

3. Resistencia vs Impedancia

Queremos aclarar que el término *resistencia* vamos a reemplazarlo por el término *impedancia*, cuyo símbolo es Z , y a este último estaremos haciendo referencia en nuestro análisis de los diferentes dispositivos y equipos ya que es un término más apropiado al trabajar con el sonido.

La impedancia está definida como la oposición total que un circuito ofrece a la corriente alterna. Tanto la resistencia como la impedancia se miden en ohmios. No obstante, la impedancia no puede medirse sencillamente como en el caso de una resistencia común mediante un ohmímetro. Ya que la impedancia de un circuito depende de las características de la señal alterna aplicada al circuito esto requiere instrumentos más complejos para poder medirla.

Normalmente los fabricantes especifican la impedancia de sus equipos. Encontramos por ejemplo que los parlantes son fabricados con impedancias de 4, 8 y 16 ohmios. También los micrófonos se especifican comercialmente como de baja o alta impedancia. Un mezclador puede tener una impedancia de 600 Ω a la salida, etc.

4. Decibelios (dB)

El decibelio fue introducido en el año 1929 por la industria telefónica para expresar ganancias y pérdidas en potencias. El uso del decibelio también se ha extendido para que exprese relaciones de voltajes, niveles de ruido o distorsión, niveles de presión de sonido (SPL), etc. Pero básicamente podemos decir que el decibelio es una medida que expresa la relación o comparación entre dos potencias.

Para entender el concepto de decibelio debemos explicar primeramente lo que es una relación de potencias o voltajes. Asumamos que tenemos un equipo electrónico que nos permite manejar una señal de sonido. Este equipo tiene un punto de entrada y uno de salida. Si al comparar la señal a la entrada con la señal que obtenemos a la salida encontramos que esta última es mayor, decimos que nuestro equipo *amplifica* la señal; pero si la señal a la salida es más pequeña que la señal que entramos, entonces nuestro equipo *atenúa* la señal.

En cada uno de los casos que se ilustran en las figuras 2.10a y 2.10b, entendemos que podemos obtener un valor de potencia proporcional al tamaño de la señal. Llamaremos P_{in} a la potencia obtenida de la señal de entrada y P_{out} la obtenida de la señal de salida. La relación de potencias será el cociente de dividir la potencia mayor sobre la potencia menor.

En el caso de la figura 2.10a, la relación será $\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)$ porque $P_{out} > P_{in}$;

por lo tanto, tenemos una *ganancia en potencia*. En el caso de la figura 2.10b la relación será: $\left(\frac{P_{in}}{P_{out}}\right)$ porque $P_{out} < P_{in}$; entonces, tenemos una *pérdida en potencia*.

Ahora que entendemos lo que significa la relación de potencias pasemos a explicar lo que son los decibelios. La relación de potencias expresada en decibelios viene dada por la fórmula:

$$dB = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Donde: P_1 = potencia mayor y P_2 = potencia menor.

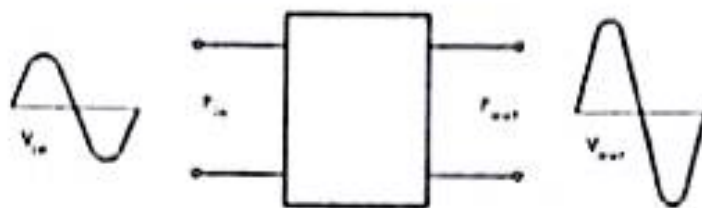


Figura 2.10a Amplificador

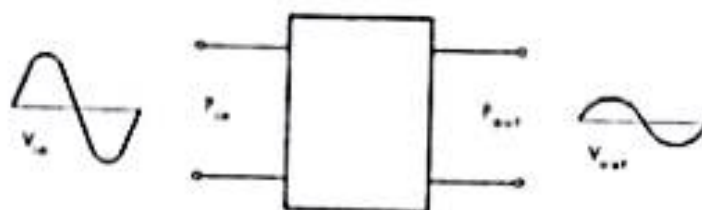


Figura 2.10b Atenuador

Los decibelios son una expresión logarítmica de la relación de potencias. ¿Por qué usar logaritmos? Aunque no lo parezca, es para simplificar el manejo de estas relaciones. Por ejemplo, suponga que tenemos interconectados varios amplificadores como se ve en la figura 2.11

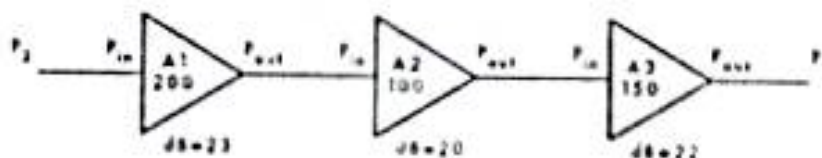


Figura 2.11 Tres amplificadores interconectados

¿Podríamos calcular cuál sería la ganancia total de los tres amplificadores interconectados de esa manera? Notemos cómo el amplificador A_1 tiene una ganancia (P_{out} / P_{in}) de 200 veces, A_2 de 100 veces y A_3 de 150 veces. La ganancia total será

$$A_T = \frac{P_2}{P_1} = 200 \times 100 \times 150 = 3\,000\,000 \text{ de veces}$$

Ahora supongamos que la ganancia de cada amplificador se expresa en dB

$$A_1 (dB) = 10 \log 200 = 23 \text{ dB}$$

$$A_2 (dB) = 10 \log 100 = 20 \text{ dB}$$

$$A_3 (dB) = 10 \log 150 = 22 \text{ dB}$$

$$A_T = 65 \text{ dB}$$

Si queremos calcular la ganancia total en dB de los 3 amplificadores basta con **sumar** sus ganancias individuales. Para comprobar el resultado

$$A_T (dB) = 10 \log (3\,000\,000) = 65 \text{ dB}$$

Este pequeño ejemplo nos ayuda a ver cómo el manejar relaciones en decibelios nos permite, mediante sumas sencillas y cifras pequeñas, predecir el resultado final o el comportamiento de una señal que es manejada por varios equipos interconectados.

El siguiente **nomograma*** (figura 2.12) puede ser usado para resolver problemas basados en relaciones de potencias aplicando decibelios. Observe cómo la escala de abajo indica la relación de potencias y la de arriba muestra su equivalente en decibelios.



Figura 2.12 Nomograma para determinar relación de potencias directamente en dB

Tratemos ahora de resolver algunos problemas usando nuestro nomograma, los cuales nos ayudarán a familiarizarnos con los dB.

1) ¿Cuál será la ganancia en dB si duplico la potencia? Según el nomograma de la figura 2.12 hay un incremento de 3 dB, cuando la relación de potencias es 2:1.

2) ¿Cuál será la ganancia en dB de un amplificador que tiene una relación de potencia de 1.000 veces? Notamos que corresponde a 30 dB.

3) Suponga que aplicamos una potencia de 10W a un parlante. ¿Cuánta ganancia en dB obtengo al aplicarle 40W? Según el nomograma entre 10 y 40W hay un incremento de 6 dB.

4) ¿Cuántas veces debo amplificar la potencia para lograr un incremento de 20 dB en un amplificador? Si buscamos en la escala de arriba 20 dB notamos que en la escala de abajo leemos una relación de potencia de 100 veces.

Al comienzo de este tema mencionamos que los decibelios podían usarse para expresar también relaciones de voltaje. Recordando la Ley de Ohm, vemos que la potencia puede ser expresada en términos del voltaje y la impedancia o resistencia, mediante la fórmula:

$$P = \frac{V^2}{Z}$$

De la misma manera podemos decir que:

$$P_n = \frac{(V_n)^2}{Z} \quad \text{y} \quad P_{out} = \frac{(V_{out})^2}{Z}$$

Donde: el sufijo *in* representa la entrada y el sufijo *out* la salida.

* Un nomograma es una representación gráfica que permite realizar con rapidez cálculos numéricos aproximados.

En este caso para simplificar las cosas asumiremos que la impedancia (Z) es la misma tanto a la entrada como a la salida. Por lo tanto:

$$10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) = 10 \log \left(\frac{(V_{out})^2 / Z}{(V_{in})^2 / Z} \right) = 10 \log \frac{(V_{out})^2}{(V_{in})^2} = 10 \log \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right)^2$$

Usando el principio matemático que aplica a un exponente dentro de un logaritmo:

$$10 \log \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right)^2 = 2 \times 10 \log \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right) = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

En resumen, podemos decir que la relación de voltaje en dB puede expresarse también como el **doble** de la relación de potencia en dB:

$$\text{Relación de potencia en dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

$$\text{Relación de voltaje en dB} = 20 \log \frac{V_1}{V_2}$$

Nuevamente, para simplificar el manejo de los decibelios y la relación de voltaje podemos usar el nomograma de la figura 2.13.

Hagamos un par de ejercicios para familiarizarnos con este nuevo nomograma.

- 1) Si incrementamos la señal de salida de un amplificador de 1V a 10V, ¿cuál es el incremento en dB? 20 dB.
- 2) ¿Cuántos decibelios aumenta si duplico una señal de voltaje? Esto quiere decir una relación de voltaje 2:1. Según la tabla serían 6 dB.



Figura 2.13 Nomograma para determinar relaciones de voltaje directamente en dB

Algunas medidas en decibelios adquieren una connotación especial cuando se refieren a un valor específico. Por ejemplo, es muy común el término dBm, el cual representa una relación de potencias cuyo valor inicial es 1 mW (miliwatt = 0,001 watt).

Es decir, 0 dBm equivalen a 0,001W. (Figura 2.14.)
$$dBm = 10 \log \frac{P_1}{0,001}$$



Figura 2.14 Nomograma para determinar la potencia directamente en dBm

Otro término ampliamente usado es el dBu, el cual representa una relación de voltajes cuyo valor inicial es 0,775 voltios; es decir, 0 dBu equivale a 0,775 V. (Figura 2.15)

$$dBu = 20 \log \frac{V_1}{0,775}$$

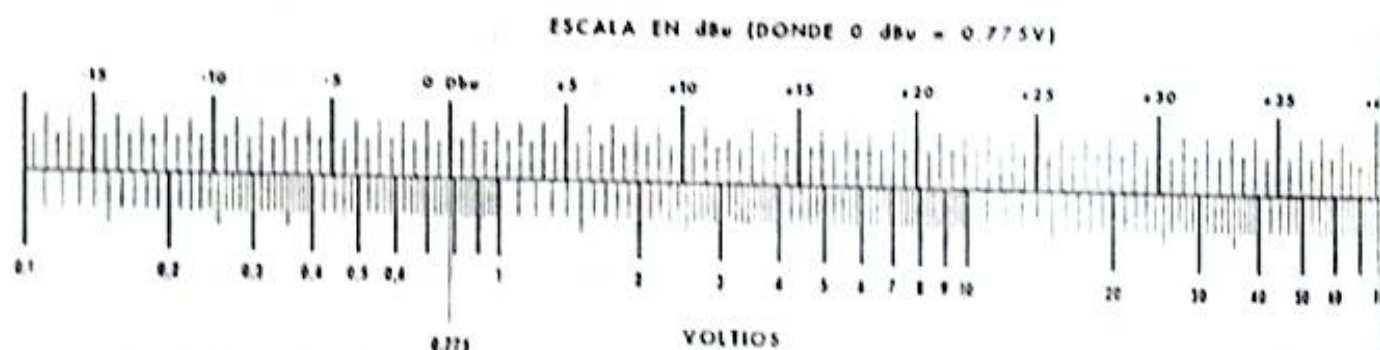


Figura 2.15 Nomograma para determinar el nivel de voltaje directamente en dBu

5. Nivel de presión de sonido (SPL)

Hablando en términos de acústica, los decibelios también tienen una aplicación especial cuando se trata de medir la intensidad o volumen de un sonido. Se escogió el término dB-SPL para medir el nivel de presión del sonido referenciado a 0,0002 dinas/cm², que es el nivel más bajo de sonido que en promedio puede percibir el oído humano (0 dB-SPL). La tabla de la figura 2.16 muestra los valores en dB-SPL que representan el volumen relativo de algunos sonidos con los cuales estamos comúnmente familiarizados.

Es importante saber que los niveles de sonido muy altos son peligrosos, ya que pueden causar daño al oído. Según la tabla podemos notar que un nivel de sonido cómodo para una asamblea debería estar entre 70 y 85 dB-SPL.

6. Ley del cuadrado inverso

Uno de los criterios más importantes que debemos entender para diseñar un buen sistema de sonido es la **Ley del cuadrado inverso**. La experiencia nos demuestra que a medida que nos alejamos de una fuente de sonido el volumen va decreciendo.