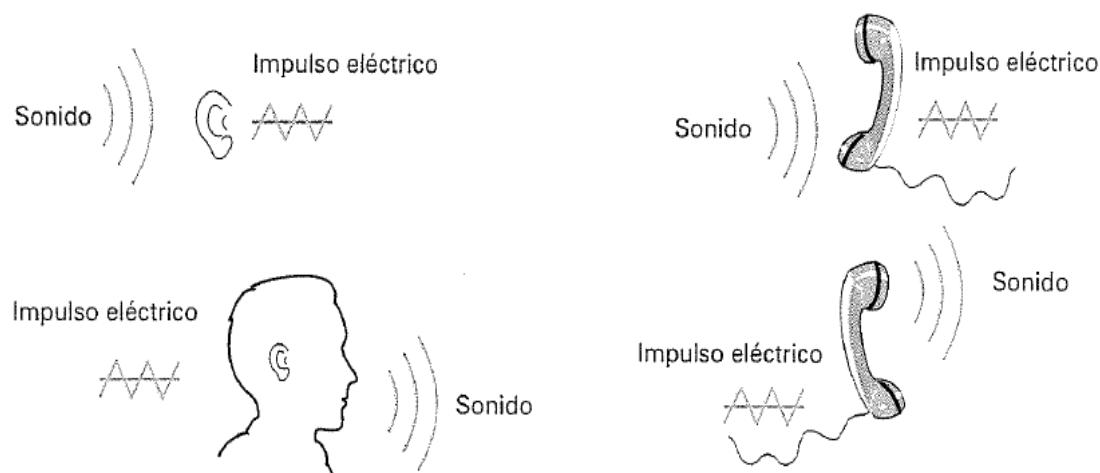


## 2.- El Sistema Telefónico.

### 1.- Fundamentos.

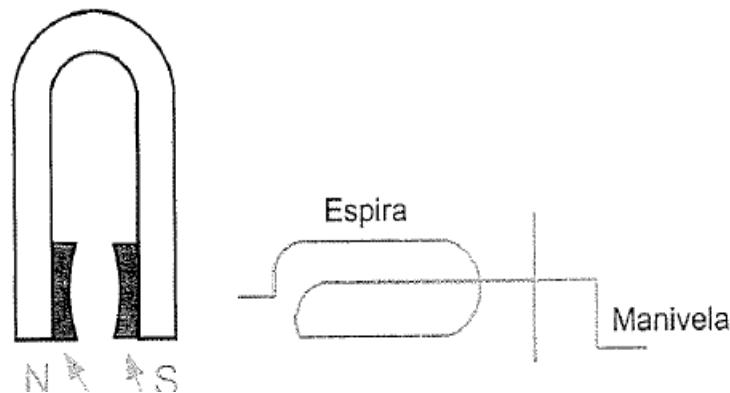
La transmisión de la voz por medio del sistema telefónico está basado en el principio de la comunicación humana, es decir, transformar señales eléctricas en energía sonora, y viceversa, tal como muestra la siguiente figura.



### 2.- Desarrollo Técnico.

El modelo telefónico inicial desarrollado por Bell funciona pero tiene grandes limitaciones dado que no incluye dispositivos adecuados para recibir y enviar llamadas, para lo cual debemos incluir un timbre para la recepción, y una magneto para la emisión.

La **magneto** consta de una espira unida a una manivela, que está dentro del campo magnético generado por un imán permanente. Al girar la manivela se induce una corriente alterna que hace sonar el timbre del receptor.



Pero este modelo sólo es válido para comunicar un usuario con otro, pero en la realidad nos comunicamos con varios usuarios, por lo que necesitamos un elemento comutador que nos permita seleccionar el usuario con el que

deseamos comunicarnos.

Antes esto se realizaba manualmente, utilizando una clavija que colocábamos sobre el circuito destino. Al girar la manivela, se actuaba sobre la magneto y ésta enviaba la señal alterna al circuito receptor.

Este sistema utilizaba centralitas en las cuales todos los usuarios estaban conectados con todos, lo cual resultaba costoso y era poco práctico cuando crecía el número de usuarios.



Posteriormente, surgieron las centralitas de conmutación, las cuales unían cada teléfono de usuario con la central por una sola línea.

### **Señales presentes en una Línea Telefónica.**

La línea provee una corriente continua de unos 48 voltios que es necesaria para alimentar el terminal, modular la señal procedente de la voz, y para detectar el descuelgue del terminal telefónico.

Al descolgar el terminal, se superpone a los 48v de c.c. Una señal de 400 Hz que denominamos **Tono de Invitación a Marcar**.

Cuando el usuario marca el número destino, pueden generarse señales en forma de **pulsos** o **tonos**. Los pulsos se utilizaban en los teléfonos **decádicos**, que enviaban de 1 a 10 pulsos según el número marcado.

Los actuales **terminales multifrecuencia**, generan dos tonos de distinta frecuencia: uno por fila y otro por columna de la tecla marcada, y que son decodificadas en la central para detectar el número marcado.

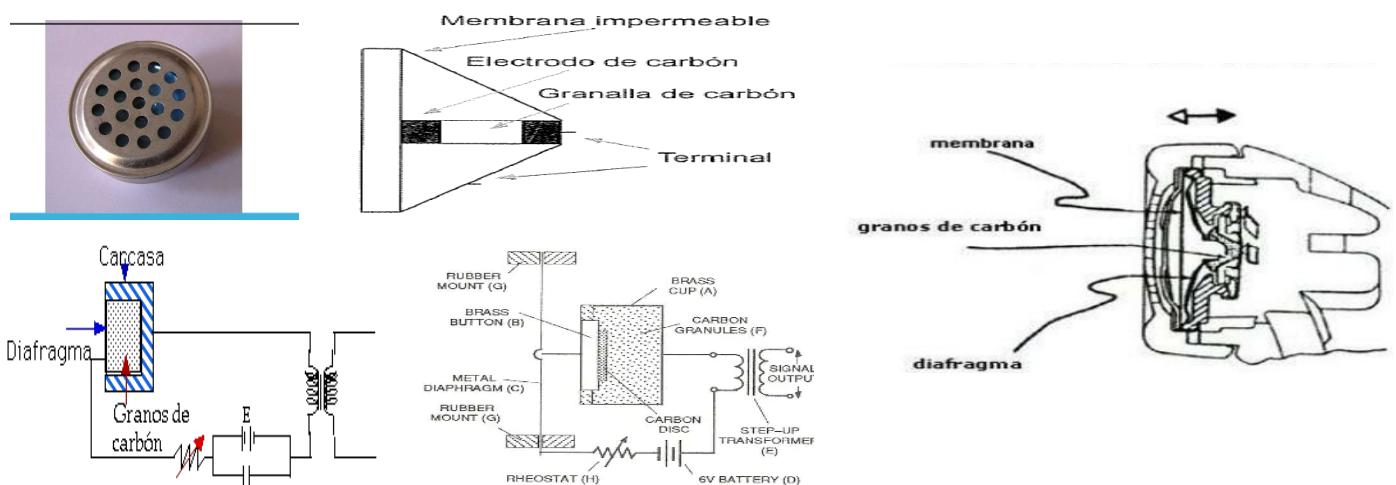


## Componentes del Teléfono.

Un terminal telefónico actual dispone de los siguientes elementos: micrófono, receptor, circuitos para la generación y recepción de las llamadas, y algún otro elemento auxiliar que puede variar de un modelo a otro.

### Elemento Transmisor: Micrófono.

Convierten los sonidos recibidos en señales de distintas frecuencias. Existen diferentes tipos, pero sólo vamos a describir uno de los más utilizados en telefonía: los micrófonos de carbón.

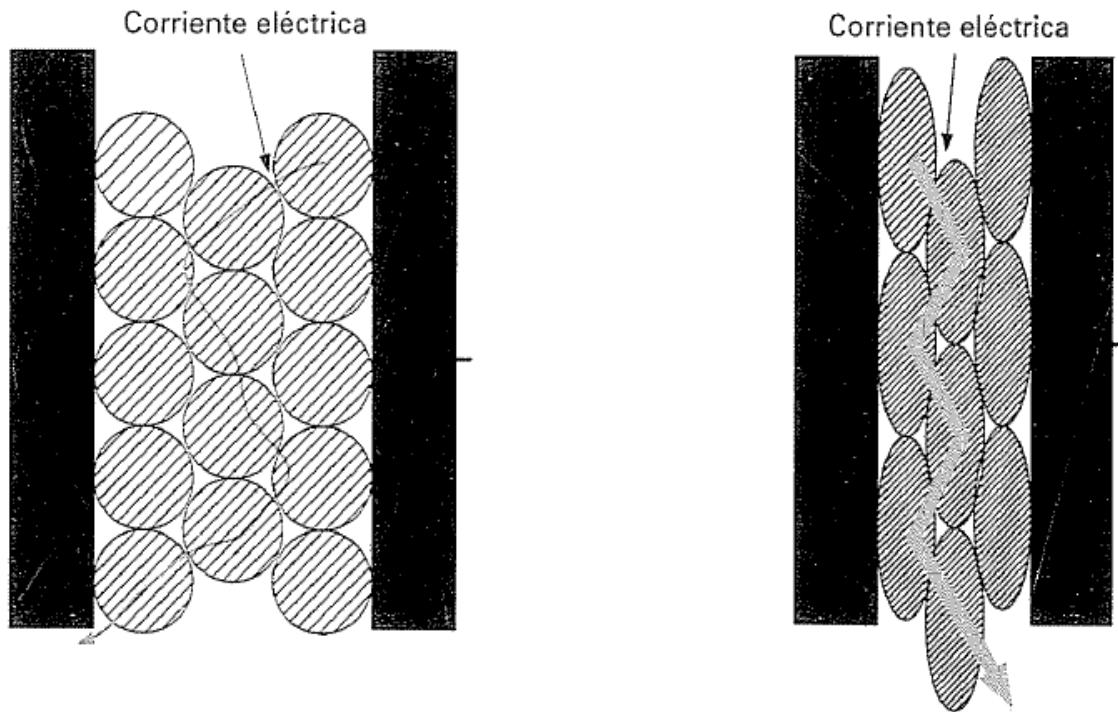


Están formados por un recipiente que contiene granos de carbón tapados por una membrana. El sonido hace vibrar la membrana, lo cual produce deformaciones en los granos de carbón, haciendo variar su resistencia eléctrica y por tanto, variando la corriente que lo atraviesa.

Su rango de frecuencias, entre 200 y 3000 HZ los hace ideales para captar la voz humana, produciendo señales eléctricas de suficiente potencia que no necesitan ser amplificadas, aunque también generan mucho ruido.

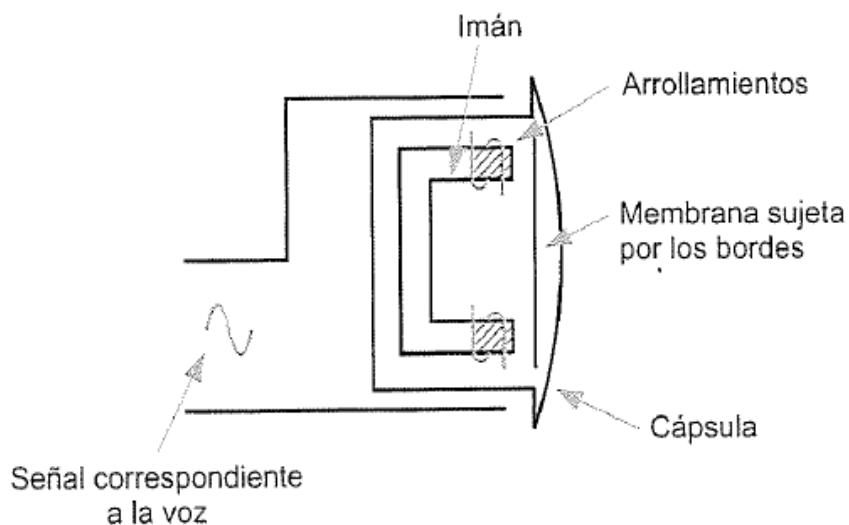
En la siguiente figura se muestra cómo se comportan los granos de carbón en dos casos:

- a) Sin comprimir. Los granos tienen pocos puntos de contacto entre si y por tanto la corriente eléctrica que los atraviesa tiene pocas vías de circulación.
- b) Comprimidas por el efecto de recibir el impacto de las vibraciones de la voz. Los granos tienen más puntos de contacto entre si de modo que la resistencia al paso de la corriente disminuye.



### **Elemento Receptor de Voz: Auricular.**

Convierte las señales eléctricas que recibe del emisor en señales sonoras audibles.



Consta de los siguientes elementos:

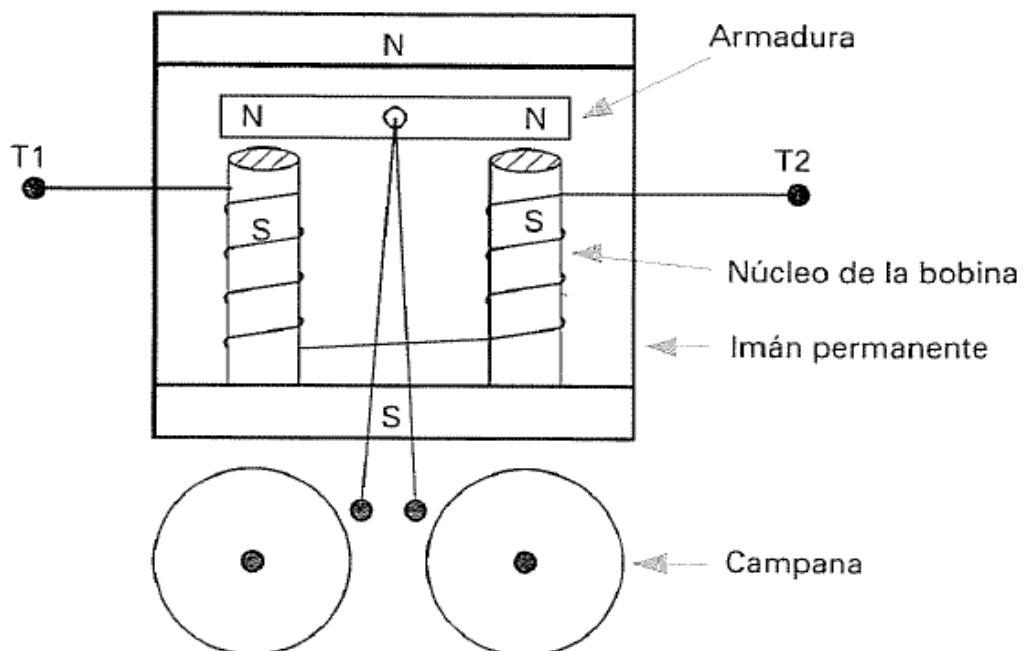
- Imán. En sus extremos posee un cable enrollado en forma de bobina. Cada uno de ellos se enrolla en sentido diferente para que al pasar por ellos la corriente eléctrica el campo magnético aumente o disminuya.

- Membrana magnética. Está situada muy cerca de los polos del imán pero sin establecer contacto. Al recibir una señal eléctrica variable, el campo magnético del conjunto variará proporcionalmente a esta corriente, de forma que unas veces atraerá a la membrana y otras la soltará, produciendo las vibraciones que generan la voz original recibida.
- Cápsula. Engloba a todo el conjunto.

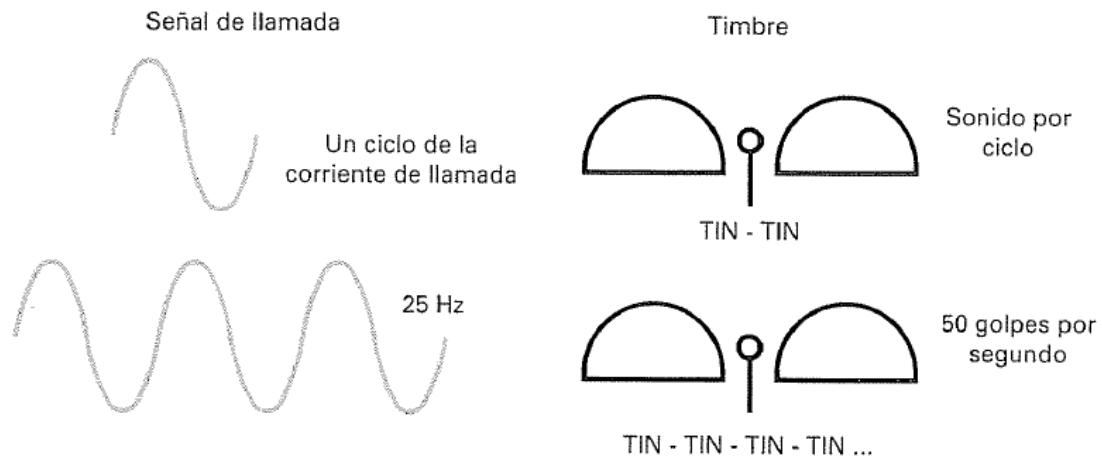
### **Receptor de Llamada: Timbre.**

Permite que un usuario pueda percibir que está recibiendo una llamada telefónica.

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



Cuando recibe la C.A. de la llamada (señal de 25 Hz), en el semiciclo positivo, se crea un campo opuesto en cada una de las bobinas. El campo generado en una de las bobinas atrae la armadura, y el campo magnético contrario que se genera en la otra bobina repele la armadura, con lo cual se produce una basculación que se traduce en un golpe del martillo que está unido a la armadura, sobre la campana.



Cuando la señal de corriente se invierte en el semiciclo siguiente, ocurrirá lo contrario, cambiará el campo magnético en las bobinas, y la armadura basculará en sentido contrario, golpeando con el martillo en la otra campana.

En la actualidad se emplean circuitos generadores de tonos que al detectar las señales recibidas por la llamada puede generar cualquier tipo de tono.

### **Bobina de Inducción o Transformador de Línea.**

Básicamente consiste en un transformador con un arrollamiento en el primario y otro en el secundario, y que realiza las siguientes funciones:

- Adaptar las impedancias del teléfono a la línea.
- Modificar la tensión que sale del auricular.
- Aislara la corriente continua de la alterna, que es la que contiene la información.

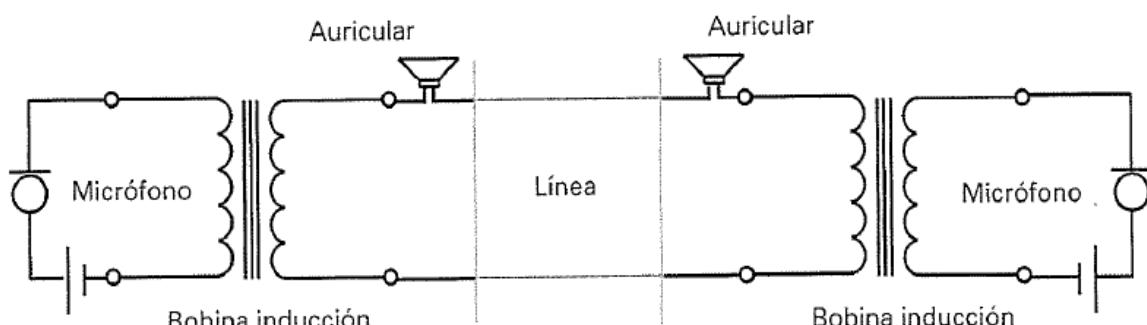


Figura 2.15. Esquema de comunicación telefónica.

La parte izquierda corresponde al equipo emisor, y la derecha al receptor. Ambos están unidas por la línea telefónica.

En cada equipo existe una bobina de inducción, en donde el primario está conectado al micrófono y el secundario está conectado a la línea.

La señal generada por la voz en el micrófono pasa por el primario y se induce en el secundario, ocurriendo el proceso contrario en el circuito receptor.

La bobina de inducción realiza las siguientes funciones:

### 1.- Adaptación de Impedancias.

Existe una regla que nos dice que la condición para tener el **máximo rendimiento de transferencia de energía entre dos circuitos**, uno que proporciona la **energía eléctrica** y otro que la recibe, es que **la impedancia de ambas sea igual**. En nuestro caso **hemos de adaptar las impedancias entre el circuito microfónico y la línea**.

La impedancia de un circuito **microfónico** es de unos **24 ohmios**, y la de la **línea** de unos **600**. Para que el acoplamiento sea óptimo, necesitamos la bobina de inducción.

La **relación de adaptación** de impedancias viene regulada por la siguiente ecuación:

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

Siendo  $Z_p$  la impedancia en el primario y  $Z_s$  la del secundario,  $N_p$  es el número de espiras del primario, y  $N_s$  el número de espiras del secundario.

Aplicando los valores de 24 y 600, y despejando, tenemos que:

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

Es decir que el número de espiras del secundario debe ser 5 veces superior a las del primario.

### 2.- Modificador de Tensión.

Para realizar el transporte de las señales eléctricas producidas por la voz, se utilizan los **conductores** de las líneas telefónicas, los cuales presentan una **resistencia proporcional a su longitud** que por el efecto Joule produce unas **pérdidas en forma de calor** que puede expresarse por la siguiente ecuación:

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

$$1 \text{ Julio} = 0,24 \text{ calorías}$$

De esta ecuación se deduce que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la Intensidad. Para reducirla debemos aumentar el voltaje, de modo que para que el producto  $V \times I$  se mantenga se produce una disminución de la corriente.

Este aumento de tensión lo conseguimos en el secundario del transformador según la siguiente fórmula:

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

Como la relación secundario-primario es de 5, tenemos que:

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

La tensión del secundario es 5 veces la del primario.

En la actualidad los terminales telefónicos son construidos con híbridas de estado sólido y no en base al transformador multibobinado indicado anteriormente. Las híbridas de estado sólido, que se construyen con un circuito integrado especial (como el MC34014P de Motorola) y unos cuantos componentes electrónicos, tienen una respuesta de frecuencia más plana ya que no usan bobinados (impedancia inductiva) ya que estos introducen distorsión al atenuar mucho más las señales de alta frecuencia que las de baja frecuencia. Las híbridas de estado sólido se utilizan en conjunto con micrófonos de condensador.

### 3.- Aislante de la Corriente Continua.

La información útil que corresponde a la conversación telefónica viene representada por una señal de corriente alterna. Pero ésta viene modulada sobre una componente continua que debe ser eliminada del circuito microfónico.

Para esto se utiliza la bobina de inducción o transformador, el cual bloquea las corrientes continuas y no las transfiere a su devanado secundario.

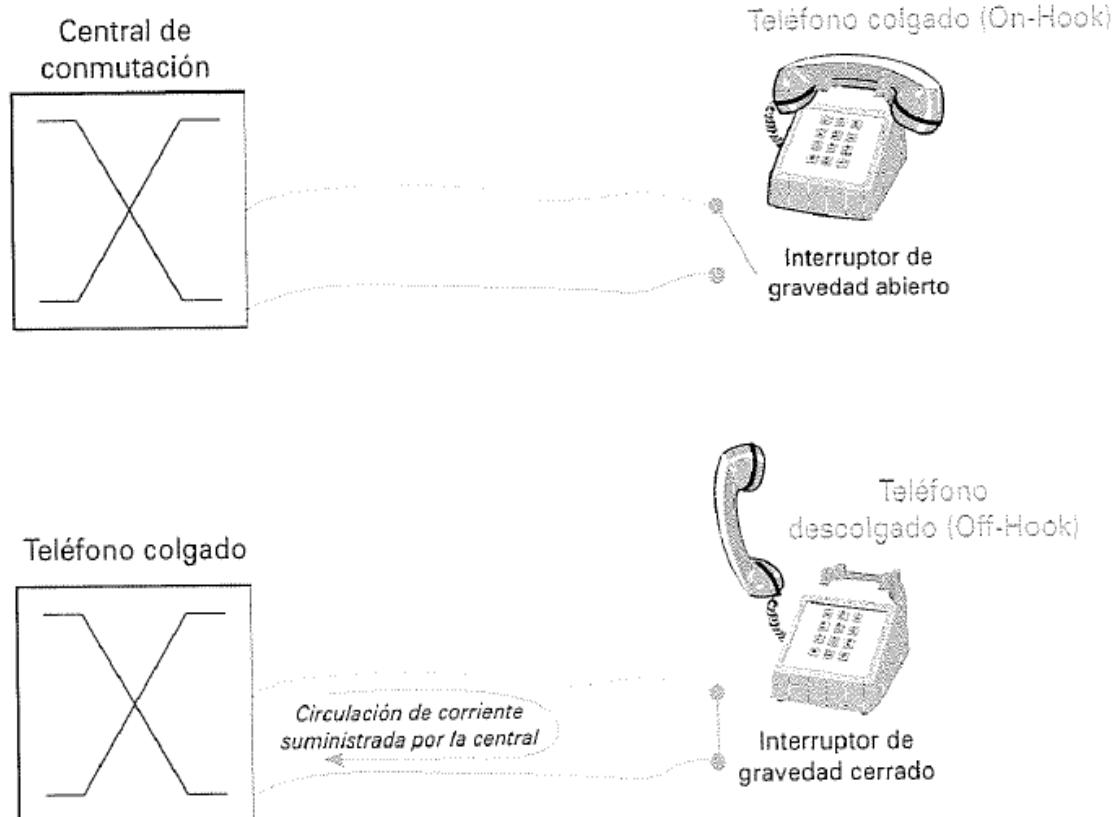
### Comutador de Gravedad.

Un teléfono necesita para su funcionamiento de una corriente continua que es suministrada por la central de comutación.

Cuando no se utiliza el teléfono debe evitarse esta corriente para lo que dispone de un interruptor de gravedad.

Con el teléfono en la posición de colgado, el interruptor de gravedad se mantiene abierto, y no circula corriente entre la central y el terminal.

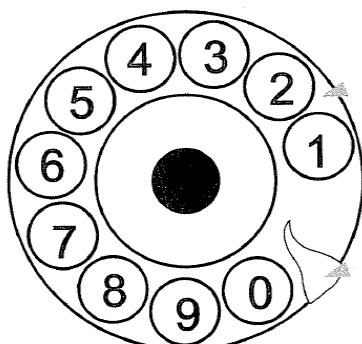
Al descolgar el terminal, el interruptor se cierra y aparece de nuevo la corriente, que al ser detectada por la central de conmutación se produce el envío de señales de línea y tarificación.



### Elemento de Marcación.

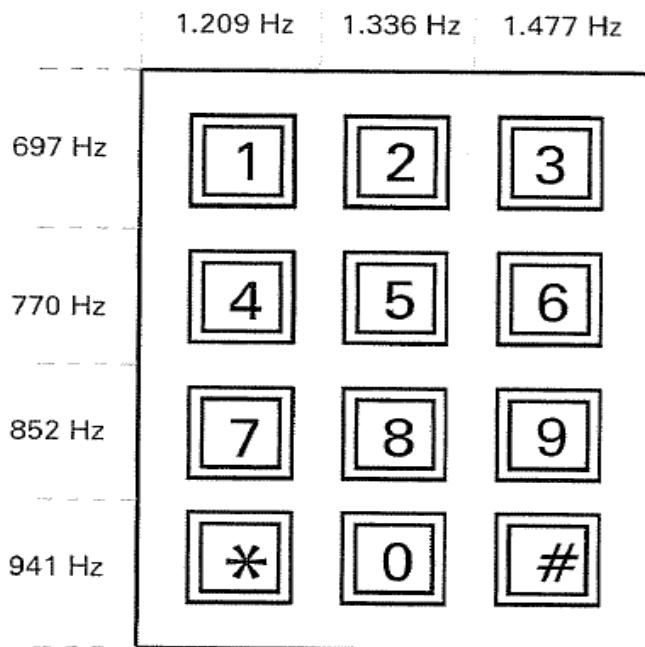
Como ya hemos visto antes, el elemento de marcación del número destino puede ser por disco de marcación o por teclado multifrecuencia.

El **disco de marcación** hoy día en desuso, utiliza un **disco giratorio** en el cual se seleccionan los números haciéndolos girar desde su posición hasta su tope. Esto provoca que se envíen unos pulsos a la central de forma proporcional al número marcado (de 1 a 9 y 10 pulsos para el 0).

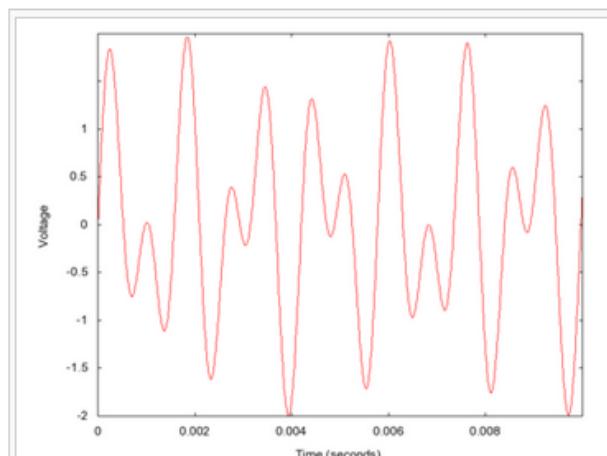


La central detecta estos pulsos y lo cuenta, memorizando cada número para luego proceder a enviar la señal de llamada al número destino. Los tiempos de espera son grandes por lo cual este sistema de marcación era más lento que los sistemas actuales.

El **Teclado Multifrecuencia**, denominado tambien **DTMF** (Dual Tone Multifrequency), consiste en la emisión de tonos desde el teclado. Estos tonos son combinaciones de 12 frecuencias simples cada una de ellas asignadas a una tecla. Cuando se pulsa una de las teclas se genera una combinación de dos tonos, uno correspondiente al eje vertical y otro al eje horizontal).



Como el número se genera inmediatamente, la conmutación es mucho más rápida.



Señal obtenida en un osciloscopio mostrando la combinación de tonos sinusoidales de 1209 Hz y 697 Hz que conforman el dígito "1".

### Frecuencias DTMF (con sus sonidos)

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Los circuitos actuales de marcado incluyen circuitos integrados especializados que se encargan de generar los diferentes tonos desde el equipo terminal.