

Audio II

- **El Decibel eléctrico**

Un tema común de nuestra profesión es el de las magnitudes que se utilizan para relacionar los niveles de las señales de audio.

En la calibración de equipos, en la regulación de niveles, en la homogeneización de componentes de la cadena de sonido, etc. siempre necesitaremos adaptar los valores que toman las señales para poder acoplar las etapas convenientemente.

Vamos a estudiar solamente tres unidades que son las más usadas en el desempeño de nuestras tareas; estas son: **dBm**, **dBV** y **dBu**.

Para poder hablar de ellas se hace necesario recordar la definición primaria del **decibel**.

El Db Es La Décima Parte De Un Bel Y Expresa Ganancias O Pérdidas De Transmisión Y Niveles De Potencias Relativas. Numéricamente Es Diez Veces El Logaritmo Decimal De Un Cociente Entre Una Magnitud Y La Magnitud De Referencia. Se Usan Varias Unidades Pero Por Definición La Relación Se Realiza Con La Razón De Potencias.

$$dB = 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_R}$$

Donde:

P: es la potencia medida.

PR: es la potencia de referencia.

dBm: en este caso la magnitud de referencia es 1 mW.

Se creó para la mensura de las pérdidas de potencia en las líneas telefónicas. Está basada sobre una carga con impedancia de 600 Ω y una frecuencia de 1004 Hz.

O sea, 0 dBm equivale a 1 mW con una frecuencia de 1004 Hz conectado a una impedancia de 600 Ω .

Sabemos por **ley de Ohm** que:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow V = \sqrt{P \cdot R} \Rightarrow V = \sqrt{10^{-3} \text{W} \cdot 600 \Omega} = 0.775 \text{V}$$

Entonces para los fines prácticos lo que debemos medir con un multímetro es 0.775V para estar en presencia de 0 dBm.

dBV: se trata del incremento o disminución de tensión **independientemente** de la impedancia de carga.

El valor de referencia es 1V. De esta manera 0dBV corresponde a la lectura de 1V en nuestro voltímetro.

Cuantitativamente el valor que adopta también corresponde a 10 veces el logaritmo decimal del cociente, pero, el único tema es que como la relación debe ser de potencias y la tensión varía de forma cuadrática; por propiedad de los logaritmos nos queda veinte veces el logaritmo del cociente de tensiones.

$$dBV = 20 \cdot \log_{10} \frac{V}{V_R}$$

Donde:

V: es la tensión medida.

VR: es la tensión de referencia (1 V).

dBu: dadas las complicaciones que acarrea la adaptación de los niveles medidos en diferentes escalas se decidió adoptar una unidad que comprenda las ventajas de las mencionadas anteriormente.

Dichas cualidades son:

- En el caso del dBm la amplia estandarización que tenía desde bastante tiempo atrás, debido al amplio uso en la industria telefónica.
- En el dBV, la ventaja consistía en la facilidad que resultaba el trabajo sin relación a la impedancia de carga y la frecuencia.

Hagamos algunas relaciones:

$$\begin{aligned} 0 \text{ dBm} &= 0.775 \text{ V} = -2.21 \text{ dBV} \\ 0 \text{ dBV} &= 1 \text{ V} = 2.21 \text{ dBm} \\ 4 \text{ dBm} &= 1.29 \text{ V} = 1.79 \text{ dBV} \\ 6 \text{ dBV} &= 2 \text{ V} = 8.2 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Como pueden apreciar los valores no son fáciles de manipular y con base en ese problema se halló la siguiente solución: al igual que el dBV, se utilizó la independencia de la impedancia de carga, pero en este caso, se tomó como tensión de referencia 0.775 V.

Cuantitativamente el valor que adopta corresponde a 20 veces el logaritmo decimal del cociente de tensiones, pero, la referencia es 0.775 V.

$$dBu = 20 \cdot \log_{10} \frac{V}{V_R}$$

Donde:

V: es la tensión medida.

VR: es la tensión de referencia (0.775 V).

Los medidores de nivel de señal en audio, comúnmente llamados vúmetros, en general están ponderados en **dBm** (por la relación antedicha con respecto a la

industria telefónica). Cuando se puede leer "VU" sin especificar ninguna otra unidad, ésta es el dBm o dBu, con la salvedad que tiene fijado un tiempo de integración determinado (alrededor de 300 ms dependiendo de la marca). En el caso de que la constante de amortiguación sea del orden de las decenas de ms, estamos en presencia de un "medidor de picos".

La sigla VU se refiere a "Volume Units" (unidades de volumen).

Bien, conociendo todas las relaciones antedichas, a partir de ahora podremos realizar mediciones para calibrar nuestros equipos con la ayuda de un simple voltímetro.

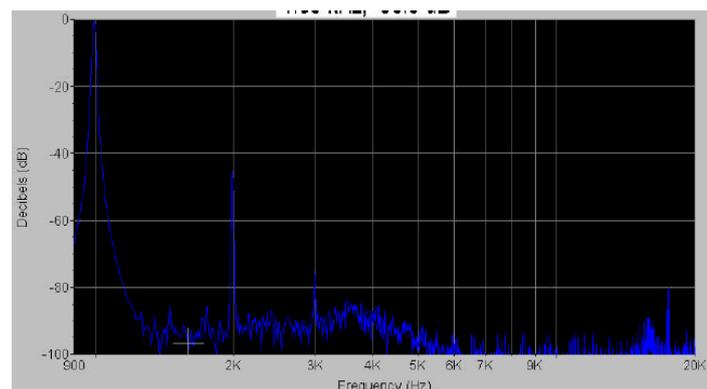
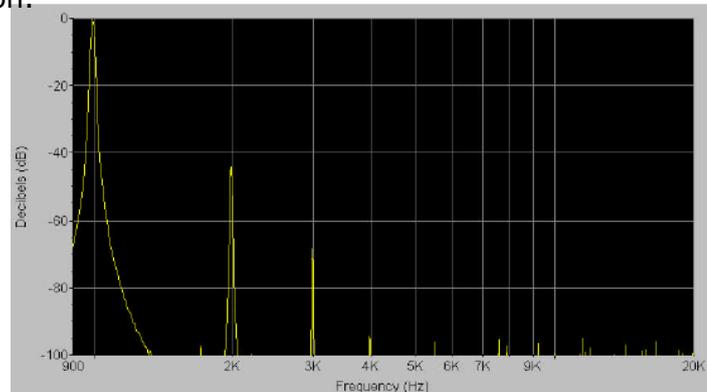
(Carlos Indio Gauvron/Docente F.I.U.B.A.)

• **Distorsión armónica (THD)**

La distorsión se define como la señal o el conjunto de señales que **se suman o se generan** (dependiendo de sí es intencional o no) a una señal madre o primitiva (descontando siempre el ruido). Quiere decir esto que al inyectar una señal a la entrada de un amplificador; el conjunto de señales **nuevas** que aparezcan a la salida del mismo, sumada a la original que esta siendo amplificada, conforma la distorsión.

La distorsión puede ser **deseada**, como en el caso de los procesadores de efectos, o **indeseada**, como producto de los componentes electrónicos. Se la llama distorsión armónica a la distorsión que aparece en forma de **armónicos** (múltiplos de la fundamental), que se agregan a la señal ya existente.

Cuando la distorsión cae dentro de los armónicos pares de una señal, se aprecia esta última instancia como **más aceptable** al oído. También sucede que los **armónicos superiores** terminan siendo más agradables que los próximos a la fundamental.



Distorsión de una Válvula (arriba) y un Transistor (abajo)

La distorsión generada por una válvula termo-iónica (válvula para los amigos), es una distorsión de armónicos **pares** e **impares**, comparada con la de transistor que es mayormente **impar** aunque en este último generalmente es de **menor valor**.

Un factor que favorece a la distorsión en válvulas, es el hecho de que la distorsión más alta se produce en el **segundo** armónico, siendo este el más propenso a ser enmascarado que el tercero o el cuarto como ocurre con las distorsiones de transistores.

$$THD\% = \frac{\sqrt{D2^2 + D3^2 + \dots + Dn^2}}{D1} \cdot 100$$

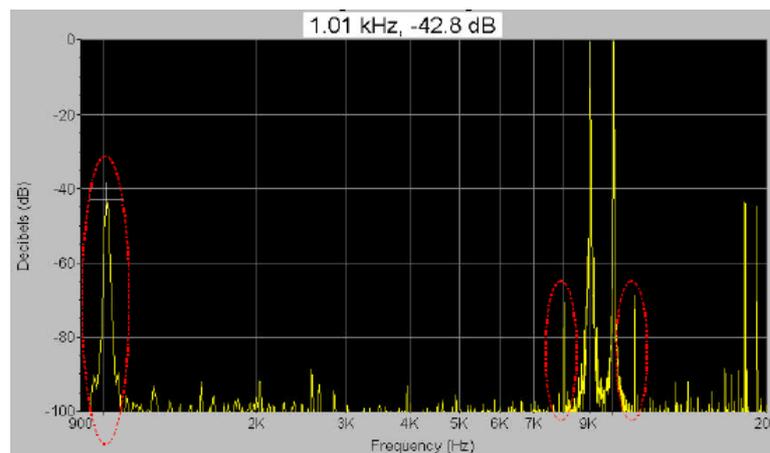
- **Distorsión por intermodulación**

La IMD (**Inter Modulations Distortions**) se produce por la heterodinación **Batido** (modulación) entre dos o más señales de frecuencias **distantes**, 60Hz y 7kHz por ejemplo, dentro de un equipo, que genera nuevas señales "distorsiones" generalmente no armónicas, que no se enmascaran.

Al igual que la THD esta también es producida por la alinealidad de los dispositivos. Siempre que se produce THD, aparece IMD ya que son parte del mismo proceso.

Los amplificadores mal diseñados suelen ser la fuente principal de distorsión por intermodulación, aunque también puede ser producida por el **efecto Doppler** de un parlante.

Es la **distorsión armónica** más indeseable.



Distorsión por Intermodulación

Existe también otros tipos de distorsión que no analizaremos en este curso; como la **TIM** (Transient Intermodulation), **DIM** (Dynamic Intermodulation), la **Distorsión por Fase**, etc.

Saturación

Es otro tipo de distorsión, producida por el recorte de señal debido a la incapacidad de un transistor, de superar cierto umbral de amplificación.

Nota: ¿Por qué lo primero que se quema son los drivers de agudos?

Porque cuando se va saturando la señal en el amplificador, se va convirtiendo en una señal cuadrada producto del recorte, y como la señal cuadrada tiene contenido armónico, estos armónicos, que serían el resultado de multiplicar el N° de armónico por la frecuencia fundamental se transforman en agudos que saldrán por los drivers aumentando el caudal de la señal.

- ***Cables y conectores***

Los conductores nos permiten enviar las señales eléctricas desde su origen a su destino consiguiendo que dos puntos que están físicamente separados, se unan al menos desde el punto de vista eléctrico.

Tipo de conductores

Podemos distinguir dos tipos de conductores según su constitución física

Los hilos:

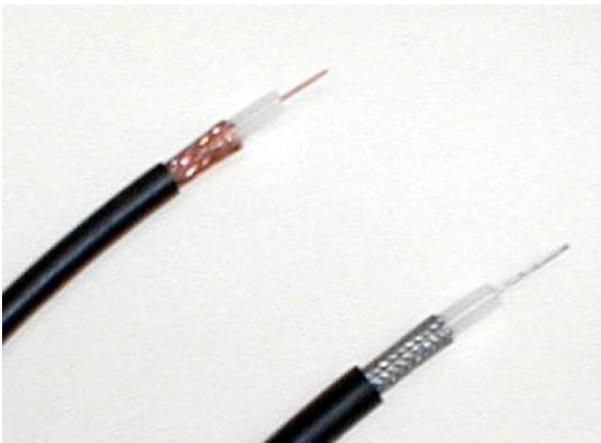
Los cables:

Los cables pueden ser individuales (unipolar) o estar unidos en forma paralela (bipolar, tripolar, multipolar).

Todos poseen una vaina aislante que puede ser plástica o de una mezcla en base al caucho. De acuerdo al tipo de aislamiento, será mayor o menor la resistencia mecánica del conductor.

Existen cables que poseen doble aislamiento, como los "tipo taller", que internamente pueden tener dos o más conductores aislados; los telefónicos, que generalmente poseen conductores de a pares; o los de instalaciones subterráneas, donde se aprecia una capa aislante externa muy importante.

También pueden tener un recubrimiento interno blindado, como el caso del cable coaxial o el cable apantallado, utilizando además una malla o trenzado, evitando de alguna manera las interferencias de bajas señales por el cable de masa.



Tenemos entonces:

- cables de aislamiento común:**
- cables de aislamiento especial:**
- **cable de aislamiento de RF:**

- ***Niveles de señal***

Hablando de la señal de audio, podríamos hacer una clasificación de acuerdo a los niveles de tensión nominales que presentan a lo largo de un sistema de audio:

- NIVEL DE MICRÓFONO** (mic level) -Nivel bajo; 5 mv aproximadamente
- NIVEL DE INSTRUMENTO** (Inst. level) -Nivel medio-bajo; 50 mv aproximadamente
- NIVEL DE LINEA** (Line level) - Nivel medio o normal; 300 mv aproximadamente
- NIVEL DE PARLANTE** (speaker level) - Nivel alto; mayores a 5 v

La importancia de conocer los niveles de señal, (especialmente los tres primeros) se verá en la unidad de consolas profesionales, aquí solo nos importa comprender el tipo de cable y conector que se usa en cada caso.

Lo cierto es que para los primeros tres niveles, como son de pequeño voltaje están afectados por las interferencias; teniendo en cuenta que todo cable se comporta como una antena por donde, en tendidos largos, se cuelan interferencias (radio frecuencias o señales de baja frecuencia proveniente de motores eléctricos, equipos de comunicación, etc.). También se cuelan interferencias en los cables de parlantes, pero como transportan una señal elevada, el nivel de ruido o interferencia queda despreciado.

Teniendo en cuenta éstas consideraciones veremos a continuación que tipo de conector se utiliza en cada aplicación y como se transporta la señal y que recursos existen para evitar las interferencias.

- ***Conectores***

El conector es el elemento físico de unión de los cables y posee tres zonas claramente definidas:

Zona de conexión, Zona de soldadura.

Funda protectora:

El objetivo de los conectores es obviamente el de conectar y desconectar líneas de transmisión en forma práctica y sobre todo segura.
Por esto es que en determinadas funciones predomina el uso de determinadas fichas con respecto a otras.

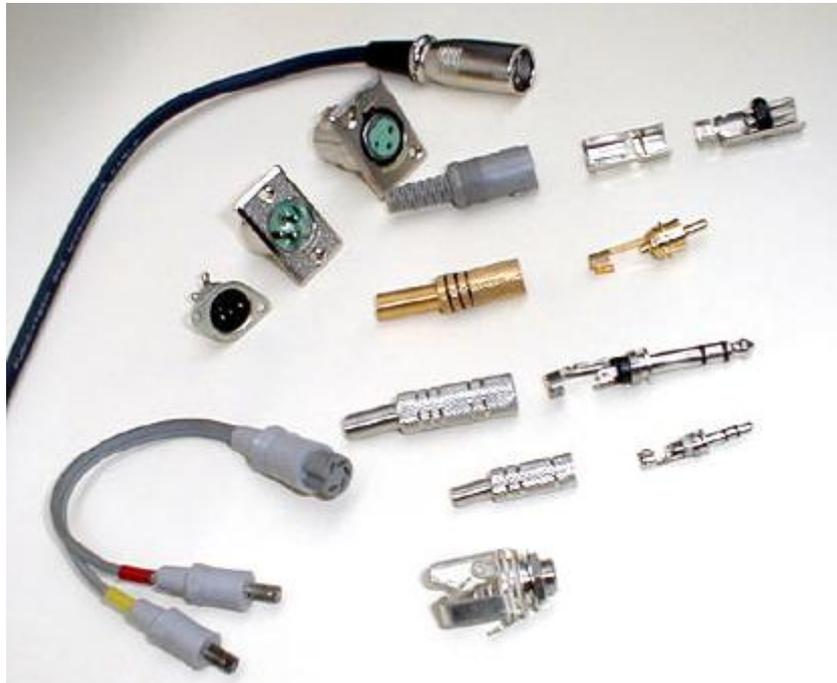
Conector TRS (1/4" o 1/8"):

Conector RCA:

Conector XLR:

Conector SPEAKON:

Conector DIM:



Adaptadores

Su función es convertir un conector en otro. Pueden ser causante de ruido e interferencias, por la zona descubierta o de falsos contactos ya que su zona de conexión en general es delicada y se gasta con facilidad. Se los recomienda utilizar solo en caso de especiales.

• ***Formas de transporte de señal***

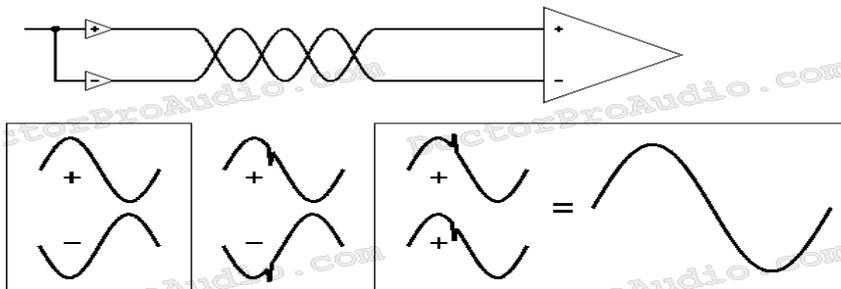
Existen dos maneras básicas de transportar la señal de audio. La primera es de forma no-balanceada; dónde la señal se lleva a través de un cable de dos conductores. Los conectores de señal no-balanceada tienen dos pines, como el RCA y el de 1/4" no balanceado. (Los conectores de más pines también pueden

7

llevar señal no-balanceada, aunque no usarán todos los pines). Por ejemplo un conector XLR (Cannon) de tres pines podría llevar señal no-balanceada, dejando un pin sin usar. Los equipos domésticos usan en su práctica totalidad conexiones no balanceadas. Las conexiones no-balanceadas son muy simples, y se usan habitualmente y sin problemas para la conexión de muchos instrumentos musicales. La razón por la que este tipo de conexiones no son consideradas "profesionales" es que son muy susceptibles que contaminarse por interferencia electro-magnética, particularmente cuando las distancias del cable son largas.

La otra manera es la conexión balanceada, en la cual se necesita enviar dos veces la señal. Por un conductor viaja la señal positiva; por el otro la señal se envía invertida de fase (negativa) y un tercer conductor que es la malla protectora puesta como neutro. Las interferencias electro-magnéticas que no rechace el apantallamiento del cable, afectarán lo mismo a los dos cables que llevan la señal; lo cual se observa que el ruido se filtra en fase en ambos conductores (+ y -). Al final del circuito, (en la entrada de la consola por ejemplo) se encuentra un amplificador diferencial que utiliza la diferencia de ambas señales, obteniendo una resultante del doble de amplitud (6dB en tensión), pero no logra "ver" el ruido, ya que esta en fase en ambas entradas. Obviamente la señal resultante carece de ruido y posee el doble de amplitud que la inicial.

En la práctica la atenuación de las interferencias es muy compleja y no siempre se consiguen los resultados esperados, aunque en cualquier caso el transporte balanceado de señal es el preferible para aplicaciones profesionales. El parámetro CMRR (Common Mode Rejection Ratio, Relación de Rechazo en Modo Común) expresa la atenuación de una interferencia que se cuela en igual cantidad en los conductores que llevan la señal, y suele oscilar entre -60 y -80 dB, que vienen definidos por las tolerancias del circuito de desbalanceado de la entrada, y que definen la exactitud de la suma del desbalanceado. La siguiente ilustración explica de forma gráfica el balanceado:



El dispositivo de salida produce dos copias de la misma señal una de la cuales está invertida; si existe interferencia se produce de igual manera en las dos señales que se transportan por el cable; en el dispositivo de destino las señales se invierten y se suman, cancelándose la interferencia.

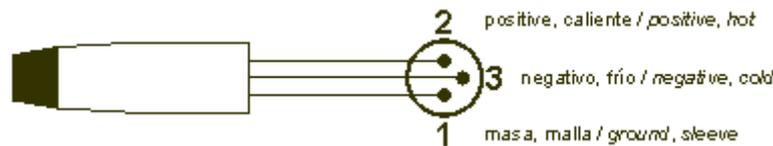
Son necesarios conectores de tres pines para llevar señal balanceada, tales como XLR y 1/4" (estéreo). Habitualmente se nombran los terminales como positivo o caliente (el inglés, hot), negativo o frío (cold) y malla o masa (sleeve o ground). En el conector de 1/4" lo usual es conectar el positivo a la punta (en inglés, tip), el negativo al anillo (ring) intermedio y la masa a la malla (sleeve) del cable. Al conector de 1/4" con tres terminales se le denomina en inglés TRS, abreviatura de tip-ring-sleeve (punta-anillo-malla). En cualquier caso a veces

es conveniente asegurarse de que los fabricantes de nuestros dispositivos sigan las convenciones habituales de asignación de pines, sea cual sea el conector.



Asignación habitual de pines en conector de 1/4"

En el conector XLR hoy en día lo más habitual es asignar los terminales según la norma AES, de forma que se conecta el pin 2 al positivo, el 3 al negativo y el 1 a malla. En el pasado muchos fabricantes conectaban de forma inversa el 2 y el 3 (casualmente esta era la forma descrita por el fabricante original, Cannon), de manera que la interconexión de equipos podía ocasionar problemas de desfase, aunque hoy en día casi todos los fabricantes parecen haber adoptado la polaridad AES.

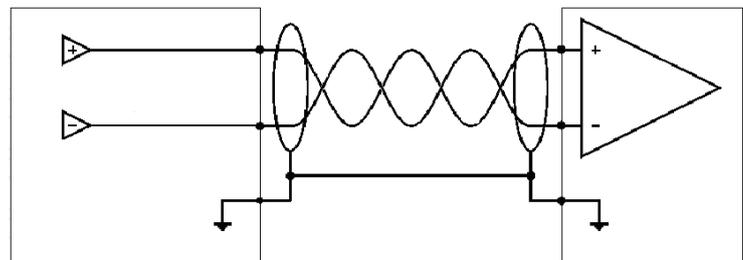


Asignación habitual de pines en conector XLR

Dentro de las conexiones balanceadas, podemos distinguir las balanceadas con transformador y balanceadas electrónicamente.

Balanceadas electrónicamente:

Para ello necesitaremos un dispositivo con salida balanceada y otro con entrada balanceada. A menudo la tierra se levanta en la entrada para impedir bucles de masa, causantes de zumbidos. Es la forma más común de balanceado, implementada habitualmente en los equipos profesionales.



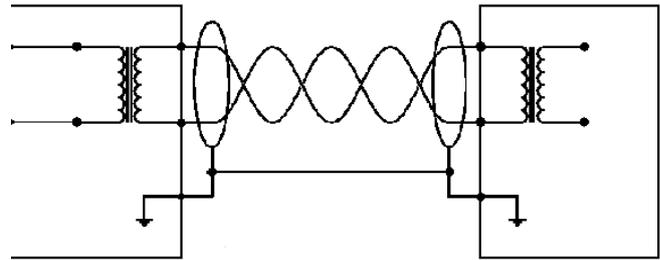
Sistema balanceada electrónicamente

Balanceadas con transformador: Para ello necesitaremos un transformador de entrada o de salida. Normalmente no tiene sentido poner tanto en la entrada como en la salida, puesto que con un extremo tenemos aislamiento eléctrico que nos permitirá evitar zumbidos por bucles de masa. El inconveniente principal de los transformadores es que es difícil encontrarlos con características de linealidad y distorsión que se aproximen a las de un sistema balanceado electrónicamente. Los de calidad suficiente suelen muy caros.

En general, el balanceado por transformador no se utiliza muy a menudo, y solo los equipos de muy alta gama los incorporan, a menudo solamente como opción.

Quizá la opción mas racional al usar balanceado con

transformadores sea utilizarlos en la entrada solamente, lo cual combina las ventajas del balanceado electrónico con las de transformador, proporciona aislamiento de masa. Además los transformadores de entrada son menos voluminosos y pesados que los de salida.

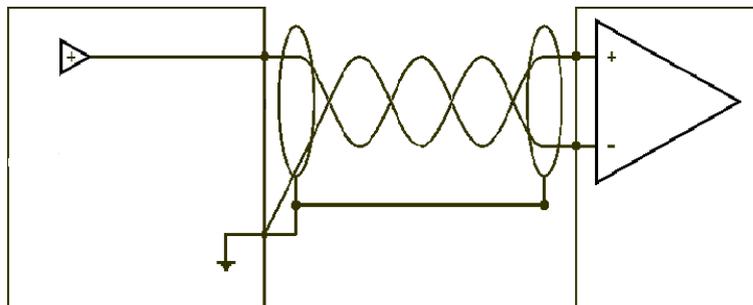


Sistema balanceado por transformador

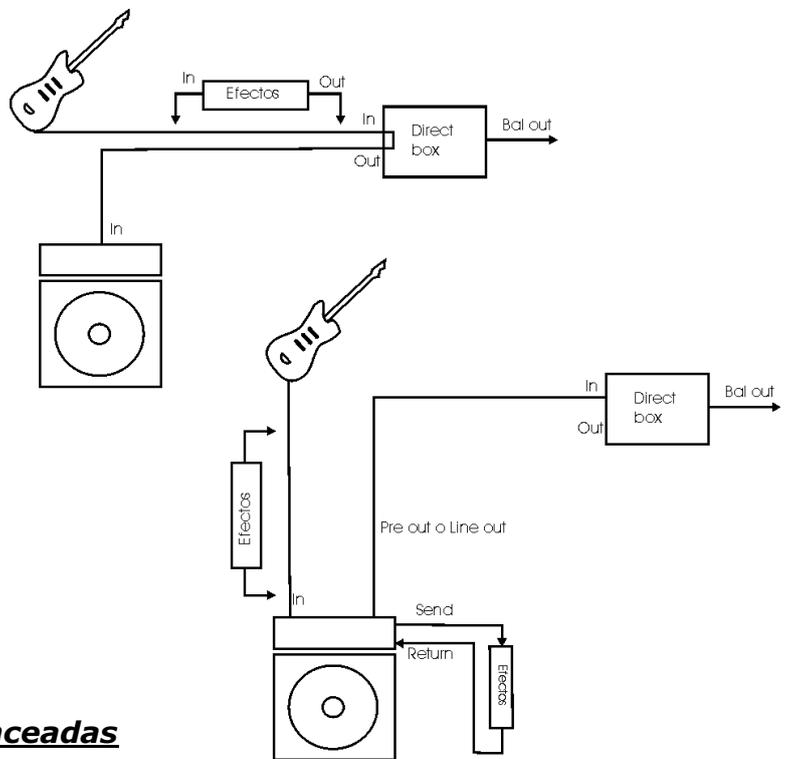
Puesto que es habitual que incluso las instalaciones profesionales utilicen fuentes de sonido no-balanceadas, particularmente instrumentos musicales en aplicaciones de sonorización de música en directo, es necesario seguir unos procedimientos que minimicen la posibilidad de ruidos.

En general, podemos recurrir a dispositivos disponibles comercialmente que convierten las salidas no-balanceadas de alta impedancia y -10 da (lo habitual en aparatos no profesionales) a salidas balanceadas de +4 da y baja impedancia (lo habitual es uso profesional). O bien las entradas no balanceadas en balanceadas. Estos adaptadores se deberán colocar lo más cerca posible de los dispositivos no-balanceados. En aplicaciones de sonido en vivo, por ejemplo, es habitual el uso de cajas de "Inyección Directa" (en inglés, DI o DB por Direct box) en el escenario para llevar las señales de los instrumentos por toda la longitud de la manguera hasta la consola de sala.

Para las conexiones que realicemos sin este tipo de adaptador, la conexión recomendada de una salida no-balanceada a una entrada balanceada se ilustra en el gráfico. Nótese que el negativo y la malla (que no se conecta a la entrada) se unen.



Sistema Desbalanceado en una punta y balanceado en la otra



Interconexión con cajas directas y sistemas balanceados y no-balanceados

Conexiones a entradas balanceadas

Las ilustraciones que siguen muestran la conexión desde salidas balanceadas y no-balanceadas por diferentes conectores a entradas balanceadas por conectores XLR y 1/4". Estamos asumiendo aquí que los XLR llevan el positivo en el pin 2 y que los conectores macho de 1/4" llevan el positivo en la punta. Compruebe que su equipo no lleva diferente polaridad. Recordar que a la configuración europea cambia el terminal 2 por el 3.

NOTA: los pines de los XLR no coinciden con los de su posición real

Balanceado a balanceado

Sencillamente conectamos pin a pin.

En caso de zumbidos en las conexiones de salida balanceada a entrada balanceada, es común desconectar (levantar) la malla (masa) del conector de entrada. Siempre es conveniente contar con un sistema alternativo que permita unir o desunir la masa de audio con respecto al la de alimentación el sistema. Ya que si existen ruidos de masa, es mas practico levantar la masa desde un equipo que l permita que andar desmoldando un Terminal del XLR.



XLR balanceado a XLR balanceado



XLR balanceado a 1/4" balanceado



1/4" balanceado a 1/4" balanceado



1/4" balanceado a XLR balanceado

Paso de sistema balanceado a sistema balanceado

No-balanceado a balanceado

En general, para conectar una fuente no balanceada a un dispositivo balanceado, se unen dos de los conductores del cable (malla y negativo).



XLR no-balanceado a XLR balanceado



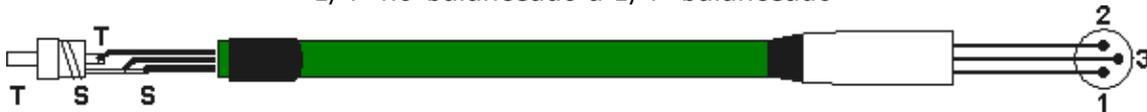
XLR no-balanceado a 1/4" balanceado



1/4" no-balanceado a XLR balanceado



1/4" no-balanceado a 1/4" balanceado



RCA a XLR balanceado



RCA a 1/4" balanceado

Cambio de sistema no-balanceado a sistema balanceado

En los siguientes ejemplos se observa que al cortarse o cortocircuitarse una o dos patas, perdemos 6dB de ganancia, que es lo que se gana en la suma inicial de señales.

Nota: Las señales balanceadas utilizan líneas de baja impedancia (600Ω por ej.), producida por el efecto del balanceo. Las líneas desbalanceadas utilizan líneas de alta impedancia a fin de aumentar su nivel de señal respecto al nivel de ruido.

Algunas consideraciones para la prevención de ruidos y zumbidos:

- Usar cables gruesos para conexiones de tierra; mínimo 2,5mm²
- Usar filtros de línea (para alimentación)
- Separar los cables de señal de audio de los cables de iluminación.
- Controlar el uso de dimmers.
- Separar los cables de señal de cualquier tipo de transformador.
- Evitar el uso de grandes extensiones de cable desbalanceado, especialmente en bajos y guitarras (alta impedancia).
- Usar fichas de buena calidad para cables de señal, preferentemente metálicas.
- Mantener la polaridad de la línea de alimentación (respetar el neutro)
- Verificar la inexistencia de vueltas de masa.
- Utilizar los volúmenes de instrumentos y teclados por encima de 3/4 del máximo.
- Alejar cajas directas e instrumentos de la influencia de transformadores (o de equipos que los contengan)
- Conectar audio e iluminación en diferentes fases de la alimentación.
- Utilizar un solo punto de tierra en común, asimismo para el neutro de la alimentación.
- Usar jabalina a tierra.