

# LX1649-50



Quien busque un esquema de amplificador Hi-Fi que no solo haya sido proyectado en papel sino que también haya sido realizado de forma práctica y sometido a todo tipo pruebas, aquí lo puede encontrar. Se trata de un amplificador estéreo Hi-Fi de 100+100 vatios RMS con finales realizados con FET y MOSFET, incluyendo una etapa de protección "antibump" para los altavoces.

## AMPLIFICADOR Hi-Fi 100+100 W

**A**ntes de exponer las cuestiones meramente técnicas de este artículo hemos decidido incluir un suceso que le ha ocurrido a un lector de **Nueva Electrónica** y que nos ha hecho llegar. Por su contenido creemos que puede ser interesante para todos nuestros lectores.

Durante un viaje de trabajo a Moscú un lector de nuestra revista descubrió que tenía aficiones comunes con el pasajero del asiento de al lado. Para pasar el tiempo entabló con su interlocutor, al que llamaremos Sr.K para preservar su intimidad, una agradable conversación sobre **Hi-Fi**, sin desvelarle que era lector de **Nueva Electrónica**.

Según expuso el Sr.K, después de realizar una "exhaustiva" investigación en la prensa especializada adquirió un kit de montaje que le costo mi-

les, repetimos miles, de Euros. Se trataba de un **amplificador dual mono a válvulas**, o mejor dicho dos amplificadores mono, de una revista del sector. Excluyó a priori los circuitos de **Nueva Electrónica** ya que los precios eran demasiado bajos, lo que le hacía suponer una baja calidad.

Nuestro lector pensó que por aquella cifra el **amplificador** tenía que tener unas características realmente extraordinarias. Ahora bien, las únicas respuestas que obtenía del Sr.K cuando le preguntaba por estas características eran del tipo "Beh ... Boh .... Bueno ..."

Después de un tiempo el Sr.K contó a nuestro lector como montó la pareja de amplificadores. Cuando terminó y se dispuso a escuchar su música preferida se llevó una desagradable sor-

presa: Uno de los dos módulos **auto-oscilaba** y en el otro los **bajos** eran **demasiado intensos**.

Podemos imaginar la perplejidad del Sr.K: Un técnico con "fama" de ser un verdadero "gurú" de la **Hi-Fi** ... no podía estar equivocado. Dado el gran gasto que le ocasionó el Sr.K decidió presentarse ante el proyectista para preguntarle como arreglar el problema.

Después exponer sus quejas el Sr.K (según su propia versión contada a nuestro lector) esta fue la respuesta que obtuvo: "No será usted de los que quieren que yo acabe el trabajo, yo proyecto circuitos".

Tras muchos años, desde **1982**, nuestros lectores saben que nunca hemos hablado de otras publicaciones, ni lo haremos. Lo que sí tienen claro nuestros lectores es que estas situaciones **no** ocurren con **Nueva Electrónica**, ya que los circuitos, como el que aquí presentamos, son **diseños propios** de **calidad** que están **exhaustivamente probados** y además disponemos de un **Servicio Técnico** que puede resolver cual-

#### Características técnicas

Máx. Tensión de trabajo:	55+55 voltios
Máx. Potencia (8 ohmios):	100 vatios RMS
Máx. Corriente (100 vatios):	1,6 amperios
Máx. Corriente de reposo:	100 mA
Máx. Ganancia en tensión:	30 dB
Máx. Señal de entrada:	1,4 voltios RMS
Impedancia de entrada:	47.000 ohmios
Distorsión:	0,04%
Ancho de banda:	10-100.000 Hz

#### ETAPA AMPLIFICADORA

En la Fig.1 se muestra el esquema eléctrico del amplificador. Seguidamente describimos, como siempre, las funciones de cada uno de los componentes utilizados en el circuito.

La señal procedente del conector de entrada BF se aplica al condensador C1, que, junto a la resistencia R2, se comporta como un **filtro paso-alto** para señales con frecuencia **superior a 4Hz**.

El condensador de poliéster C1 también se utiliza para evitar que eventuales **componentes**

# RMS con FET y MOSFET

quier problema de **montaje** ... además de tener **precios** realmente **competitivos**.

Es enorme el número de esquemas de circuitos presentados en **revistas especializadas** y en **Internet**, esquemas que **nosotros no utilizamos** ya que desarrollamos nuestros **propios diseños** completamente operativos y a los que no hay que hacer **ninguna modificación** ni añadir ningún componente, ya que no tienen nunca **ningún problema**.

En esta línea hemos desarrollado un **amplificador Hi-Fi** con finales **FET** y **MOSFET** para quienes quieran disfrutar del sonido de alta fidelidad. Además, como se expone en el artículo, dispone de etapas **"antibump"** y de **protección**. Sus características generales son las siguientes:

**continuas** de la fuente influyan en el funcionamiento del amplificador.

Ya que un FET, por su propia naturaleza, tiene una impedancia de entrada de varios megohmios, para tener una impedancia de entrada de **47.000 ohmios** hemos conectado la resistencia R2 a la puerta (Gate) de FT1 (ver Fig.1).

Para evitar la influencia de **radiofrecuencias** en la entrada hemos limitado el ancho de banda del amplificador mediante el **filtro paso-bajo** formado por R1 y C2.

Una vez aplicada la señal a la Puerta (Gate) de FT1 comienza el proceso de **amplificación**.

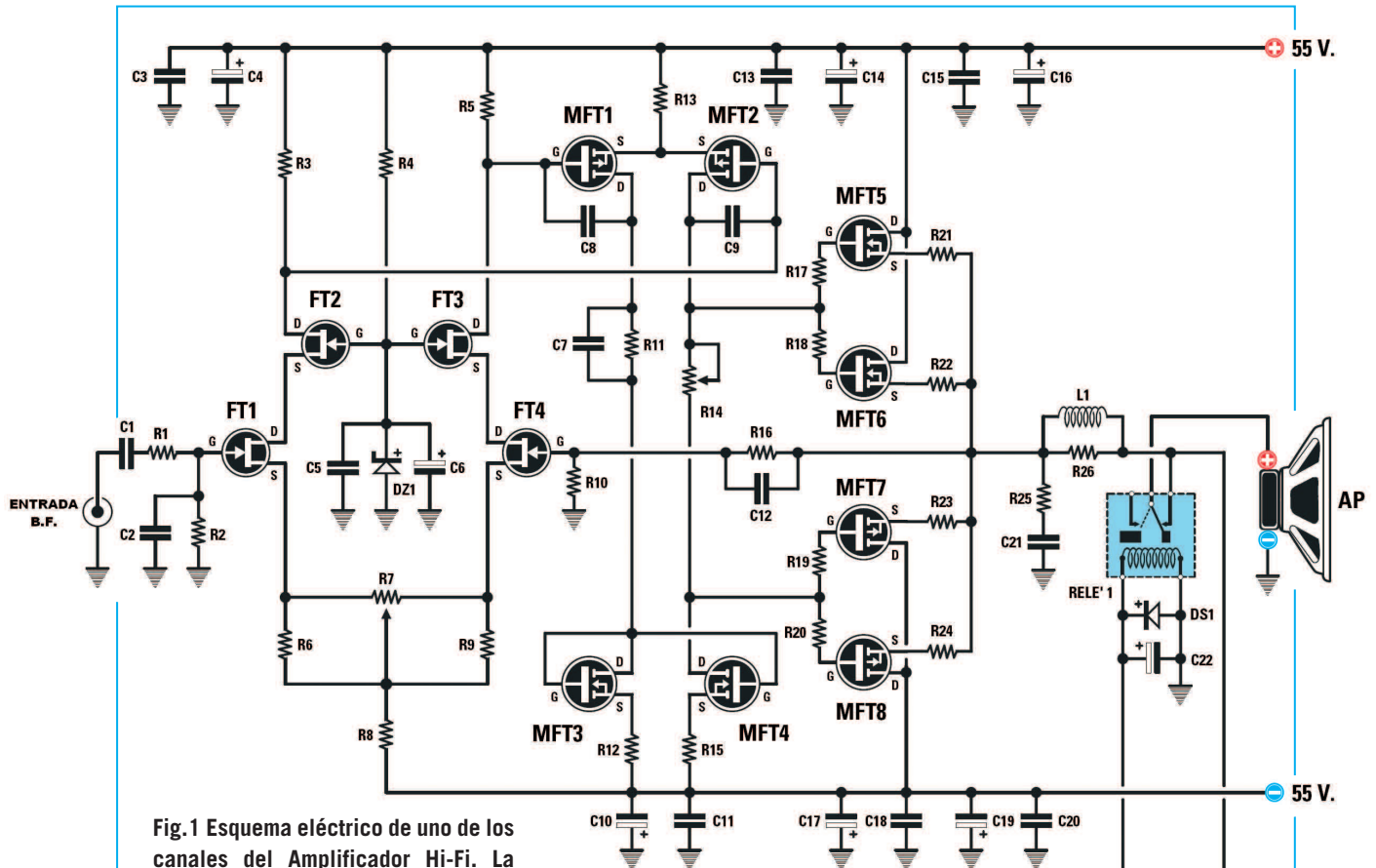


Fig.1 Esquema eléctrico de uno de los canales del Amplificador Hi-Fi. La amplificación de potencia de la señal se realiza a través de los MOSFET finales MFT5-MFT6 y MFT7-MFT8, configurados en clase AB.

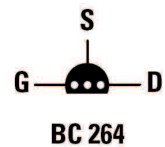
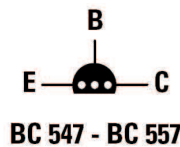
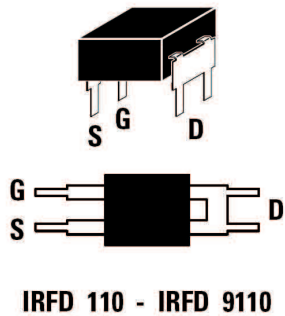
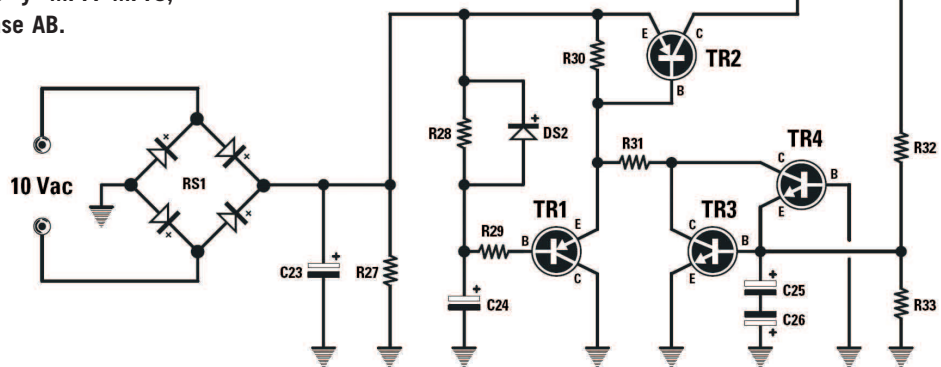


Fig.2 Conexiones de los transistores BC.547-BC.557 y del FET BC.264, vistas desde abajo. Las conexiones de los MOSFET finales IRF.520 e IRF.9530 se muestran frontalmente, mientras que las conexiones de los MOSFET de media potencia IRFD.110 e IRFD.9110 se muestran vistas desde arriba.

## LISTA DE COMPONENTES LX.1650

R1 = 1.000 ohmios  
R2 = 47.000 ohmios  
R3 = 3.900 ohmios  
R4 = 6.800 ohmios 1/2 vatio  
R5 = 3.900 ohmios  
R6 = 220 ohmios  
R7 = Trimmer 100 ohmios  
R8 = 15.000 ohmios  
R9 = 220 ohmios  
R10 = 2.200 ohmios  
R11 = 6.800 ohmios 2 vatios  
R12 = 100 ohmios  
R13 = 330 ohmios  
R14 = Trimmer 2.000 ohmios  
R15 = 100 ohmios  
R16 = 68.000 ohmios  
R17 = 100 ohmios  
R18 = 100 ohmios  
R19 = 100 ohmios  
R20 = 100 ohmios  
R21 = 0,22 ohmios 5 vatios  
R22 = 0,22 ohmios 5 vatios  
R23 = 0,22 ohmios 5 vatios  
R24 = 0,22 ohmios 5 vatios  
R25 = 3,3 ohmios 1/2 vatio  
R26 = 10 ohmios 2 vatios  
R27 = 1.000 ohmios  
R28 = 100.000 ohmios  
R29 = 22.000 ohmios  
R30 = 100.000 ohmios  
R31 = 47.000 ohmios  
R32 = 100.000 ohmios  
R33 = 1 Megaohmio  
C1 = 1 microF. poliéster  
C2 = 47 pF cerámico  
C3 = 220.000 pF 100 V poliéster  
C4 = 100 microF. 100 V electrolítico  
C5 = 220.000 pF poliéster  
C6 = 100 microF. electrolítico  
C7 = 33.000 pF poliéster  
C8 = 15 pF cerámico  
C9 = 15 pF cerámico  
C10 = 100 microF. 100 V electrolítico

C11 = 220.000 pF 100 V poliéster  
C12 = 4,7 pF cerámico  
C13 = 220.000 pF 100 V poliéster  
C14 = 100 microF. 100 V electrolítico  
C15 = 220.000 pF 100 V poliéster  
C16 = 100 microF. 100 V electrolítico  
C17 = 100 microF. 100 V electrolítico  
C18 = 220.000 pF 100 V poliéster  
C19 = 100 microF. 100 V electrolítico  
C20 = 220.000 pF 100 V poliéster  
C21 = 100.000 pF poliéster  
C22 = 100 microF. electrolítico  
C23 = 470 microF. electrolítico  
C24 = 47 microF. electrolítico  
C25 = 100 microF. electrolítico  
C26 = 100 microF. electrolítico  
L1 = 15 espiras sobre R26  
RS1 = Puente rectificador 100V 1A  
DS1 = Diodo 1N.4007  
DS2 = Diodo 1N.4148  
DZ1 = Diodo zéner 15V 1W  
TR1 = Transistor PNP BC.557  
TR2 = Transistor PNP BC.557  
TR3 = Transistor NPN BC.547  
TR4 = Transistor NPN BC.547  
FT1 = FET BC.264  
FT2 = FET BC.264  
FT3 = FET BC.264  
FT4 = FET BC.264  
MFT1 = MOSFET IRFD.9110  
MFT2 = MOSFET IRFD.9110  
MFT3 = MOSFET IRFD.110 o IRFD.120  
MFT4 = MOSFET IRFD.110 o IRFD.120  
MFT5 = MOSFET IRF.520  
MFT6 = MOSFET IRF.520  
MFT7 = MOSFET IRF.9530  
MFT8 = MOSFET IRF.9530  
RELE'1 = Relé 12 voltios  
AP = Altavoz 4/8 ohmios

NOTA: Las resistencias utilizadas en este circuito son de 1/4 vatio, a no ser que se especifique un valor diferente.

Fundamentalmente el amplificador tiene **dos etapas** de **ganancia en tensión**: Una formada por los FET **FT1-FT2-FT3-FT4** y otra formada por los MOSFET de media potencia **MFT1-MFT2-MFT3-MFT4**.

La etapa compuesta por los cuatro FET es un **amplificador diferencial** alimentado con un **generador de corriente constante** que permite obtener la máxima ganancia de los FET.

**Nota:** En el artículo teórico "Etapas de entrada de los amplificadores Hi-Fi" publicado en nuestro "**Audio Handbook**" se pueden encontrar explicaciones muy detalladas de este tipo de etapas.

Concretando, los FET **FT2** y **FT3** junto con el diodo zéner **DZ1** y los componentes auxiliares forman un "**espejo de corriente**", la corriente que circula por los dos FET es idéntica.

Los FET **FT1** y **FT4** amplifican la señal de audio de entrada, que está disponible para la etapa siguiente en los Drenadores de **FT2** y **FT3**.

A la Puerta (Gate) de **FT4** se aplica, a través de **R16** y **C12**, la **señal de realimentación** procedente de la salida del amplificador.

La red formada por las resistencias **R10** y **R16** determina la ganancia del amplificador, que se

calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia} = (\text{R16} : \text{R10}) + 1$$

En nuestro caso, con **R10** de **2.200 ohmios** y **R16** de **68.000 ohmios**, la ganancia es de:

$$(68.000 : 2.200) + 1 = 32 \text{ veces}$$

El trimmer **R7**, conectado entre los Surtidores de los FET **FT1-FT4**, se utiliza para compensar las componentes continuas (**offset**) presentes en la salida del amplificador. En la práctica este trimmer se ajusta para obtener **0 voltios** en la **salida** cuando no hay carga.

La etapa compuesta por los **MOSFET** de media potencia **MFT1-MFT2-MFT3-MFT4** constituye la segunda etapa amplificadora. Eleva la señal de audio al nivel necesario para controlar los **MOSFET** finales.

También en este caso se trata de un **amplificador diferencial** alimentado con un **generador de corriente constante**. Los MOSFET **MFT1** y **MFT2** amplifican la señal de audio procedente de la etapa anterior, mientras que **MFT3** y **MFT4** constituyen el generador de corriente.

El trimmer **R14**, conectado al Drenador del MOSFET **MFT2**, se utiliza para ajustar la corriente de reposo de la etapa final.

La **amplificación de potencia** de la señal se realiza mediante los cuatro MOSFET finales **MFT5-MFT6-MFT7-MFT8**, que constituyen un clásico amplificador simétrico **clase AB**.

Los MOSFET **MFT5** y **MFT6** están conectados en **paralelo** y amplifican las semiondas **positivas** de la señal. Entre los Surtidores de estos MOSFET se han conectado las resistencias **R21-R22** para compensar sus diferencias.

Los MOSFET **MFT7** y **MFT8** también están conectados en paralelo, pero amplifican las semiondas **negativas** de la señal. Entre los Surtidores de estos MOSFET se han conectado las resistencias **R23-R24**, que al igual que **R21-R22**, se utilizan para compensar las diferencias entre los MOSFET.

Las resistencias **R17-R18** y **R19-R20**, conectadas en serie a las Puertas (Gate) de los cuatro MOSFET de salida, se utilizan para **evitar auto-oscilaciones**.

**R25-C21-R26** y **L1** mantienen estable el amplificador en presencia de cargas con mucha componente **reactiva**.

### ETAPAS de PROTECCIÓN y "ANTIBUMP"

Nuestro amplificador incorpora una etapa que efectúa la función de "**antibump**" que conecta las cajas acústicas después de cierto tiempo tras el encendido y una etapa de **protección** que desconecta las cajas acústicas en presencia de tensión continua en salida, es decir cuando el amplificador está dañado.

La tensión **alterna** de **10 voltios** obtenida del transformador es rectificadas mediante el puente **RS1** y nivelada por el condensador electrolítico **C23** para alimentar estos sistemas de protección (ver Fig.1).

El **RELÉ1**, que tiene sus contactos normalmente abiertos y conectados en serie a la salida, se controla mediante el transistor **PNP TR2**. Este relé se excita cuando la Base de **TR2** se pone a nivel bajo (se conecta a masa), función desarrollada por los transistores **TR1-TR3-TR4**.

Cuando se proporciona alimentación el condensador **C24** se descarga y la Base de **TR1** se lleva a **masa** mediante la resistencia **R29**, de esta forma el transistor se satura. Puesto que también el Emisor de **TR1** está a nivel bajo, el transistor **TR2** se pone en conducción por lo que el relé se excita.

Mediante el valor de **R28** y de **C24** se determina el tiempo durante el cual el relé permanece excitado. En nuestro caso este tiempo es de unos **10 segundos**.

En caso de **avería** en la salida del amplificador se obtiene una **tensión continua**, que puede ser positiva o negativa, en todo caso peligrosa para los altavoces de las cajas.

La señal de salida de los MOSFET finales es aplicada, antes de llegar en altavoz, al divisor formado por **R32-R33** y llevada a la Base de **TR3** y al Emisor de **TR4**.

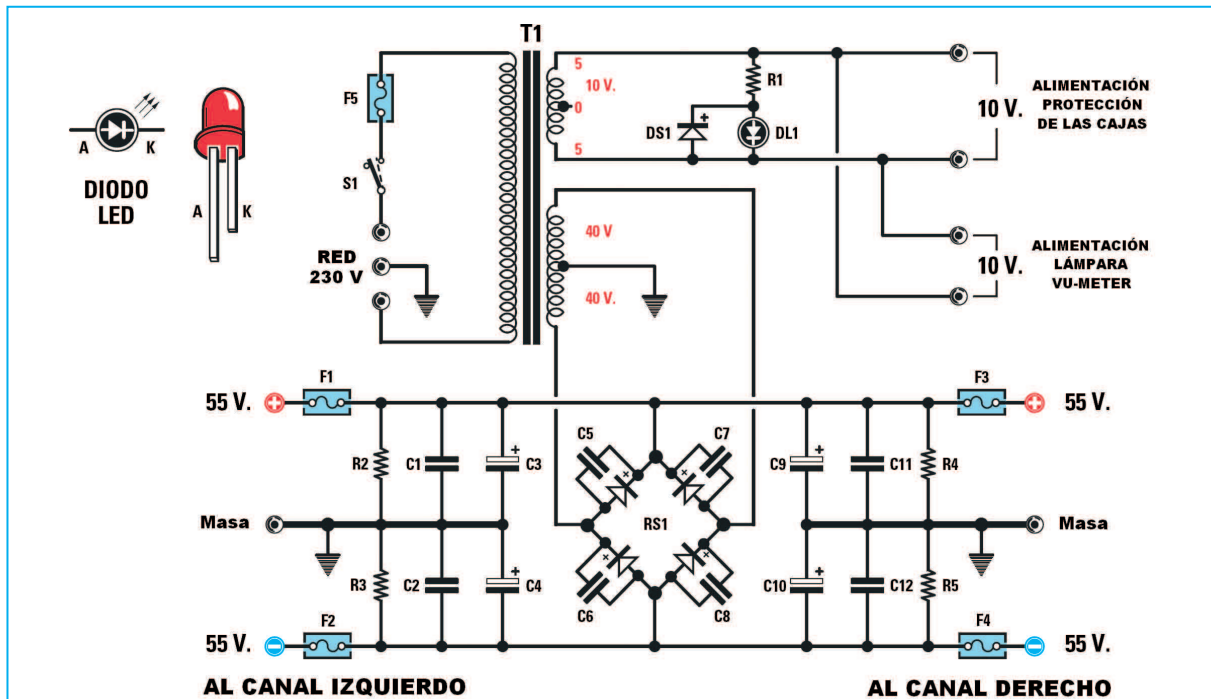


Fig.3 Esquema eléctrico de la etapa de alimentación LX.1649 utilizada para alimentar dos etapas amplificadoras LX.1650, incluyendo los Vu-Meter analógicos LX.1115. En la parte superior-izquierda se pueden observar las conexiones del diodo LED DL1. Este diodo LED se conecta al secundario de 10 voltios del transformador T1.

#### LISTA DE COMPONENTES LX.1649

R1 = 1.000 ohmios  
 R2 = 100.000 ohmios  
 R3 = 100.000 ohmios  
 R4 = 100.000 ohmios  
 R5 = 100.000 ohmios  
 C1 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 C2 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 C3 = 4.700 microF. 100 V electrolítico  
 C4 = 4.700 microF. 100 V electrolítico  
 C5 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 C6 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 C7 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 C8 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 C9 = 4.700 microF. 100 V electrolítico

C10 = 4.700 microF. 100 V electrolítico  
 C11 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 C12 = 100.000 pF 250 V poliéster  
 DS1 = Diodo 1N.4148  
 DL1 = Diodo LED  
 RS1 = Puente rectificador 400V 6A  
 F1-F4 = Fusibles 5A  
 F5 = Fusible 2A  
 T1 = Transformador 170 vatios secundarios 40+40V 3A / 5+5V 1A  
 S1 = Interruptor

NOTA: Todas las resistencias utilizadas en este circuito son de 1/4 vatio.

En caso de que la tensión en la Base de **TR3** sea **positiva** y supere los **0,6 voltios** el transistor se satura y excita el relé, que desconecta el altavoz. Del mismo modo, si la tensión que llega al Emisor de **TR4** se lleva a **-0,6 voltios** el transistor se satura excitando el relé y desconectando el altavoz.

Los condensadores electrolíticos **C25-C26** forman un **condensador no polarizado** que, junto a la resistencia **R33**, constituyen un **filtro**

**paso-bajo** que protege al circuito de frecuencias inferiores a las del espectro de audio.

#### ETAPA de ALIMENTACIÓN

El amplificador se alimenta con una tensión dual de **55+55 voltios**, generada por la etapa de alimentación que se muestra en la Fig.3.

La tensión alterna de **40+40 voltios** proporcionada por uno de los secundarios del transformador **T1**

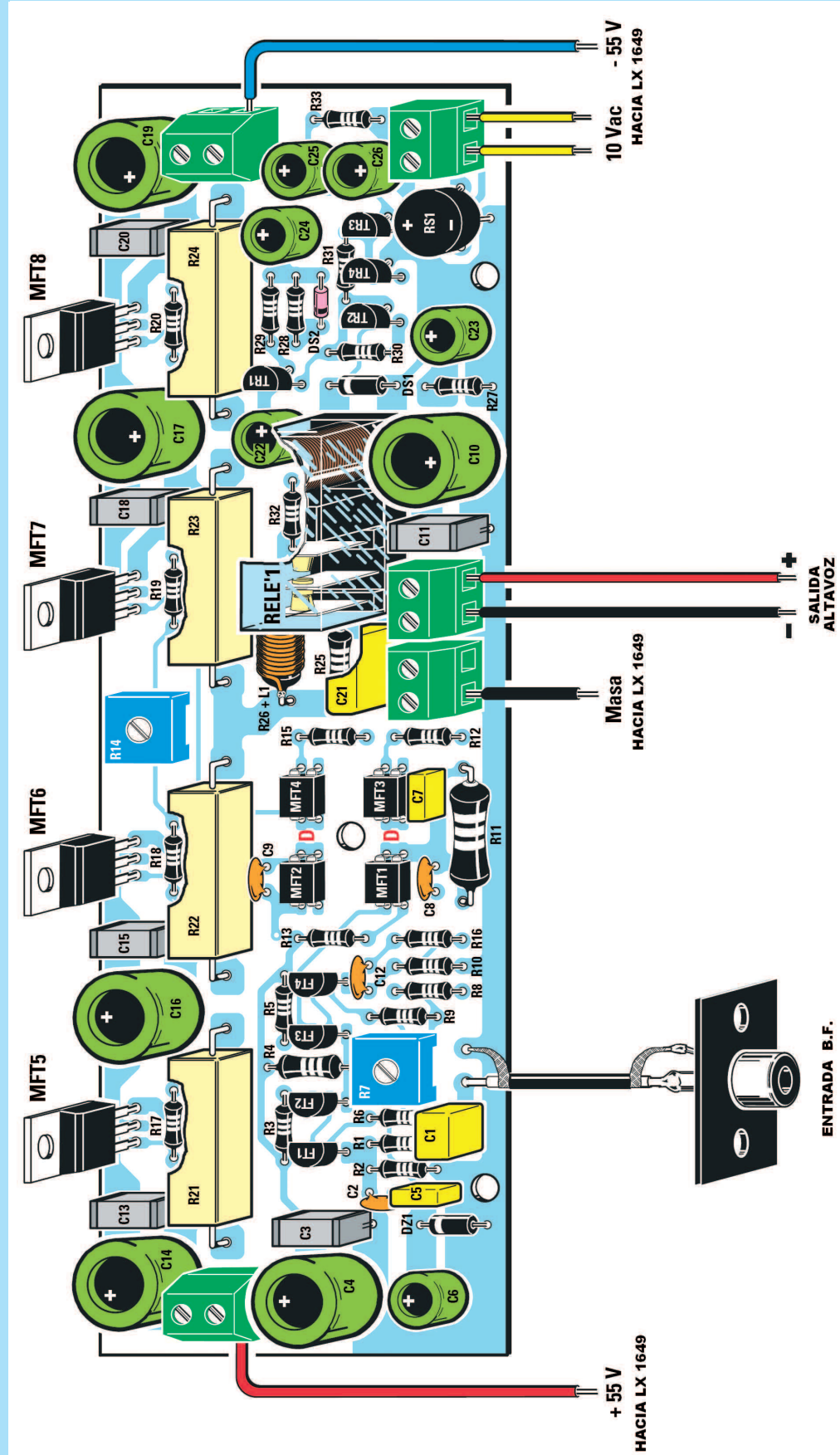


Fig.4 Esquema práctico de montaje de uno de los dos canales que componen el Amplificador Hi-Fi. Para montar un amplificador estéreo hay que realizar dos tarjetas idénticas a esta. El circuito no presenta ninguna dificultad en su montaje. Como siempre, es aconsejable controlar con mucha atención la instalación de los componentes polarizados, en particular los MOSFET de media potencia MFT1-MFT2-MFT3-MFT4, cuyo drenador se identifica fácilmente al disponer de dos terminales interconectados (ver Fig.2).

se rectifica mediante el puente **RS1** y es nivelada mediante cuatro condensadores electrolíticos de **4.700 microfaradios (C3-C4 y C9-C10)**, obteniéndose así una tensión dual de unos **55+55 voltios**.

Los condensadores **C5-C6-C7-C8**, conectados al puente rectificador, se utilizan para filtrar las posibles señales espurias presentes en la red eléctrica.

Las resistencias **R2-R3-R4-R5**, conectadas en paralelo a los condensadores de filtrado, se utilizan para descargar los condensadores cuando se apaga el aparato.

Para proteger el amplificador hemos incluido **cuatro fusibles de 5 amperios (F1-F2-F3-F4)**.

El transformador **T1** también dispone de un secundario a **5+5 voltios** que utilizamos para obtener una tensión alterna de **10 voltios**. Esta tensión nos sirve para alimentar las **lámparas de los dos Vu-Meter** y las **etapas de protección** de las cajas acústicas.

## REALIZACIÓN PRÁCTICA del AMPLIFICADOR

Considerando el bajo número de componentes y la linealidad del circuito impreso la realización de este amplificador está al alcance de todo el

mundo. Para la realización del montaje se muestra en la Fig.4 el esquema práctico de montaje con todos los componentes.

A continuación describimos detalladamente el montaje de **un canal** del amplificador. Quien desee montar un amplificador **estéreo** tiene que realizar **dos tarjetas** exactamente iguales.

Como de costumbre, aconsejamos montar en primer lugar las **resistencias** y los **trimmers (R7 de 100 ohmios y R14 de 2.000 ohmios)**. Hay que tener presente que **R21-R22-R23-R24** son resistencias cerámicas **bobinadas de 5 vatios**, por lo que es aconsejable separar su cuerpo ligeramente del circuito impreso.

En cuanto al montaje de la resistencia de **2 vatios R26** hay que tener presente que antes de soldarla al circuito impreso hay que envolver alrededor de su cuerpo las **15 espiras** que constituyen la bobina **L1**, con cable de cobre esmaltado de **1 milímetro**. Antes de soldar el cable de la bobina a los terminales de la resistencia hay que rasparlos para eliminar el aislante del cable.

Llegado este punto se pueden montar los **condensadores cerámicos (C2-C8-C9-C12)**, los de **poliéster** y, por último, los **electrolíticos**, respetando en este caso la polaridad de sus terminales.

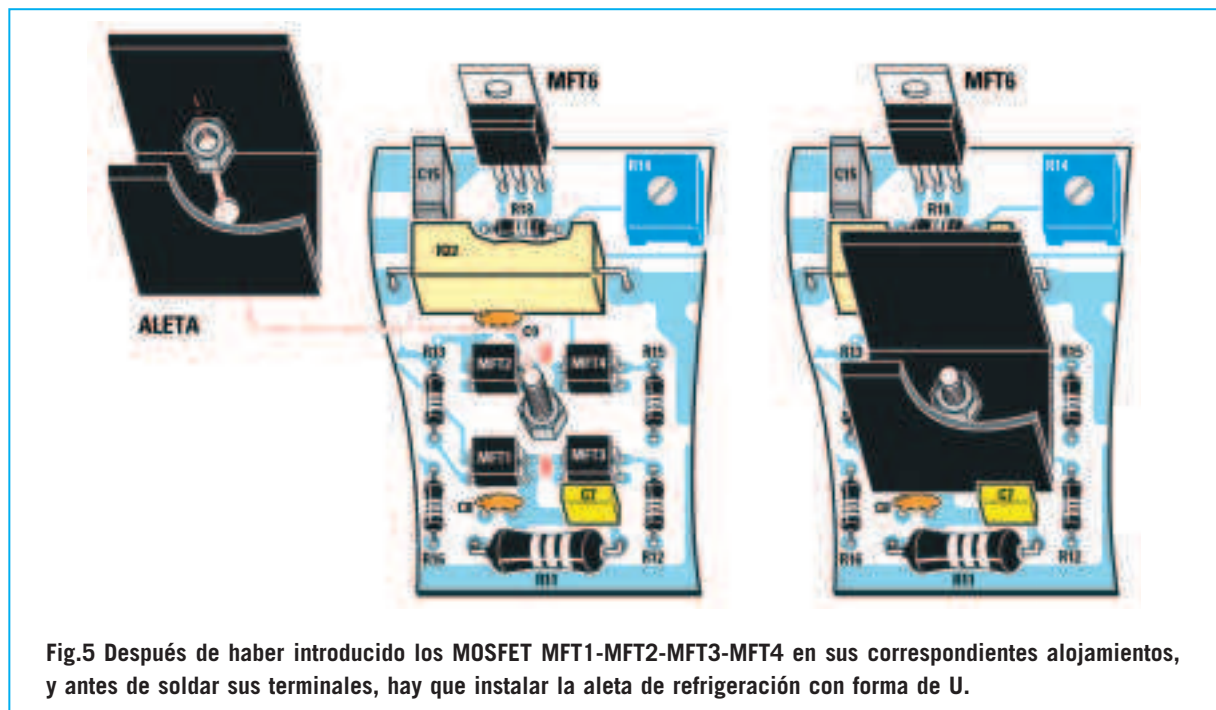


Fig.5 Después de haber introducido los MOSFET MFT1-MFT2-MFT3-MFT4 en sus correspondientes alojamientos, y antes de soldar sus terminales, hay que instalar la aleta de refrigeración con forma de U.

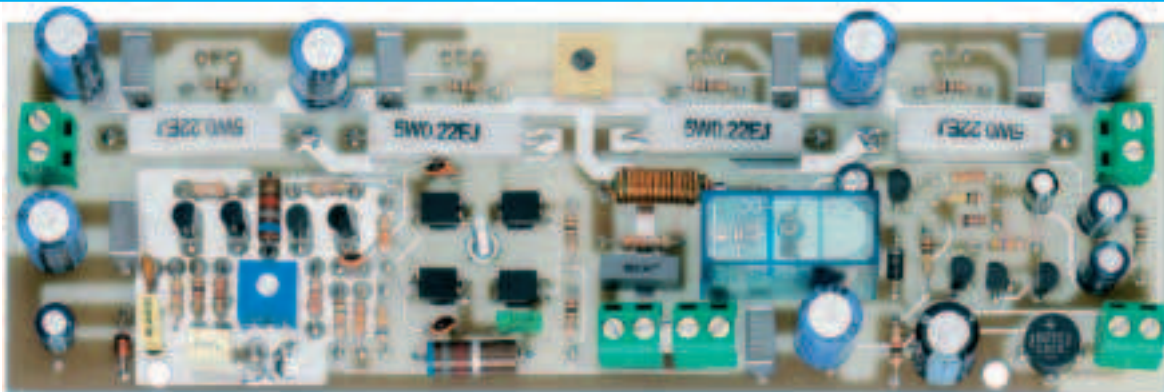


Fig.6 Fotografía del circuito impreso del amplificador con todos sus componentes montados, a excepción de los cuatro MOSFET finales que, como se muestra en la Fig.7, han de montarse en una aleta de refrigeración antes de soldarlos al circuito impreso.

A continuación hay que instalar el diodo **DS1**, orientando su franja blanca de referencia hacia la resistencia **R24**, y el diodo **DS2**, orientando su franja **negra** de referencia hacia la **izquierda** (ver Fig.4). Junto al condensador **C5** hay que montar el diodo zéner **DZ1**, orientando su franja **blanca** de referencia hacia **C3**.

Es el momento de instalar los cuatro **FET** de plástico **BC.264** (**FT1-FT2-FT3-FT4**), orientando la parte **plana** de sus cuerpos hacia la derecha.

Después ya se pueden montar los pequeños **transistores** utilizados para la protección de los altavoces, **TR1** y **TR2** son **BC.557** tipo PNP, mientras que **TR3** y **TR4** son **BC.547** tipo NPN. La parte **plana** de sus cuerpos ha de quedar orientada hacia la **izquierda**.

Para montar correctamente el puente rectificador **RS1** hay que tomar como referencia el terminal más largo, identificado con un signo **+** (**positivo**), e introducirlo en el agujero de la parte **superior** (ver Fig.4). A continuación ya se puede montar el **relé**.

Acto seguido se pueden instalar los dos **terminales tipo pin** correspondientes a la Entrada **BF** y las cinco **clemas de 2 polos**, utilizadas para proporcionar tensión al circuito y para conectar el altavoz.

Ahora hay que dar la vuelta al impreso e instalar el tornillo largo incluido en el kit en el agujero que se encuentra entre los cuatro MOSFET **MFT1-MFT2-MFT3-MFT4**, fijándolo con su tuerca. En el lado de

los componentes se montan los cuatro MOSFET de media potencia **MFT1-MFT2-MFT3-MFT4** (ver Fig.4), **sin** soldar de momento sus terminales.

Estos MOSFET **no** son todos iguales. Hay que controlar sus referencias cuidadosamente. Sus Drenadores han de insertarse en los agujeros correspondientes a la letra **D**, serigrafiada en nuestros circuitos impresos originales. Este terminal es fácilmente reconocible ya que está constituido por **dos terminales juntos conectados**, como se puede observar en la Fig.2.

Después de insertar los MOSFET ha de fijarse la pequeña **aleta de refrigeración** en forma de **U** con una segunda tuerca (ver Fig.5). Previamente a realizar esta operación hay que poner un poco de **silicona** en la superficie de contacto de los MOSFET y de la aleta. Por último ya se pueden **soldar** los terminales a las pistas del circuito impreso.

**NOTA:** La **silicona** se puede conseguir en ferreterías, comercios de electrónica o grandes superficies comerciales.

Ya solo queda realizar el montaje de los cuatro MOSFET finales de potencia **MFT5-MFT6-MFT7-MFT8**. Para conseguir que queden bien alineados es necesario montar primero los MOSFET sobre la gran aleta de refrigeración. Una vez realizada esta operación ya se pueden soldar los terminales al circuito impreso.

Con el **mueble** se proporcionan **dos aletas** para realizar dos circuitos (versión estéreo). Para dis-

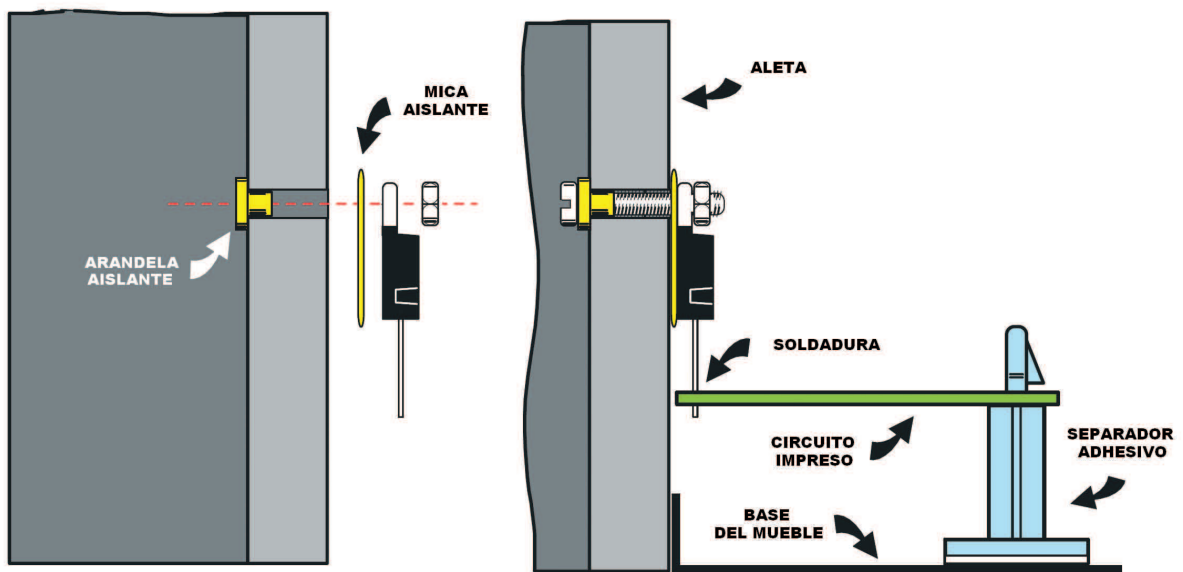


Fig.7 Los cuatro MOSFET finales han de fijarse a la aleta metálica teniendo cuidado de que las partes metálicas estén aisladas con micas y arandelas de plástico. Después ya se pueden introducir en los agujeros correspondientes del circuito impreso y soldar sus terminales.

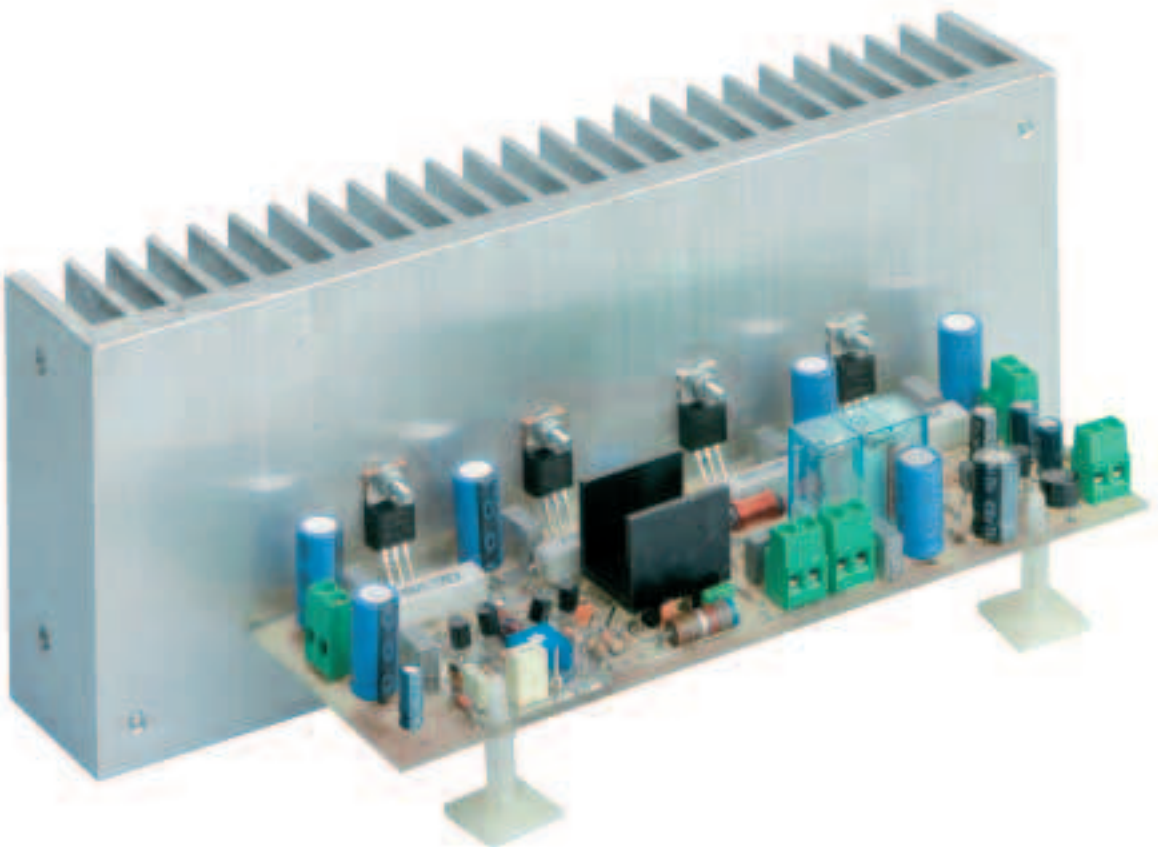


Fig.8 Fotografía del canal izquierdo del Amplificador Hi-Fi montado con su aleta. Se puede apreciar claramente en la parte central la pequeña aleta en forma de U utilizada para la disipación de calor de los MOSFET de media potencia.

tinguir la aleta del canal **izquierdo** de la del canal **derecho** hay que tomar como referencia los **dos agujeros** presentes en uno solo de sus lados correspondientes al enganche con el **panel frontal**.

Una vez identificadas las aletas, en la aleta del canal **izquierdo** hay que montar los MOSFET de forma que al lado del **panel frontal** quede **MFT5** y luego, en orden, **MFT6-MFT7-MFT8**.

En cambio, en la aleta del canal **derecho** hay que montar los MOSFET de forma que al lado del **panel frontal** quede **MFT8** y luego, en orden, **MFT7-MFT6-MFT5**.

Tampoco en este caso son iguales los MOSFET, por lo que hay que controlar sus referencias cuidadosamente: Los MOSFET **MFT5-MFT6** son **IRF.520**, mientras que los MOSFET **MFT7-MFT8** son **IRF.9530**.

La parte metálica de estos MOSFET **no** tiene que hacer contacto directamente con la aleta, tiene que aislarse con **mica**. También el tornillo tiene que aislarse con una **arandela de plástico** (ver Fig.7).

Sin apretar completamente las **tuercas**, apoyar la tarjeta en la aleta, y doblando ligeramente hacia adelante los terminales de los MOSFET,

hay que introducir sus terminales en los agujeros correspondientes del circuito impreso (ver Fig.7). A continuación hay que realizar una soldadura para fijar la posición, después, en una posición más cómoda, ya se pueden soldar el resto de terminales.

Una vez completada la operación ya se pueden fijar definitivamente los MOSFET a la **aleta**. Es muy importante, una vez realizada esta operación, comprobar con un **óhmetro** que los cuerpos metálicos de los **MOSFET** están **aislados eléctricamente** de la **aleta**.

### REALIZACIÓN PRÁCTICA del ALIMENTADOR

A excepción del transformador **T1**, todos los componentes de la etapa de alimentación se alojan en el circuito impreso **LX.1649**.

El montaje puede comenzar con la instalación de las **resistencias**, continuando con los **condensadores** de **poliéster** y con los cuatro grandes **condensadores electrolíticos**.

En la parte inferior del circuito impreso hay que montar el diodo **DS1**, orientando su franja **negra** de referencia hacia la resistencia **R1**.



Fig.9 Fotografía del circuito impreso del alimentador LX.1649, vista por el lado de los componentes. Los cuatro fusibles están instalados en sus portafusibles (durante la verificación del valor de la tensión de salida no han de estar instalados).

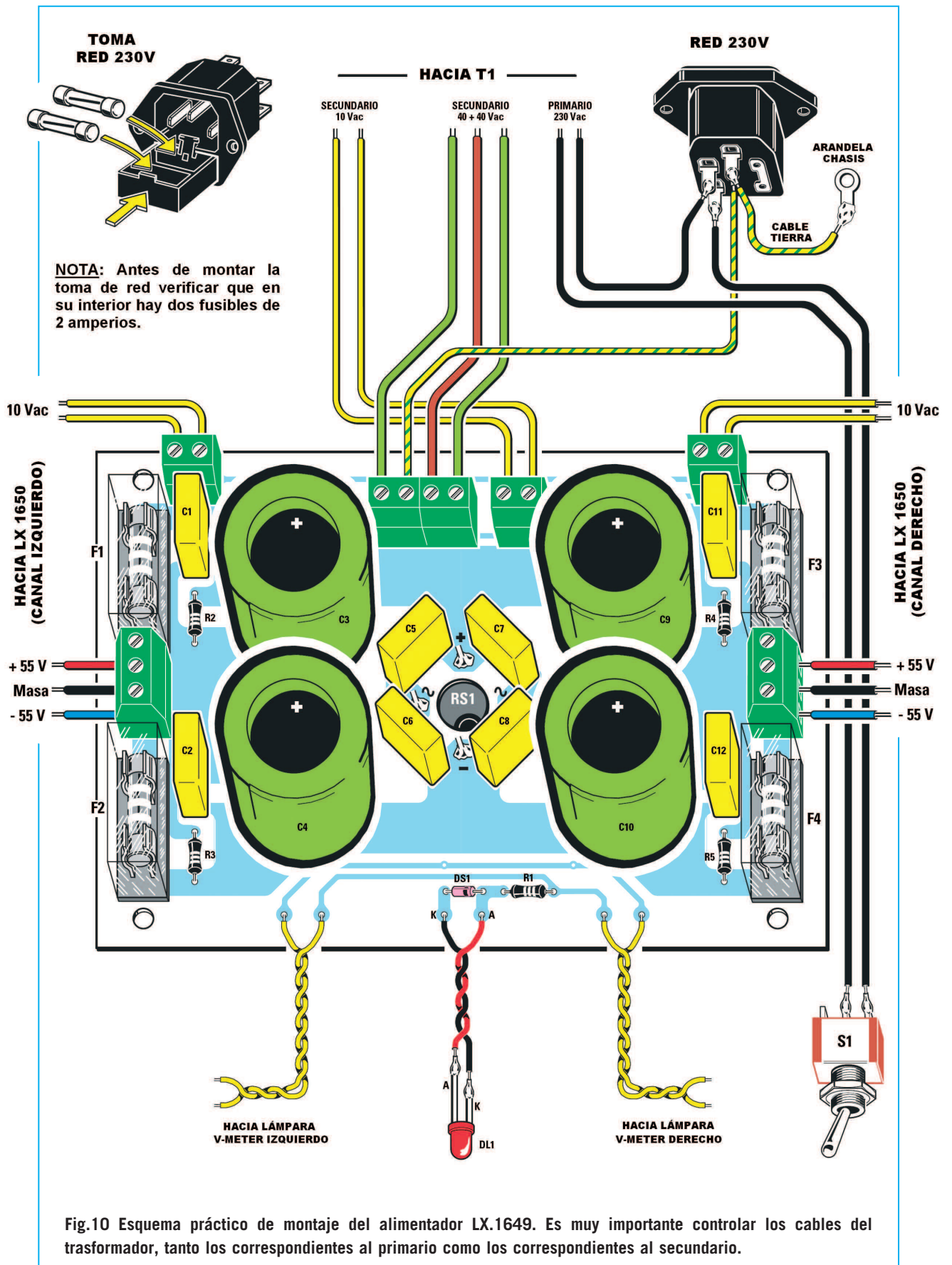


Fig.10 Esquema práctico de montaje del alimentador LX.1649. Es muy importante controlar los cables del transformador, tanto los correspondientes al primario como los correspondientes al secundario.

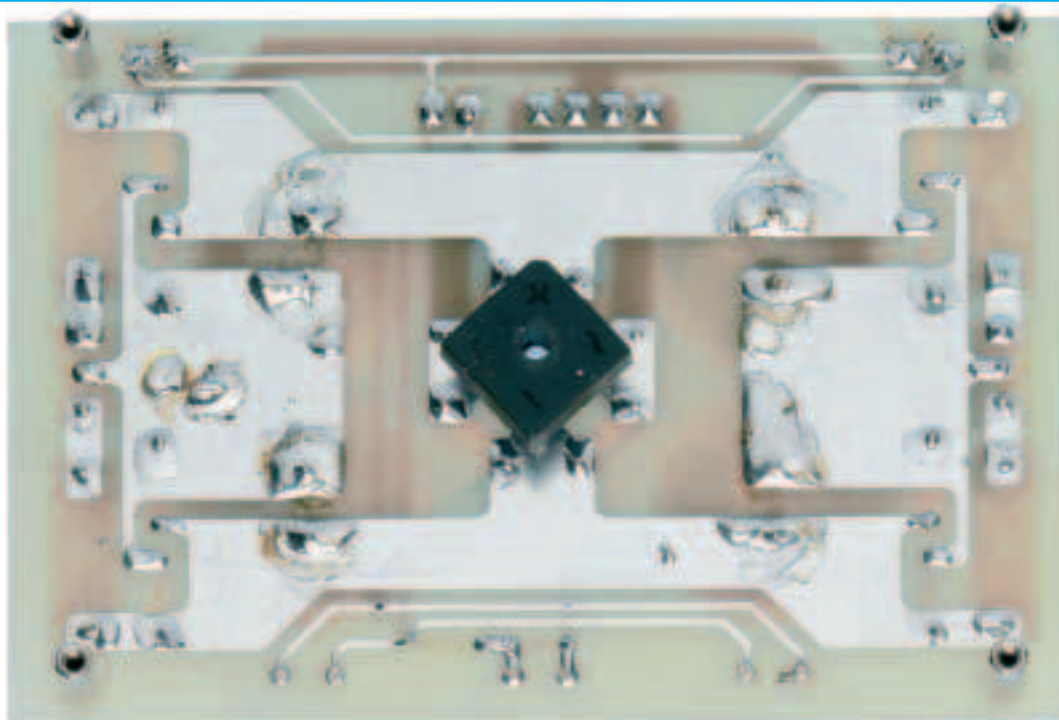


Fig.11 Fotografía del circuito impreso del alimentador LX.1649, vista por el lado de las pistas. El puente rectificador se monta en este lado del circuito impreso (ver detalles en la Fig.12).

Es el momento de soldar los cuatro **portafusibles**, **sin** instalar los **fusibles**.

Ahora se pueden montar las **clemas** y los **terminales tipo pin** utilizados para la conexión del diodo LED **DL1** y de las **lámparas** de los **Vu-Meter** (ver Fig.10).

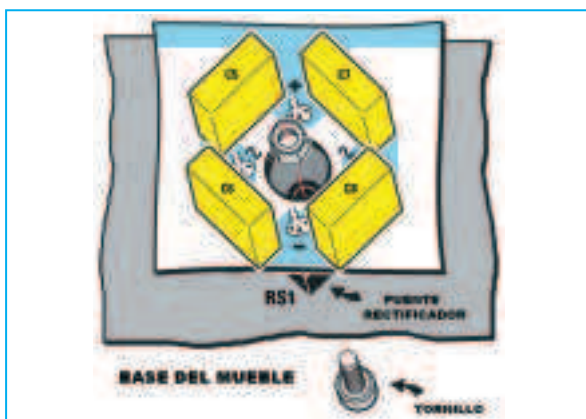


Fig.12 El puente rectificador RS1 se monta en el lado de las pistas del circuito impreso LX.1649. Se ha de fijar con un tornillo y su correspondiente tuerca a la base metálica del mueble, que hace la función de disipador de calor.

El gran **puente rectificador RS1** se monta en el lado de las pistas, asegurando con cuidado respetar la polaridad de sus terminales. Sin soldar sus terminales hay que apoyar el circuito impreso sobre la base del mueble, utilizando las torrecillas metálicas para fijarlo.

A continuación ya se pueden introducir a fondo los terminales del puente, apoyando su cuerpo en el fondo metálico del mueble, que hace la función de **disipador de calor**. Después hay que fijar la **tuerca en el tornillo** (ver Fig.12) y, por último, soldar sus terminales al circuito impreso.

### MONTAJE en el MUEBLE

Como se puede observar en las diferentes fotografías, el **mueble** que hemos elegido para nuestro **Amplificador LX.1649-50** es completamente **metálico**.

Sobre la base, además del circuito impreso del alimentador ya instalado, hay que fijar el transformador **T1**. Previamente hay que aislar el **cable central** del secundario de **5+5 voltios** con **cinta aislante**, ya que no se utiliza.

La posición del transformador queda impuesta por los agujeros presentes en la base del mueble. Hay que orientar el **primario** hacia la **toma de red**, como se muestra en la fotografía de la Fig.20.

En los agujeros del **panel posterior** hay que montar los cuatro **bornes** de salida para los **altavoces**, aislándolos del metal del mueble con **arandelas de plástico** (ver Fig.13), y los dos **conectores RCA** para la entrada de la **señal BF**.

También en el panel posterior hay que montar la **toma de red**, verificando que en su interior están instalados los **dos fusibles** (uno es de reserva).

En los orificios del **panel frontal** hay que montar el **interruptor de encendido**, el **portaed metálico** y los **dos Vu-Meter** analógicos **LX.1115**.

**NOTA:** Para consultar detalles sobre el funcionamiento, montaje y ajuste de los Vu-Meter se

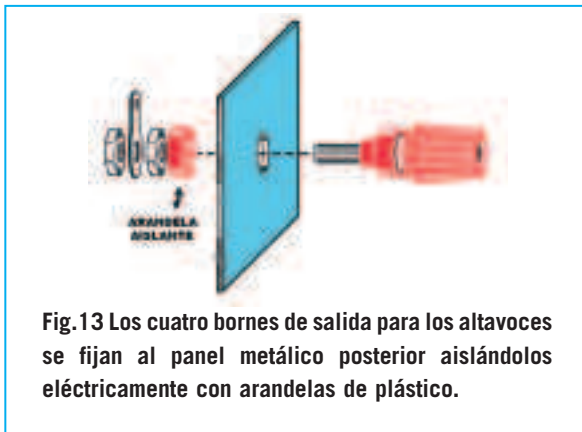


Fig.13 Los cuatro bornes de salida para los altavoces se fijan al panel metálico posterior aislándolos eléctricamente con arandelas de plástico.

puede consultar el **Audio Handbook** o la **revista N°115**. Aquí nos limitamos a indicar su instalación en el **Amplificador LX1649-50** (Figs.15-18).

Llegado este punto se pueden montar las **dos aletas** que hacen de paneles laterales. Se han de fijar al **panel frontal** y a la **tapa** con los **4 tornillos** incluidos en el mueble.

Una vez completado el montaje hay que realizar el **cableado** siguiendo las claras indicaciones reproducidas en la Fig.4 y en la Fig.10.

Hay que tener mucho cuidado con la identificación de los **cables del transformador** y con la polaridad del **diodo LED**.

Es muy importante no olvidar realizar la conexión del **cable de tierra** de la toma de red (**amarillo/verde**) al **panel metálico** (ver Fig.10).

Acabado el cableado hay que proceder a **ajustar** y **probar** el amplificador siguiendo las indicaciones que se exponen en el siguiente epígrafe.

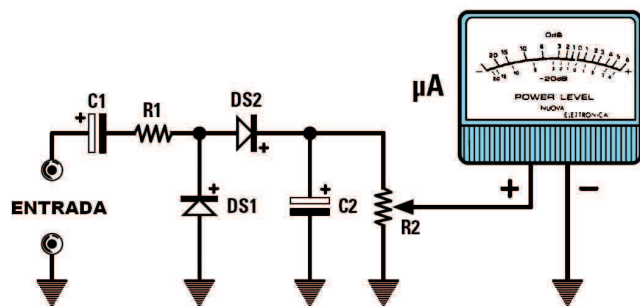
## AJUSTE Y PRUEBA

En primer lugar es necesario **comprobar** que la etapa de alimentación proporciona en su salida la tensión simétrica de **55+55 voltios**.

Para efectuar esta comprobación hay que disponer de un **voltímetro**. Primero hay que verificar que no estén instalados los cuatro **fusibles** de **5 amperios (F1 a F4)** y alimentar el



Fig.14 En el panel posterior se montan los bornes de salida para los altavoces, los conectores RCA para la señal de entrada BF y la toma de red.



### LISTA DE COMPONENTES LX.1115

- R1 = 10.000 ohmios 1/4 vatio
- R2 = Trimmer 10.000 ohmios
- C1 = 10 microF. electrolítico
- C2 = 4,7 microF. electrolítico
- DS1 = Diodo 1N.4150
- uA = Amperímetro 150 microamperios

Fig.15 Esquema eléctrico del Vu-Meter LX.1115 utilizado para el Amplificador LX.1650.

Fig.16 Esquema práctico de montaje del Vu-Meter LX.1115. Al montar el circuito hay que respetar la polaridad de los diodos y de los condensadores.

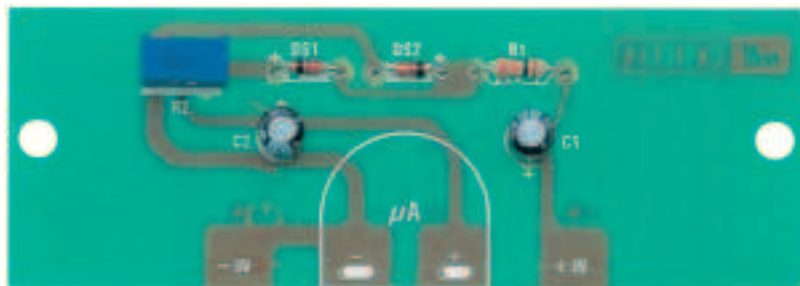
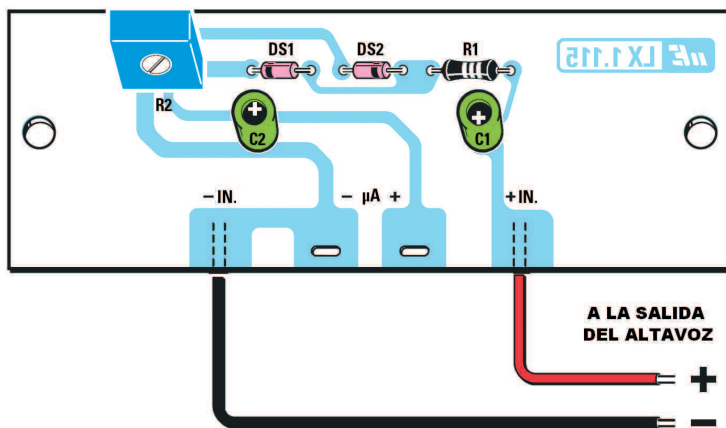
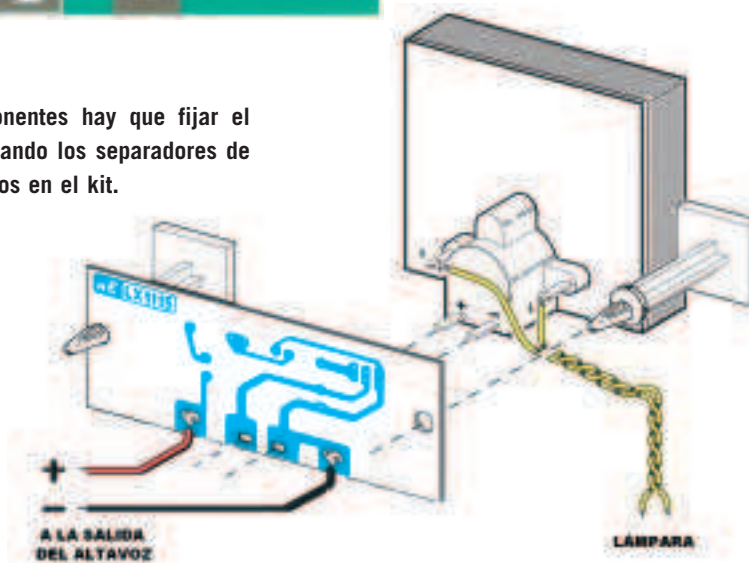


Fig.17 Fotografía del circuito impreso LX.1115 con todos sus componentes montados. El microamperímetro se conecta a los terminales +/- del impreso.

Fig.18 Después de montar los componentes hay que fijar el circuito impreso al panel frontal, utilizando los separadores de plástico con base autoadhesiva incluidos en el kit.



circuito. Para realizar la medida hay que conectar el téster entre un punto de **masa** y los terminales **+** y **-** del puente rectificador **RS1**.

Para medir la tensión de **+ 55 voltios** se puede poner la punta de prueba **negativa (negra)** del **téster** en la toma central (**masa**) de una de las clemas de tres polos situadas entre dos fusibles, y la punta de prueba **positiva (roja)** directamente al terminal **+** del puente **RS1**. En el téster se obtendrá una tensión aproximada de **+55 voltios**.

Ahora, sin desconectar la punta de prueba **negativa (negra)** del téster de **masa**, hay que conectar la punta de prueba **positiva (roja)** directamente al terminal **-** del puente **RS1**. En el téster se obtendrá una tensión aproximada de **-55 voltios**.

Si **no** se obtienen estas tensiones, antes de continuar hay que **verificar** las conexiones del **transformador** y el montaje de los **condensadores electrolíticos**.

Después de haber verificado la tensión en la salida del alimentador, hay que **apagar** el aparato y dejar **descargar** los condensadores electrolíticos.

Es el momento de proceder al **ajuste** real del amplificador, que ha de efectuarse **dos veces** si se montan dos etapas (versión **estéreo**), una para cada canal. Dado que en este caso las etapas son exactamente idénticas vamos a describir detalladamente el ajuste del canal **izquierdo**.



Fig.19 Detalle del montaje de los Vu-Meter LX.1115 (uno por cada canal) fijados al panel frontal del mueble con los separadores autoadhesivos.

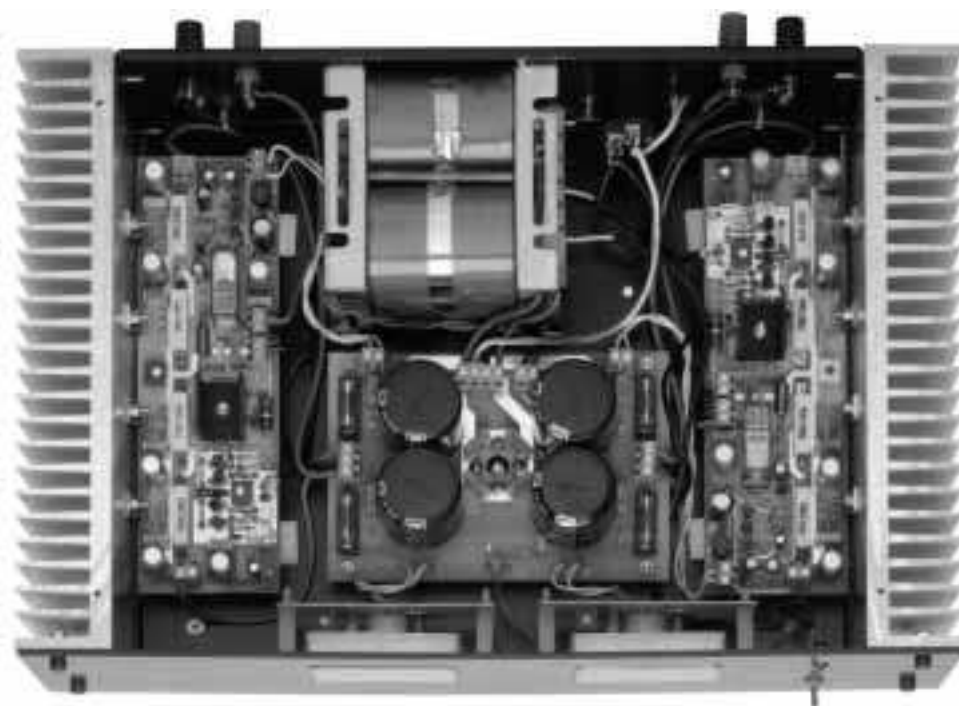


Fig.20 Fotografía del interior del mueble con todos los circuitos impresos necesarios para realizar el Amplificador Hi-Fi Estéreo, instalados y cableados.

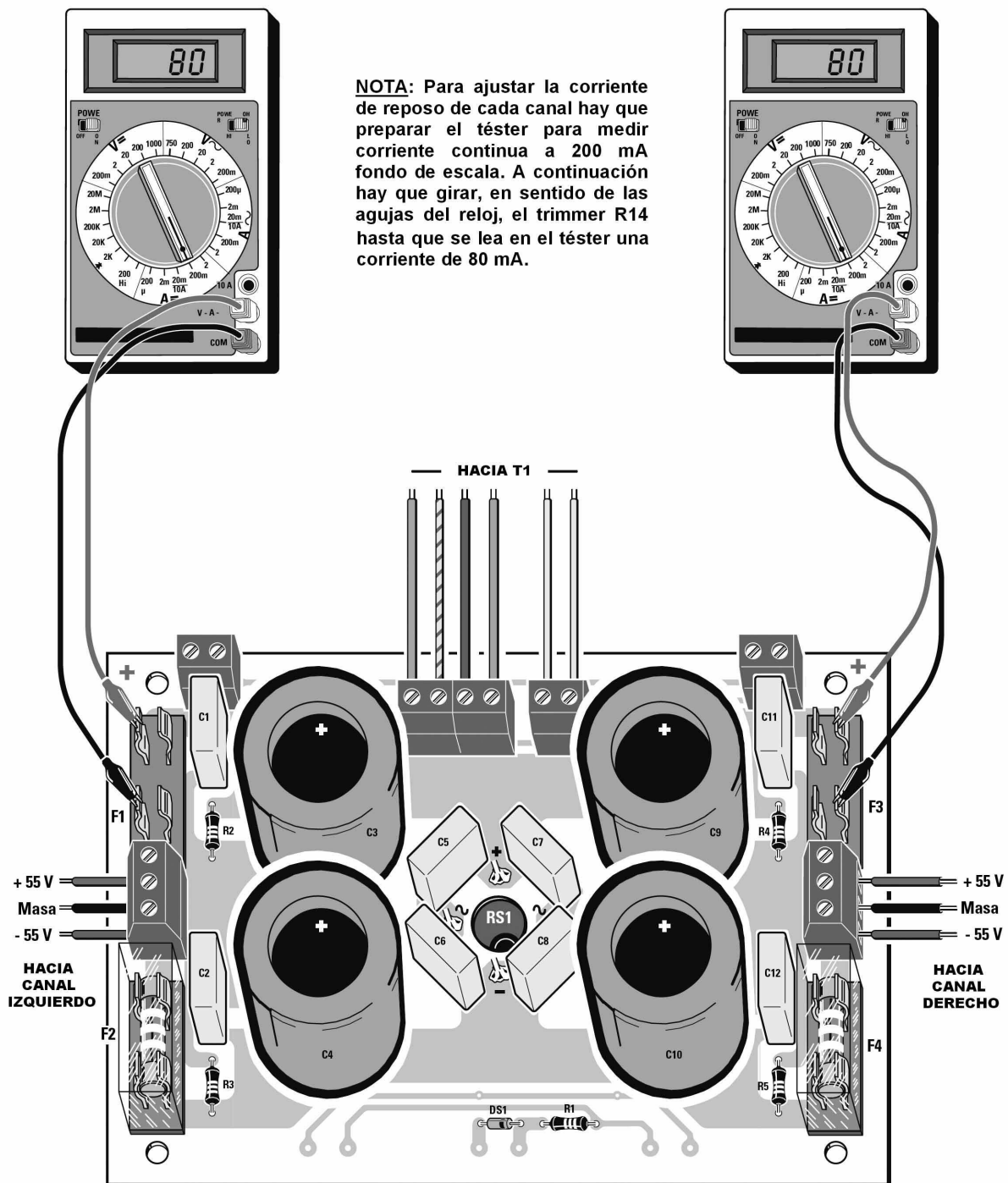


Fig.21 Para ajustar la corriente de reposo del canal izquierdo únicamente hay que instalar en su portafusibles el fusible F2 y conectar las puntas de prueba del t ester a los terminales del portafusibles F1, tal como se muestra en esta imagen. Una vez realizado el ajuste del canal izquierdo hay que apagar el amplificador y esperar a que los condensadores electrolíticos se descarguen. Después hay que quitar el fusible F2, instalar el fusible F4 y conectar las puntas de prueba del t ester a los terminales del portafusibles F3 para ajustar la corriente de reposo del canal derecho.

Cortocircuitar las entradas y asegurarse de que no hay ninguna carga conectada a la salida. A continuación hay que ajustar el cursor del **trimmer R7** a **medio recorrido** y girar completamente el cursor del **trimmer R14** en sentido **contrario** a las **agujas del reloj**.

Ahora hay que instalar en el portafusibles **F2** (tensión negativa) el **fusible** de **5 amperios** y conectar el **téster** a los contactos del portafusibles **F3** ajustado para medir **corriente continua** a **200 miliamperios fondo de escala** (ver Fig.21). La punta de prueba positiva del **téster** (**roja**) ha de conectarse al terminal superior del portafusibles. Si se dispone de **puntas de cocodrilo** para el **téster** es aconsejable su utilización

Acto seguido hay que **encender** el amplificador. Si todo va **bien** se leerá una corriente de **10-20 mA**. Si la corriente medida llega a **200 mA** o más hay que **apagar** el amplificador inmediatamente ya que se han producido **errores** en el montaje o en la polaridad de las alimentaciones.

A continuación hay que girar el cursor del **trimmer R14** en sentido de las agujas del reloj hasta leer una corriente de unos **50 mA** y dejar que el amplificador se estabilice térmicamente durante, al menos, **5 minutos**.

Transcurrido este tiempo hay que ajustar el cursor del **trimmer R14** para leer una **corriente** de **80 mA**.

Llegado este punto el canal está ajustado. Ahora que efectuar el ajuste de la **componente continua** de salida (**offset**).

En primer lugar hay que conectar el **téster**, ajustado para medir **tensión continua** a **2 voltios fondo de escala**, a los bornes de salida del **altavoz** y ajustar el cursor del **trimmer R7** para obtener una lectura lo más próxima posible a **0 voltios**.

Si el **téster** no muestra ningún valor puede ser debido al **relé** de protección que conecta y desconecta los altavoces. En este caso hay que girar el cursor del **trimmer R7** hasta des-excitar el relé y, a continuación, realizar el ajuste.

Ahora hay que **apagar** el amplificador y, después de asegurarse de que los condensadores están **descargados**, hay que **quitar** fusible **F2**.

Para ajustar el canal **derecho** hay que **instalar** el fusible **F4** en su portafusibles, conectar el **téster** a los terminales del portafusibles **F3** y repetir todas las operaciones realizadas para ajustar el canal izquierdo (ver Fig.21).

Una vez concluidas todas las operaciones de ajuste hay que **apagar** el amplificador y dejar **descargar** los condensadores. Por último ya solo hay que **instalar** los **cuatro fusibles** de **5 amperios** en sus portafusibles, poner las tapas de los portafusibles y cerrar el mueble contenedor.

Tras conectar las **cajas acústicas** a los bornes de salida y la **señal de entrada** a los conectores RCA ya podéis disfrutar de vuestro nuevo amplificador.

## PRECIO de REALIZACIÓN

**LX.1650:** Precio de todos los componentes necesarios para realizar **uno** de los **canales** del **amplificador Hi-Fi** (ver Fig.4 y Fig.6), **incluyendo** circuito impreso, transistores, FET, MOSFET de media potencia con su aleta y MOSFET finales, **excluyendo** la etapa de alimentación, el transformador y el mueble MO.1650 .....77,75 €

**LX.1649:** Precio de todos los componentes necesarios para realizar la **etapa de alimentación** (ver Figs.9-11), incluyendo circuito impreso, fusibles, puente rectificador, **excluido** únicamente el **transformador** .....77,60 €

**LX.1115:** Precio de los componentes necesarios para realizar **un Vu-Meter analógico** (ver Figs.16-17) .....18,00 €

**NOTA:** El artículo específico dedicado al Vu-Meter LX.1115 se encuentra en la **revista N°115** y en el **Audio Handbook**.

**MO1650:** Precio del **mueble metálico**, incluyendo las **aletas de refrigeración perforadas** (ver Fig.20), panel frontal perforado y serigrafado, panel posterior perforado (ver fotografía de cabecera y Fig.14) .....101,15 €

**T170.1:** Precio del transformador de **170 vatios** dotado de un secundario de 40+40 voltios 3 amperios y de otro secundario de 5+5 voltios 1 amperio (ver Fig.20) .....82,95 €

**LX.1649:** Circuito impreso .....18,15 €

**LX.1650:** Circuito impreso .....15,95 €

**LX.1115:** Circuito impreso .....2,55 €

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.**