

## TRANSMISION DIGITAL

### MODULACIÓN

La amplia naturaleza de las señales analógicas es evidente, cualquier forma de onda está disponible con toda seguridad en el ámbito analógico, nos encontramos con una onda original y una distorsión de la que tenemos que identificar la onda original de la distorsionada. Aquí surge la necesidad del **audio digital** ya que nos permite separar de la señal original el ruido y la distorsión. La calidad de una señal de audio no es función del mecanismo de lectura, sino que parámetros tales como respuesta en frecuencia, linealidad y ruido son sólo funciones del **conversor digital - analógico** empleado.

En el proceso de conversión de la forma análoga a la forma digital y viceversa aparecen tres términos matemáticos o lógicos básicos: **el muestreo, la cuantización y la codificación**. **El muestreo** es el proceso de tomar medidas instantáneas de una señal análoga cambiante en el tiempo, tal como la amplitud de una forma de onda compleja. La información muestreada permite reconstituir más o menos una representación de la forma de onda original. Sin embargo, si las muestras son relativamente escasas (o infrecuentes), la información entre las muestras se perderá. El teorema de muestreo o Teorema de Nyquist establece que es posible capturar toda la información de la forma de onda si se utiliza una frecuencia de muestreo del doble de la frecuencia más elevada contenida en la forma de onda. En los sistemas telefónicos la velocidad de muestreo ha sido establecida a 8000 muestras por segundo. Una vez que la muestra y su valor han sido obtenidos, **la cuantización** es el siguiente proceso para la reducción de la señal análoga compleja; éste permite aproximar la muestra a uno de los niveles de una escala designada. Por ejemplo, tomando una escala cuyos valores máximo y mínimo son quince y cero, respectivamente, y el rango está dividido en 16 niveles, las muestras tendrán que ser aproximadas a uno de estos niveles. Hay que notar que el proceso de cuantización puede introducir un ruido de cuantización; una diferencia entre el valor original de la amplitud muestreada y el valor aproximado correspondiente a la escala seleccionada, donde la magnitud de este error estará determinada por la fineza de la escala empleada.

### PCM, Modulación por Codificación de Pulsos

Se basa como la anterior en el teorema de muestreo: " Si una señal  $f(t)$  se muestrea a intervalos regulares de tiempo con una frecuencia mayor que el doble de la frecuencia significativa más alta

de la señal, entonces las muestras así obtenidas contienen toda la información de la señal original. La función  $f(t)$  se puede reconstruir a partir de estas muestras mediante la utilización de un filtro paso – bajo". Es decir, se debe muestrear la señal original con el doble de frecuencia que ella, y con los valores obtenidos, normalizándolos a un número de bits dado (por ejemplo, con 8 bits habría que distinguir entre 256 posibles valores de amplitud de la señal original a cuantificar) se ha podido codificar dicha señal.

En el receptor, este proceso se invierte, pero por supuesto se ha perdido algo de información al codificar, por lo que la señal obtenida no es exactamente igual que la original (se le ha introducido ruido de cuantización). Hay técnicas no lineales en las que es posible reducir el ruido de cuantización muestreando a intervalos no siempre iguales.

### **PROCESO MODULACIÓN PCM**

- ◆ Codificación Analógica-Digital Modulación de Amplitud de Pulso(PAM)
- ◆ Modulación PCM
- ◆ Tasa de prueba

#### Codificación Analógica - Digital

Este tipo de codificación es la representación de información analógica en una señal digital. Por ejemplo para grabar la voz de un cantante sobre un CD se usan se usan significados digitales para grabar la información analógica. Para hacerlos, se debe de reducir el  $n^{\circ}$  infinito potencial posible de valores en un mensaje analógico de modo que puedan ser representados como una cadena digital con un mínimo de información posible. La figura 1 nos muestra la codificación analógica - digital llamada codec (codificador-decodificador).

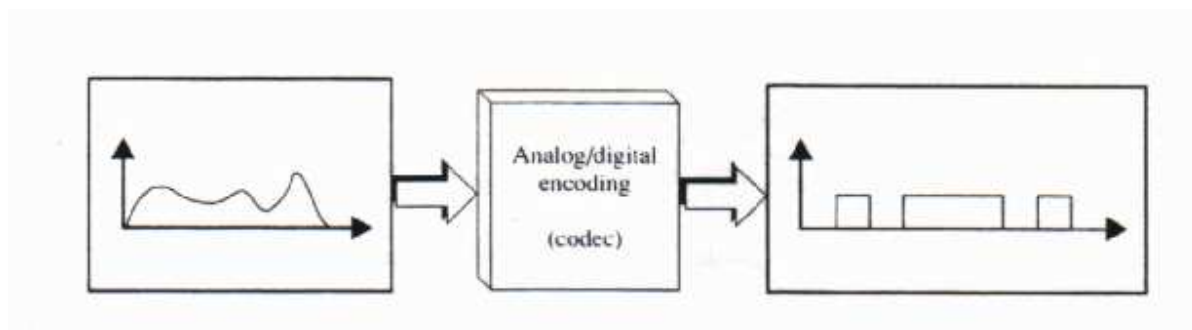


Figura 1 Codificación analógica – digital

En la codificación analógica - digital, estamos representando la información contenida a partir de una serie de pulsos digitales (1s ó 0s).

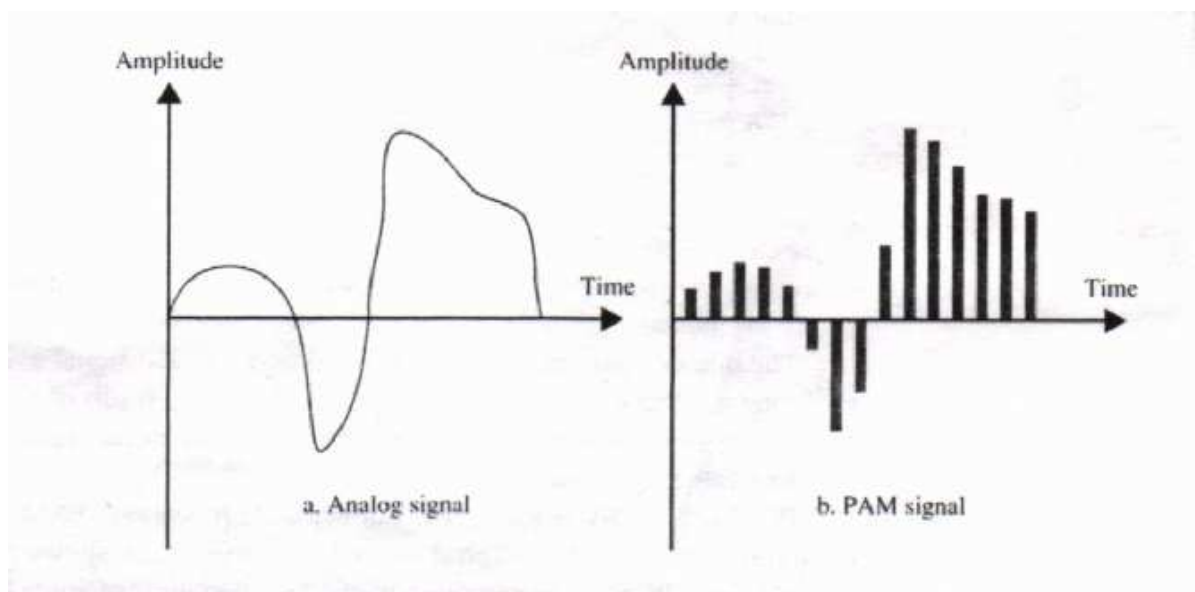
La estructura de la señal traducida no es el problema. En su lugar el problema es como hacer pasar información de un número de valores infinitos a un número de valores limitados sin sacrificar la calidad.

### **Modulación de amplitud de pulso (PAM)**

El primer paso en la codificación analógica - digital se llama PAM. Esta técnica recoge información análoga, la muestra (ó la prueba), y genera una serie de pulsos basados en los resultados de la prueba. El término prueba se refiere a la medida de la amplitud de la señal a intervalos iguales.

El método de prueba usado en PAM es más eficaz en otras áreas de ingeniería que en la comunicación de datos (informática). Aunque PAM está en la base de un importante método de codificación analógica - digital llamado modulación de código de pulso (PCM).

En PAM, la señal original se muestra a intervalos iguales como lo muestra la figura 2. PAM usa una técnica llamada probada y tomada. En un momento dado el nivel de la señal es leído y retenido brevemente. El valor mostrado sucede solamente de modo instantáneo a la forma actual de la onda, pero es generalizada por un periodo todavía corto pero medible en el resultado de PAM.



El motivo por el que PAM sea ineficaz en comunicaciones es por que aunque traduzca la forma actual de la onda a una serie de pulsos, siguen teniendo amplitud (pulsos)(todavía señal analógica y no digital). Para hacerlos digitales, se deben de modificar usando modulación de código de pulso (PCM).

### Modulación PCM

PCM modifica los pulsos creados por PAM para crear una señal completamente digital. Para hacerlo, PCM, en primer lugar, cuantifica los pulsos de PAM. La cuantificación es un método de asignación de los valores íntegros a un rango específico para mostrar los ejemplos. Los resultados de la cuantificación están representados en la figura 3.

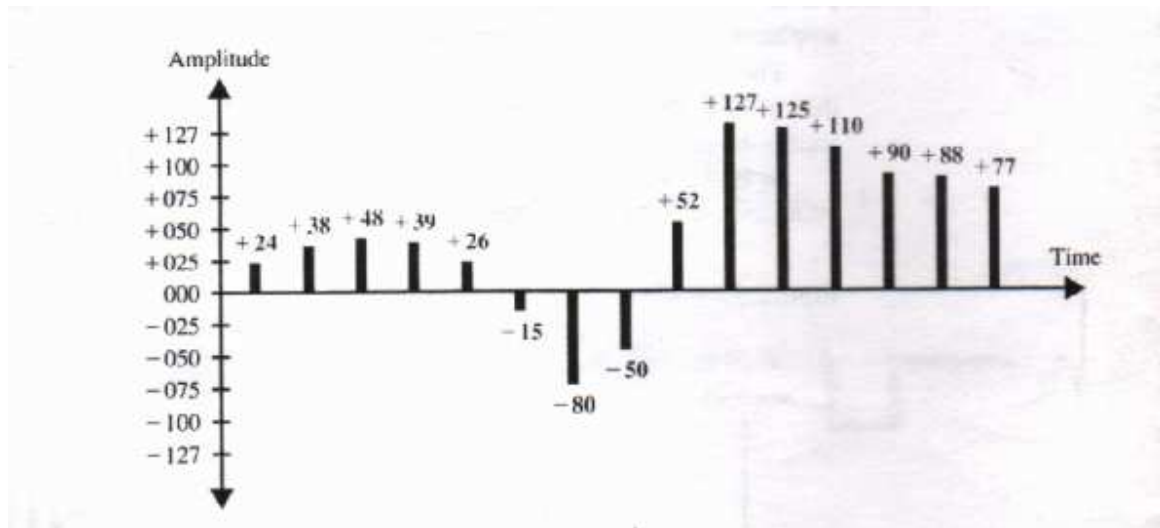


Figura 3 Señal PAM cuantificada

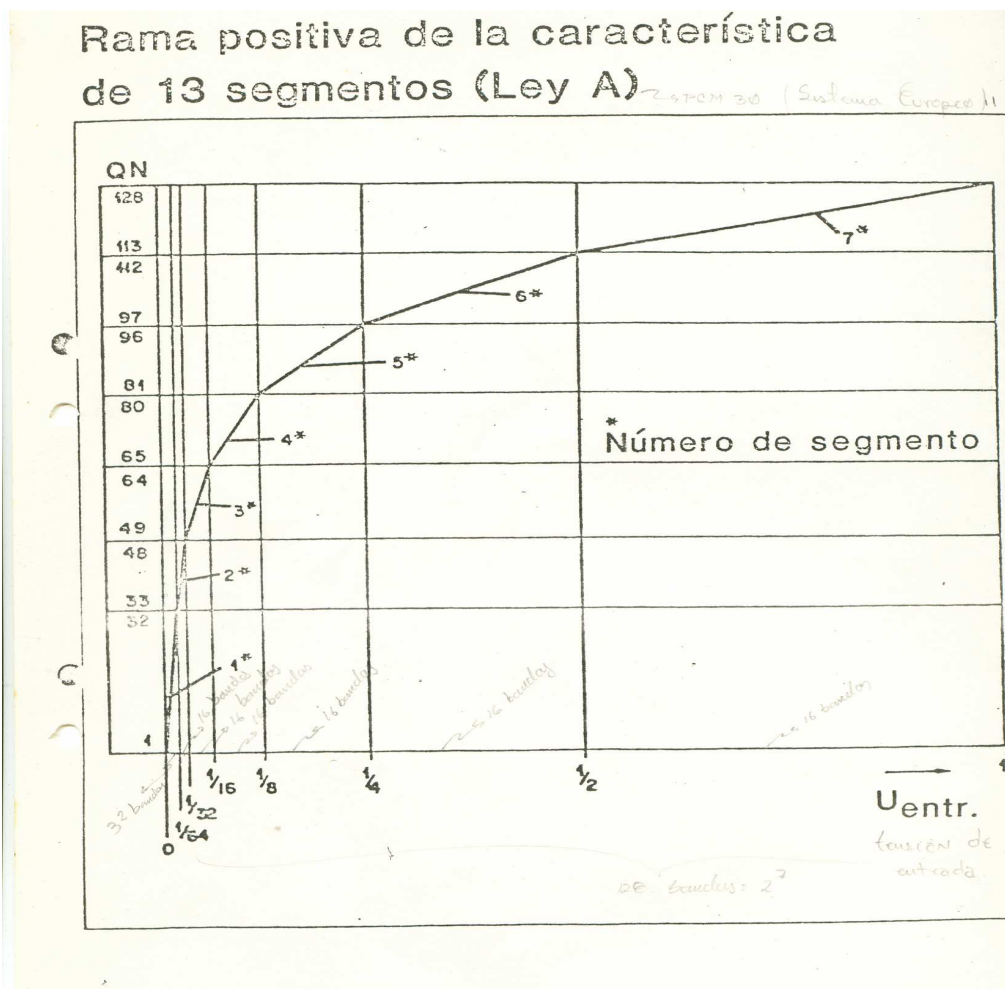
La figura4 muestra un método simple de asignación de signo y magnitud de los valores para muestras cuantificadas. Cada valor es traducido en su equivalente binario 7-bits. El octavo bit indica el signo.

+024	00011000	-015	10001111	+125	01111101
+038	00100110	-080	11010000	+110	01101110
+048	00110000	-050	10110010	+090	01011010
+039	00100111	+052	00110110	+088	01011000
+026	00011010	+127	01111111	+077	01001101

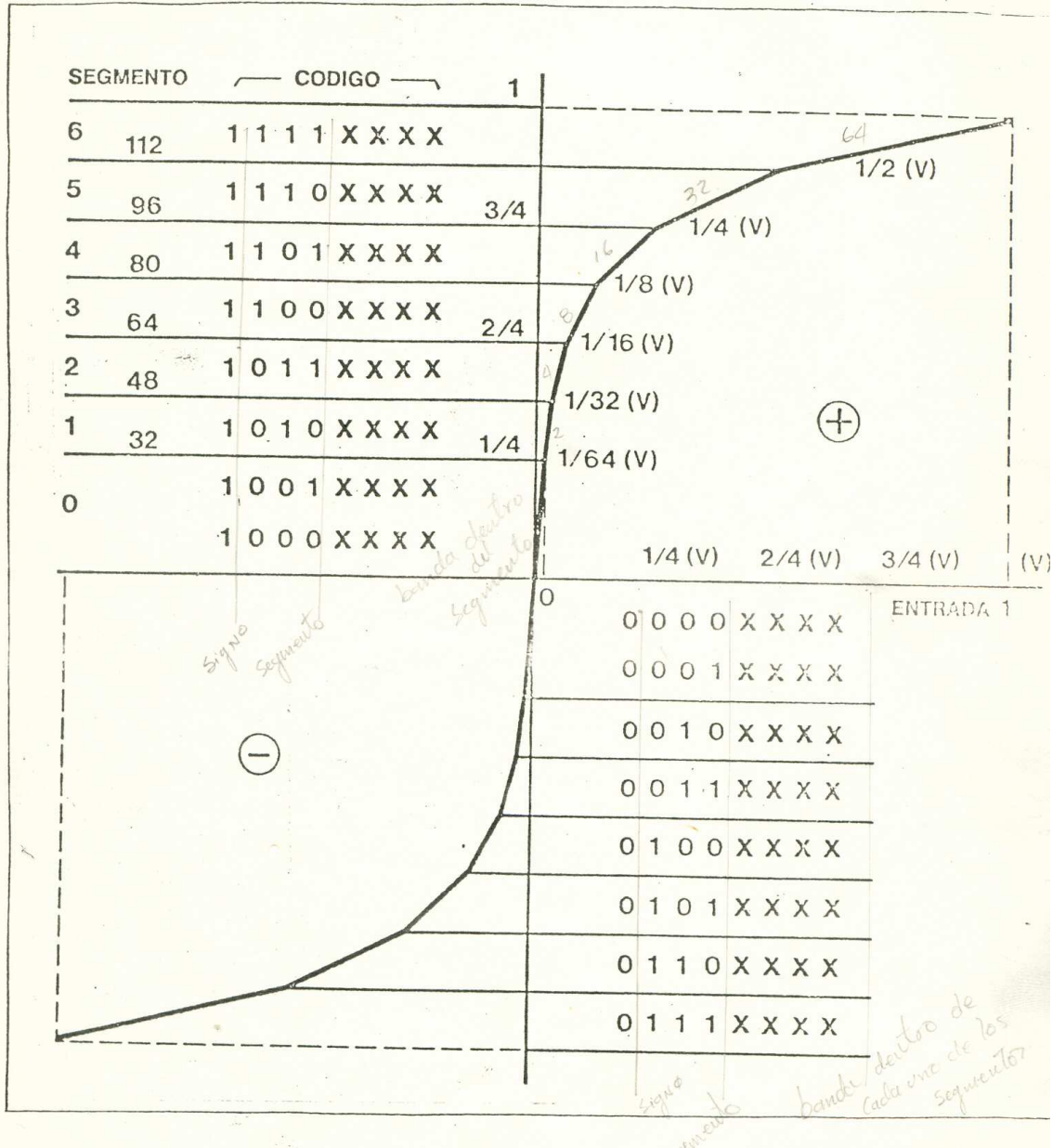
Sign bit  
+ is 0 - is 1

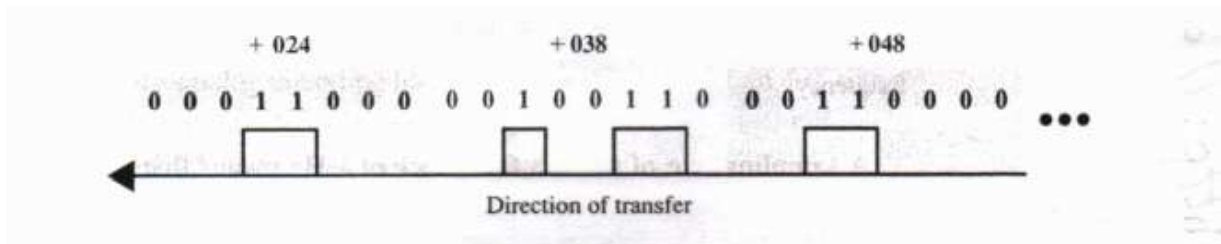
Figura 4 Cuantificación usando signo y magnitud

Los dígitos binarios son transformados en un señal digital usando una de las técnicas de codage digital-digital. La figura 5 muestra el resultado de la modulación de codage de pulso de la señal original codificada finalmente en señal unipolar.



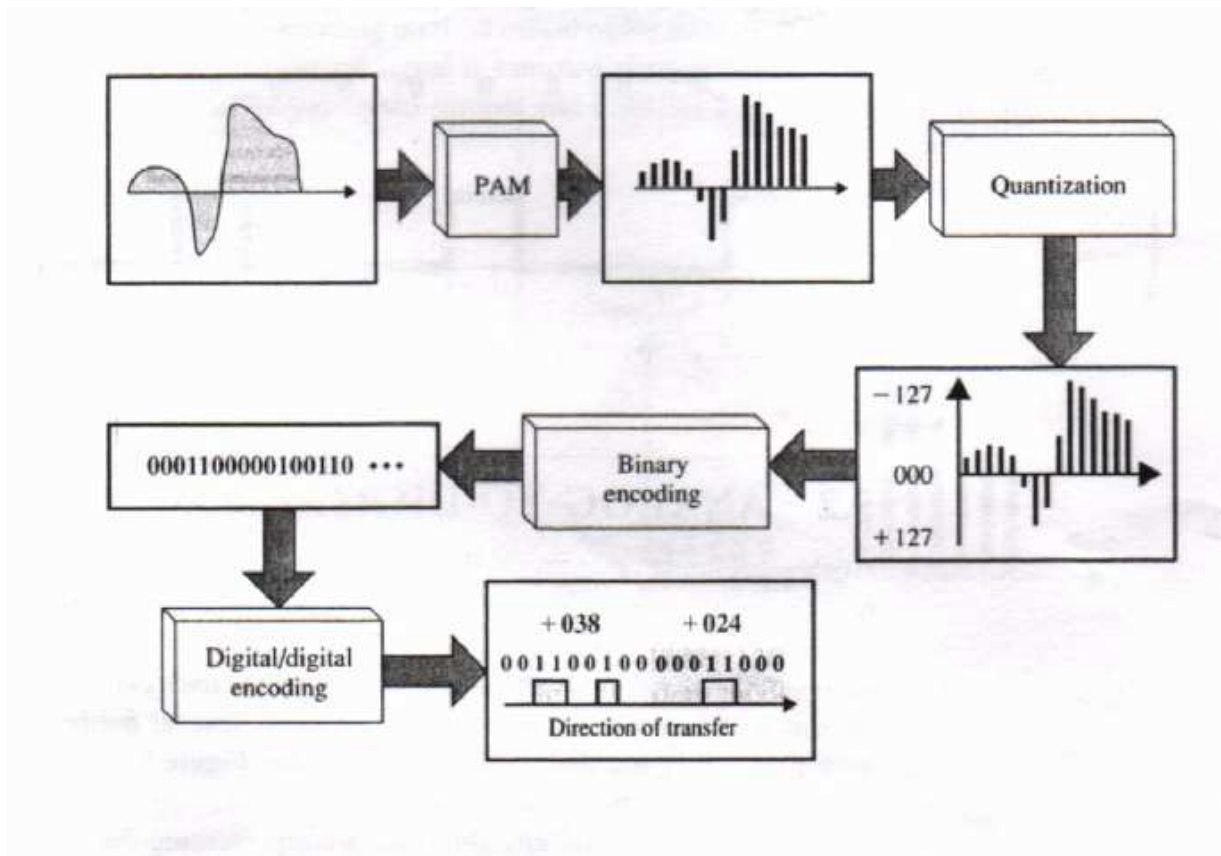
# Característica de 13 segmentos completa (Ley A)





PCM se construye actualmente a través de 4 procesos separados: PAM, cuantificación, codage digital-digital. La figura 6 muestra el proceso entero en forma de gráfico. PCM es el método de prueba usado para digitalizar la voz en la transmisión de línea-T en los sistemas de telecomunicaciones en América del Norte.

Figura 6 De señal analógica a código digital PCM

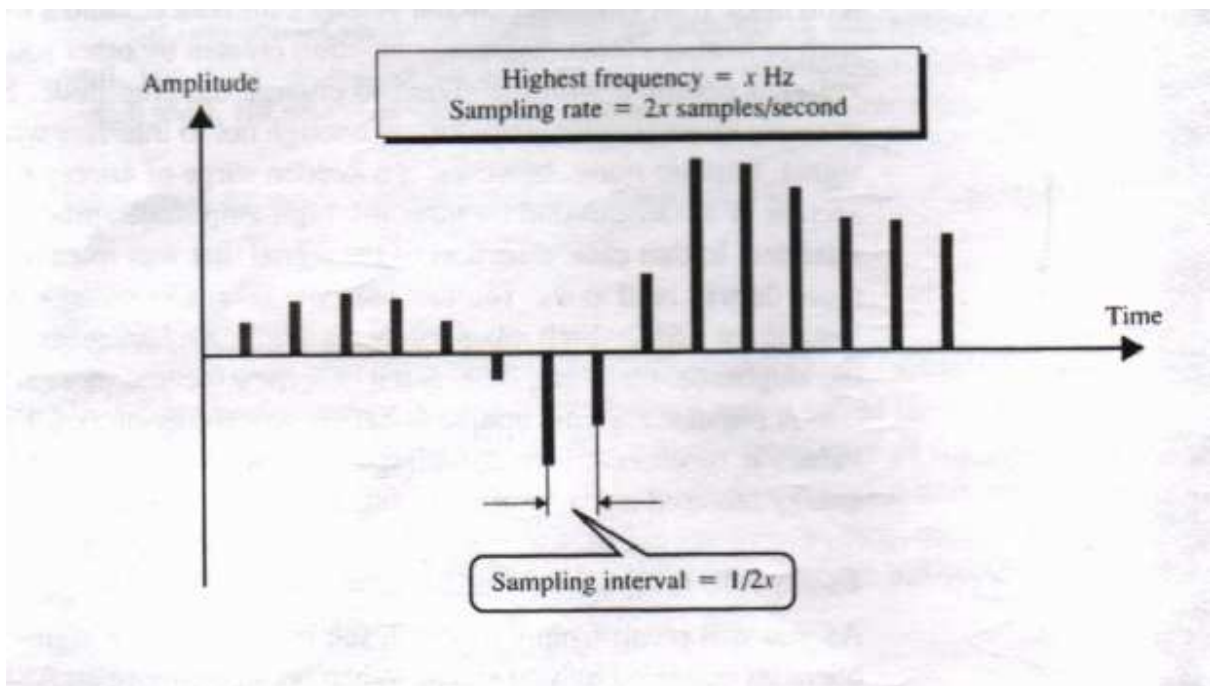


### Tasa de Prueba

Como se puede ver a partir de las figuras anteriores, la exactitud de la reproducción digital de una señal analógica depende del número de pruebas tomadas. Usando PAM y PCM se puede reproducir una onda con exactitud si se toman una infinidad de pruebas, o se puede reproducir de forma más generalizada si se tomas 3 pruebas. La cuestión es: ¿cuántas muestras son suficientes?.

Actualmente , se requiere poca información para la reconstrucción de señal analógica. En lo referente al Teorema de Nyquist, para asegurarse que la reproducción exacta de una señal analógica original usando PAM, la tasa de prueba debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal original. De este modo, si deseamos hacer muestra con la información de voz de un teléfono que tiene como frecuencia máxima 3300 HZ, la tasa de muestra debe ser de 6600 pruebas/s. En la práctica, actualmente se toman 8000 muestras para compensar las imperfecciones del proceso.

Figura 7 Teorema de Nyquist



## TERMINOS IMPORTANTES

### PCM (PULSE CODE MODULATION)

Modulación por código de impulsos.- Es un proceso digital de modulación para convertir una señal analógica en un código digital. La señal analógica se muestrea, es decir, se mide periódicamente. En un convertidor analógico/digital, los valores medidos se cuantifican, se convierten en un número



binario y se descodifican en un tren de impulsos. Este tren de impulsos es una señal de alta frecuencia portadora de la señal analógica original.

### **PCM BINARY CODE**

Código binario PCM.- Un código de impulsos en el que los valores cuantificados son identificados por números tomados en orden. Este término no debe emplearse para transmisión por líneas.

### **PCM MULTIPLEX EQUIPMENT**

Equipo múltiplex PCM.- Un equipo para derivar una señal digital simple, a una velocidad de dígitos definida, de dos o más canales analógicos mediante una combinación de modulación por código de impulsos y un multiplexado por división de tiempo (multiplexor) y también para realizar la función inversa (demultiplexor). La descripción debe ir seguida de una velocidad de dígitos binarios equivalente; p. ej., equipo múltiplex PCM de 2.048 kbit/s.

La frecuencia de muestreo es 8 KHz en todo el mundo

<b>Nivel</b>	<b>Canales</b>	<b>Nombre</b>	<b>Norteamérica</b>	<b>Japón</b>	<b>Resto Mundo</b>
0	1	E0	<b>0,064</b>	<b>0,064</b>	<b>0,064</b>
1	24	T1 o DS1	<b>1,544</b>	<b>1,544</b>	
1	30	E1			2,048
2	96	T2 o DS2	6,312 (4xT1)	6,312 (4xT1)	
2	120	E2			8,448 (4xE1)
3	480	E3		32,064 (5xT2)	<b>34,368 (4xE2)</b>
3	672	T3 o DS3	<b>44,736 (7xT2)</b>		
3	1440	J3		97,728 (3xE3)	
4	1920	E4			139,264(4xE3)
4	2016	T4 o DS4	274,176(3xT3)		