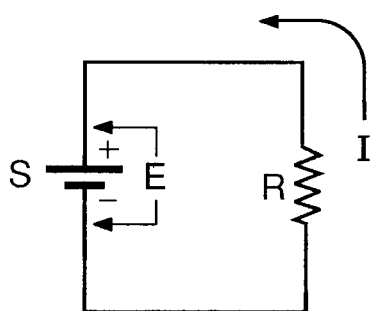


Amplificadores de potencia.

- 1- **Introducción:** un amplificador de potencia es un componente en la cadena de procesadores de señal, cuya función es -como lo indica su denominación- aumentar el nivel de dicha señal. En un sistema de sonido, es el último componente activo en la cadena, ubicado justo antes de los parlantes. Los amplificadores diseñados para uso profesional son de una apariencia sencilla cuando se los compara con la mayoría de los amplificadores hogareños de alta fidelidad. Incluso, en algunos sistemas pequeños, el amplificador puede estar dentro de la consola de mezcla, en estos casos se habla de "*Mixers potenciados*".

- 2- **Ley de Ohm y ecuaciones asociadas:** para comprender la función y aplicaciones de los amplificadores de potencia se requiere un conocimiento básico de potencia eléctrica y su relación con voltaje, resistencia ó impedancia y con corriente. Estas relaciones son cuantificadas a través de la Ley de **Ohm**, una de las principales ecuaciones en física eléctrica, y por ende, en audio.
 - a. **Voltaje, Resistencia, Corriente:** el circuito de la figura a continuación ilustra un voltaje continuo (**E**) desde una fuente (**S**), aplicado a través de una resistencia (**R**). La flecha (**I**) marca el camino seguido por la corriente. Dicha corriente viaja como una serie de electrones desde el punto de máximo voltaje (*el terminal negativo de una batería*) hasta el punto de mínimo voltaje potencial (*el terminal positivo*).



*I: Corriente en Amperes.
E: Potencia eléctrica en Voltios.
R: Resistencia en Ohms.*

Uno de los estamentos de la ley de Ohm establece:

$I: E / R$

A partir de esta ecuación, podemos calcular las restantes.

$$I = E / R$$

$$R = E / I$$

$$E = I \times R$$

En circuitos de corriente alterna, debemos sustituir **RESISTENCIA** por **IMPEDANCIA**. Definimos "*Impedancia*" como la oposición total a la circulación de corriente alterna. El símbolo para Impedancia es "**Z**", y la unidad de medición es **OHM**. Entonces, para circuitos de corriente alterna, las fórmulas derivadas son:

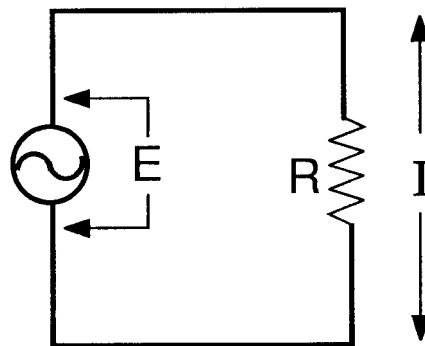
$$I = E / Z \quad Z = E / I \quad E = I \times Z$$

I = Corriente Alterna en Amperes.

E = Potencia eléctrica en Voltios.

Z = Impedancia en Ohms.

En la figura a continuación vemos un diagrama típico de un circuito de Corriente Alterna.



Una de las aseveraciones de la Ley de Ohm indica que **la corriente es inversamente proporcional a la impedancia**; es decir, a menor impedancia, mayor intensidad de corriente y viceversa.

- b. **Potencia Eléctrica:** definimos como potencia eléctrica la energía utilizada para realizar la tarea cuando la corriente debe atravesar una determinada resistencia ó IMPEDANCIA. La ecuación para calcularla, aunque no está especificada directamente en la Ley de Ohm, sí está relacionada con ella y es como sigue:

$$P = E \times I$$

P = potencia en Vatios.

E = potencia eléctrica en Voltios.

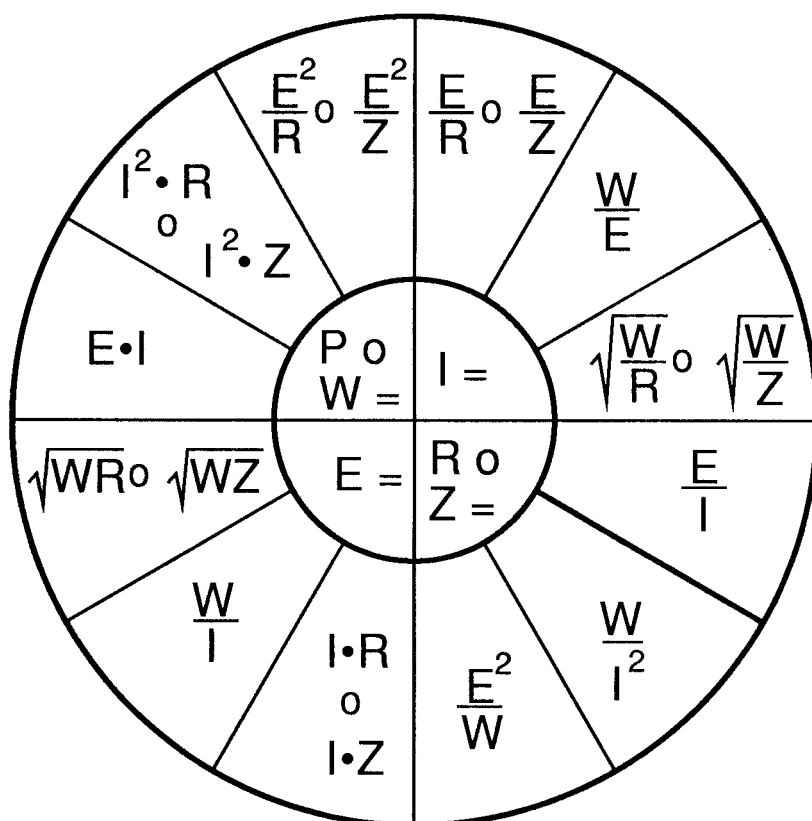
I = corriente en Amperes.

Otra posibilidad para calcular la potencia eléctrica es hacerlo considerando también la resistencia (**Z**) ó impedancia. En este caso, la fórmula es:

$$P = E^2 / R \text{ (ó } Z)$$

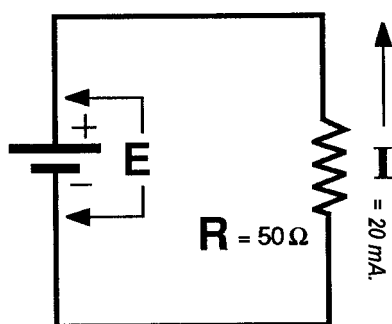
$$P = I^2 \times R \text{ (ó } Z).$$

- c. **Ley de Ohm:** en este gráfico, resumimos las principales derivaciones de la Ley de Ohm. Los cuatro parámetros principales ocupan una cuarta parte de este círculo y nos ilustran diversas formas de calcularlos, conociendo los restantes.



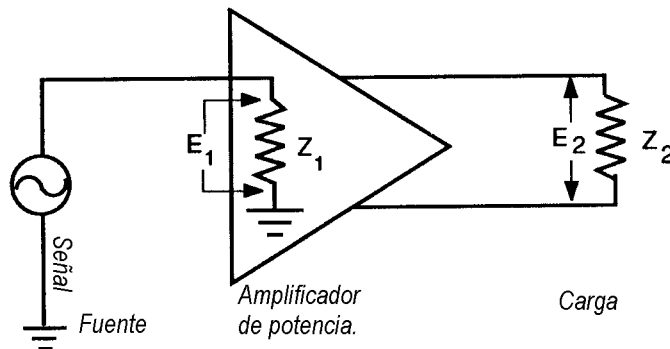
I = Corriente alterna en amperes.
 E = Potencia eléctrica en voltios.
 Z = Impedancia en Ohmios.
 R = Resistencia en Ohmios.
 P = Potencia en Watts.
 W = Potencia en Watts.

Ejemplo práctico:



- Queremos conocer la potencia en este circuito.
- Conocemos la resistencia: **50 Ohms**.
- Conocemos la corriente: **20 mA**.
- Según el gráfico anterior: $P = I^2 \times R$.
 - o $P = (0.02)^2 \times 50$
 - o $P = 0.004 \times 50$.
 - o $P = 0.02 \text{ Watts} = 20 \text{ Miliwatts}$.

- d. **Potencia eléctrica y ganancia de Amplificador:** de acuerdo a lo ya definido, la función de un amplificador de audio es elevar la potencia de una señal de audio. La figura que aparece a continuación es una representación simbólica de una conexión de audio entre una fuente de sonido, un amplificador y un parlante.



Si seguimos el razonamiento especificado anteriormente, ésta sería la forma:

$$E_1 = 1 \text{ Volt. RMS}$$

$$Z_1 = 10 \text{ kOhms (10,000 Ohms).}$$

De aquí, la potencia de la señal de línea se deduce a través de la fórmula: $P = E_1^2 / 10,000$.

$$= 1^2 / 10,000$$

$$= 0.0001 \text{ watt.}$$

- 3- **Potencia de amplificador:** especifica el nivel de potencia que un modelo determinado es capaz de entregar, con una determinada impedancia, un nivel de distorsión específico y sobre un rango de frecuencias determinado. A continuación presentamos una especificación tipo:

Nivel de salida de Potencia:

Salida continua, THD total menor a 0.05%, 20 Hz - 20 kHz.

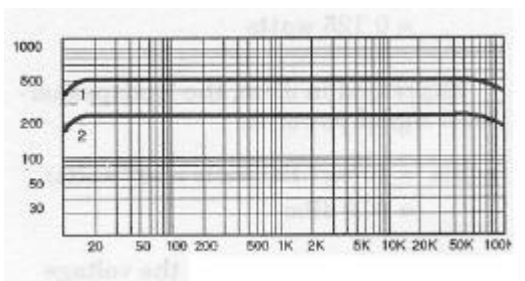
Stereo, 8 ohms : 240 Watts / canal.

Stereo, 4 ohms : 400 Watts / canal.

Debemos leer con cuidado la especificación referida a potencia si esperamos evitar malas interpretaciones. Una especificación completa debería incluir todos los parámetros especificados anteriormente.

Otro punto importante a verificar es que la especificación de potencia sea en **PROMEDIO**, nó en **PICOS**. Cuando la especificación viene en esta última opción, generalmente es un síntoma de que el transformador está operando muy cerca de su límite. Por esta razón, si bien puede ser un buen equipo para aplicaciones en audio hogareño, no es recomendable para uso en sistemas profesionales.

- a. **Condiciones de ambiente predeterminadas:** es posible que en algún equipo venga una sigla "**FTC**". Esto es un "*standard*" de verificación, diseñada años atrás por un ente verificador norteamericano, en respuesta a la enorme cantidad de modelos, fabricantes, y maneras de presentar especificaciones. Hay un detalle en términos de condiciones en las cuales debe realizarse la verificación.
- b. **Ancho de banda:** en un amplificador, es la habilidad que éste posee para producir alto nivel de potencia sobre un rango de frecuencia amplio. De esta manera, se cuantifica el rango de frecuencias fuera del cual, el equipo revisado cae en más del 50% en su potencia especificada. Se puede presentar, tanto en modo gráfico como en modo resumido.



- 1-
Impedancia de carga: 16 Ohms. THD 0,05%. MONO.
- 2-
Impedancia de carga: 8 Ohms. THD 0,05%. STEREO.

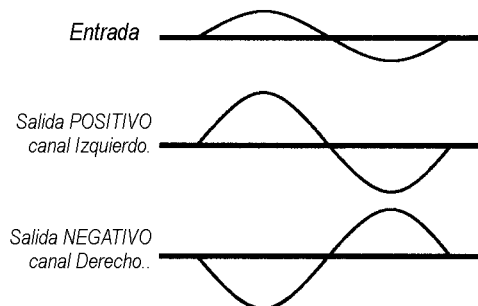
La figura semeja una curva de respuesta en frecuencia. En realidad, no es así. **Únicamente se cuantifican los puntos por fuera de los cuales el rendimiento de este equipo cae más de 3 dB.**

- c. **Operación en modo PUENTE (Bridged):** muchos amplificadores presentan una especificación similar a la que sigue:

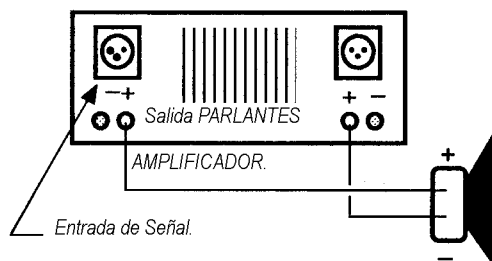
Nivel de salida en Potencia:
THD inferior a 0,05%. 20 Hz - 20 kHz.

Stereo. 8 Ohms: 240 Watts / canal.
Stereo. 4 Ohms: 400 Watts / canal.
Mono, 8 Ohms: 800 Watts.

La especificación final se refiere a la capacidad de un amplificador en modo **PUENTE**. Este modo puede ser seleccionado generalmente en el panel de control del equipo y normalmente, requiere una conexión especial. Cuando un amplificador es "*punteado*", ambos canales reciben la misma señal (*generalmente desde su entrada izquierda*), pero la polaridad de un canal (*normalmente el derecho*) es revertida en relación al otro. Las señales de salida de un amplificador en modo puente son graficadas en la figura que sigue:



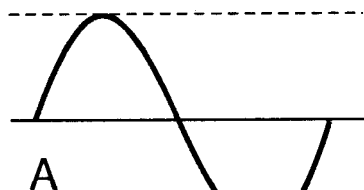
Un amplificador puenteado es conectado normalmente como lo muestra la figura a continuación. Generalmente, los parlantes se conectan a los dos terminales positivos (*uno de cada canal*). La salida izquierda es normalmente la conexión positiva y la salida derecha es la conexión negativa.



Nota: la especificación dada anteriormente nos brinda información referida a una impedancia de 8 Ohms únicamente. Esto es así, porque, la impedancia mínima en modo puente es el doble de la requerida en modo stereo.

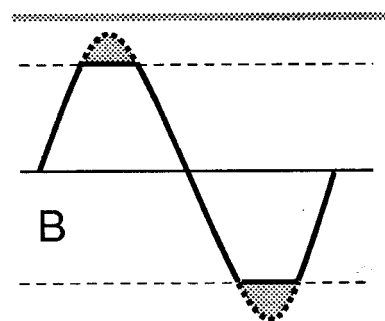
Nota II: es importante remarcar la diferencia que existe entre el modo **PUENTE** de un amplificador y el modo **MONO** común de un equipo de audio hogareño. Generalmente **MONO** implica que los dos canales de un amplificador reproducen la misma señal, en fase, y cada canal es conectado a un parlante diferente.

d. Efecto "CLIPPING":



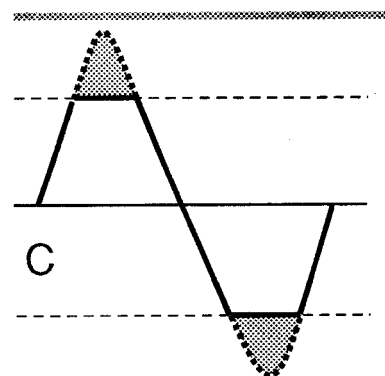
Nivel ajustado de manera que la señal de audio está por debajo de la capacidad máxima del circuito.

En la figura **(A)**, vemos la salida del amplificador inmediatamente antes del punto de saturación; la forma de onda es una réplica exacta de la entrada al amplificador.



Nivel ajustado de manera que la señal de audio es levemente superior a los límites del circuito. "CLIPS".

En la figura **(B)**, levantamos un poco el nivel de entrada y ya puede verse el resultado de la saturación. Los segmentos de onda sonora que exceden la capacidad en voltaje del amplificador son cortados. Como el amplificador no puede producir señal con voltaje superior, simplemente mantiene su nivel máximo de salida hasta que la señal de entrada baja su nivel a uno que el amplificador puede manejar. Como consecuencia, la forma de onda es modificada en sus puntos límites.



Nivel ajustado de manera que la señal de audio es muy superior a los límites del circuito. Mayor porcentaje de señal en el área gris.

En **(C)**, se puede ver lo que sucede cuando levantamos aún más el nivel de entrada en un amplificador. La salida no se incrementa; simplemente aumenta el porcentaje de señales eliminadas.

"Clipping" tiene dos efectos básicos: por un lado aumenta en gran manera la distorsión, lo que resulta en la generación de componentes sonoros de alta frecuencia que cambian el sonido, poniendo además en riesgo los reproductores de agudos (*drivers*). Por otro lado, aumenta en gran manera el promedio de potencia aplicado a la carga lo que se traduce en recalentamiento de bobinas en cualquier driver.

- 4- **Relación entre potencia de amplificador y SPL:** el factor que da cuenta de esta relación es la sensibilidad del parlante. A menos que sea identificado de otra manera, se especifica en dB_{SPL}, 1 watt, 1 metro de distancia, en axis (*directamente en frente del parlante*). Un ejemplo práctico se da a continuación:

Sensibilidad: 93 dB SPL
100 watts continuos; 400 watts pico.

Lo primero que deberíamos hacer es encontrar la diferencia en dB entre los **100** y los **400** watts de niveles máximos y el **1** watt al cual se especifica la sensibilidad. Una vez que tengamos este factor, podemos realizar las sumas correspondientes para conocer la sensibilidad total del parlante.

Por ello:

.ndB : 10 x log (P₁ / P₂)
: 10 x log (100 / 1)
: 10 x log 100
: 10 x 2
: 20 dB.

La sensibilidad a 100 watts es 20 dB superior a la especificada, por lo tanto:

93 dB + 20 dB = 113 dB SPL (*continuo*).

El mismo proceso se dá para verificar sensibilidad a 400 watts pico, donde, abreviando los cálculos

.ndB : 26 dB
93 dB + 26 dB = 119 dB SPL (*pico*)

Supongamos que utilizaremos este parlante con un amplificador de 50 watts continuos / 100 watts pico. Los cálculos que debemos realizar son:

- 1) Para potencia continua : **ndB = 10 x log (50 / 1) = 17 dB.**
- 2) Para potencia pico : **ndB = 10 x log (100 / 1) = 20 dB.**

Por lo tanto, en potencia continua, este parlante estará entregando **110 dB_{SPL}** y para picos, **113 dB_{SPL}**

En la práctica, no se recomienda un uso de potencia continua menor a **6 dB** de distancia con respecto a potencia pico, de manera de asegurarnos un buen rendimiento del sistema a través del tiempo.

5- Factores importantes en la elección de potencias para un sistema determinado de parlantes:

- I) A menos que el sistema se utilice únicamente a bajos niveles, es importante que la potencia no sea demasiado pequeña; de otra manera será imposible llegar al máximo potencial **SPL**. Un amplificador de potencia inadecuada podría dañar los parlantes, cuando llega a distorsionar y generar estructuras armónicas más complejas de lo requerido.
- II) Por otro lado, no se aconseja elegir un amplificador excesivamente más potente que lo que los parlantes pueden soportar, debido a que puede

destruir más fácilmente los mismos, ya sea por calor (*exceso de watts*) ó por exceso de movimiento mecánico.

- III) El amplificador debería soportar la impedancia que los parlantes presentan. Se debería calcular la carga total que será producida por todos los parlantes conectados al amplificador.

Interpretación de capacidad de potencia : una especificación tipo podría ser:

Potencia:

120 watts	continuos.
240 watts	programa.
480 watts	pico.

En este punto, debemos clarificar el significado de cada uno de estos términos:

CONTINUO : se refiere a un nivel promedio de potencia que un parlante puede soportar por largo tiempo; representa el máximo nivel de calor en el parlante.

PROGRAMA : es una medición usando una señal de testeo que se aproxima a un programa sonoro normal.

PICO : indica el máximo instantáneo (*intervalos de tiempo generalmente inferiores a 1/10 de segundo*)

Esta estructura de términos se condice con el siguiente orden de programa sonoro:

CONTINUO : corresponde al nivel promedio continuo de programa sonoro.

PROGRAMA : corresponde al nivel máximo en promedio de un programa sonoro, en términos de, por ejemplo, 1 minuto continuo.

PICO : corresponde al nivel máximo que un programa puede tener, con una duración inferior a 1 segundo.

Para un parlante con especificaciones como las detalladas anteriormente, ***un amplificador correcto sería alguno con una especificación de potencia cercana a los 240 watts por salida, en igual impedancia a la del parlante.*** Es decir, la indicación de potencia de programa es la válida para igualar con el amplificador. En el caso que la especificación no contemple la opción **PROGRAMA** y traiga las otras opciones, lo lógico es efectuar una interpolación entre los dos valores provistos, de manera de llegar al valor necesario.

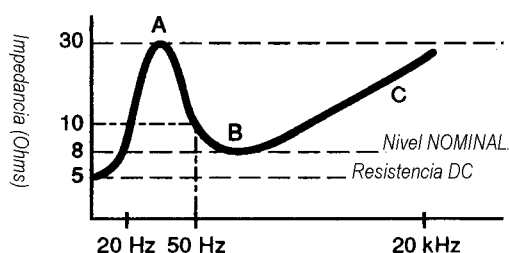
Cálculo de impedancia: la impedancia en un parlante es la oposición total al flujo de corriente eléctrica que éste presenta a la salida de un amplificador. La potencia entregada por un amplificador es inversamente proporcional a la impedancia del parlante. Cuanto más alta sea la impedancia, menor será la potencia efectiva, y viceversa. Por esta razón, la especificación de potencia se da generalmente a 2 ó más valores de impedancia distintos y, típicamente el valor de potencia en 4 Ohms es cercano al doble del valor a 8 Ohms.

La impedancia que un amplificador "ve" en su salida debe ser siempre superior a "0". De lo contrario, el amplificador puede ser expuesto a un cortocircuito.

En la realidad, la impedancia a la salida de un amplificador no debería ser inferior a 4 Ohms; si bien algunos modelos pueden ser operados a 2 Ohms, no es recomendable usarlos en estas condiciones, por dos motivos principales:

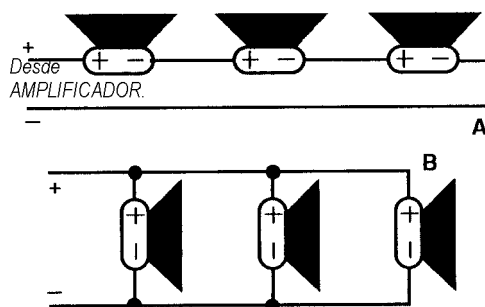
- a) *El amplificador es sometido a exceso de trabajo.*
- b) *El cable de parlante debería ser grueso, especialmente en longitudes grandes.*

Generalmente los parlantes presentan una especificación de impedancia nominal, en Ohms; algunos modelos presentan una curva de impedancia como la ejemplificada a continuación:



En este caso, la impedancia está especificada con respecto a la frecuencia. Notar que no es constante sino que, en realidad, presenta variaciones grandes. El aumento en **(A)** se debe a la resonancia natural del parlante, y a su vez puede relacionarse con detalles de construcción del gabinete. **(B)** representa el punto nominal de impedancia, que es normalmente el punto mínimo dentro del rango especificado.

Hay dos maneras de conectar 2 ó más parlantes a una misma línea de potencia, es decir **PARALELO** ó **SERIE**. La figura a continuación nos ilustra las dos formas:



Cuando dos ó más parlantes están conectados en serie **(A)**, la corriente desde el amplificador pasa en forma serial de un parlante a otro, y la impedancia neta del sistema es la suma de las impedancias de cada uno de los parlantes conectados en esta manera. Es decir, **para 3 parlantes de 8 Ohms** cada uno de impedancia **conectados en serie, la impedancia total** a la salida del amplificador **sería: $8 + 8 + 8 = 24 \text{ Ohms}$** .

Cuando dos ó más parlantes están conectados en paralelo (**B**), la forma de calcular la impedancia neta del sistema es un poco más complicada. La fórmula a continuación es la que debe ser utilizada para hacerlo:

$$Z_{(neta)} = 1 / (1/Z_1 + 1/Z_2 + 1/Z_n)$$

Donde "**n**" es el número total de parlantes conectados en paralelo.

Afortunadamente, cuando conectamos dos parlantes de igual impedancia, el cálculo se reduce. La impedancia neta en este caso es igual a la mitad de la impedancia de cada uno de los parlantes. Por ejemplo, **conectando dos parlantes de 8 Ohms cada uno de impedancia en paralelo, la impedancia neta a la salida del amplificador será de 4 Ohms**. Si los parlantes no son de igual impedancia, ó si hay más de dos conectados, debe usarse la fórmula para calcular la impedancia neta del sistema.

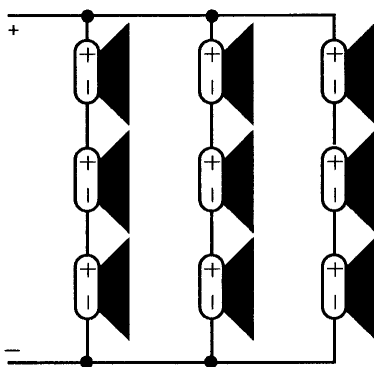
NOTA: si hay más de dos parlantes conectados en paralelo, pero todos presentan la misma impedancia nominal, entonces, la impedancia neta del sistema es igual la impedancia de 1 de los parlantes dividida por la cantidad total de parlantes conectados. Por ejemplo: **3 parlantes de 8 Ohms cada uno conectados en paralelo presentarán una impedancia neta de 8 / 3, es decir: 2,667 Ohms**.

Ventajas y desventajas de conexiones en serie y en paralelo:

- **SERIE** : resultan en conexiones de mayor impedancia. Si uno de los elementos conectados falla, el sistema entero se encuentra vacío, y se convierte en un circuito abierto, dejando de sonar todos los parlantes conectados en esta forma.
- **PARALELO** : resultan en conexiones de menor impedancia. de esta manera tenemos un límite en relación a cuántos parlantes podemos conectar de esta manera antes de que la impedancia neta sea menor a la deseada a la salida del amplificador. Si uno de los parlantes conectados falla, los demás siguen sonando.

Por estas razones, la conexión en **PARALELO** es la más utilizada a la hora de ensamblar sistemas de varios parlantes.

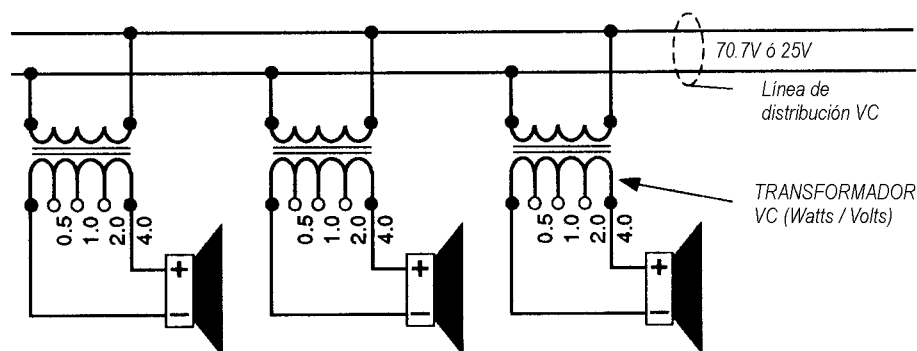
Por último, se puede combinar ambas formas de conexión.



En este caso, la impedancia neta debe ser calculada a partir de la impedancia neta de cada juego de parlantes conectados en serie, para, en un segundo paso, calcular la impedancia neta de estas "series" conectadas en paralelo. Esta manera de conectar, permite usar un gran número de parlantes en una sola salida de amplificador, pudiendo utilizar la potencia total del mismo compartida por todos los parlantes conectados. Sin embargo, antes de realizar este tipo de conexión debe considerarse lo siguiente:

- i) *Permite utilizar una pequeña cantidad de potencia para cada parlante.*
- ii) *Todo el sistema depende de un solo amplificador, por lo que, en el caso en que éste tenga algún problema, el sistema completo dejaría de funcionar.*
- iii) *La conexión es más complicada, haciendo difícil su realización rápida.*

- 6- En sistemas de sonido para instalaciones fijas (*por ejemplo, shoppings, aeropuertos, etc*) con requerimientos limitados en lo referente a calidad de sonido, se suele utilizar una variante conocida como **Sistemas de Distribución con Voltaje Constante (CV)**.



El sistema se construye a partir de un amplificador cuyo voltaje de salida es constante, sobre un rango importante de impedancias de carga (*generalmente sobre un mínimo de 4 Ohms*). Emplea transformadores conectados en paralelo a través de la línea de distribución de señal. Estos transformadores presentan una impedancia relativamente alta a la línea y vienen provistos de "taps" para variar el voltaje dirigido a cada parlante. Como el voltaje de salida del amplificador permanece relativamente constante sin importar la impedancia de carga, se puede conectar y/o desconectar diversos parlantes sin que se aprecien cambios de intensidad en los parlantes que queden conectados. Además, los "taps" permiten ajustar el nivel de potencia sonora que cada parlante debe tener, independientemente de los otros. Esto permite ajustar el nivel de sonido en cada área por separado. Este tipo de distribución de señal no se utiliza para sistemas de sonido en vivo; fundamentalmente es para instalaciones fijas, con requerimientos simples en lo que respecta a calidad sonora.