Capítulo

1 Iniciación a la telefonía

Introducción

En el presente tema se presenta la problemática asociada a la transmisión de los sonidos, haciendo referencia a las cualidades físicas de éstos.

Por otra parte, se justifica el ancho de banda utilizado en las líneas telefónicas analógicas convencionales, demostrando que es suficiente un pequeño espectro de frecuencia para transmitir conversaciones telefónicas con una calidad más que suficiente.

Contenido

1.1. Circuito telefónico básico
1.2. Objetivos de los sistemas telefónicos
1.3. Cualidades de los sonidos
1.4. Banda transmitida por el canal vocal
Ejercicios

Objetivos

- *Conocer e identificar las partes básicas que componen un circuito telefónico simple.*
- *Familiarizarse con conceptos básicos empleados en telefonía, tales como logátomo, bobina de inducción, línea de transmisión, banda transmitida, distorsión de la señal telefónica, etc.*
- *Estudio de las cualidades de los sonidos. Sonidos puros y sonidos complejos.*
- *Entender qué es la intensidad, el tono y el timbre de los sonidos.*
- *Comprender qué es la zona de audibilidad, curva del umbral de audibilidad y curva de sensación de dolor.*
- *Determinar la banda transmitida por el canal vocal.*

1.1 Circuito telefónico básico

Los circuitos telefónicos se componen de forma muy elemental de los elementos que se muestran en la figura 1.1. En dicho esquema se representa un simple circuito telefónico unidireccional.

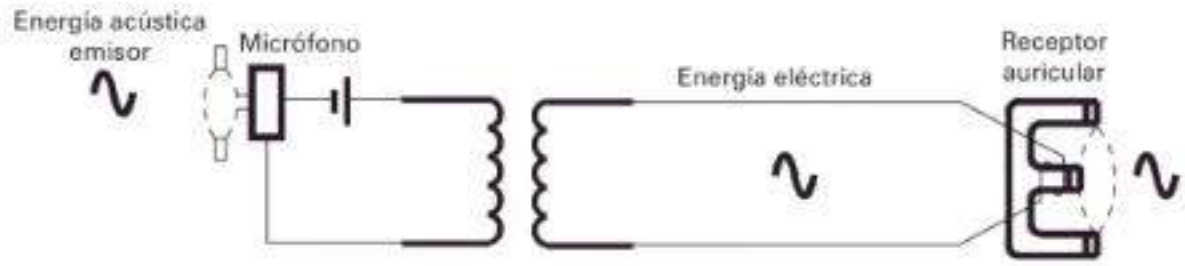


Figura 1.1. **Circuito telefónico básico.**

El circuito se compone de micrófono, auricular, batería, transformador y línea de transmisión; todo el conjunto hace posible la transmisión de los sonidos a través del conjunto formado.

Su funcionamiento grosso modo es el siguiente: la información a transmitir es convertida mediante el micrófono en energía eléctrica que varía proporcionalmente a la señal acústica, a través del transformador (bobina de inducción), que adapta las impedancias del teléfono emisor a la impedancia de la línea de transmisión, se inyecta la señal a la línea de transmisión que viaja hasta el auricular receptor, el cual convierte la energía eléctrica en energía acústica directamente audible.

Se puede observar que la problemática asociada a la transmisión de la voz por la línea es doble, por esto se tratará desde dos aspectos totalmente diferentes, por un lado se atenderá a las cualidades físicas de los sonidos y por otra a la transmisión-propagación de la energía eléctrica por las líneas de transmisión.

Sabías que:

La parte más costosa del sistema telefónico es precisamente la que menos equipamiento de telecomunicaciones implica, esto es, la estructura física que forma la red de abonado, es decir el cableado de pares de cobre que une nuestra casa con las centrales de conmutación locales.

Esto se debe a que existen multitud de pares de cobre (uno o varios por domicilio) que encarecen notablemente la red.

1.2 Objetivos de los sistemas telefónicos

Como es obvio, el principal objetivo es **comunicar** entre sí a dos o más usuarios con una calidad suficiente independientemente del lugar donde se encuentren y con el mínimo coste económico para las partes implicadas.

El proceso de comunicación podría dividirse grosso modo en dos grandes fases, la **fase de transmisión** y la **fase de conmutación**; la primera de ellas hace referencia a la inteligibilidad de la comunicación y la segunda al establecimiento y supervisión de ésta.

1.2.1. Inteligibilidad de las comunicaciones telefónicas

Para cuantificarla se utiliza los **logátomos**, que son sonidos simples que carecen de significado.

La medida de éstos se conoce como **inteligibilidad de los logátomos** y es totalmente subjetiva. Para realizarla se sitúa a dos personas en los extremos del circuito telefónico, el emisor pronuncia una serie de logátomos y el receptor debe anotar los logátomos que recibe; de los emitidos y recibidos que coinciden entre sí, se calcula un porcentaje

© ITES-PARANINFO

de calidad de la línea de transmisión. Para minimizar el grado de subjetividad, esta prueba es efectuada por varias personas y de los resultados se obtiene un porcentaje total de calidad del circuito.

Actividad de Aplicación 1

Se hará una prueba del sistema de medida de calidad explicado hasta el momento, para esto se escogerá a una persona que será la encargada de leer en voz alta un listado logátomos, que previamente habrá confeccionado con la ayuda del profesor; dicho listado tan solo debe ser conocido por la persona encargada de leerlo.

El grupo se alejará unos metros del encargado de repetir los logátomos y apuntará los que entienda. Ojo, es importante que no se miren los datos que apunten el resto de compañeros.

Una vez anotados la totalidad de los logátomos el grupo se volverá a alejar unos metros más de la fuente de sonido y se volverá a repetir la operación.

Se propone alejarse de 10 en 10 metros hasta que no se entiendan los logátomos leídos.

Una vez tomados los datos, se entregará a cada uno de los alumnos el listado con los logátomos originales para de esta forma establecer de forma individual los porcentajes de aciertos y errores.

El objetivo de la prueba es determinar cómo se degrada la calidad de la comunicación a medida que nos alejamos de la fuente de sonido y hasta qué punto el sistema es subjetivo, ya que cada uno de los alumnos obtendrá porcentajes de calidad totalmente diferentes del resto de compañeros.

Las dos características básicas de la inteligibilidad son la **sonoridad** (potencia con que se escucha el mensaje) y la **nitidez**, en la cual influyen multitud de parámetros, entre los cuales se encuentran la **banda efectivamente transmitida, el ruido y la distorsión de la señal transmitida.**

1.3 Cualidades de los sonidos

Aunque en la actualidad el sistema telefónico transmite múltiples tipos de información, tales como señales de datos, de vídeo, etc., básicamente está diseñado para la transmisión de sonidos vocales, es decir las ondas de presión sonora que nos producen una sensación de audibilidad.

Como se puede observar en la figura 1.2, tenemos dos tipos de sonidos básicos, los **sonidos complejos**, formados por la adición de multitud de señales sinusoidales de frecuencias diferentes, la voz humana sería un ejemplo de éstos, y los **sonidos puros**, que se componen de una sola frecuencia básica, por ejemplo una onda senoidal de frecuencia única.

Las cualidades principales de los sonidos son la **intensidad, el tono y el timbre**. El área representada en la figura 1.2 sería la **energía o intensidad del sonido**; el máximo de frecuencia sería el **tono del sonido** y la forma de la curva sería el **timbre del sonido.**

© ITES-PARANINFO

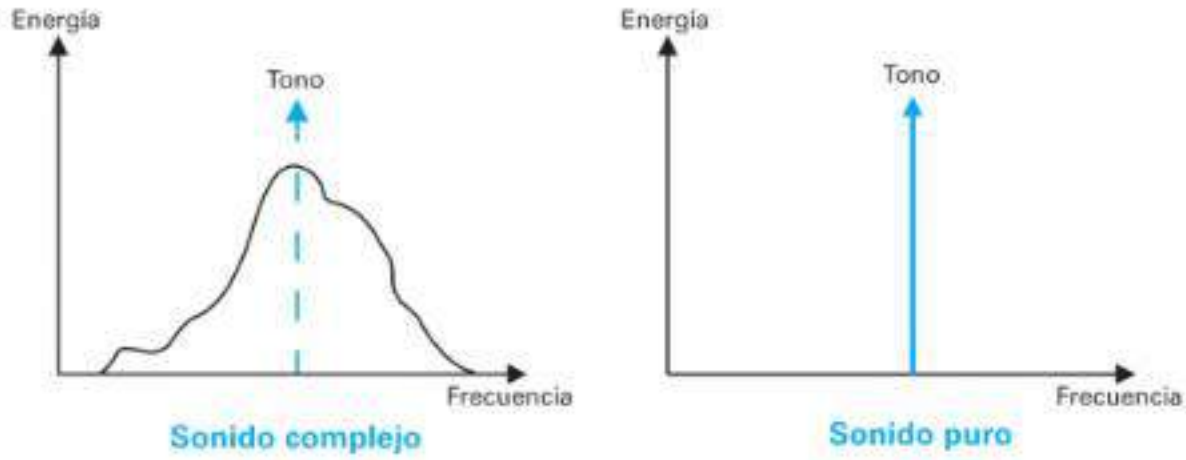


Figura 1.2. Espectro de un sonido complejo y puro.

Las voces humanas son sonidos complejos comprendidos en un margen de frecuencias que van desde los 100 Hz a los 9.500 Hz, aunque nuestro margen de audición es mucho mayor, ya que se extiende desde los 20 Hz a los 20.000 Hz.

Sabías que:

Es difícil determinar los márgenes de audibilidad superior e inferior, ya que para saber si percibimos los sonidos se debe aumentar tanto la potencia que llegamos a límites dolorosos con incluso rotura de tímpanos.

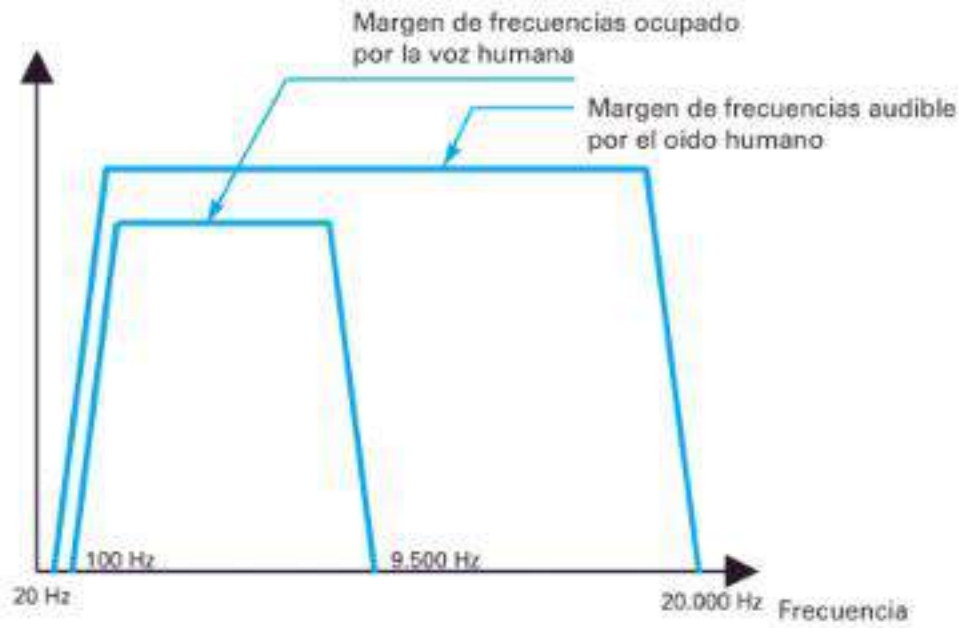


Figura 1.3. Espectro de frecuencias audible por el oído humano y ocupado por la voz.

1.3.1. Energía de los sonidos y zona de audibilidad

Para que sean audibles, los sonidos deben cumplir con dos requisitos, uno es que estén comprendidos dentro de la banda de frecuencia audible, desde los 20 Hz a los 20.000 Hz, y otro que sobrepasen una determinada energía; a mayor energía del sonido mayor es nuestra sensación de sonoridad.

La energía de los sonidos que emitimos al hablar es máxima en las frecuencias más bajas de la voz, en torno a los 200 Hz, y suele ser del orden de los 10 µW (es por esto que las voces graves nos producen una mayor sensación de sonoridad). Esta energía está contenida en mayor proporción en las vocales que en las consonantes, ya que las vocales tienen una frecuencia comprendida entre los 200 y los 3.000 Hz y las consonantes una frecuencia mayor; no obstante para la inteligibilidad de las comunicaciones las consonantes tienen mayor importancia.

© ITES-PARANINFO

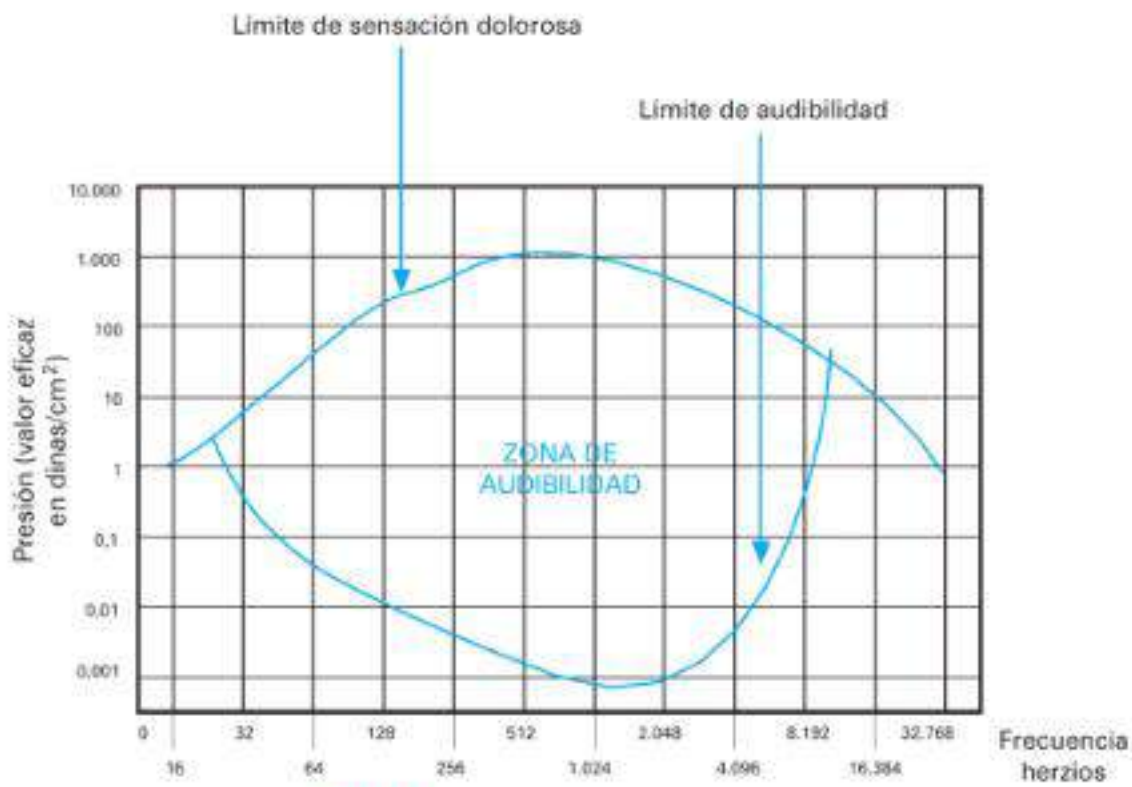


Figura 1.4. Zona de audibilidad del oído humano.

El gráfico de la figura 1.4 muestra la zona de audibilidad del oído humano, en ella se aprecian dos curvas denominadas **curva del umbral de audibilidad y curva de sensación de dolor**, la zona que queda fuera de las curvas representa los sonidos que no son perceptibles por nuestro oído.

La **zona de audibilidad** se podría descomponer en unos 300.000 cuadrados elementales, cada uno de estos cuadrados representaría sonidos distinguibles entre sí por nuestro oído, es decir seríamos capaces de distinguir entre 300.000 sonidos elementales diferentes; si los sonidos son complejos seríamos capaces de distinguir muchos más.

1.4 Banda transmitida por el canal vocal

En el sistema telefónico no se transmiten todas las frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y los 20 kHz audibles, ya que esto supondría un ancho de banda excesivo (20.000 Hz – 20 Hz = 19.980 Hz), lo cual aumentaría los problemas relativos a la transmisión y el coste por circuito telefónico, es decir disminuiría la eficacia de los mismos. Además, las propias limitaciones de los micrófonos y receptores, entre otros elementos que componen la línea telefónica, hacen que la utilización de una banda muy ancha de transmisión no sea efectiva, ya que se ve disminuida por dichas limitaciones.

Para determinar el ancho de banda a transmitir se utiliza el parámetro **inteligibilidad de los logátomos**, descrito anteriormente.

La figura 1.5 muestra la inteligibilidad de éstos si aplicamos en la línea de transmisión un filtro paso alto o un filtro paso bajo. En ella se puede observar que para una inteligibilidad del 80%, basta con transmitir las frecuencias inferiores a 2.100 Hz o las superiores a 1.500 Hz.

Como hemos dicho anteriormente la energía contenida en los sonidos se concentra en mayor medida en las vocales, que son de frecuencia más baja que las consonantes, de esta forma si transmitiésemos la banda de frecuencia superior (por encima de 2.100 Hz)

© ITES-PARANINFO

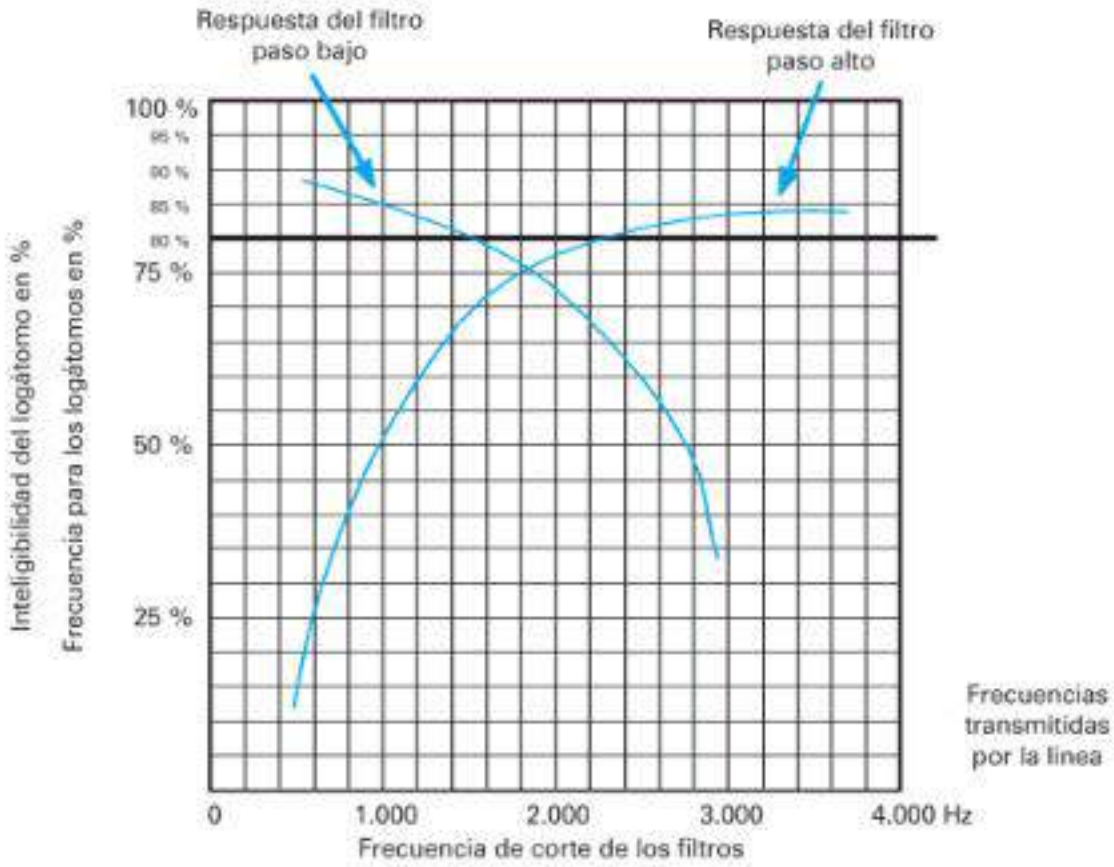


Figura 1.5. Banda transmitida por el canal telefónico.

y suprimiésemos las frecuencias inferiores, disminuiríamos la energía total, lo cual haría que la señal enviada fuese perturbada por los ruidos.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones en telefonía ordinaria, es suficiente con transmitir una banda de frecuencias comprendida entre **300 Hz y 3.400 Hz**, obteniendo así una inteligibilidad de los logátomos del 90%.

Ejercicios

1.1 Dibuja un esquema donde sitúes los elementos básicos de un circuito telefónico explicando la función grosso modo de cada uno de ellos.

1.2 ¿Qué son los logátomos y para qué se utilizan?

1.3 ¿Cuál es el principal problema que conlleva el uso de los logátomos para evaluar la calidad de las líneas telefónicas?

1.4 Reúne información acerca de cómo se mide el grado de calidad de las líneas telefónicas en la actualidad.

1.5 Define las principales cualidades de los sonidos.

1.6 Dibuja el espectro de un sonido formado por una onda sinusoidal de frecuencia 1 kHz. ¿Cómo quedaría si se suman dos sinusoides de 1 kHz y 2 kHz?

1.7 ¿Dónde está contenida la mayor parte de la energía de los sonidos que se emiten al hablar en una conversación?

1.8 ¿Cómo se denomina la curva de la zona de audibilidad que representa los sonidos que podemos oír de menor energía? ¿Y la curva que representa los sonidos que podemos oír de mayor energía?

1.9 Representa el ancho de banda audible para el ser humano y el ancho de banda que es capaz de transmitir la línea telefónica.

© ITES-PARANINFO

Capítulo

2 Sistema telefónico

Introducción

La palabra telefonía viene de tele (lejos) y fonía (sonidos), por lo tanto se puede definir la telefonía como la técnica de transmisión de sonidos a largas distancias.

Dentro de esta ciencia se incluyen todos los procedimientos empleados para la transmisión y recepción de estos sonidos, que deben ser transportados desde el punto origen al punto destino con el mínimo deterioro posible.

Aunque la técnica ha evolucionado notablemente desde los orígenes hasta la actualidad, la base continúa siendo la misma, se envían señales eléctricas desde un equipo emisor, a través de un medio de transmisión, hasta un receptor que convierte estas señales eléctricas en sonidos.

Contenido

2.1. Inicios de la telefonía
2.2. Desarrollo técnico
2.3. Esquema de funcionamiento del teléfono
Ejercicios

Objetivos

- *Entender la evolución del terminal telefónico y comprender que básicamente el principio de funcionamiento es igual que el actual, a pesar de que han transcurrido más de 100 años desde el desarrollo del primer dispositivo telefónico.*
- *Familiarizarse con las señales empleadas en el sistema telefónico analógico actual.*
- *Ser capaces de detallar las diferentes partes de los terminales telefónicos.*
- *Entender el funcionamiento de un equipo de telefonía analógico; para esto se estudiará un esquema electrónico real y se relacionará el funcionamiento de éste con las señales eléctricas presentes en la línea de transmisión telefónica.*

2.1 Inicios de la telefonía

A mediados del siglo XIX los telégrafos formaban los únicos sistemas de comunicaciones a largas distancias. Para transmitir los mensajes utilizaban la codificación en morse, que constituía un método eficaz y simple para la transmisión de información a largas distancias.

No obstante y a pesar del buen funcionamiento y la aceptación con que gozaba el sistema, se sentía la necesidad de transmitir directamente la voz humana.

En el año 1854 se comenzó a plantear la posibilidad de transmitir la voz a través de un circuito eléctrico, pero no fue hasta 1876 cuando Graham Bell (tras diputar la patente del invento con otros científicos de la época) construyó el primer teléfono capaz de transmitir la voz humana con suficiente calidad.

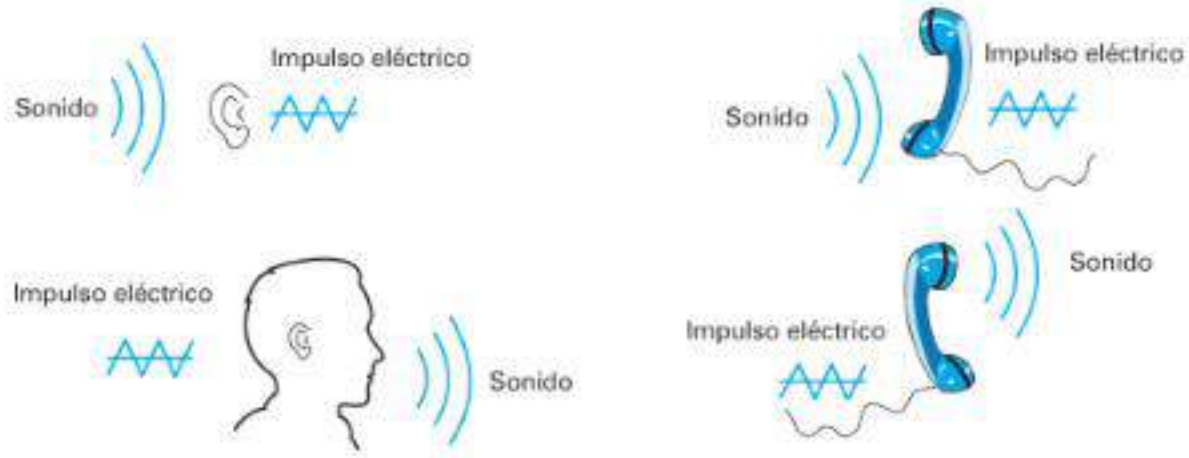


Figura 2.1. Equivalencia entre la comunicación humana y el sistema telefónico.

Sabías que:

El conjunto telefónico inventado por Bell estaba formado concretamente por un sistema emisor, un sistema receptor y un cable de conexión, un esquema simple del conjunto puede verse en la figura 2.2.

El emisor y el receptor eran idénticos y contenían un diafragma metálico, un núcleo ferromagnético de hierro dulce dentro de una bobina atravesada por una corriente eléctrica y un generador de corriente continua.

Las vibraciones sonoras provenientes de la voz hacían vibrar la membrana modificando el flujo magnético de la bobina, esto provocaba variaciones en la corriente eléctrica circulante directamente proporcionales a las vibraciones de la membrana.

Figura 2.2. Esquema del primer circuito telefónico.

La corriente eléctrica viaja a través de los hilos de transmisión hasta el receptor, donde ocurre el proceso inverso, es decir se modifica el flujo magnético de la bobina receptora, con lo que vibra la membrana metálica y se reproduce el sonido original.

© ITES-PARANINFO

El modelo propuesto imita a la comunicación humana, es decir, en el emisor se generan señales eléctricas desde el cerebro que hacen vibrar las cuerdas vocales. Estas vibraciones se propagan por el aire y hacen vibrar la membrana del tímpano receptor que las transforma en impulsos eléctricos, los cuales son enviados al cerebro.

En el sistema telefónico las vibraciones producidas por las cuerdas vocales hacen vibrar una membrana, la cual induce estas vibraciones en otra membrana situada en un lugar remoto con lo que se reproduce el sonido original.

2.2 Desarrollo técnico

El modelo telefónico original expuesto anteriormente funciona aunque presenta grandes limitaciones; una de éstas es que no cuenta con dispositivos para la recepción y emisión de llamadas, por esto se incluyó el timbre como dispositivo de recepción y la magneto como emisor de llamadas.

La magneto no es más que una espira (unida a una manivela) dentro de un campo magnético generado por un imán permanente. Al girar la manivela se genera una corriente alterna que hace sonar el timbre del aparato distante con el que se desea comunicar.

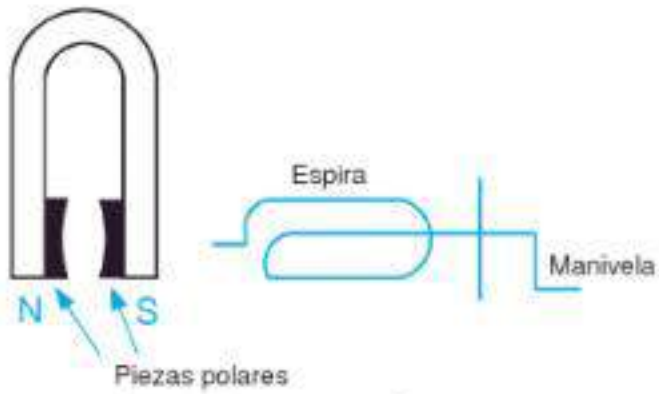


Figura 2.3. Componentes de una magneto.

Por otro lado, a medida que el número de usuarios iba en aumento, se necesitaban sistemas para indicar con qué abonado se deseaba comunicar. Por esto se dotó a los teléfonos de un sistema conmutador que permitía seleccionar uno o varios circuitos hacia otros usuarios.

Esto se hacía de forma manual insertando la clavija en la posición correspondiente y estableciendo un circuito con el destino. Acto seguido se giraba la manivela, con lo que se actuaba sobre la magneto generando una corriente alterna de llamada que hacía sonar el timbre del receptor seleccionado.

El problema de este sistema era que todos los usuarios estaban unidos con todos, lo cual era caro y poco práctico.

Para evitar este inconveniente, se instalaron las primeras centrales de conmutación, manuales en un principio, pasando posteriormente a ser automáticas; de esta forma sólo se necesita tener una línea que una a cada teléfono con su central.

2.2.1. Descripción del equipo telefónico actual

Los teléfonos son dispositivos que han sufrido grandes avances, por lo que en la actualidad están formados casi exclusivamente por sistemas electrónicos, pero se puede

Sabías que:

En la actualidad casi la totalidad de las señales eléctricas que intervienen en las diferentes fases de una comunicación telefónica son generadas por las centrales de conmutación.

Algunas de estas señales son los tonos de línea disponible, línea ocupada, señal de llamada, etc.

El resto de señales presentes en las líneas son generadas en el terminal telefónico.

Sabías que:

Al aparecer las primeras centrales de conmutación telefónica surgió el concepto de compañía de explotación del servicio telefónico.

© ITES-Paraninfo

afirmar que todos los terminales disponen de los siguientes elementos: micrófono y receptor, elementos de producción y recepción de llamadas y otros elementos auxiliares que pueden variar.

Antes de proseguir es conveniente conocer las señales presentes en la línea telefónica analógica, pues esto nos ayudará a comprender posteriormente el porqué de los diferentes componentes del teléfono.

2.2.2. Señales presentes en la línea

En la línea está presente una corriente continua de 48 V que se utiliza para alimentar al aparato telefónico, para modular la señal proveniente de la voz y para la detección (por parte de la central telefónica) del descuelgue del auricular del teléfono de usuario.

Algunas de las señales presentes en la línea

Tono de llamada. Al descolgar el aparato, se superpone a la corriente continua de 48 V una frecuencia de 400 Hz que es el tono de invitación a marcar.

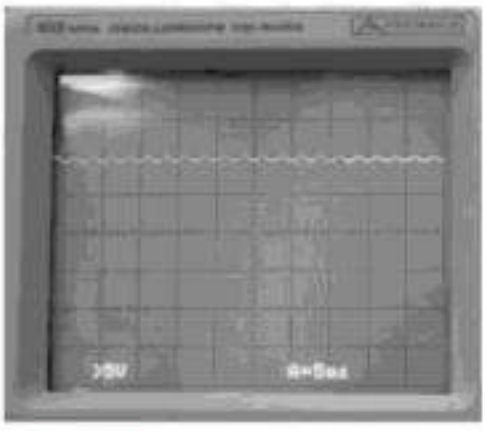


Figura 2.4. Tono de invitación a marcar.

Impulsos de marcación. Están presentes cuando el usuario marca el número destino. Estas señales pueden ser pulsos o tonos, los primeros corresponden a los teclados decádicos (envían de 1 a 10 pulsos), los tonos corresponden a teclados multifrecuencia (envían combinaciones de dos frecuencias diferentes).

Figura 2.5. Tono equivalente al nº 3.

La figura 2.6 nos muestra los pulsos emitidos por el sistema decádico.

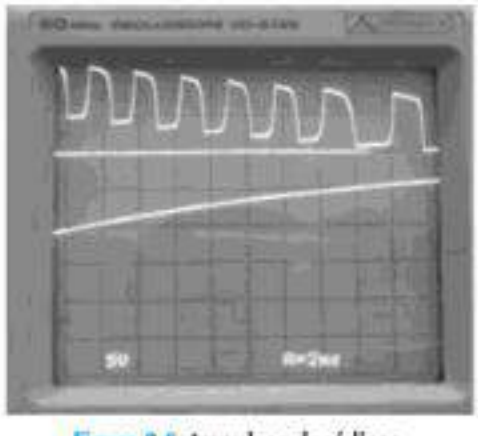


Figura 2.6. Impulsos decádicos.

Transmisión de la voz. Por la línea viaja la corriente proporcional a la voz superpuesta a la corriente continua.

Figura 2.7. Corriente correspondiente a la voz.

© ITES-PARANINFO

Estas señales en unos casos son generadas por el propio teléfono y en otros se generan en la propia central de conmutación.

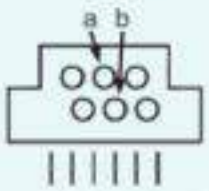
Actividad de Aplicación 1

En este ejercicio se pretende visualizar las diferentes señales que recorren la línea telefónica.

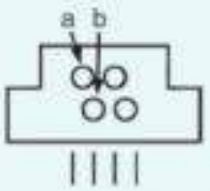
Para obtener las señales utilizaremos como central de conmutación una de las centralitas telefónicas analógicas del laboratorio de telefonía.

Para extraer las señales utilizaremos un latiguillo RJ 45 con uno de sus extremos libres, que conectaremos a una de las extensiones de la central.

De todos los cables conectados al conector RJ 45 (mediante la correspondiente grimpadora), tan sólo tendrán señal los que estén conexionados a los pines centrales a y b, ya que se trata de un sistema analógico.

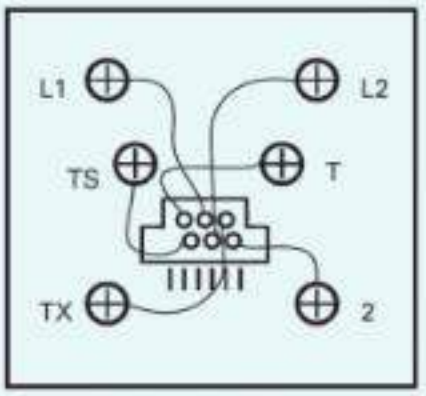


Conector RJ 11 de 6 vías



Conector RJ 11 de 4 vías

El latiguillo se conectará por el extremo de RJ 45 a una de las extensiones de la central y por el otro extremo a los tornillos de una roseta, marcados como L1 y L2 en el dibujo siguiente.



En el conector RJ de la roseta se conectará un terminal telefónico (marcación decádica y multifrecuencia) y a los tornillos indicados anteriormente se conectará un osciloscopio.

Mediante este montaje es posible extraer las señales telefónicas, aunque éstas no se corresponderán exactamente a las presentes en la red de telefonía pública, ya que nuestra central es privada y generará niveles de tensión algo diferentes.

2.2.3. Componentes del teléfono

El terminal telefónico que utilizamos en la actualidad se compone grosso modo de los componentes que se exponen a continuación.

© ITES-PARANINFO

2.2.3.1. Elemento transmisor: micrófono

El micrófono tiene la función de convertir los sonidos en variaciones de corriente.

Esta conversión se puede realizar de diversas formas y por esto tenemos diferentes tipos de micrófono, por ejemplo existen micrófonos de cinta, de cristal, de condensador, de carbón, etc. Pero por su amplia utilización en los sistemas telefónicos tan sólo se verán en detalle los micrófonos de carbón:

Micrófono de carbón: está constituido por un recipiente que contiene granos de carbón (granalla de carbón); este conjunto está tapado por una membrana. El sonido hace vibrar la membrana y estas variaciones producen deformaciones en la granalla que al cambiar su forma, modifica su resistencia eléctrica, variando de esta manera la corriente que la atraviesa.

Este tipo de micrófono es menos fiel que los citados anteriormente, pero para el margen de frecuencias en el cual se transmite la voz (300 a 3.400 Hz) la fidelidad es más que suficiente. Su gran ventaja es que produce unas señales eléctricas lo suficientemente grandes como para no ser necesaria una amplificación posterior.

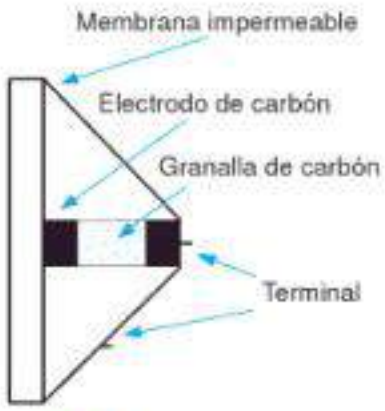


Figura 2.8. Cápsula microfónica.

El micrófono que tienen los teléfonos se constituye de tres partes fundamentales: la membrana, la granalla y los electrodos. Un electrodo se apoya en la granalla y el otro en la membrana. Figura 2.8.

La granalla va metida en una pequeña cavidad en cuyo fondo se encuentra el otro electrodo. Esta granalla está sin comprimir, por lo que sólo mantiene entre sí pequeños puntos de contacto. Figura 2.9.

Cuando la granalla se comprime por el efecto de las vibraciones de la voz, la superficie de contacto aumenta y la resistencia disminuye al tener la corriente eléctrica más puntos por donde circular. Figura 2.10.

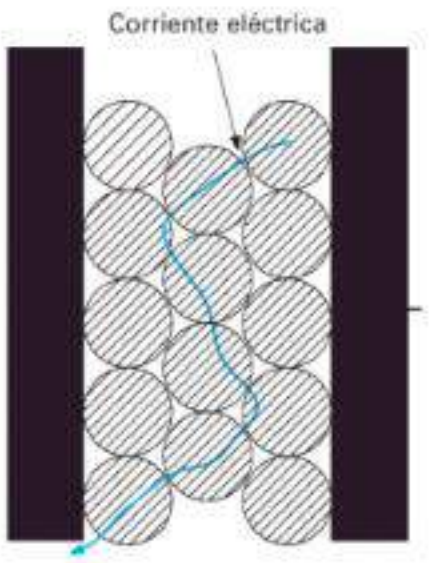


Figura 2.9. Granalla sin comprimir. Mantiene pequeños puntos de contacto.

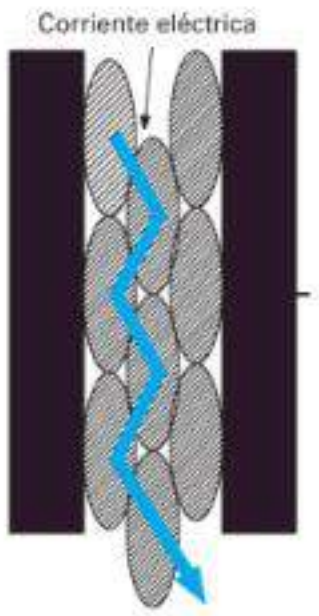


Figura 2.10. Granalla comprimida. Tiene mayor superficie de contacto.

Sabías que:

Aunque el micrófono de carbón descrito ofrece una muy baja calidad de sonido y su ancho de banda es muy estrecho, es totalmente apto para la transmisión de la voz, ya que tan sólo es necesario un ancho de banda de 3.100 Hz para la transmisión de conversaciones telefónicas.

Aparte de estos micrófonos los teléfonos pueden equipar otros con un funcionamiento totalmente diferente.

Cuando cesa la presión, la granalla vuelve a quedar más suelta, disminuyendo los puntos de contacto, de esta forma se produce una corriente eléctrica variable dependiente de las variaciones de la voz.

© ITES-PARANINFO

Actividad de Aplicación 2

Busca información acerca de los diferentes tipos de micrófono que podrían utilizarse en los terminales telefónicos.

Elabora un informe con las características más relevantes de cada uno de ellos y establece una comparativa de precios.

Por último, justifica la elección de un modelo u otro para un uso telefónico teniendo en cuenta los rangos de frecuencias a los que van a trabajar.

2.2.3.2. Elemento receptor de voz: auricular

Su misión es la de convertir la energía eléctrica del emisor en energía sonora; esto debe hacerse lo más fielmente posible. Obviamente, el objetivo de los auriculares telefónicos es reproducir con la máxima calidad los márgenes de frecuencia en los cuales se encuentra comprendida la voz humana, por lo tanto con que se reproduzcan fielmente frecuencias hasta 3.400 Hz es suficiente.

El esquema del receptor es el siguiente:

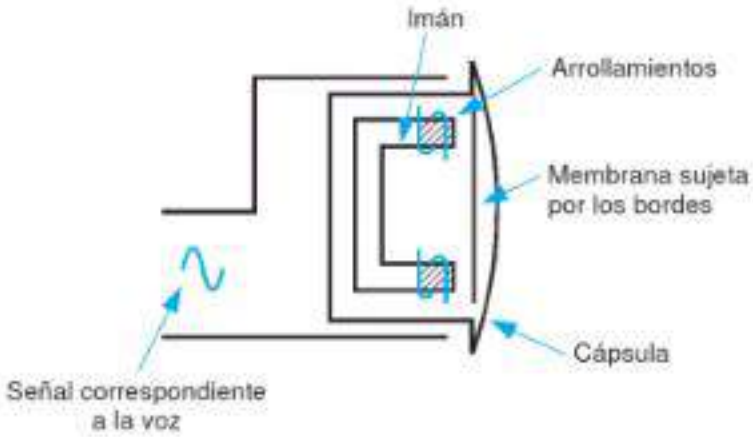


Figura 2.11. Receptor.

Se compone de los siguientes elementos:

a) Imán cuyos extremos sirven de núcleos a un arrollamiento. Cada uno de ellos se arrolla en un sentido diferente de forma que al pasar por ellos una corriente eléctrica refuerza o debilita el campo magnético del imán.

b) Membrana magnética cercana a los polos del imán pero sin tocarlos; esta membrana por efecto del imán está forzada hacia dentro. Al llegar una corriente eléctrica variable, el campo magnético del conjunto variará proporcionalmente a la corriente recibida, de esta forma unas veces atraerá o soltará a la membrana cuyos movimientos reproducirán la voz original.

c) Cápsula que contiene a todo el conjunto (imán, arrollamientos y membrana).

2.2.3.3. Elemento receptor de llamada: timbre

Es el elemento que permite a los usuarios advertir que reciben una llamada; el elemento más sencillo es el timbre.

© ITES-PARANINFO

Figura 2.12. Clásico timbre telefónico.

Consta de dos bobinas que se atornillan sobre uno de los polos de un imán permanente que proporciona un flujo magnético que se cierra a través de la armadura y los núcleos de las bobinas.

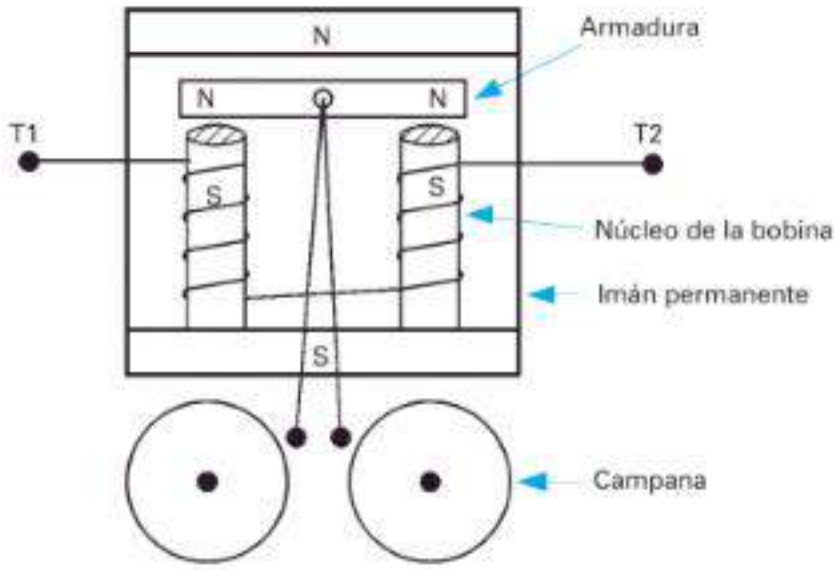


Figura 2.13. Esquema de timbre de corriente alterna.

Sabías que:

En la actualidad no es necesario emplear timbres como los descritos en puntos anteriores.

Mediante sistemas detectores de señal de llamada incorporados al terminal telefónico, se puede activar un circuito generador de tonos mediante el cual es posible disponer de cualquier tipo de señal de aviso de llamada que no tiene necesariamente por que ser el clásico RING telefónico.

Al llegar la corriente alterna de llamada (señal de 25 Hz), se crea un flujo opuesto en cada una de las bobinas, con semiciclo positivo; el flujo generado en una de las bobinas atraerá a la armadura, en consecuencia, el flujo magnético contrario generado en la otra bobina la repelerá, esto originará el basculamiento y por lo tanto un golpe del martillo, que está unido a esta armadura en la campana correspondiente.

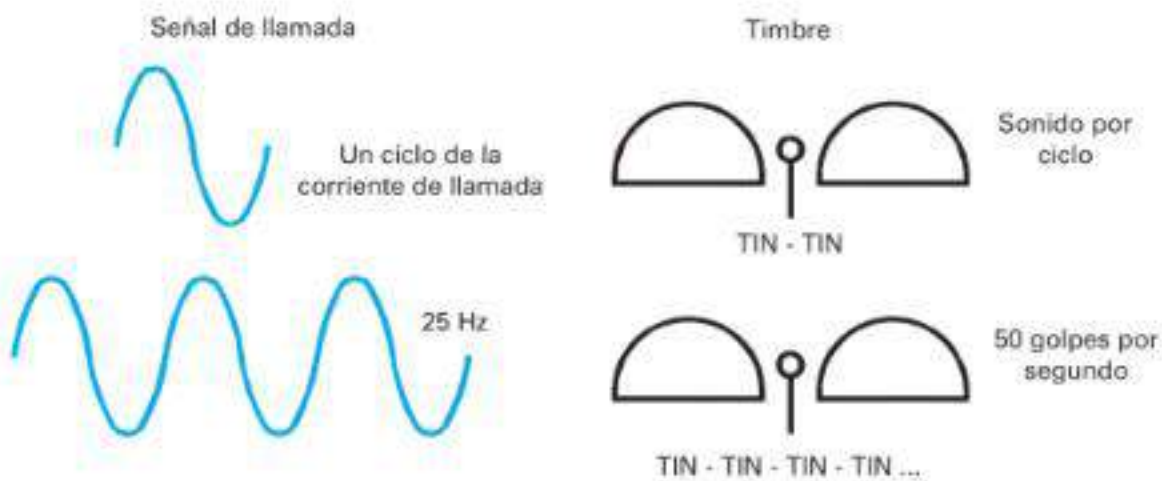


Figura 2.14. Secuencia de un timbre.

Cuando esta corriente se invierta, en el semiciclo siguiente, ocurrirá lo contrario, es decir, cambiará el flujo magnético en las bobinas y la armadura basculará en sentido contrario, golpeando el martillo en la otra campana.

2.2.3.4. Elemento separador del circuito microfónico: bobina de inducción o transformador de línea

Básicamente es un transformador con un arrollamiento primario y otro secundario, y en esencia tiene tres cometidos:

- Adaptar las impedancias del teléfono a la línea.

© ITES-PARANINFO

- Modificar la tensión que sale del auricular.
- Aislar la corriente continua presente de la corriente alterna que transporta la información.

La línea telefónica se puede esquematizar en la siguiente figura:

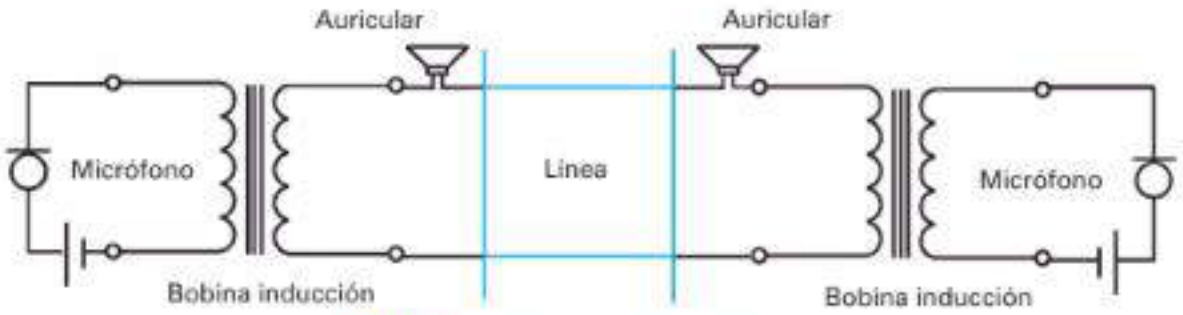


Figura 2.15. Esquema de comunicación telefónica.

La parte izquierda correspondería al equipo telefónico del abonado emisor y la parte derecha al abonado receptor; el emisor y receptor estarían unidos por la línea, que puede tener una gran longitud.

En cada equipo, como podemos apreciar, existe una bobina de inducción; el primario está conectado en serie con el micrófono y el secundario se conecta a la línea.

Como ya sabemos, al hablar se produce una corriente proporcional a la voz que recorre el circuito primario y se induce en el secundario, ocurriendo el proceso contrario en el circuito receptor.

De esta manera la bobina de inducción realiza las siguientes funciones:

a) Adaptador de impedancias

Existe una regla que nos dice que la condición para tener el máximo rendimiento de transferencia de energía entre dos circuitos, uno suministrador de energía eléctrica y otro receptor, es que la impedancia entre ambos sea igual.

La impedancia del circuito microfónico es de unos 24 Ω y la de la línea de unos 600 Ω; para conseguir el óptimo acoplamiento necesitamos la bobina de inducción.

La relación de transformación adecuada es dada por la ecuación de las impedancias:

$$\frac{Z_P}{Z_S} = \left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2$$

Siendo Z_p la impedancia del primario y Z_s la impedancia del secundario. Si se sustituyen sus valores en ambas y despejando tenemos:

$$\frac{24}{600} = \left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 \qquad \frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{24}{600}} = \frac{1}{5} \qquad N_S = 5 \times N_P$$

Por lo tanto, el número de espiras del secundario debe ser 5 veces superior a las del primario.

b) Modificador de tensión

Para llevar a cabo el transporte de la energía eléctrica correspondiente a la voz se utilizan los conductores de las líneas telefónicas. Estos conductores presentan una resisten-

© ITES-PARANINFO

cia proporcional a su longitud, que por el efecto Joule produce unas pérdidas en forma de calor que se expresan:

$$Q = 0{,}24 \times R \times I^2 \times t$$

1 Julio = 0,24 calorías

Como se aprecia en la anterior expresión las pérdidas aumentan con el cuadrado de la intensidad, por lo tanto la manera de reducirlas es aumentando la tensión, de esta forma se produce una disminución de la intensidad necesaria para producir la misma potencia; así se mejora el rendimiento del transporte.

Para conseguir este aumento de tensión nos basamos en la ecuación de las tensiones:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

y según la relación de transformación calculada anteriormente, tendremos en el secundario 5 veces más tensión que en el primario.

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{1}{5} \qquad V_S = 5 \times V_P$$

Naturalmente, por el primario circula una intensidad 5 veces menor que por el secundario.

c) Aislador de la componente continua

Como ya sabemos la información útil la tenemos en forma de corriente alterna. Ésta va modulada sobre una componente continua que debe ser eliminada del circuito microfónico.

Para esto se utiliza también la bobina de inducción, ya que como sabemos no es más que un transformador, el cual se satura para componentes continuas y no las transfiere a su bobinado secundario.

2.2.3.5. Conmutador de gravedad

Cualquier teléfono necesita alimentarse de corriente continua cuando está funcionando, esta corriente generalmente la suministra la central de conmutación.

Cuando no se utiliza el teléfono se debe evitar el flujo de corriente, para esto se dispone de un interruptor denominado de gravedad.

Con el teléfono en la posición de colgado ON-HOOK el interruptor de gravedad se mantiene abierto, por lo que no existe circulación de corriente entre la central y el terminal telefónico, al descolgar el terminal el interruptor se cierra existiendo consumo de corriente eléctrica; este consumo de corriente es detectado por la central de conmutación lo cual se utiliza para el envío de señales de línea y tarificación.

© ITES-PARANINFO

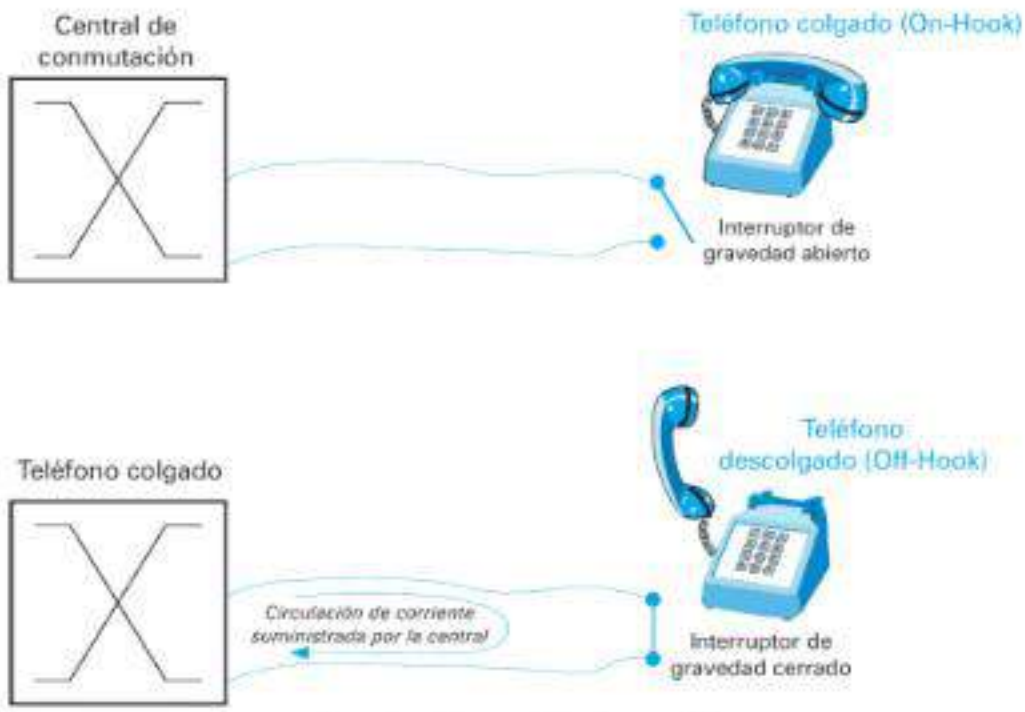


Figura 2.16. **Conmutador de gravedad.**

2.2.3.6. *Elemento de marcación*

Un elemento indispensable en un teléfono es el sistema de marcación, que como ya hemos adelantado puede ser decádica o multifrecuencia; de este modo podemos distinguir los siguientes sistemas de marcación: discos y teclados multifrecuencia.

- **Disco de marcación:** este sistema (actualmente en desuso) consta de un disco rotatorio en el cual se seleccionan los números y se le hace girar hasta su tope.

  En su retorno provoca aperturas y cierres en un bucle eléctrico provocando de este modo unos impulsos proporcionales al número marcado.

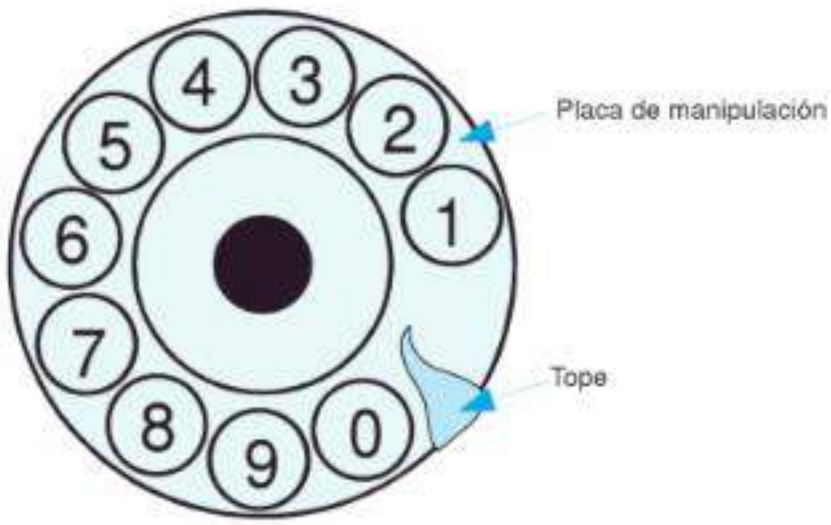


Figura 2.17. **Disco de marcación.**

Los impulsos son contados por la central automática de conmutación y memoriza el número para posteriormente conectar al abonado que llama con el abonado llamado.

© ITES-PARANINFO

Sabías que:

Los impulsos eléctricos son producidos por la apertura y cierre de un interruptor, en concreto por el conmutador de gravedad u otro dispositivo similar. De esta forma si colgásemos y descolgásemos un terminal telefónico decádico con la frecuencia adecuada, provocaríamos aperturas y cierres en el bucle de alimentación telefónico que serían contados por la central e interpretados como la marcación de un número telefónico.

Este sistema, aunque ampliamente utilizado, no se usa en la actualidad por diversas razones, una de las cuales es su lentitud. Si por ejemplo se desea marcar el cero se debe esperar hasta que se producen 10 pulsos, lo cual se traduce en excesivos tiempos de espera a la hora de establecer la comunicación.

Otra desventaja importante es que al abrir y cerrar el circuito se producen chasquidos, por lo que se debe dotar al teléfono de elementos que cortocircuiten el micrófono y el auricular cuando sucede esto.

- **Teclado multifrecuencia:** este sistema, denominado también DTMF (*Dual Tone MultiFrecuency*), consiste en la emisión de tonos desde el teclado (como se ha visto en la figura anterior).

Estos tonos son combinaciones de 12 frecuencias simples cada una de ellas asignada a una tecla. Cuando se pulsa una de las teclas se genera una combinación de dos tonos que corresponden a la composición del eje vertical con la del eje horizontal.

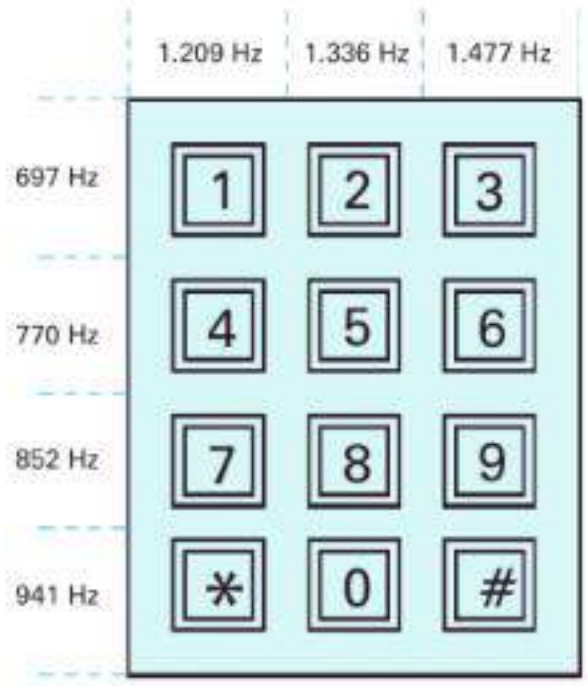


Figura 2.18. Teclado multifrecuencia.

En la figura 2.5 se aprecia el oscilograma para la marcación del número 3.

La ventaja de este sistema es que el número se genera instantáneamente, por lo que la conmutación es mucho más rápida.

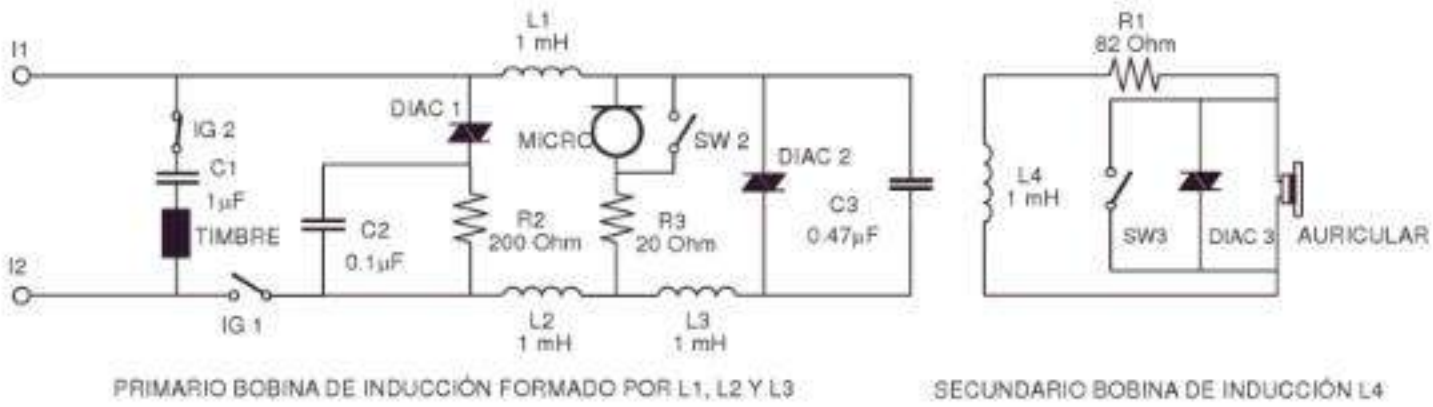
2.3 Esquema de funcionamiento del teléfono

Hasta ahora se han visto en detalle y por separado cada una de las partes que forman los equipos telefónicos actuales, en este punto se estudiará el funcionamiento del conjunto.

En la figura siguiente se presenta el esquema electrónico básico correspondiente a un teléfono, no obstante y como se ha comentado en puntos anteriores, la técnica está en continuo avance, por lo que pueden existir otros modelos con diferentes prestaciones.

De cualquier forma el esquema telefónico funciona a la perfección en la actual red telefónica analógica.

© ITES-PARANINFO



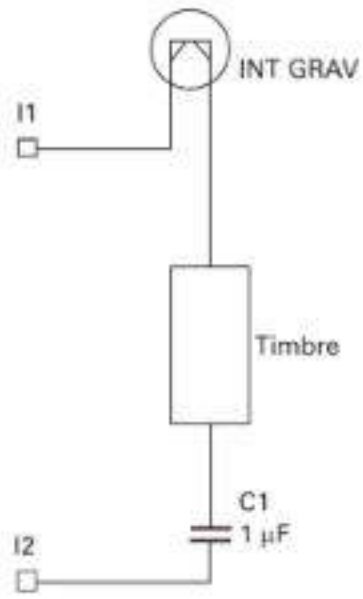
2.3.1. Circuito de timbre

El interruptor de gravedad IG, formado por un interruptor doble, IG 1 e IG 2 está en las siguientes posiciones cuando el microteléfono está colgado (ON HOOK):

IG 1 abierto, desconectando al circuito principal de la red telefónica y sin consumo de corriente.

IG 2 cerrado, por lo que la corriente alterna proveniente de la central pasa a través de la línea I1, IG 2, condensador de 1 µF, timbre y sale por la borna I2.

La misión del condensador es la de bloquear la corriente continua para que no actúe sobre el timbre



2.3.2. Circuito de marcación

Cuando se descuelga el microteléfono (OFF HOOK), IG 2 se abre desactivando el circuito de timbre, y se cierra IG 1.

La central detecta el descuelgue del abonado y le envía la señal de disposición de línea (oscilograma visto anteriormente), de esta forma se dispone de una tensión continua entre los bornes I1 e I2 de unos 48 V y sobre ésta un tono de unos 400 Hz.

Esta corriente tiene dos caminos, bobina L1 de la bobina de inducción, DIAC 2, bobina L3 en paralelo con el micrófono y la resistencia R3, bobina L2, resistencia R2, condensador C2, IG 1 que actúa como contacto del disco de marcación y borna I2.

El otro camino está formado por borna I1, DIAC 1, condensador C2, contactos del disco IG 1 y borna I2.

Al marcar, se abren y cierran los contactos IG 1 con una frecuencia de 10 impulsos por segundo. La red formada por R2 y C2 se dispone para proteger los contactos del disco de las posibles chispas.

Por otra parte, cuando se marca un número se cierran los interruptores SW 2 y SW 3, quedando cortocircuitadas las bornas del micrófono y auricular para evitar la audición de dichos impulsos de marcación en el propio teléfono.

© ITES-PARANINFO

2.3.3. Circuito de emisión

El circuito resultante para la transmisión es el mismo que el descrito anteriormente para la marcación, con la diferencia de que los interruptores SW 2 y SW 3 quedan ahora abiertos.

La corriente continua circula ahora por el micrófono y se modula al variar la resistencia de carbón de éste ante los cambios de presión a que es sometido.

La resistencia R3 se coloca en serie con el micrófono para minimizar lo máximo posible la alteración de la señal de salida debido a las constantes modificaciones de su resistencia.

2.3.4. Circuito de recepción

El **primario de la bobina de inducción**, a través de los arrollamientos L1 y L2, induce tensión en el secundario L4. La cápsula receptora queda de este modo aislada de la componente continua que actúa como portadora de la información.

La corriente alterna inducida en el secundario L4 a través de la resistencia R1 circula por el receptor.

2.3.5. Dispositivo antiefecto local

Al hablar delante del micrófono, las señales presentes en el primario aparecen en el secundario, oyéndose en el auricular. Este efecto de recibir la señal que se envía se conoce como "*efecto local*". Para reducirlo a un límite que no sea molesto, uno de los arrollamientos (L3) crea un campo magnético que provoca un efecto que, debido al sentido de sus espiras, se opone al del primario (L1), reduciendo la señal inducida en el secundario.

2.3.6. Sistema de ecualización

El esquema descrito hasta ahora dispone de un sistema de ecualización necesario por la siguiente razón: la longitud de la línea de abonado es diferente según el receptor con el que conectemos, por este modo habrá desequilibrio entre las impedancias a ambos lados del micrófono y acusadas variaciones en el nivel emitido y recibido, de forma que este nivel será grande para líneas cortas y pequeño para líneas largas.

Estas variaciones son especialmente acusadas en emisión, ya que el micrófono tiene una sensibilidad dependiente de la corriente que le atraviesa; para reducir al mínimo estas variaciones se incluye un dispositivo que regula automáticamente el nivel de señal: el varistor. Este elemento presenta una resistencia variable que es función no lineal de la tensión aplicada; la mayor parte de la regulación la soporta el varistor de entrada DIAC 1.

Si se conecta paralelo con el micrófono un elemento que a la máxima distancia no consuma mucha corriente, pero que a la mínima desviara mucha corriente por él, por el micrófono circularía una corriente que estaría comprendida entre valores muy próximos, de esta forma se logra que la corriente microfónica no sufra grandes variaciones, con lo que su respuesta se mantiene casi constante.

Para evitar el aumento del efecto local, se debe modificar la impedancia de la red antiefecto local L3, proporcionalmente a lo que varía la de entrada, para esto se coloca el segundo varistor U4, cuya resistencia cambia en la misma proporción que la de DIAC 1.

© ITES-PARANINFO

Actividad de Aplicación 3

Monta en el laboratorio de electrónica un sistema de comunicación basado en el desarrollado por Bell.

Una vez en funcionamiento incluye el sistema de aviso de llamada y visualiza los oscilogramas correspondientes a la transmisión de la voz y señal de llamada.

Intenta sacar las siguientes conclusiones:

- ¿Por qué es necesaria una corriente continua para la transmisión de la voz?
- ¿Es necesario eliminar esta componente continua de la alterna o por el contrario el sistema funcionaría?

Ejercicios

2.1 Realiza un esquema conceptual en el cual recojas cada uno de los elementos de la comunicación telefónica relacionándolos con la comunicación humana.

2.2 Busca información acerca del proceso de creación del primer sistema telefónico.

2.3 En los teléfonos iniciales ¿por qué elemento era generada la corriente de llamada? ¿Se te ocurre alguna otra forma para señalizar la llamada telefónica?

2.4 La corriente de llamada por la línea es de 25 Hz con una componente continua de 48 V. Sabiendo esto, ¿funcionaría el timbre de la figura 2.13 con este tipo de señal? ¿Qué le añadirías al circuito para que funcionase? Justifica la respuesta.

2.5 Busca información sobre otros micrófonos que se pudiesen utilizar en sistemas telefónicos y estudia la posibilidad de sustituir éstos por el micrófono de carbón. ¿Cuál crees que es la ventaja de esta posible sustitución?

2.6 En el esquema telefónico visto anteriormente, ¿crees que falta algún elemento para comunicarnos con otro teléfono similar sin necesidad de la intervención de una central telefónica?

2.7 ¿Cuáles son los elementos que eliminarías o incluirías para hacer posible una comunicación de este tipo?

2.8 ¿Qué ventajas crees que tiene el hecho de que las señales existentes en las líneas telefónicas sean estándar?

2.9 Busca información acerca de los organismos que regulan la estandarización de estas señales.

© ITES-PARANINFO

Copiado al portapapeles