alto orden que aunque en este trabajo de tesis no se aplica, es necesario hacer las pruebas pertinentes sobre la calidad del sistema ya que la información transmitida debe salir con las normas que dicta la UIT

**Generalidades** Esta prueba indica si la calidad de la señal recibida es suficientemente buena para ser manejada por los circuitos estándar de recuperación de reloj de interfaces del sistema. El Jitter admisible varía en función de la frecuencia; por lo tanto, no basta indicar la dispersión absoluta de la fase en relación a la fase ideal, es necesario evaluar con qué frecuencia está variando la fase.

Esta prueba la puede realizar únicamente con un medidor real de Jitter, dotado de circuitos que permitan recuperar la señal de reloj con todos los Jitter de la señal recibida y compararla con la señal de reloj de referencia en fase con la señal recibida y de igual frecuencia, pero libre de Jitter.

Esta señal de reloj de referencia es igualmente recuperada por el mismo medidor, un medidor de Jitter, posee filtros que permiten evaluar la amplitud del Jitter presente en las diferentes bandas de frecuencia especificadas por la UIT en la norma G-823.

**Medición del Jitter propio** La intención de esta medición es buscar el valor del Jitter que por naturaleza posee algún dispositivo. Es importante que el Jitter obtenido sea lo suficientemente bajo para asegurar que al sumarse con el Jitter sistemático no se presenten errores en la transmisión.

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

Los valores se recomiendan para ciertos rangos de frecuencia. La medición se debe hacer seleccionando los filtros adecuados en el medidor de Jitter.



<b>TECLA</b>	<b>FUNCION</b>
<b>1</b>	Tecla para poner un candado al panel frontal
<b>2</b>	Teclado para entrada de datos
<b>3</b>	Tecla para modo local y remoto
<b>4</b>	Grupo de teclas para entrada de reloj y filtro
<b>5</b>	Teclas para guardar resultados de memoria
<b>6</b>	Teclas para inicio, fin de prueba e impresión de resultados
<b>7</b>	Potenciómetro para calibrar el PJM-4
<b>8</b>	Entrada de la señal a 75 ohms
<b>9</b>	Salida de una señal demodulada
<b>10</b>	Botón de encendido y apagado del PJM-4

**Procedimiento** A continuación se describe el procedimiento para configurar el PJM-4.

<b>Paso</b>	<b>Acción</b>								
<b>1</b>	<p>Verifique que se encuentren encendidos los Leds correspondientes a los botones que se indican en la siguiente tabla:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th><b>Botón</b></th> <th><b>Led</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">EDGE</td> <td>Trail</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">EQU</td> <td>Flat</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SIGNL</td> <td>Data</td> </tr> </tbody> </table> <p>En caso de que alguno no éste encendido, presione el botón correspondiente.</p>	<b>Botón</b>	<b>Led</b>	EDGE	Trail	EQU	Flat	SIGNL	Data
<b>Botón</b>	<b>Led</b>								
EDGE	Trail								
EQU	Flat								
SIGNL	Data								

2	<p>Seleccione Código HDB<sub>3</sub>:</p> <p style="text-align: center;">BITRATE CODE</p> <p>2.1 Seleccione el menú presionando el botón correspondiente en el display del PJM-4.</p> <p>2.2 Seleccione CODE presionado el botón correspondiente.</p> <p>2.3 Seleccione HB<sub>3</sub>, presionado el botón correspondiente.</p>
3	<p>Seleccione una velocidad de 2048 Kb/s:</p> <p style="text-align: center;">BITRATE CODE</p> <p>3.1 Seleccione el menú BITRATE.</p> <p>3.2 Seleccione 2048 Kb/s.</p>
4	<p>Seleccione los filtros que recomienda el CCITT (LP + HP1):</p> <p style="text-align: center;">HIGHPASS/Hz LOWPASS/Hz</p> <p>4.1 Seleccione el menú HIGHPASS/Hz.</p> <p>4.2 Seleccione LP + HP1.</p>

<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
5	Seleccione que amplitud del Jitter sea pico a pico (PP):  JITTER/UI 5.1 Seleccione el menú AVERAGE  5.2 Seleccione PP.
6	Seleccione que la medición sea promedio  JITTER/UI 6.1 Seleccione el menú AVERAGE  6.2 Encienda Average seleccionando ON.
7	Espere aproximadamente 10 segundos para obtener la medición.



El Jitter propio se observa en el display del PJM – 4 y debe ser muy bajo, mucho menor a 0.25 UI' s pp.

**Generalidades** La prueba de tolerancia al Jitter es básicamente una medida de la calidad y de las características de los circuitos de recuperación de reloj de una interfaz de entrada digital. Es una medición que se hace tanto para aceptación de equipos instalados, como en mantenimiento correctivo y consiste en aplicar una señal digital la cual se modula con una fluctuación de fase (Jitter) y verificar hasta qué punto la interfaz soporta esa fluctuación.

*La señal digital puede ser:*

- Una secuencia pseudo aleatoria generada por el transmisor del conjunto de medición de tasa de error o por el propio generador de Jitter

*o bien*

- Una señal con estructura de trama (si la interfaz no acepta una señal sin estructura de trama), que puede venir de un generador de prueba (por ejemplo, de un analizador de tramas como el PDG-3 o del propio sistema.

En el caso de usarse la señal del sistema, además del generador de Jitter hay que usar también un medidor de Jitter para conocer el Jitter total, ya que no se puede garantizar que la señal del sistema no contenga Jitter propio.

**Medición de tolerancia al Jitter** La medición se hace fijando una frecuencia baja de Jitter inicialmente, y se aumenta la cantidad de Jitter, a esa frecuencia, hasta que la interfaz empiece a generar errores ( se mide con un medidor de tasa de errores, sí es posible, u observando las alarmas del sistema); luego, se aumenta la frecuencia del Jitter y se repite el proceso anterior en las frecuencias críticas de Jitter especificadas por el CCITT en la Norma G.823. De los valores obtenidos se traza una curva indicando la tolerancia al Jitter en función de la frecuencia.

**Conexiones** A continuación se muestra cómo conectar el equipo para medir la tolerancia al Jitter, para lo cual se debe conectar la salida del PDG-3 en la recepción del generador de Jitter y la salida del generador de Jitter en el equipo PCM:

Conecte el PJG-4 como se muestra en la figura 6.2



En caso de no contar con el PDG-3, conecte la salida de la señal de 2 Mb/s (Tx) a la entrada del PJG-4 (Conector No.2).

Conexiones

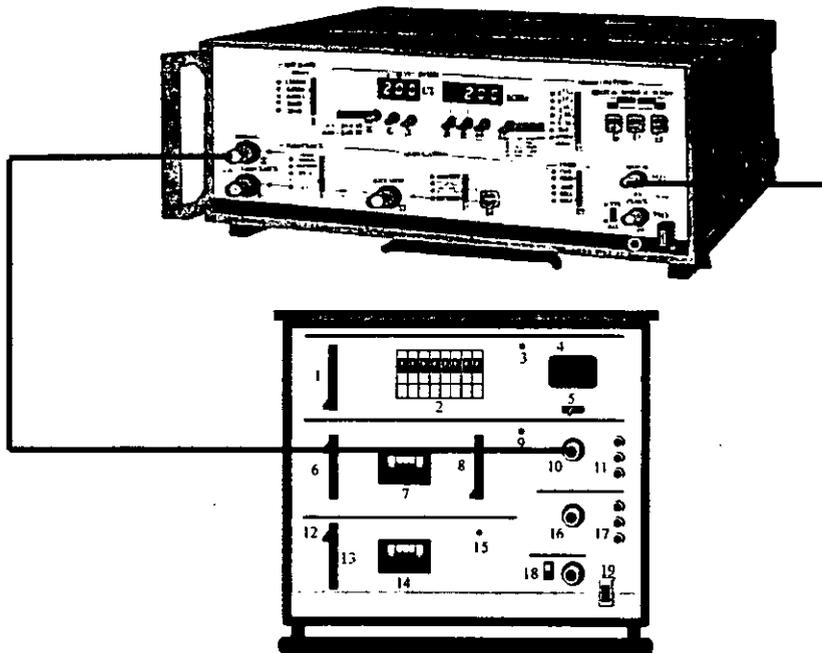
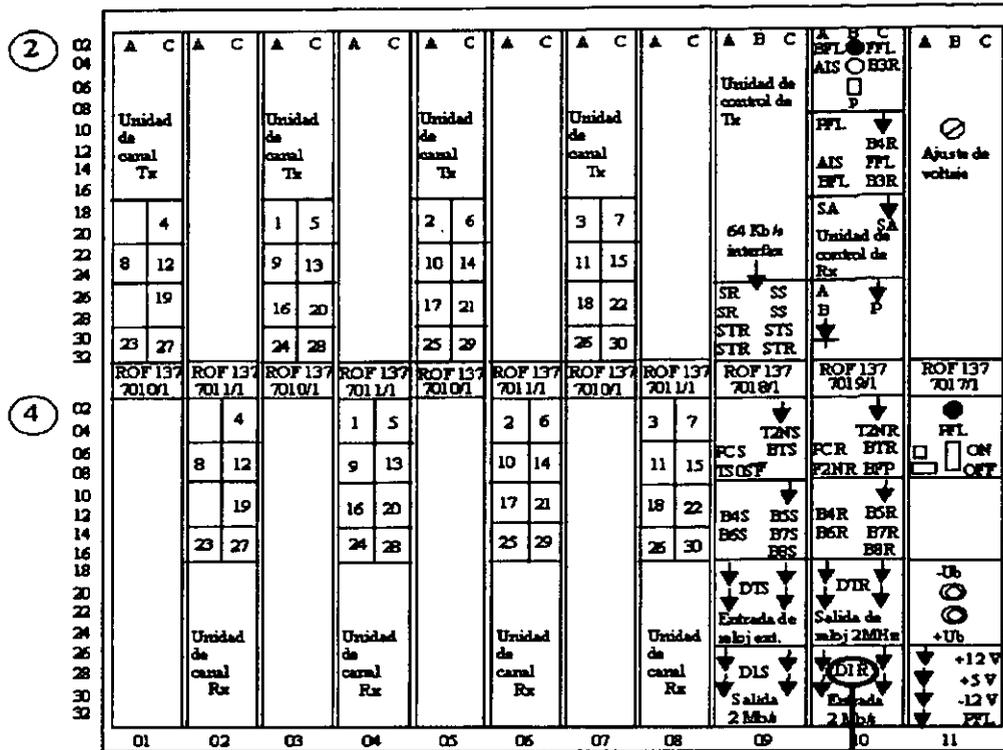


Figura P6.4 Conexiones para medir tolerancia al Jitter usando un BYB.

## Tolerancia al Jitter

**Proceso de medición.** A continuación se describe el proceso para medir la tolerancia a la Jitter:

Etapa	Descripción
1	Medir el Jitter que tolera el equipo PCM en frecuencias de 20 Hz, 2.4 Khz. y 18 Khz. y 100 Khz.
2	Graficar los datos y compararlos con la máscara del CCITT para determinar si está fuera de la norma o no.

**Tolerancia al Jitter en 20 Hz.** A continuación se describe el procedimiento para medir la tolerancia al Jitter en frecuencia de 20 Hz :

Paso	Acción														
1	Configurar el PJG – 4. <table border="1"><thead><tr><th>Interruptor</th><th>Valor</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>2048Kb/s</td></tr><tr><td>19</td><td>HDB-3</td></tr><tr><td>20</td><td>≤50 NbB/s</td></tr><tr><td>4</td><td>From Signal</td></tr><tr><td>15</td><td>Extern Signal</td></tr><tr><td>13</td><td>Señal Senoidal</td></tr></tbody></table>	Interruptor	Valor	1	2048Kb/s	19	HDB-3	20	≤50 NbB/s	4	From Signal	15	Extern Signal	13	Señal Senoidal
Interruptor	Valor														
1	2048Kb/s														
19	HDB-3														
20	≤50 NbB/s														
4	From Signal														
15	Extern Signal														
13	Señal Senoidal														
2	Seleccione una amplitud de 1.5 UI en el PJG-4: 2.1 Seleccione el rango de 0.1... 20 UI usando el interruptor 5. 2.2 Seleccione una amplitud de 1.5 UI's usando los interruptores 6 y 7.														

Paso	Acción
3	Seleccione una frecuencia de 20 Hz: 3.1 Seleccione el rango de 0.001 ... 0.5 Khz. Usando el interruptor 11. 3.2 Seleccione el rango de 20 Hz usando los interruptores 8, 9 y 10.
4	Aumente la amplitud del Jitter con el interruptor 6, hasta que el equipo PCM alarme.
5	Anote este dato para su posterior graficación.



Si el sistema no alarma es debido a que para frecuencias bajas los sistemas PCM soportan mucho Jitter. De cualquier forma anote el dato.

### **Tolerancia al Jitter en 2.4 Khz**

Repita el procedimiento "Tolerancia al Jitter en 2.4 Khz.", Pero ahora tomando en cuenta lo siguiente:

- Utilizar el rango 0.01...5.0 Khz. para fijar la frecuencia de 2.4 Khz.
- Iniciar con un Jitter de 1.5 UI y aumentar su amplitud usando el interruptor 7.

### **Tolerancia al Jitter en 18 Khz**

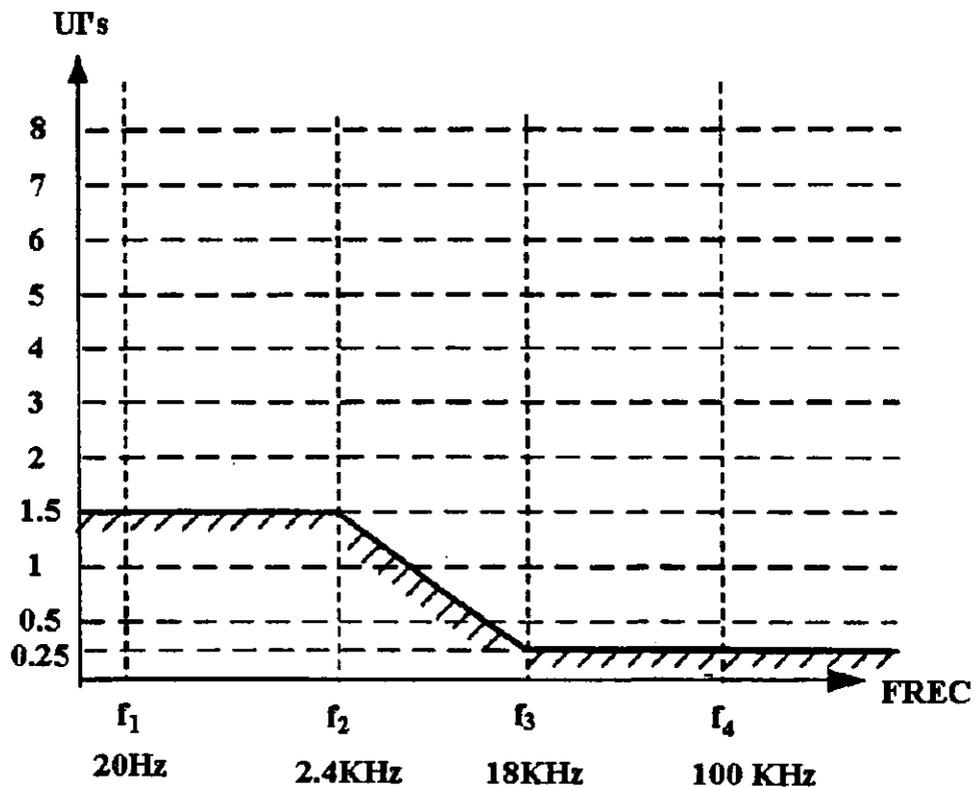
Repita el procedimiento "Tolerancia al Jitter en 18 Khz.", pero ahora tomando en cuenta lo siguiente:

- Utilizar el rango 0.1 ...50.0 Khz. para fijar la frecuencia de 18 Khz.
- Utilizar el rango de 0.00 ...2.4 UI e iniciar con un Jitter de 0.25 UI.

**Tolerancia al Jitter en 100 Khz.** Repita el procedimiento "Tolerancia al Jitter en 100 Khz.", pero ahora tomando en cuenta lo siguiente:

- Utilizar el rango 1...500 Khz. para fijar la frecuencia de 100 Khz..
- Utilizar el rango de 0.00 ...2.4 UI e iniciar con un Jitter de 0.25 UI.

**Gráfica de resultados** Los valores obtenidos en UI's de las diferentes frecuencias llévelos a la siguiente gráfica:



*Figura 6.5 Máscara de tolerancia al Jitter*



Todos los puntos deben caer fuera de la máscara de la UIT.

# **ANEXO.**

## **APARATOS DE MEDICION.**

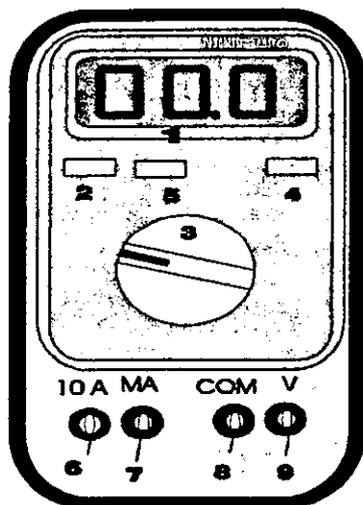
---

## ANEXO

### **Introducción.**

Dado que los aparatos relacionados con esta tesis, están provistos de un manual muy extenso surge la necesidad de dar una breve descripción sobre los mismos, se hace referencia sobre lo que hace el equipo se enumeran sus teclas y se muestra una tabla, el propósito es que el contenido incluido en esta sección pueda ser utilizada para complementar la información adquirida a lo largo de este trabajo de tesis.

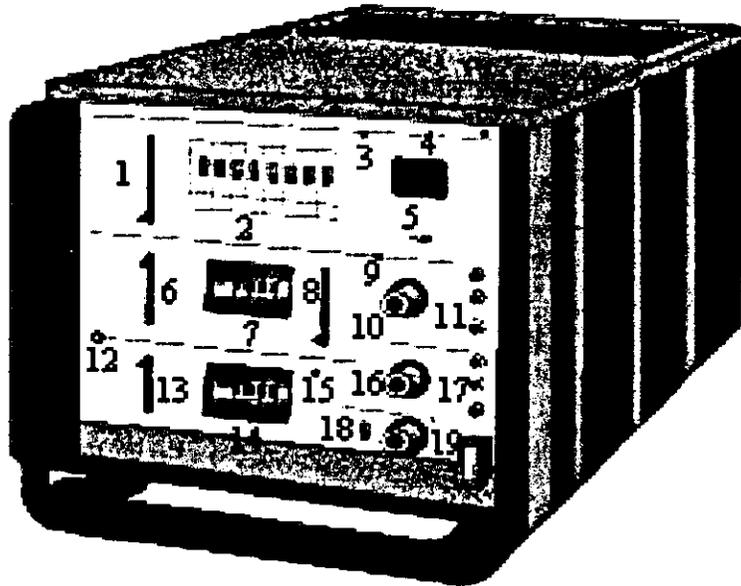
### Multimetro.



El multímetro Fluke que se utiliza en este trabajo de tesis, es un modelo 87 RMS. Con funciones de medición de voltaje, corriente y resistencia, solo se mencionaran sus teclas principales ya que solo lo utilizaremos como voltímetro para mediciones de corriente directa y corriente alterna.

TECLA.	Descripción.
1.	Display.
2.	Selector de voltaje CA.
3.	Dial.
4.	Medidor Ohms.
5.	Selector de voltaje CD.
6.	Entrada para modo Amperes.
7.	Entrada para modo CA.
8.	Entrada tierra común.
9.	Entrada para modo CD.

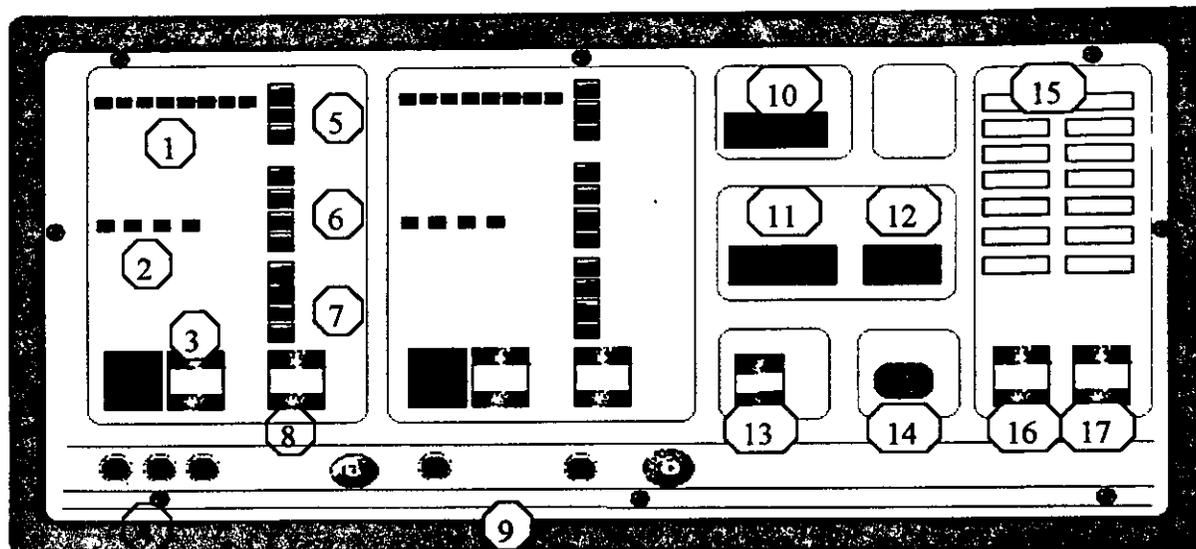
### Generador de señal digital PDG-3.



EL PDG-3 es un generador de señal digital que genera una señal con secuencias de caracteres que pueden ser aplicados a un canal telefónico seleccionado. Esto no es útil cuando queremos determinar si nuestro PCM esta realizando correctamente la etapa de demultiplexacion. Este equipo genera una señal de 2 Mb/s y se pueden cambiar las palabras de sincronía de trama, la palabra de sincronía de multitrama y generar bits de alarma. También con el se pueden inyectar a nivel analógico desde la trama de 2Mb/s a cualquiera de los 30 canales un nivel, que va desde  $-69.9$  Hasta  $+9.9$  dBmo con rango de frecuencias desde 10 hz. hasta 3990 Hz.

TECLA	DESCRIPCIÓN
1.	Interruptor para seleccionar la palabra de 8 bits deseada. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Palabra de sincronía de trama.</li> <li>• Palabra de alarmas.</li> <li>• Canal libre.</li> <li>• Intervalo de tiempo 16 de la trama 0.</li> <li>• Intervalo de tiempo 16 de la trama 1 a la 15.</li> </ul>
2.	Interruptor de la palabra de 8 bits.
3.	LED indicador de canal telefónico.
4.	Display del canal seleccionado.
5.	Selector de canal.
6.	Selección de señal.
7.	Interruptores para seleccionar la frecuencia.
8.	Selección de código.
9.	LED de código.
10.	Salida de señal digital a 75 $\Omega$ .
11.	Salida de señal digital a 120 $\Omega$ .
12.	Botón para enviar errores..
13.	Selector de tasa de errores.
14.	Interruptores para seleccionar nivel.
15.	LED indicador de fuera de rango.
16.	Salida de señal de reloj a 75 $\Omega$ .
17.	Salida de señal de reloj a 120 $\Omega$ .
18.	Salida para una señal de disparo.
19.	Botón para encendido y apagado del aparato.

### ELMI monitor de señales.



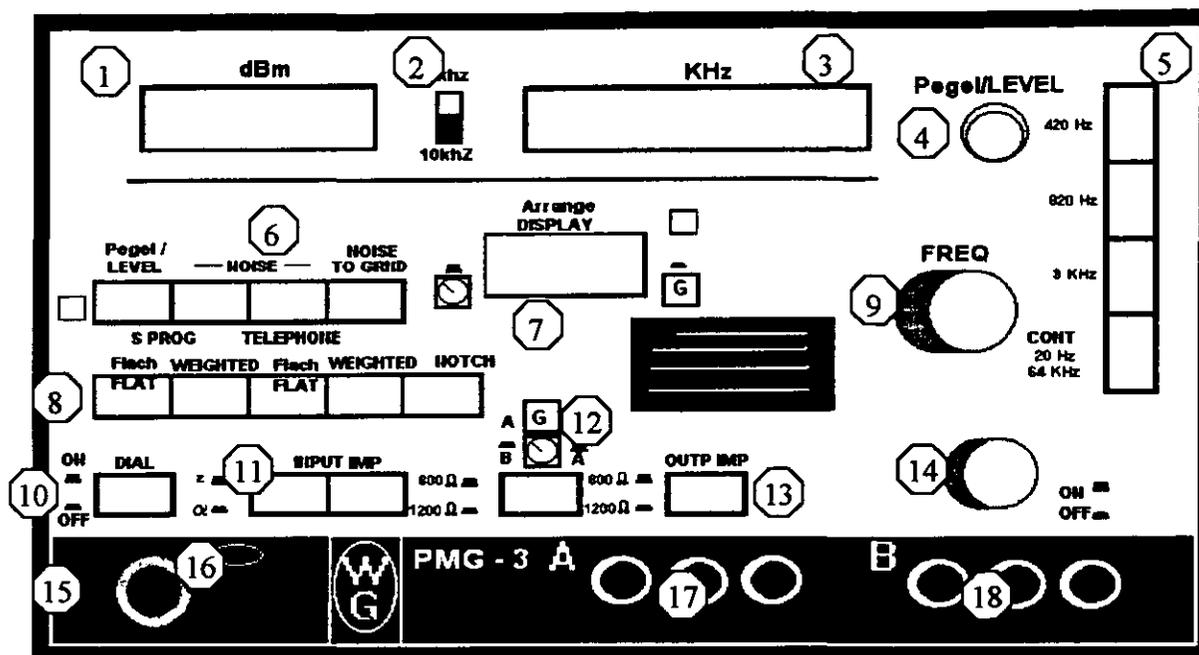
El ELMI EPM-11 es un monitor de señal PCM de 2Mb/s que tiene dos canales para monitoreo de hasta dos señales PCM, con entradas cada uno de 75  $\Omega$  o 120  $\Omega$ .

Cuando no se quiere sobrecargar el enlace que se va a medir, se debe mover el interruptor que tiene atrás, hacia alta impedancia (High Z). Se pueden seleccionar los intervalos de tiempo que están midiendo, se monitorea la señalización en los bits abc y d de cada uno de los canales.

Las alarmas para cada canal se pueden dejar en "amarrado" (lock) para ver si ocurrió un estado de alarma por rápida que esta haya sido, quedara memorizado hasta que se resetee el botón "lock". A la derecha tiene una sección en donde esta un altavoz y su control de volumen para escuchar uno o ambos canales. También se tiene un display de las partes por millón (ppm), que para 2048 Kb/s tenemos una tolerancia de  $\pm 50$ , y otro display para ver él es el escalón

TECLA.	DESCRIPCION.
1.	Palabra digital.
2.	Señalización R2.
3.	Display para selección de canal.
4.	Canal 1, 120 y 75 $\Omega$ .
5.	Panel de control para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alarma de no-señal.</li> <li>• Alarma de no-sincronía de trama.</li> <li>• Alarma de no-sincronía de multitrama.</li> </ul>
6.	Panel de control para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alarma de AIS a 2048 kb/s.</li> <li>• Alarma de bit 3.</li> <li>• Alarma de bit 6.</li> <li>• Alarma de AIS a de 64 kb/s.</li> </ul>
7.	Panel de control para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad de error <math>\geq 1 \cdot 10^{-3}</math>.</li> <li>• Densidad de error <math>\geq 1 \cdot 10^{-4}</math>.</li> <li>• Densidad de error <math>\geq 1 \cdot 10^{-5}</math>.</li> </ul>
8.	Candado.
9.	Canal 2, 120 y 75 $\Omega$ .
10.	Display para las partes por millón.
11.	Display para la amplitud de la muestra PAM.
12.	Display para el nivel de la muestra PAM.
13.	Selección del canal izquierdo o derecho.
14.	Botón de encendido y apagado.
15.	Altavoz.
16.	Selector para escuchar a uno o dos abonados.
17.	Control de volumen para el altavoz.

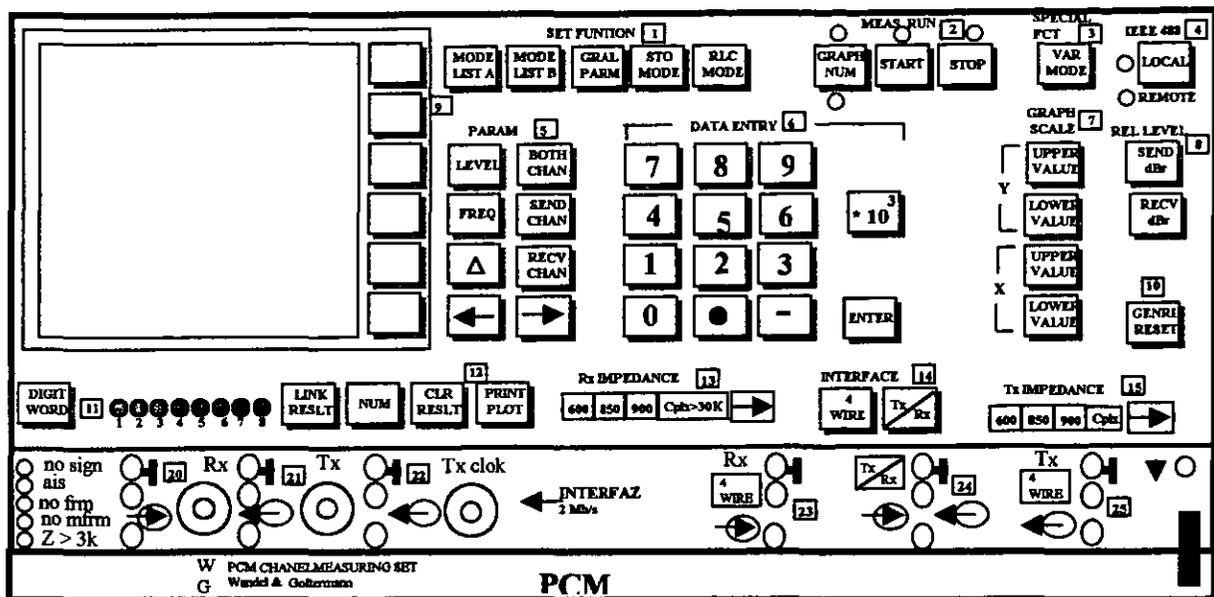
### Generador y Medidor de nivel, PMG-3.



El PMG-3 es un equipo de que sirve para realizar mediciones de nivel, ruido y frecuencia en un rango de 20Hz a 64 KHz. Básicamente el instrumento integra un generador y medidor de nivel. Tiene dos pantallas (displays) de cristal liquido y una bocina en donde podemos monitorear lo que se transmite o lo que se recibe.

<b>TECLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1.	Display.
2.	Selector de frecuencias en 1 Hz y 10 Hz.
3.	Display de frecuencias.
4.	Perilla de nivel.
5.	Selector de frecuencias.
6.	Selector de nivel Pegel Nivel.
7.	Modo de cambio de medidor a generador.
8.	Selección de filtro para Flach Flat.
9.	Perilla de selección de frecuencia.
10.	Activación del dial.
11.	Selector de impedancia de entrada $z$ , 75, 600 y 1200.
12.	Selector de canal A o B.
13.	Selector de impedancia de salida.
14.	Encendido (perilla hacia afuera)
15.	Tornillo de ajuste.
16.	Entrada para prueba de canal.
17.	Canal A.
18.	Canal B.

## PCM-4.

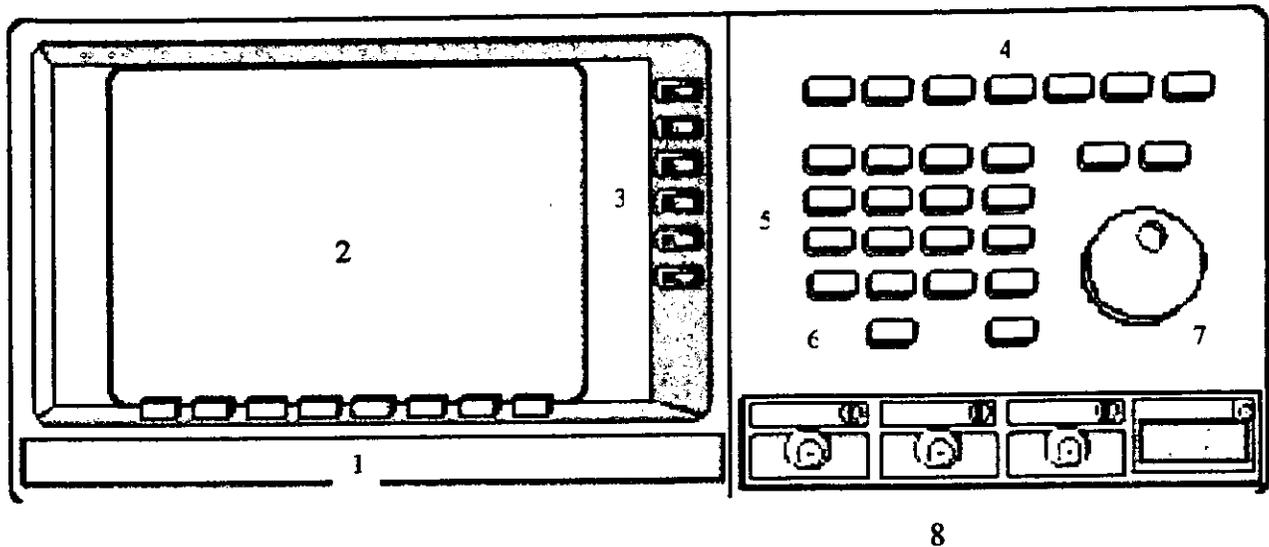


El PCM-4 es un poderoso instrumento cuya función es servir como herramienta para efectuar todas las mediciones necesarias en multiplexores digitales, siendo uno de los equipos más completos pruebas tanto a nivel digital como a nivel analógico. El PCM-4 se configura con los parámetros generales y mascarar de la UIT y solo y solo hay que programar los parámetros particulares que se indiquen. Por lo cual dichas mascarar, nos indican si los resultados de las mediciones están dentro de los parámetros de la UIT.

Cabe destacar que este instrumento se auto calibra al encenderse. También debemos considerar que en estas pruebas estamos verificando el camino de ida y el camino de regreso por todo el multiplexor, por lo que se deben hacer las mediciones en los diferentes modos. Analógico-Analógico, Analógico-Digital, Digital-Analógico y Digital-Digital.

TECLA	DESCRIPCIÓN
1.	Panel de función.
2.	Panel de medición.
3.	Funciones especiales.
4.	Modo local y remoto.
5.	Modo de parámetros.
6.	Datos de entrada.
7.	Modo para escalas graficas.
8.	Modo para niveles relativos.
9.	Modo en pantalla.
10.	Reset general.
11.	Palabra digital.
12.	Manejo de resultados.
13.	Escalas de impedancia en Rx.
14.	Interfase de 2 y 4 hilos.
15.	Escalas de impedancia en Tx.
20.	Interfaz de 2 Mb/s 120 y 75 $\Omega$ en Rx.
21.	Interfaz de 2 Mb/s 120 y 75 $\Omega$ en Tx.
22.	Interfaz para salida de reloj.
23.	Interfaz de Rx a 4 hilos.
24.	Interfaz de Tx/Rx a 2 hilos.
25.	Interfaz de Tx a 4 hilos.
26.	On-Off.

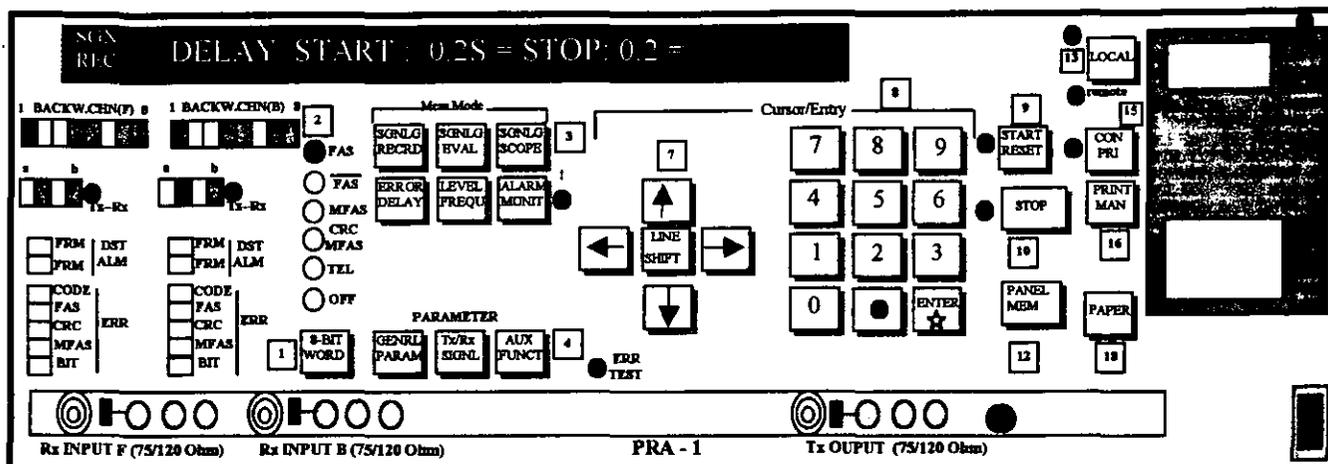
## Osciloscopio



El osciloscopio es un aparato de medición que permite monitorear los parámetros de una señal eléctrica digital y/o analógica, parámetros que permiten identificar las características de una señal, como por ejemplo la(s) señal(es) en un equipo PCM. (La referencia a su configuración se hace en la practica No.cuatro)

TECLA	DESCRIPCIÓN
1.	Selector de funciones.
2.	Pantalla.
3.	Parámetros generales.
4.	Controles del sistema.
5.	Panel de entrada de datos.
6.	Clear.
7.	Dial.
8.	Entrada.

## Analizador de trama y señalización, PRA-1.



El PRA-1 es un instrumento para analizar señales de 2048 Kb/s con la trama tipo PCM. Puede demultiplexar y hacer mediciones en cualquier intervalo de tiempo. Opcionalmente se tiene disponible un generador de 2048 Kb/s y un probador de errores el cual cuenta con una impresora integrada.

El PRA-1 Tiene cuatro modos principales de operación los cuales se describen a continuación:

**Monitor.** En este modo el instrumento expone el patrón de BIT en cualquier intervalo de tiempo, incluyendo patrones de bit de trama y de señalización. La pérdida de trama o errores de código excesivo ocasionan el registro de una alarma. Además el instrumento puede realizar mediciones de nivel jerárquico de 2048 Kb/s.

**Registro de señalización.** Este modo registra la información en el intervalo de tiempo 16 en los sistemas PCM de 30 canales. Simultáneamente se registra señalización en varias direcciones, hacia delante o hacia atrás. Se pueden

analizar estos datos para coordinar las relaciones entre los pulsos. El instrumento es capaz de localizar relaciones fuera de tiempo tolerado. Además se dispone de una copia impresa de los resultados, como un diagrama de pulsos o una tabla de estados.

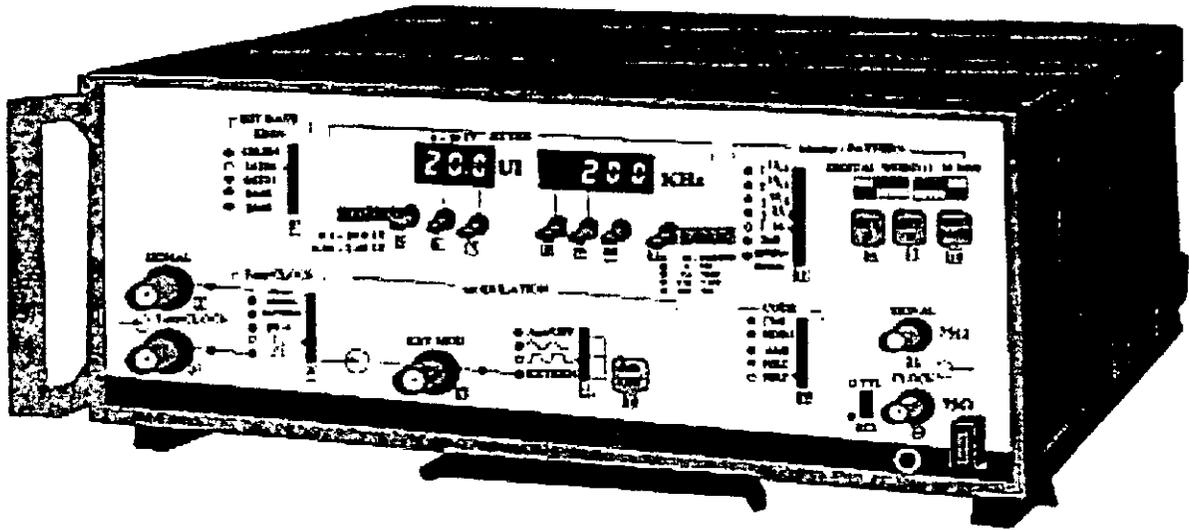
**Analizador de errores.** Es posible el monitoreo de errores de bit y de código de acuerdo con la recomendación G.821 del UIT. Se puede disponer de copias de resultados mediante la impresora.

**Generador de señal.** Genera una señal de 2048 Kb/s con trama. Inyección de señal en un intervalo de tiempo determinado.

TECLA	DESCRIPCIÓN
1.	Palabra digital ocho bits.
2.	Panel de alarmas.
3.	Panel de funciones.
4.	Parámetros generales.
5.	Display.
6.	Flechas de dirección.
7.	Desplazamiento de línea.
8.	Teclado numérico.
9.	START RESET.
10.	STOP.
11.	ENTER.
12.	Panel de memoria.
13.	Modo local.

14.	Salida de impresión.
15.	Encendido de impresora.
16.	Impresión manual.
17.	Impresora.
18.	Papel.
19.	Bloque de panel.
20.	Reset general.
21.	Receptor RxF a 75 y 20.
22.	Receptor RxB a 75 y 120.
23.	Transmisor a 75 y 120.
24.	Encendido.

## Generador de Jitter PJG-4



El generador de Jitter, modelo PJG-4, es un instrumento de gran poder para la prueba de sistemas de comunicación digitales funcionando en velocidades de hasta 140Mbits/s.

El instrumento contiene todos los dispositivos necesarios para las mediciones de mantenimiento y servicio de sistemas de comunicación digital en todos los niveles jerárquicos empleados actualmente.

Además, el PJG-4 puede utilizarse como unidad transparente al código entre interfaces del sistema. Las señales de reloj o digitales entrantes, libres de Jitter son sometidas de esta manera a un Jitter de ajuste preciso, de manera que se puedan efectuar mediciones en conmutadores digitales y en el lado del circuito de equipos demultiplexores.

El PJG-4 produce patrones de prueba cuyas señales de reloj y digitales han sido acondicionadas con Jitter predeterminado.

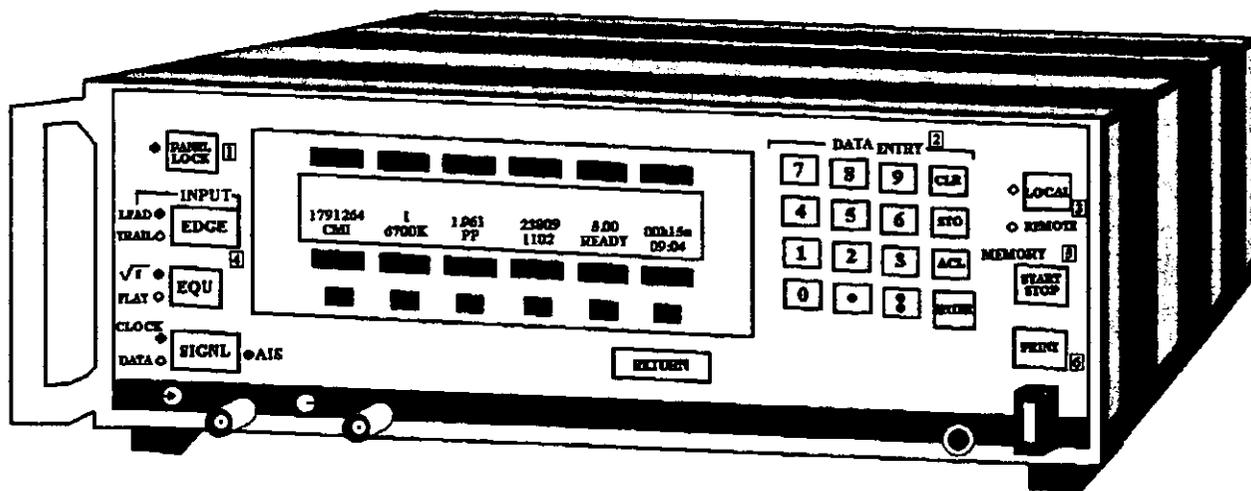
Si se usa una señal de reloj externa, la gama de frecuencia se extiende continuamente de 1.5 a 45 MHz.

El PJG-4 contiene un generador de patrones, un modulador de señal de reloj y

un generador para producir la señal de modulación en la gama de frecuencia de 1Hz a 5MHz. Si se aplica un voltaje de modulación externo, la gama de frecuencia de modulación de fase se extiende de 0 HZ a 7.

TECLA	DESCRIPCIÓN
1.	Selector de velocidades.
2.	Entrada de la señal.
3.	Entrada de reloj.
4.	Selector de señal interna o externa.
5.	Selector de rango del Jitter (ui's).
6 y 7.	Selectores de amplitud del Jitter.
8,9 y 10.	Selectores de frecuencia del Jitter.
11.	Selector del rango de frecuencias.
12.	Entrada para frecuencia externa.
13.	Selector del tipo de Jitter.
14.	Botón de modos para frecuencia externa.
15.	Selector de patrón pseudo aleatorio.
16.	Botón para programar bits en estado uno.
17.	Botón para programar bits en estado cero.
18.	Botón para selección de bit.
19.	Selector de códigos internos y de línea.
20.	Switch para selección de familia TTL o ECL.
21.	Salida de la señal digital.
22.	Salida de la señal de reloj.

## Medidor de Jitter PJM-4.



El medidor de Jitter PJM-4 contiene todos los equipamientos necesarios para poder realizar las mediciones de las interfaces respectivas de las jerarquías de los sistemas PCM de 30 canales actuales. En el equipo compacto se han previsto múltiples velocidades de transmisión y filtros ponderados seleccionables que cumplen todas las exigencias para la medición del Jitter en señales de reloj y datos con los códigos CMI, AMI, HDB-3, NRZ, y RZ. Para velocidades de transmisión no previstas, puede trabajarse con sincronización de reloj externo. Así mismo, el medidor acepta una gama continua de frecuencias de reloj entre 8 y 168 MHz, sin problemas de crecimiento de fase y desplazamiento de frecuencia. Además :

- Analiza Jitter en la gama de velocidades de transmisión de 700 Kbits a 168 Mbits.
- Realiza la evaluación de trasgresión de umbrales de fase y violación de código en intervalos de 1 s hasta 100 días.

- Indica segundos libres de evento.
- Checa que la entrada del receptor cumpla con la norma G.703 de la UIT.
- Cuenta con una salida de demodulador para mediciones de fluctuación

TECLA	DESCRIPCIÓN
1.	Panel de bloques.
2.	Panel de entrada de datos.
3.	Modo local.
4.	Modo selector de datos.
5.	START STOP.
6.	Imprimir.
7.	Ajuste.
8.	Salida de 75 $\Omega$ .
9.	Entrada 75 $\Omega$ .
10.	Tierra.
11.	On-Off.

## CONCLUSIONES.

### **BENITO BARRANCO CASTELLANOS.**

Al concluir este proyecto, me satisface dar a conocer que la parte de teoría es la base fundamental dentro de las materias que imparto en esta institución que como base primordial es la asignatura de Comunicaciones Digitales. Los alumnos tendrán como referencia la tesis y estará promovida hacia la primera parte de la materia. La parte practica es una alternativa para el laboratorio de Comunicaciones dando en principio las bases para lograr el mejor aprovechamiento del mismo.

Todo el trabajo esta realizado en base a las normas que la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) propone para el buen funcionamiento de los equipos de transmisión digital, en sistemas de primer orden, aclarando que la practica es recomendada para cualquier equipo de transmisión que exista y funcione en estos momentos.

El equipo que manejamos se propone para que funcione en esta institución aunque por el alto costo del mismo solo lo obtendríamos en base a donaciones, se tratara que por medio de los jurados tener un acercamiento con las empresas que lo utilizan y así llegar a contar con él en nuestra escuela.

---

## **PEDRO CONTRERAS ROMERO.**

En el presente trabajo damos a conocer las técnicas de medición que se deben aplicar a los multiplexores digitales de primer orden norma europea. Con estas mediciones basadas en las normas de la UIT se determina la calidad con que transmiten estos sistemas de transmisión digital.

El trabajo esta dividido en dos partes fundamentales, la parte teórica, donde se explica la filosofía de estos sistemas y la parte practica donde se da a conocer como aplicar la medición para determinar la calidad del sistema de transmisión.

Los equipos de medición para llevar a cabo la comprobación de una norma son de gran importancia, ya que a través de ellos es como se deduce si el multiplexor esta dentro de cierta especificación dentro de la norma establecida. Es de suma importancia que a estos sistemas multiplexores se les apliquen las mediciones establecidas, tanto para un mantenimiento preventivo como correctivo y en el mejor de los casos para una recepción ya que estos equipos no-solo se instalan en las centrales telefónicas si no también en las ubicaciones de los clientes cuando estos requieren de un servicio de varios canales telefónicos.

Los equipos de medicion funcionan como puertas de acceso para que la medicion establecida determine la calidad del sistema multiplexor de acuerdo a los parámetros establecidos por la UIT.

---

## **GLOSARIO.**

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
<b>ADI (Alternate Digit Inverse)</b>	Inversión de Dígitos Alternados. Código interno del multiplexor para romper de la palabra PCM.
<b>AIS (Alarm Indication Signal)</b>	Señal de Indicación de Alarma. Una señal con "1"s únicamente y sin trama que reemplaza la señal de tráfico normal cuando una señal de mantenimiento de alarma ha sido activada. También llamada <b>alarma azul</b> .
<b>Alarma Amarilla</b>	Alarma recibida en el extremo transmisor del circuito que indica que una falla ha ocurrido en la dirección del receptor.
<b>Alarma Remota</b>	Ver alarma amarilla.
<b>Alarma Roja</b>	Alarma causada por falla de un equipo y detectada localmente. Una alarma roja manda una alarma amarilla de regreso al extremo transmisor del circuito.
<b>AMI (Alternate Mark Inversion)</b>	Sistema de codificación bipolar en el cual los unos (marcas) sucesivos deben alternar su polaridad (entre positiva y negativa).
<b>Ancho de Banda (Bandwidth)</b>	Gama de frecuencias que pasan por un circuito. Cuanto mayor el ancho de banda, mas información puede enviarse por el circuito en un lapso determinado.
<b>Atenuación (Attenuation)</b>	Diferencia entre la potencia transmitida y la recibida debido a pérdidas en los equipos, líneas u otros dispositivos de transmisión. Se mide en decibeles.
<b>Balanceado (Balanced)</b>	Línea de transmisión en la cual las tensiones en ambos conductores son de igual magnitud pero polaridad opuesta respecto a masa.

<b>Banda Base (Baseband)</b>	Se refiere a la transmisión de una señal analógica o digital en su frecuencia original, sin modificarlas por modulación.
<b>Banda de voz</b>	Un canal de transmisión con un ancho de banda nominal de 4KHz, apropiado para la transmisión de voz.
<b>BDFO</b>	Bastidor de Distribución de Fibra Óptica. En este bastidor se alojaran los Distribuidores de Fibra Óptica donde se rematan los cables de F.O.
<b>BDTD</b>	Bastidor Distribuidor de Troncales Digitales. Aquí se rematan los cables coaxiales de señal digital.
<b>Bipolar</b>	Método de señalización (usado en T1/E1) que representa un "1" binario alternando pulsos positivos y negativos, y un "0" binario por la ausencia de pulsos.
<b>BISDN (Broadband ISDN-RDSI en Banda Ancha)</b>	La próxima generación de ISDN (RSDN), diseñada para transportar información digital, voz y video. El sistema de conmutación es ATM y SONET o SDH el medio físico de transporte.
<b>Bit de paridad (parity bit)</b>	Bit adicional, no de información, que se agrega a un grupo de bits para asegurar que el numero total de bits "1" en el carácter es par o impar.
<b>Blindaje (Shielding)</b>	Envoltura protectora que rodea a un medio de transmisión, destinada a minimizar la interferencia electromagnética (EMI/RFI).
<b>Bps (bits per second</b>	Bits por segundo). Medida de la velocidad de transmisión de datos en la transmisión serie

<b>Byte</b>	Grupo de bits que una computadora puede leer (generalmente de longitud 8 bits).
<b>Canal</b>	El medio de transmisión entre dos puntos. Puede referirse a un enlace unidireccional. En aquellos enlaces en donde se transmite en las dos direcciones se dice que es un enlace bidireccional. Se considera como la subdivisión más pequeña de un sistema de transmisión por medio de la cual se provee un solo servicio de comunicación. En pruebas de canales, un canal es una señal de 64-Kbps.
<b>CCITT (Comité Consultor Internacional de Telegrafía y Telefonía)</b>	Comité asesor internacional con base en Europa, que recomienda normas internacionales de transmisión. (Denominado actualmente UIT).
<b>CMI</b>	Inversión de marcas codificadas. Código de línea de transmisión para alta velocidad de transmisión. Ver explicación en el texto.
<b>Código de Unos</b>	Una señal continua que contiene 15,360 ó menos ceros en un segundo. Cuando un dispositivo pierde sincronización, envía un Código de Unos para mantener la red activa. También envía este código para indicarle al equipo de prueba que hay un problema de transmisión.
<b>Compresión (Compression)</b>	Cualquiera de varias técnica que reducen en número de bits necesarios para representar la información sea para transmisión o almacenamiento, con lo cual se ahorra ancho de banda y/o memoria.
<b>Compresión de la VOZ (Voice compression)</b>	Conversión de una señal analógica a una señal digital utilizando un ancho de banda mínimo (16 Kbps o menos).
<b>CRC (Cyclic Redundancy Check)</b>	Sistema de detección de errores en la transmisión de datos. Se aplica un algoritmo polinómico a los datos, y la suma de verificación resultante se agrega al final de la traba. El equipo receptor ejecuta un algoritmo similar.

<b>Cuantización</b>	Proceso que divide el rango continuo de valores de una señal en subrangos que no se traslapan y que no necesariamente son iguales. Posteriormente asigna un número discreto del resultado a cada subrango. Cuando el valor de la señal cae dentro de un subrango, el resultado tiene el valor discreto correspondiente.
<b>DACS (Digital Access and Cross-Connect System)</b>	Conmutador de time slots (segundos de tiempo) que permite redistribuir electrónicamente líneas E1 T1 al nivel DS 0 (64 Kbps). Se llama también DCS o DXS.
<b>dB (Decibel)</b>	Unidad que mide la intensidad relativa (razón) de dos señales.
<b>dBm</b>	Unidad de medida de potencia en comunicaciones; el decibel referido a un mili vatio (o dBm = 1 mili vatio y -30 dBm = .001 mili vatio).
<b>Deslizamiento (Slip)</b>	Defecto en la sincronización que causa que un bit o secuencia de bits sean omitidos o duplicados.
<b>Deslizamiento de Trama</b>	La supresión o duplicación de una trama de datos. Esto se detecta por la siguiente secuencia de eventos: <ol style="list-style-type: none"><li>1) Cuando dos errores de bit ocurren en cuatro bits de sincronización de trama consecutivos.</li><li>2) Antes de declarar una condición de fuera de trama, examinar los 12 bits siguientes para verificar si la secuencia es correcta o hay retraso de bit.</li><li>3) Si los bits de trama están en la secuencia de patrón de trama correcta, existe un deslizamiento de trama. El receptor regresa la nueva alineación de trama. No ocurre ninguna condición fuera de trama.</li><li>4)</li></ol>
<b>Diafonía (Crosstalk)</b>	Transferencia indeseada de energía de un circuito a otro. Típicamente, la diafonía tiene lugar entre circuitos adyacentes.
<b>Distorsión (Distortion)</b>	La modificación indeseada de una forma de onda que ocurre entre dos puntos de un sistema de transmisión.
<b>DS-3 (Digital Signal level 3 -</b>	Término usado para denominar la señal digital de 45

<b>Señal Digital de jerarquía 3) DS0</b>	Mbps transportada por una instalación T3. Señal digital de nivel 0. una señal BPNRZ a 64 Kbps.
<b>DS1 (digital signal at level 1)</b>	Señal Digital a nivel 1. Una señal digital a nivel 1. una señal BPRZ T1 a una velocidad de 1.544 Mbps. El formato de datos del canal de línea de 24 canales.
<b>DTE (data Terminal Equipment)</b>	Equipo Terminal de Datos. Equipo que consiste de instrumentos digitales de terminación. Convierte información del usuario a señales de datos para su transmisión. También vuelve a convertir señales de datos recibidos a información del usuario.
<b>E1</b>	Sistema de portadora digital a 2.048 Mbps usado en Europa.
<b>Eco, señal de (Echo-signal)</b>	Distorsión de señal que ocurre cuando la señal transmitida es reflejada hacia la estación de origen.
<b>Ecualizador (Equalizer)</b>	Dispositivo que compensa la distorsión causada por la atenuación y el tiempo de propagación que son función de la frecuencia. Reduce los factores de las distorsiones de amplitud, frecuencia y fase.
<b>Error de Bit</b>	Error producido al recibir un bit en el patrón de datos diferente al que se esperaba. Esto significa que el valor de un bit codificado ha cambiado durante la transmisión. Cuando esto ocurre, la parte receptora interpreta al el bit.
<b>FDM (Frequency Division Multiplexing)</b>	Multiplexación por División de Frecuencia. Proceso que combina un número de señales analógicas en un medio de transmisión mediante la asignación ordenada de bandas de frecuencia.
<b>Fibra óptica (Fiber Optics)</b>	Delgados filamentos de vidrio o plástico que llevan un haz de luz transmitido (generado por un LED o láser).

<b>Filtro de Paso de Ancho de Banda</b>	Un circuito diseñado para permitir el paso a frecuencias, únicamente durante un rango específico. Las frecuencias de corte deben ser finitas y no en cero. La banda de frecuencias entre las frecuencias de corte es aquella a la que se le permite el paso.
<b>Full Duplex</b>	Circuito o dispositivo que permiten la transmisión en ambos sentidos simultáneamente.
<b>Half Duplex</b>	Circuito o dispositivo que permiten la transmisión en ambos sentidos pero alternadamente
<b>HDB<sub>3</sub> (High Density Bipolar 3)</b>	Bipolar de alta densidad de máximo tres ceros consecutivos. Un formato de codificación de línea que asegura una densidad mínima de 1s mediante la substitución de series de cuatro 0s con un patrón de BPV único agregado a un 1.
<b>Interrupción (Outage)</b>	Corte de servicio que dura mas de un segundo. Un corte de menor duración se denomina golpe (hit).
<b>línea</b>	Desde un punto de vista de conmutación, es el Loop, equipo de estación, y el quipo asociado de la central telefónica asignada al abonado. Desde un punto de vista de transmisión es la ruta de transmisión entre el equipo de estación de abonado y el sistema de conmutación.
<b>línea dedicada / arrendada (Leased line)</b>	Línea telefónica reservada para el uso exclusivo de un cliente, sin conmutación de central.
<b>línea desbalanceada (Anbalanced line)</b>	línea de transmisión en la cual se usa un solo conductor para transmitir una señal con frecuencia a masa (por ejemplo, en un cable coaxial).
<b>LTU</b>	Unidad Terminal de línea. Equipo interfaz entre el Multiplexor y la línea de Transmisión.
<b>MODEM (Modulador-Demodulador)</b>	Dispositivo usado para convertir señales digitales serie de una DTE transmisora a una señal adecuada para la transmisión por línea telefónica. Reconvierte también la señal transmitida a información digital serie para su aceptación por una DTE receptora.

<b>Modulación (Modulation)</b>	Alternación de una onda portadora en función del valor o de una muestra de la información que se transmite.
<b>Multiplexor / Mux (Multiplexer)</b>	Dispositivo que permite que dos o más señales transiten y compartan una vía común de transmisión.
<b>Multitrama</b>	Serie de tramas consecutivas en donde la posición relativa de cada trama puede ser identificada en PCM 1 <sup>er</sup> Orden lo constituyen 16 tramas con un tiempo de duración de 2 ms.
<b>NRZ (Non-Return to Zero)</b>	Sin retorno a cero. Sistema de codificación binaria que representa los unos y ceros por tensiones altas y bajas opuestas y alternadas, en el cual no hay retorno a tensión cero (de referencia) entre bits codificados.
<b>Par Trenzado Blindado (STP, Shielded Twisted Pair)</b>	Término general que designa sistemas de cableado específicamente diseñados para la transmisión de datos y en los cuales los cables están blindados.
<b>Par Trenzado sin Blindar (UTP, Unshielded Twisted Pair)</b>	Término general aplicado a todos los sistemas locales de cableado para la transmisión de datos y que no están blindados.
<b>PCM (Pulse Code Modulation)</b>	Modulación de Código de Pulso. Proceso que saca muestras, cuantifica y codifica la señal analógica modulada y la convierte en una secuencia de bits digitales.
<b>Pérdida de Señal</b>	Señal recibida que tiene 32 o mas ceros consecutivos, o señal recibida con un nivel de 32 dB abajo del nivel DSX.
<b>Pérdida de Sincronía de Trama</b>	En SF, una vez en sincronía, dos de los últimos cinco bits de trama (Ft) están con error. En ESF, una vez en sincronía, dos de los últimos cinco bits de secuencia de patrón de trama están con error.
<b>Polar Regreso a Cero (RZ)</b>	Señal polar con un ciclo de trabajo del numero 50 por ciento.
<b>Porcentaje de segundos sin errores</b>	Porcentaje de segundos de prueba transcurridos que no contienen errores.

<b>Portadora (Carrier)</b>	Señal continua de frecuencia fija, capaz de ser modulada por otra señal que contiene la información.
<b>Protocolo</b>	Grupo de reglas formales que rigen el formato, sincronización, secuencia y control de errores en mensajes intercambiados en una red de datos; puede ser orientado hacia la transferencia de datos a través de una interfaz, entre los unidades lógicas conectadas directamente, o un circuito de punta a punta entre dos usuarios y que cruza grandes y complejas redes.
<b>Prueba de Loop</b>	Procedimiento de prueba en una señal recibida es regresada a su punto de origen.
<b>Puerto (Port)</b>	Interfaz físico a una computadora o multiplexor para la conexión de terminales y módem.
<b>Red (Network)</b>	(1) Grupo de nodos interconectados (2) Serie de puntos, nodos o estaciones conectados por canales de comunicación, el conjunto de equipos por medio del cual se establecen las comunicaciones entre las estaciones de datos.
<b>Red Telefónica Conmutada Pública</b>	La red de telecomunicaciones a que acceden generalmente los teléfonos corrientes, teléfonos multilínea, troncales PBX (Centralitas Privadas) y equipos de datos.
<b>Redundancia / Redundante (Redundancy / Redundant)</b>	Componentes de reserva usados para asegurar el funcionamiento interrumpido de un sistema en caso de falla.
<b>Regenerador</b>	Dispositivo que automáticamente amplifica, restaura o devuelve la forma a las señales para compensar la distorsión y/o atenuación antes de proceder a retransmitir.
<b>Relación de Errores de Bit de Trama</b>	El número de bits erróneos de trama dividido por el número total de bits de trama. Este calculo no incluye segundos que contengan condición de LOS, SES, OOF, o AIS.

<b>Reloj (Clock)</b>	Una señal generada por oscilador que provee una referencia de tiempo para un enlace de transmisión; usado para controlar los tiempos de algunas funciones tales como muestreo por intervalos, la tasa de señalización y la duración de elementos de señalización.
<b>Reloj Maestro (Master Clock)</b>	Fuente de las señales de temporización (o las señales mismas) que todas las estaciones de la red usan para la sincronización
<b>Retorno a Cero Unipolar (RZ)</b>	Señal Unipolar con un ciclo de trabajo del 50 por ciento.
<b>Ruido</b>	Señal aleatoria interferente a la señal de información.
<b>SDH (Synchronous Digital Hierarchy)</b>	Ver Jerarquía Digital sincronía (JDS).
<b>Segmento de Tiempo (Timeslot)</b>	Porción de un multiplexor serie de información dedicado aun único canal. En E1 Y T1 un segmento de tiempo representa típicamente un canal de 64 Kbps.
<b>Segundo con Error</b>	Cualquier segundo que contenga uno o más eventos de error.
<b>Segundo sin Error</b>	Un segundo sin ningún evento de error. Estos segundo son calculados como sigue: $100 \times [1 \text{ segundo con error} / \text{periodo de medición}]$ . La calidad de un circuito se expresa en porcentaje de EFS.
<b>Señal Analógica</b>	Una señal eléctrica nominalmente continua que varía en amplitud o frecuencia (P.Ej. la voz humana).
<b>Señal Digital</b>	Una señal que tiene un número limitado de estados discretos y antes de ser transmitida.
<b>Señalización de Loop</b>	Método de señalización usado sobre circuitos de corriente directa. Este método usa el loop metálico formado por la línea o conductores de la troncal y los circuitos terminadores.

<b>Señalización de Multifrecuencia.</b>	Método de señalización de direccionamiento dentro de la banda entre centrales. En este método, 10 dígitos decimales y 5 señales auxiliares son representados mediante la selección de dos frecuencias escogidas del siguiente grupo: 700, 900, 1100, 1300, 1500 y 1700 Hz.
<b>Señalización E&amp;M (E&amp;M Signalling)</b>	Sistema de transmisión de voz que utiliza caminos separados para la señalización y las señales de voz. El hilo "M" (Mouth-Boca) – transmite señales al extremo del circuito mientras que el "E" (Eart-Oído) recibe las señales entrantes. Señalización en banda (In Band Signalling) – señalización que utiliza frecuencias dentro de la banda de información de un canal.
<b>Síncrono</b>	Comunicación de datos en el cual caracteres o bits son transmitidos a una velocidad fija, con los equipos de transmisión y recepción sincronizados; esto elimina la necesidad de usar los bits de inicio y terminación básicos en la transmisión asincrónica e incrementa en forma importante la cantidad de información transmitida (throughput).
<b>TDM</b>	Multiplexión por división de tiempo (Time Division Multiplexing). Proceso de combinar un número de señales digitales en una sola señal digital por medio de una asignación ordenada de divisiones de tiempo.
<b>Trama</b>	Un conjunto cíclico de segmentos de tiempo, consecutivos, en el cual la posición de cada segmento de tiempo puede ser identificado. En PCM 1 <sup>er</sup> orden, la constituyen 32 segmentos de tiempo con una duración de 125 micro segundos.
<b>Transmisión analógica</b>	Transmisión de una señal variable en forma continua. A diferencia de una discreta (Digital).
<b>Transmisión Asíncrona</b>	Transmisión en que los intervalos de tiempo entre caracteres transmitidos pueden no ser de igual longitud. La transmisión es controlada por bits de inicio y terminación que se encuentran al principio y al final de cada carácter.

**Transmisión síncrona  
(Synchronous transmission)**

Transmisión en la cual los bits de datos se envían a velocidad fija, con el transmisor y el receptor sincronizados

**Troncal**

Un circuito dedicado que interconecta dos centro de conmutación o centrales telefónicas.

**Unipolar**

Señal continua en la cual los bits uno tienen la misma polaridad de voltaje. Los bits cero normalmente tienen voltaje cero.

**Violación Bipolar**

Una condición que ocurre cuando una serie de bits contiene un pulso de la misma polaridad que el pulso anterior y que no forma parte de un código de substitución bipolar de ceros. (E. G., B8ZS para una señal DS1 o B3ZS para una señal DS3)

**BIBLIOGRAFIA.**

**PCM BASICO.  
INTELMEX.**

**TÉCNICAS PCM 1ER ORDEN.  
INTELMEX.**

**MANUAL DE TELECOMUNICACIONES.  
INTELMEX.**

**MANUAL DE RED DE ACCESO.  
INTELMEX.**

---