

# LX 1615



## AMPLIFICADOR HÍBRIDO ESTEREO Hi-fi de 55+55 VATIOS RMS

El amplificador estéreo Hi-Fi que hoy presentamos utiliza válvulas termiónicas conectadas en cascada para las etapas de entrada y MOSPOWER capaces de proporcionar una potencia de 55+55 vatios RMS (110+110 vatios musicales) para las etapas finales.

Aunque estamos en el año 2005 las **válvulas termiónicas** conservan sus propiedades originales, utilizándose aún en el campo de la **Alta Fidelidad (Hi-Fi)**. De hecho varias industrias japonesas han desarrollado **amplificadores híbridos Hi-Fi** utilizando **válvulas termiónicas** para las entradas y **MOSPOWER** para las etapas finales.

Fig.1 En la fotografía de portada se muestra el Amplificador híbrido estéreo capaz de proporcionar 55+55 Vatios RMS. En su salida se pueden conectar cajas acústicas de potencia inferior, siempre y cuando se tenga la precaución de ajustar el mando del volumen a menos potencia de la máxima soportada por los altavoces contenidos en las cajas acústicas.



## LISTA DE COMPONENTES LX.1615

R1-R31 = 100.000 ohmios 1/2 vatio  
 R2-R32 = 10.000 ohmios 1/2 vatio  
 R3-R33 = 2,2 megaohmios 1/2 vatio  
 R4-R34 = 1.000 ohmios 1 vatio  
 R5-R35 = 1.000 ohmios 1 vatio  
 R6-R36 = 47.000 ohmios 2 vatio  
 R7-R37 = 2,2 megaohmios 1/2 vatio  
 R8-R38 = 1 megaohmio 1/2 vatio  
 R9-R39 = 10 ohmios  
 R10-R40 = 10 ohmios  
 R11-R41 = Trimmer 100.000 ohmios  
 R12-R42 = 220.000 ohmios  
 R13-R43 = 220.000 ohmios  
 R14-R44 = Trimmer 100.000 ohmios  
 R15-R45 = 1.500 ohmios  
 R16-R46 = 1.000 ohmios 1 vatio  
 R17-R47 = 1.000 ohmios 1 vatio  
 R18-R48 = 47.000 ohmios  
 R19-R49 = 180.000 ohmios  
 R20-R50 = 180.000 ohmios  
 R21-R51 = 47.000 ohmios  
 R22-R52 = 100 ohmios  
 R23-R53 = 100 ohmios  
 R24-R54 = 1 megaohmio  
 R25-R55 = 0,1 ohmios 5 vatios  
 R26-R56 = 0,1 ohmios 5 vatios  
 R27-R57 = 10 ohmios  
 R28-R58 = Trimmer 10.000 ohmios  
 R29-R59 = 1.000 ohmios  
 R30-R60 = 10.000 ohmios  
 R61 = 33.000 ohmios  
 R62 = 1 megaohmio 1 vatio  
 R63 = 470.000 ohmios 1 vatio  
 C1-C21 = 1 microF. poliéster  
 C2-C22 = 47 microF. electrolítico  
 C3-C23 = 22 microF. 450 V electrolítico  
 C4-C24 = 22 microF. 450 V electrolítico  
 C5-C25 = 220.000 pF 250 V poliéster  
 C6-C26 = 220.000 pF 250 V poliéster  
 C7-C27 = 1 microF. poliéster  
 C8-C28 = 100 microF. electrolítico

C9-C29 = 100.000 pF poliéster  
 C10-C30 = 100 microF. electrolítico  
 C11-C31 = 100.000 pF poliéster  
 C12-C32 = 100 microF. electrolítico  
 C13-C33 = 100 microF. electrolítico  
 C14-C34 = 100 microF. electrolítico  
 C15-C35 = 100.000 pF poliéster  
 C16-C36 = 100 microF. electrolítico  
 C17-C37 = 100.000 pF poliéster  
 C18-C38 = 100.000 pF poliéster  
 C19-C39 = 10 microF. electrolítico  
 C20-C40 = 2,2 microF. electrolítico  
 C41 = 22 microF. 450 V electrolítico  
 C42 = 470 microF. 400 V electrolítico  
 C43 = 4.700 microF. electrolítico  
 C44 = 4.700 microF. electrolítico  
 RS1 = Puente rectificador 600 V 1 A  
 RS2 = Puente rectificador 400 V 6 A  
 DS1-DS7 = Diodo 1N.4007  
 DS2-DS8 = Diodo 1N.4007  
 DS3-DS9 = Diodo 1N.4148  
 DS4-DS10 = Diodo 1N.4148  
 DS5-DS11 = Diodo 1N.4148  
 DS6-DS12 = Diodo 1N.4148  
 DS13 = Diodo 1N.4007  
 DZ1-DZ5 = Diodo zéner 12 V 1 Vatio  
 DZ2-DZ6 = Diodo zéner 12 V 1 Vatio  
 DZ3-DZ7 = Diodo zéner 12 V 1 Vatio  
 DZ4-DZ8 = Diodo zéner 12 V 1 Vatio  
 DZ9 = Diodo zéner 12 V 1 Vatio  
 MFT1-MFT3 = MOSFET N IRF520  
 MFT2-MFT4 = MOSFET P IRF9530  
 MFT5 = MOSFET N IRF840  
 IC1-IC2 = Integrado TL081  
 V1-V2 = Doble triodo ECC.82  
 F1-F3 = Fusible 5 A  
 F2-F4 = Fusible 5 A  
 F5 = Fusible 2 A  
 T1 = Transformador toroidal 190 vatios  
 S1 = Interruptor palanca  
 V-Meter = Instrumento 200 uA

Lista de componentes del amplificador mostrado en la Fig.3 y de la etapa de alimentación mostrada en la Fig.6. Las referencias situadas a la izquierda se corresponden al Canal Izquierdo, mientras que las situadas a la derecha se corresponden al Canal Derecho. Los condensadores electrolíticos que no tienen referencia de tensión pueden ser de 50 o de 63 voltios.

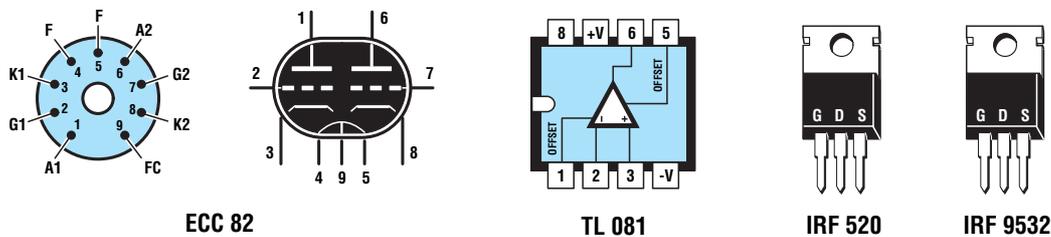


Fig.2 Conexiones del zócalo de la válvula ECC.82, vistas desde abajo, y del operacional TL.081, vistas desde arriba. Las conexiones de los MOSFET N y P se muestran frontalmente.

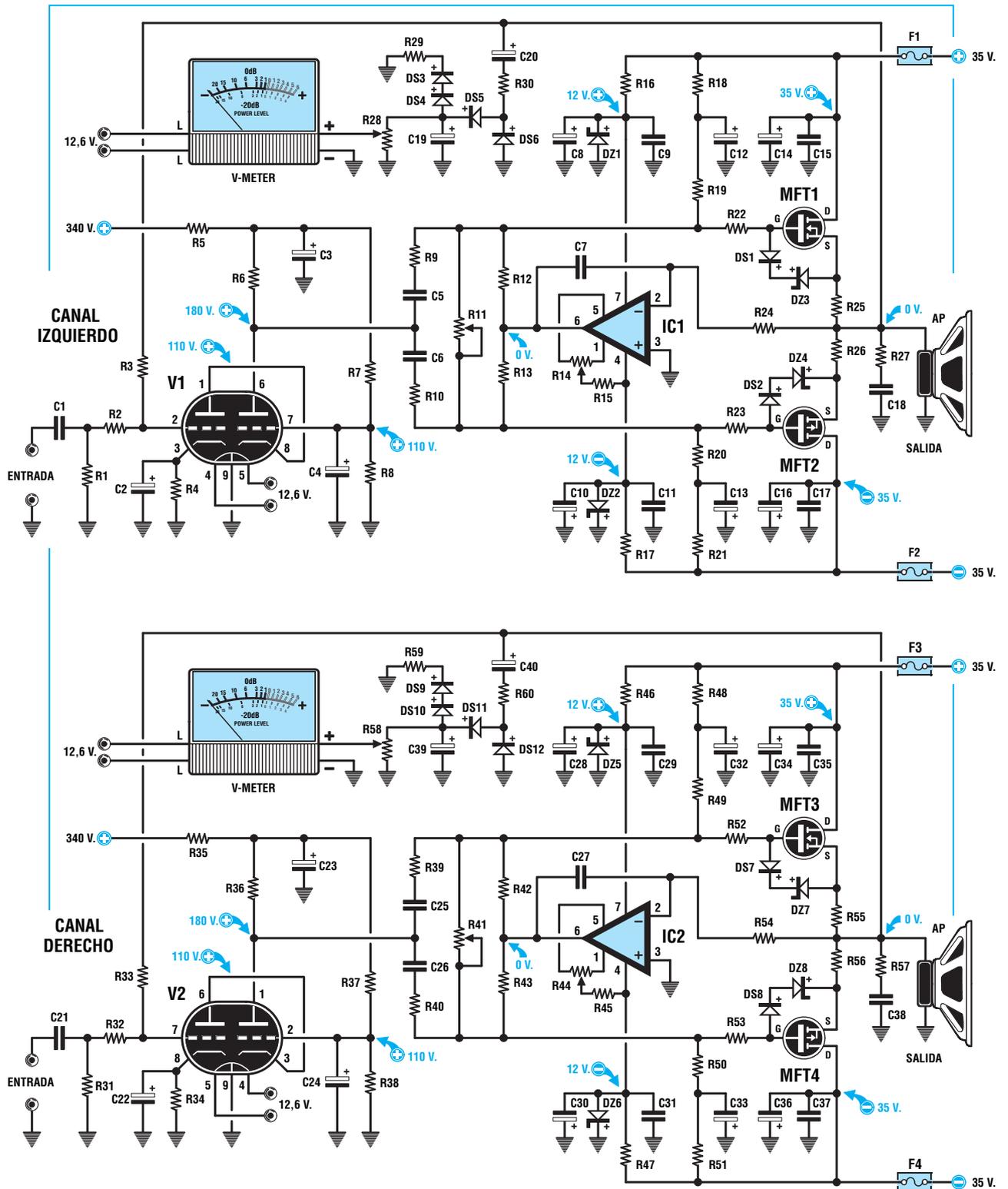


Fig.3 Esquema eléctrico del Amplificador Híbrido Estéreo LX.1615 (exceptuando la etapa de alimentación). Los valores de tensión indicados son aproximados.



Fig.4 Fotografía del mueble, visto frontalmente. Se pueden apreciar claramente las dos válvulas utilizadas para la etapa de entrada y la aleta de refrigeración utilizada para enfriar los MOSFET finales.

Fig.5 Fotografía del mueble, visto por la parte posterior. Se puede observar la toma de red de 230 voltios, los 4 bornes para las cajas acústicas y los 2 conectores de entrada para la señal estéreo BF.



En Europa y América estos amplificadores todavía **no** son muy conocidos ya que hay disponible muy poca documentación técnica. Por esta razón hemos desarrollado, utilizando esta escasa documentación, un **amplificador híbrido estéreo** capaz de proporcionar una **potencia de 55+55 vatios RMS**, es decir **110+110 vatios musicales**. No podemos excluir que en un futuro próximo aparezcan en el mercado esquemas eléctricos similares al que hoy presentamos.

Las personas familiarizadas con **Hi-Fi** seguramente se pregunten qué **ventajas** ofrece un **amplificador híbrido** sobre uno que solo utiliza válvulas termoiónicas. Un amplificador híbrido proporciona un **sonido similar** al proporcionado por un amplificador construido

íntegramente con válvulas termoiónicas, con la ventaja de resultar **mucho más económico** ya que no precisa el empleo de transformadores específicos para las válvulas de salida, componentes que son bastante caros y difícilmente localizables en el mercado.

### ESQUEMA ELÉCTRICO

En la Fig.3 se muestra el esquema eléctrico completo, incluyendo los **canales derecho e izquierdo**. Dado que ambos son **exactamente iguales** en la descripción del esquema nos ceñiremos a uno solo de ellos, el **izquierdo**.

La señal **BF** aplicada a la entrada pasa a través del condensador de poliéster **C1** y de la resistencia **R2** para llegar directamente a la

rejilla del primer triodo, que está conectado en cascada con el segundo triodo incluido dentro de la válvula V1. Con esta configuración se consigue una ganancia total de 40 veces con una distorsión muy baja y un sonido de gran calidad que únicamente una válvula puede proporcionar.

Ya que este doble triodo funciona con una tensión de alimentación muy elevada el preamplificador tiene una dinámica más alta y menos ruido que un preamplificador compuesto por transistores, operacionales o, incluso, por pentodos.

Aunque muchos amplificadores a válvulas utilizan un pentodo en la etapa de entrada ya que tiene una ganancia mucho mayor que la de un triodo, hay que tener presente que los pentodos tienen el defecto de generar un "efecto crujido". Por lo tanto es mejor utilizar un doble triodo conectado en cascada, ya que, además de garantizar una ganancia elevada, no genera ningún "crujido".

Además, el primer triodo presenta a la entrada una impedancia de valor medio, mientras que el segundo triodo presenta en salida una impedancia idónea para controlar las puertas (Gates) de los MOSFET finales MFT1-MFT2.

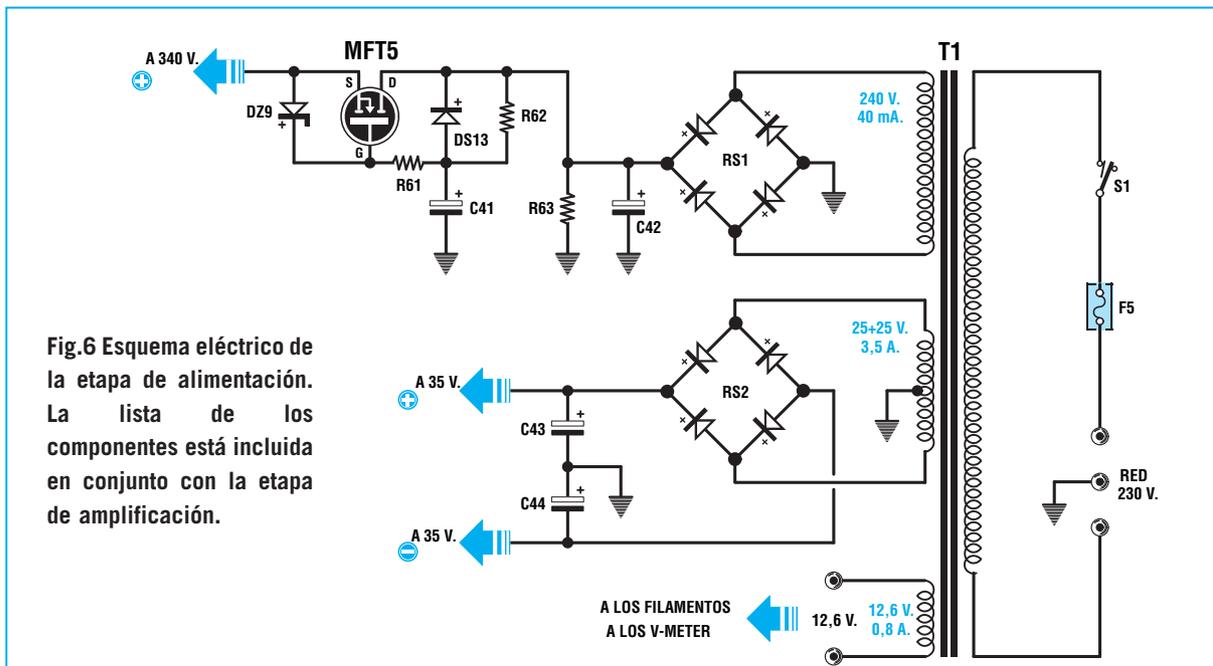
La señal de BF presente en la placa del segundo triodo, amplificada en tensión, se aplica a los condensadores de poliéster C5-C6 para ser dirigida hacia los dos MOSFET de potencia MFT1-MFT2 de la etapa final.

El MOSFET MFT1, un IRF.520 tipo N, amplifica únicamente las semiondas positivas, mientras el MOSFET MFT2, un IRF.9530 tipo P, amplifica únicamente las semiondas negativas.

Las dos semiondas amplificadas en potencia por los dos MOSFET se aplican, a través las dos resistencias bobinadas R25-R26 (ambas de 0,1 ohmios 5 vatios) a los contactos del altavoz, o mejor aún, a los bornes de una caja acústica de 8 ohmios con filtro Crossover interno para controlar los altavoces de los bajos, medios y agudos.

La red compuesta por la resistencia R27 y por el condensador C18, conectado en paralelo a los contactos del altavoz, se utiliza para eliminar eventuales auto-oscilaciones que se puedan producir a causa de la componente inductiva del Crossover presente dentro de la caja acústica.

La señal aplicada al altavoz o a la caja acústica también se utiliza para controlar el



instrumento **V-Meter** y para **realimentar** el primer **triodo** a través de la resistencia **R3**.

Para hacer funcionar el instrumento **V-Meter** la señal de **BF** se aplica, a través del condensador electrolítico **C20** y de la resistencia **R30**, a los dos diodos de silicio **DS5-DS6**, que proceden a rectificarla de modo que se obtenga una **tensión continua** proporcional a la amplitud de la señal. Esta tensión se aplica al trimmer **R28**, utilizado para ajustar la **desviación** de la aguja del **V-Meter**.

Los diodos **DS3-DS4** y la resistencia **R29**, situada antes del trimmer **R28**, se utilizan para conseguir una indicación logarítmica, ya que la escala del **V-Meter** está en **dB**.

En la parte izquierda del **V-Meter** hay dos cables con la referencia **12,6 voltios**. Estos cables se utilizan para encender la **bombilla** interna que **ilumina** el aparato de medida.

Vamos a volver a los dos **MOSFET** finales para explicar la función desarrollada por los componentes restantes y a detallar la función de **IC1**, un operacional **TL081**. Para alimentar los **MOSFET** finales de **potencia** se utiliza una tensión **dual** no estabilizada de unos **35+35 voltios** (ver Fig.6).

La tensión **positiva** de **35 voltios** se aplica al drenador (**Drain**) del MOSFET **MFT1** y al terminal **7** de **IC1** después de haber sido estabilizada a **12 voltios positivos** mediante el diodo zéner **DZ1**.

La tensión **negativa** de **35 voltios** se aplica al drenador (**Drain**) del MOSFET **MFT2** y al terminal **4** de **IC1** después de haber sido estabilizada a **12 voltios negativos** mediante el diodo zéner **DZ2**.

Por este motivo, todos los **condensadores electrolíticos**, los **diodos de silicio** y los **diodos zéner** incluidos en la **rama positiva** de **MFT1** están conectados en sentido **contrario** al de los componentes incluidos en la **rama negativa** de **MFT2**.

El operacional **IC1** se utiliza en este circuito únicamente para **ajustar** la **corriente de**

**reposo** de la **etapa final** y para mantener constante a **0 voltios** la tensión presente en la conexión de las resistencias **R25-R26**.

El trimmer **R11** se utiliza para ajustar la **corriente de reposo** de los MOSFET finales de forma que absorban una **corriente** de unos **100-120 mA** cada uno en ausencia de la señal **BF**.

El trimmer **R14** se utiliza para ajustar a **0 voltios** la tensión en la conexión de las resistencias **R25-R26** (con el altavoz o la caja acústica **desconectada** de la salida).

## ETAPA de ALIMENTACIÓN

Para alimentar los **MOSFET** de la **etapa final** del amplificador se precisa una **tensión continua** dual de, aproximadamente, **35 voltios positivos** y **35 voltios negativos**, tensión que se obtiene del puente rectificador **RS2** (ver Fig.6).

Dado que cada canal puede absorber una **corriente máxima** de **1,5 amperios**, el transformador conectado al puente rectificador tiene que proporcionar una tensión **alterna** de **25+25 voltios** y una corriente de **3,5 amperios**.

La tensión **alterna** de **25+25 voltios**, rectificada mediante el puente **RS2** y filtrada por los condensadores **C43-C44**, proporciona en la salida una tensión **dual** de:  
 $(25 \times 1,4142) - 0,7 \approx 34,65$  voltios

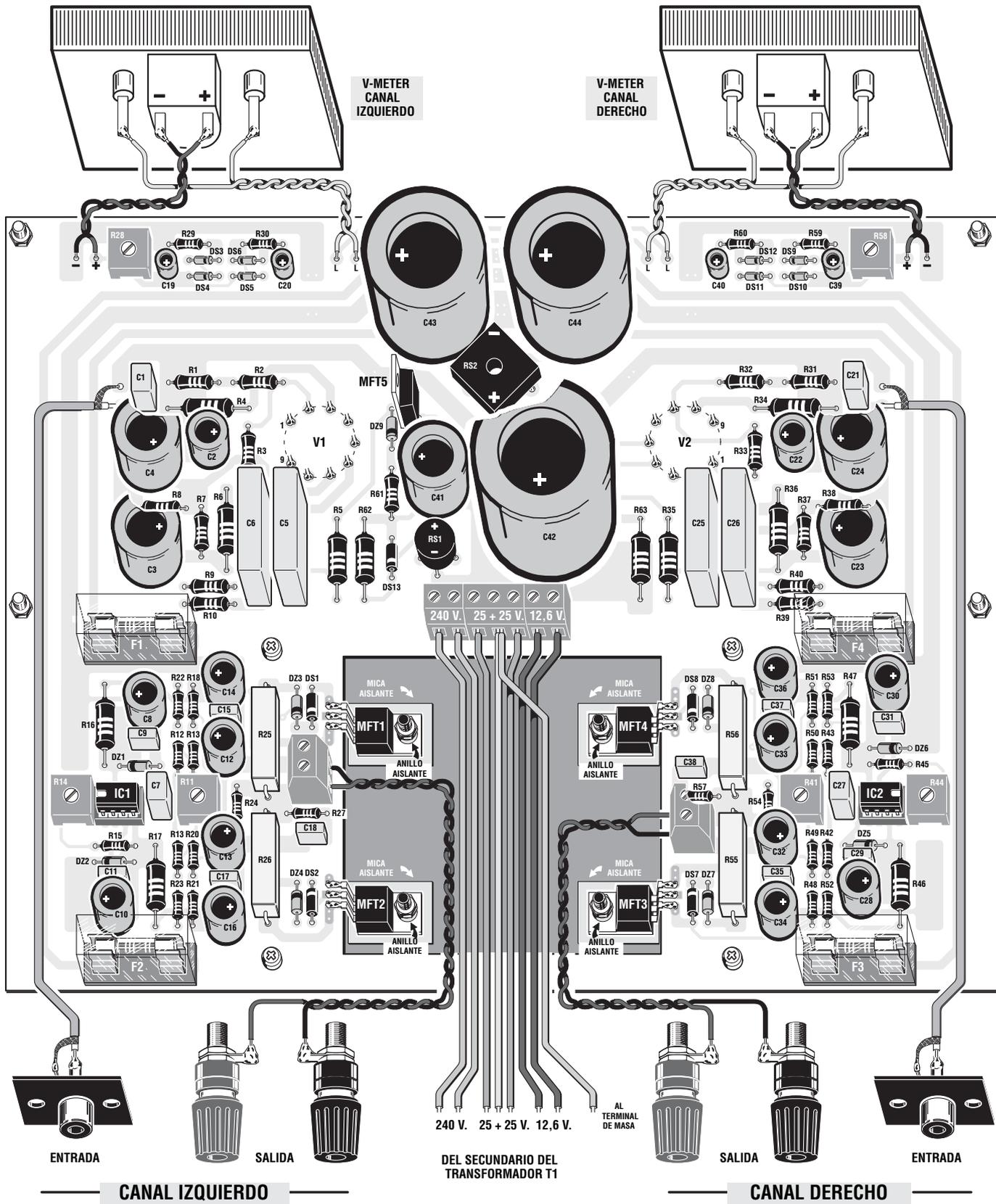
**NOTA:** El número **0,7** es la caída de tensión en los **diodos**.

Para alimentar las dos válvulas termiónicas **V1-V2** de la etapa de entrada se precisa una tensión **continua** de unos **340 voltios positivos**, tensión que obtenemos del puente rectificador **RS1**.

Fig.7 Esquema práctico de montaje del circuito impreso LX.1615 con todos los elementos necesarios para la realización del amplificador.

En la Fig.9 se muestra una fotografía con el montaje de los componentes ya realizado.

A la clema de 7 polos se conectan los cables procedentes del transformador toroidal mostrado en la Fig.17.



**CANAL IZQUIERDO**

**CANAL DERECHO**

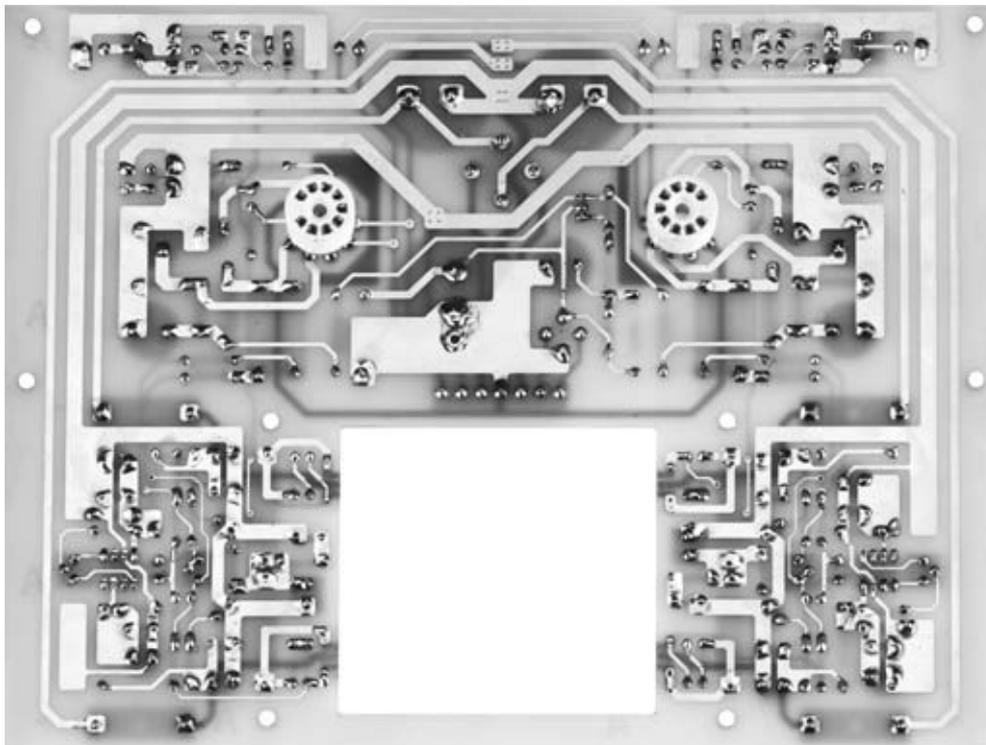


Fig.8 Fotografía del circuito impreso LX.1615 visto por el lado de las pistas, lado en el que se montan los zócalos de los dos doubles triodos ECC.82. El espacio en forma cuadrada de la parte inferior está reservado para los MOSFET una vez fijados en la aleta de refrigeración (ver Fig.12).

Ya que las dos válvulas **V1-V2** operan con una tensión de alimentación de **340 voltios** y absorben una corriente de unos **15-20 miliamperios** es necesario proporcionar al puente **RS1** una tensión alterna de **240 voltios**.

La tensión **alterna** de **240 voltios**, rectificada mediante el puente **RS1** y filtrada por el condensador **C42**, proporciona en la salida una tensión de:

$$(240 \times 1,4142) - (0,7 + 0,7) \approx 338 \text{ voltios}$$

**NOTA:** Los números **0,7** corresponden a la caída de tensión en los **diodos**.

Observando al esquema eléctrico del alimentador (ver Fig.6) se puede apreciar que la tensión continua de **340 voltios** se aplica a las válvulas **V1-V2** pasando antes por el MOSFET **MFT5**, un **IRF.840** tipo **N**.

Este **MOSFET** desarrolla dos funciones: **Elimina** el más pequeño **resto** de **alterna** para alimentar las dos **válvulas termiónicas** con una tensión completamente estabilizada y hace

**subir lentamente** la tensión sobre las **placas** de las **válvulas** para evitar que se escuche en los altavoces el molesto **“bump”** cuando se enciende el amplificador.

Del transformador **T1** se obtiene una **tercera** tensión de **12,6 voltios 0,8 amperios** utilizada para alimentar los **filamentos** de las **válvulas** y las **bombillas** incluidas dentro de los dos **V-Meter**.

## REALIZACIÓN PRÁCTICA

Para realizar este amplificador hemos diseñado un circuito impreso, el **LX.1615**, que soporta todos los componentes, tanto los del **canal derecho** como los del **canal izquierdo**, además de los de la **etapa de alimentación** (a excepción del transformador toroidal). En la Fig7 se puede observar la posición en la que se monta cada uno de los componentes.

En primer lugar es aconsejable montar los **zócalos** para las **válvulas** en el **lado** de las **pistas** del circuito impreso. Es muy importante empujar a fondo el zócalo y **soldar** los

terminales por **ambas caras** para que el zócalo tenga una resistencia mecánica alta ya que han de tener la suficiente firmeza para poder quitar y poner las válvulas sin problemas (ver Fig.8).

Una vez realizada esta operación se pueden montar los componentes en la otra cara del circuito impreso (ver Fig.7).

Es aconsejable comenzar por la instalación de los **zócalos** para los integrados **IC1-IC2**, la **clema de 7 polos** utilizada para fijar los cables procedentes del transformador **T1** y las **dos clemas de 2 polos** utilizadas para conectar los **bornes** de salida para los **altavoces** o **cajas acústicas**.

A continuación se puede instalar el gran número de **resistencias** que incluye este circuito, controlando el valor óhmico indicado sobre su cuerpo mediante el **código de colores** en las resistencias de **carbón** o **directamente** en las resistencias **bobinadas**.

Después de las resistencias se pueden montar los **trimmers** de **ajuste** que, como se puede observar en el esquema práctico de montaje, son de forma **cuadrada**. Los valores serigrafiados sobre el cuerpo de estos trimmers son los siguientes:

**103** para los trimmer de **10.000 ohmios**

**104** para los trimmer de **100.000 ohmios**

Es el momento de montar todos los **diodos** de **silicio**, tanto los de **vidrio** como los de **plástico**, en el esquema eléctrico corresponden a las referencias **DS1-DS2-DS3 ... DS13**. A continuación se pueden montar los diodos **zéner** **DZ1-DZ2 ... DZ9**, en este caso todos tienen encapsulado de **vidrio**.

Dado que todos los diodos, tanto los de silicio como los diodos zéner, tienen **polaridad**, es decir tienen un polo **positivo** y uno **negativo**, al montarlos en el circuito impreso hay que orientar el lado de su cuerpo marcado con una

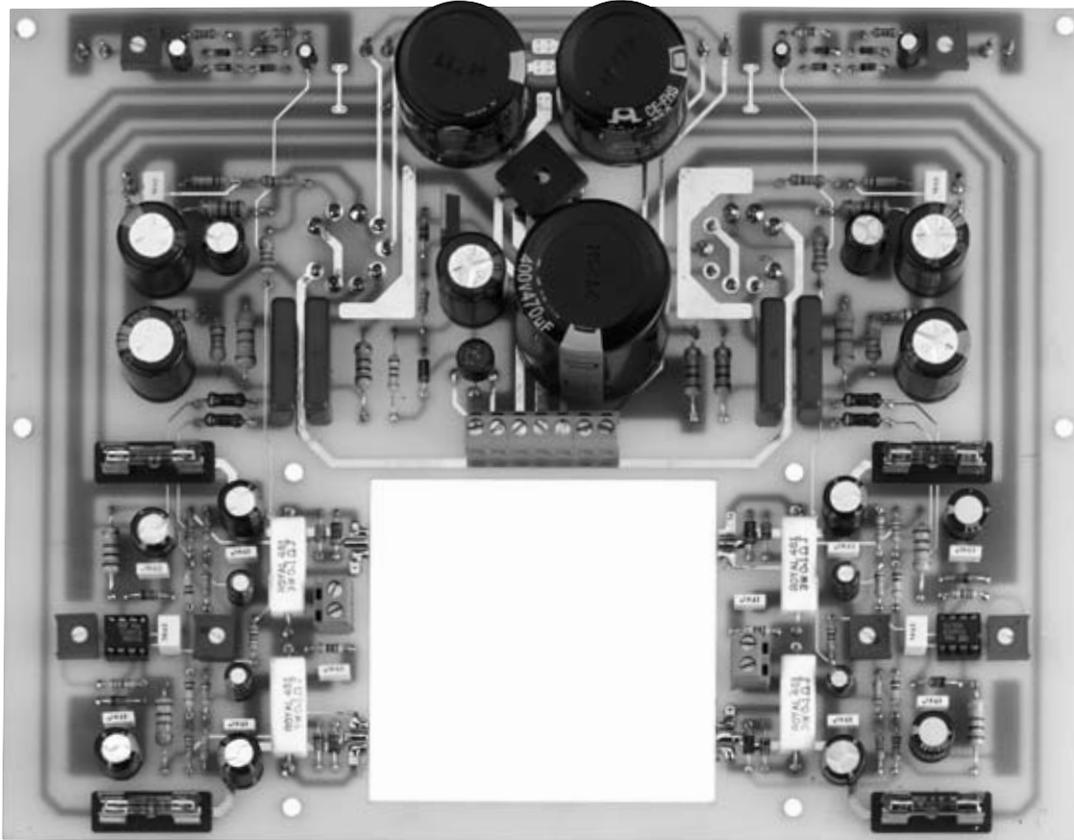


Fig.9 Fotografía del circuito impreso LX.1615 visto por el lado de los componentes. Hay que tener mucho cuidado en respetar la polaridad de los componentes, controlando los terminales +/- de los condensadores electrolíticos y la orientación de la franja de referencia de los diodos.

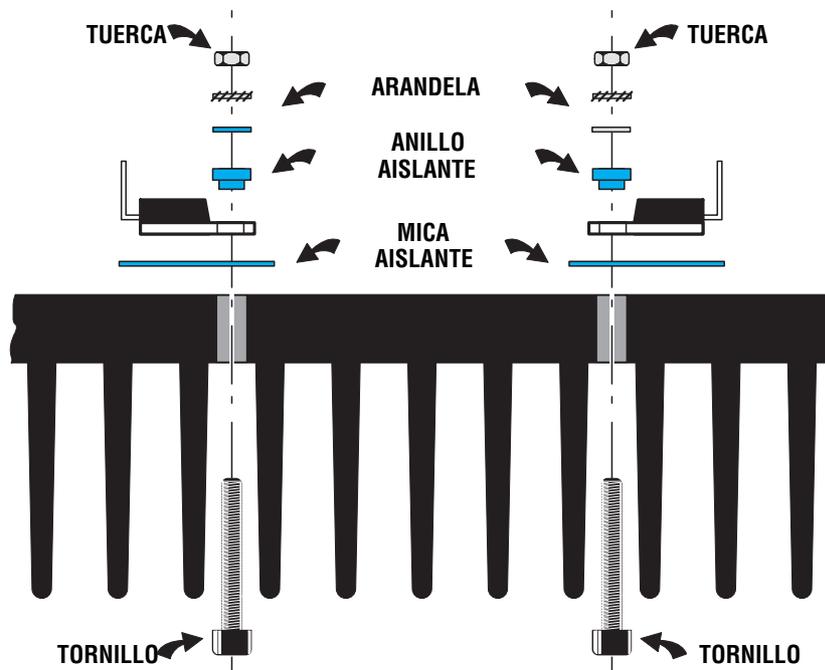
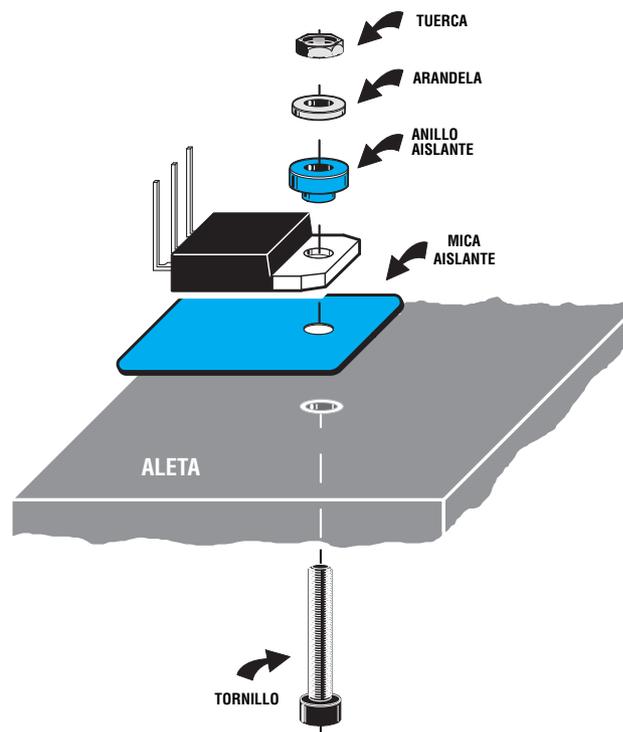


Fig.10 Antes de fijar los cuatro MOSFET a la aleta de refrigeración hay que doblar sus terminales en L y, posteriormente, doblarlos en Z para hacerlos coincidir con las pistas situadas en el circuito impreso (ver Fig.15).

Fig.11 Después de le haber doblado en L los terminales de los MOSFET, y antes de fijarlos a la aleta de refrigeración, hay que instalar entre su cuerpo y la aleta la mica aislante incluida en el kit. También hay que instalar el anillo de plástico aislante antes de aplicar las arandelas y las tuercas. Una vez fijados los MOSFET hay que controlar que estén aislados de la aleta con la ayuda en un téster ajustado para medir resistencia o continuidad.



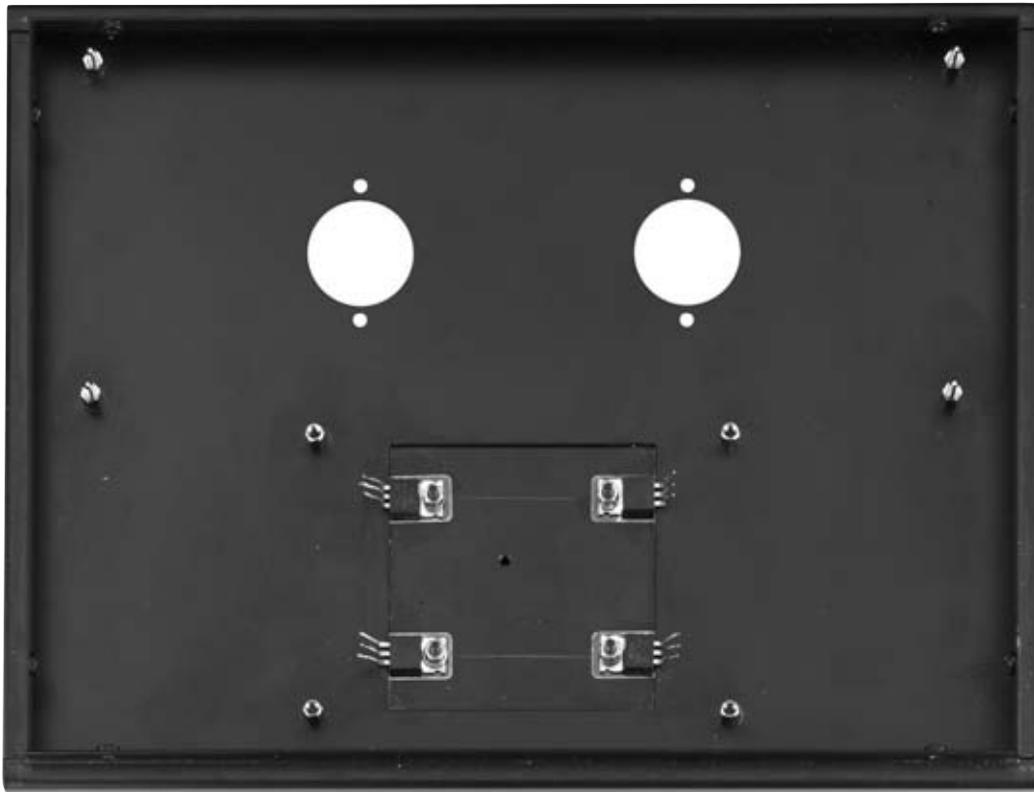


Fig.12 Después de haber fijado los cuatro MOSFET a la aleta de refrigeración, teniendo cuidado en no confundir los IRF.520 (MFT1-MFT3) con los IRF.9530 (MFT2-MFT4), se puede fijar la aleta de refrigeración en la tapa superior del mueble metálico (ver Figs.13-14).

una fina **franja** de color (**negra o blanca**) como se muestra en el esquema práctico de la Fig.7, que coincide con el dibujo serigráfico presente en la superficie del circuito impreso.

Una vez realizada esta operación se pueden montar los **condensadores de poliéster** y, a continuación, los **condensadores electrolíticos**, respetando en estos últimos la **polaridad +/-** de sus terminales (el terminal **+** se identifica fácilmente ya que es **más largo** que el terminal **-**).

Los **condensadores electrolíticos** que **no** incluyen referencia de tensión en la lista de componentes trabajan a **50-63 voltios**.

Al lado de los condensadores electrolíticos **C41-C42-C43-C44** hay que montar los dos **puentes RS1-RS2**, respetando la polaridad de sus terminales y separando su cuerpo unos **5-6 milímetros** del circuito impreso. Es el momento de instalar el MOSFET **MFT5**, orientando su pequeña **aleta metálica** hacia la **izquierda** (ver Fig.7).

Para completar el montaje de los componentes del circuito impreso hay que instalar los **4 portafusibles**.

### **MOSFET y aletas de REFRIGERACIÓN**

Una vez montados los componentes del circuito impreso hay que proceder a fijar los MOSFET **MFT1-MFT2-MFT3-MFT4** en la **aleta de refrigeración**.

En el lado **izquierdo** (ver Fig.7) hay que montar, en la parte **superior**, el MOSFET **MFT1**, un **IRF.520** tipo **N** y, en la parte **inferior**, el MOSFET **MFT2**, un **IRF.9530** tipo **P**. En el lado **derecho** hay que montar, en la parte **superior**, el MOSFET **MFT4**, un **IRF.9530** tipo **P** y, en la parte **inferior**, el MOSFET **MFT3**, un **IRF.520** tipo **N**.

**ATENCIÓN:** Hay que controlar cuidadosamente las **referencias serigrafiadas** en el cuerpo de estos MOSFET, ya que si se instala un MOSFET **tipo N** en el lugar correspondiente a uno **tipo**

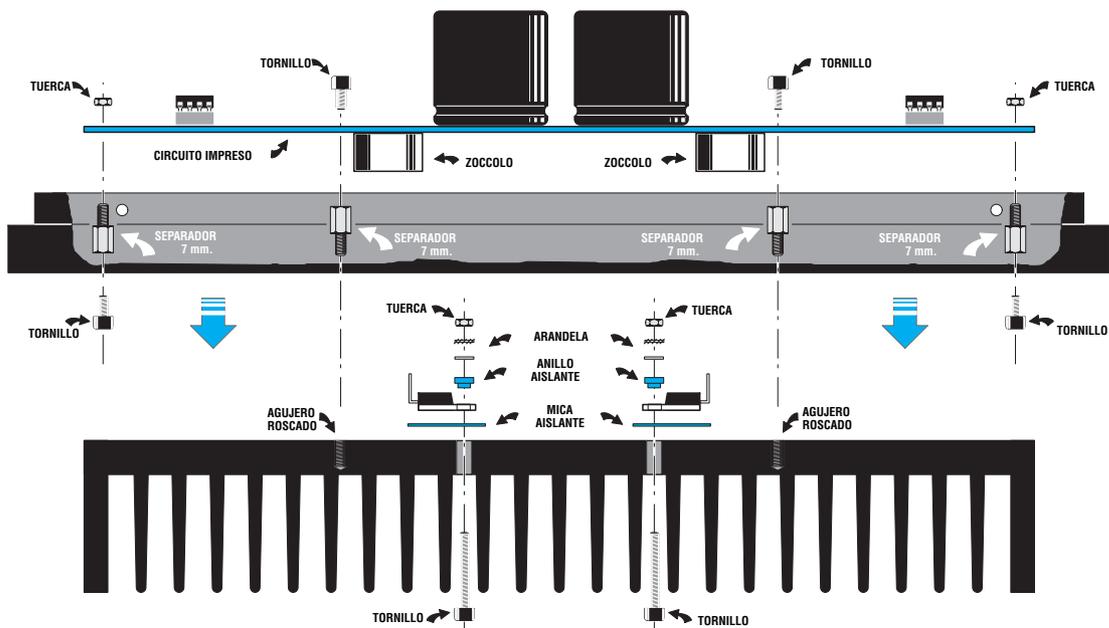


Fig.13 Después fijar los cuatro MOSFET a la aleta de refrigeración hay que fijar la aleta de refrigeración en la tapa superior del mueble utilizando los separadores metálicos de forma hexagonal incluidos en el kit. Estos separadores metálicos se utilizan también para fijar el circuito impreso a la tapa (ver Figs.14-15).

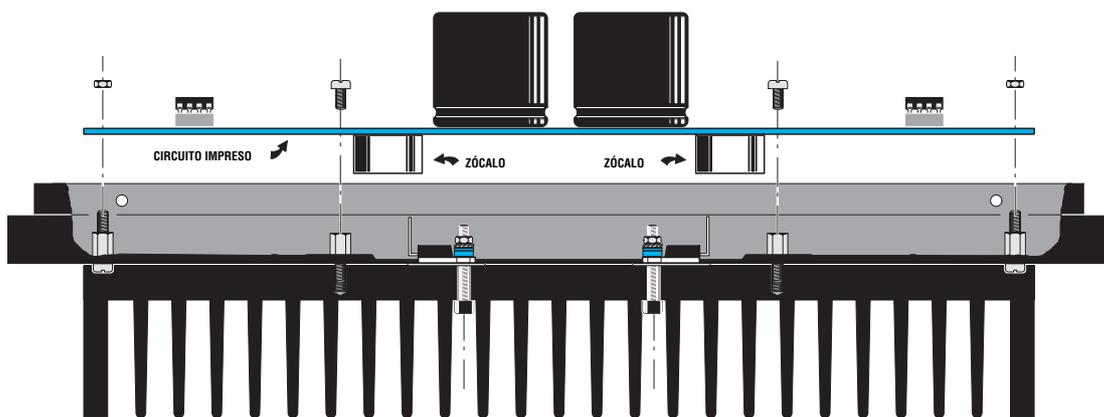


Fig.14 En este esquema se muestra como se ha de fijar el circuito impreso a la tapa una vez fijada la aleta de refrigeración. Como se puede observar se utilizan los separadores metálicos con tuercas y tornillos. Una vez fijado el circuito impreso hay que doblar los terminales de los MOSFET en Z y soldar sus terminales a las pistas correspondientes del circuito impreso LX.1615 (ver Fig.15).

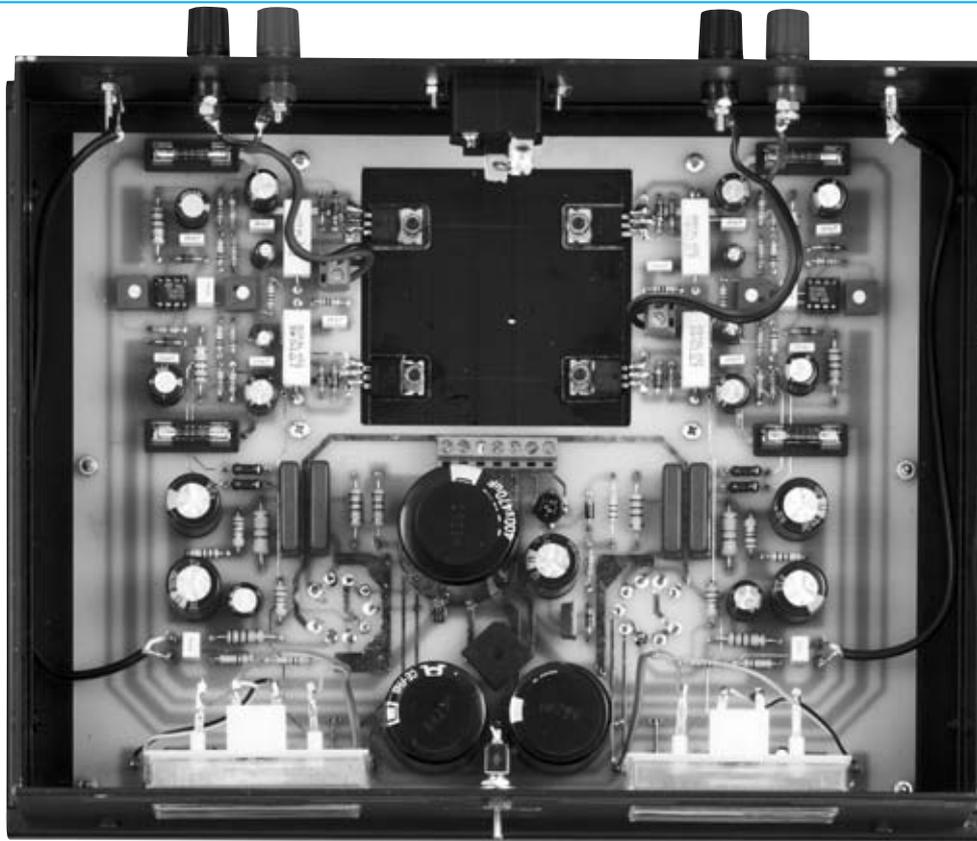
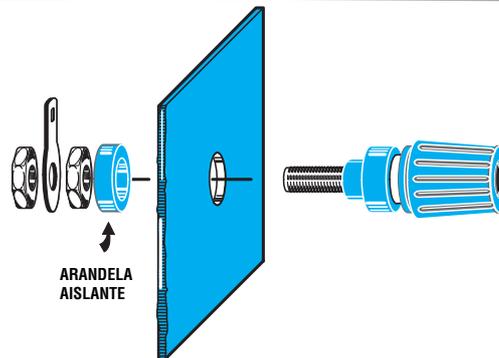


Fig.15 Fotografía, vista desde arriba, del amplificador Híbrido Estéreo capaz de proporcionar una potencia de 55+55 Vatios RMS. Cuando se instalen los bornes de salida para las cajas acústicas en el panel posterior hay que instalar la arandela aislante como se muestra en el esquema adjunto.



**P** no sólo “saltarán” los **fusibles**, también se corre el riesgo de **dañar** las **cajas acústicas**.

Antes de fijar los **MOSFET** a la aleta hay que doblar sus terminales en **forma de L** (ver Fig.11). Además entre sus cuerpos metálicos y la **aleta de refrigeración** hay que poner las **micas aislantes** incluidas en el kit. También hay que instalar los **anillos de plástico** para **aislar eléctricamente** su cuerpo de la aleta de refrigeración.

Después de realizar estas operaciones previas ya se puede **fijar** el cuerpo de los **MOSFET** a la **aleta** utilizando los **tornillos**, las **arandelas** y las **tuercas** como se detalla en la Fig.11. Antes de continuar hay que **verificar** que los cuerpos de

los **MOSFET** estén **aislados eléctricamente** de la **aleta** con la ayuda de un **téster** preparado para medir **resistencia** o **continuidad**. Si los MOSFET no están perfectamente aislados se puede dañar el **MOSFET complementario** e, incluso, las **cajas acústicas**.

### **FIJACIÓN de elementos en el MUEBLE**

Después de fijar en la aleta los **MOSFET** hay que fijar la aleta sobre la tapa del mueble utilizando **separadores metálicos** de forma hexagonal de **7 mm**, que servirán también para fijar el circuito impreso. En efecto, la operación siguiente consiste en el posicionar el circuito impreso sobre los **separadores metálicos**



Fig.16 El transformador toroidal utilizado para alimentar el amplificador se fija con un tornillo y su correspondiente tuerca en el panel inferior del mueble utilizando las arandelas de plástico de grandes dimensiones incluidas en el kit. Colocando el panel inferior en "L" se pueden fijar fácilmente los cables que conectan el transformador a la clema de 7 polos (ver Fig.7).

presentes en la **tapa** del mueble y fijarlo con las **tuercas** (ver Figs.13-14). Una vez realizada esta operación hay que doblar en **Z** los **3 terminales** de los MOSFET de forma que queden sobre las pistas de cobre correspondientes del circuito impreso y, a continuación, **soldar** los terminales.

Una vez fijados los elementos de la **tapa** del mueble hay que fijar los elementos del **panel frontal** y del **panel posterior**. En el **panel frontal** hay que fijar el interruptor de encendido **S1**, mediante su tuerca, y los **dos V-Meter**, bien con pegamento o bien con cinta adhesiva fuerte pegándola de tal forma que cubra parte del instrumento y parte del panel.

Con dos trozos de cable hay que conectar los **terminales centrales (+/-)** a las pistas del

circuito impreso próximas a los **trimmers** de ajuste y con otros dos trozos de cable hay que conectar las **terminales laterales** (conectados a las bombillas internas) a las pistas de los **12,6 voltios CA**. En el **panel posterior** hay que fijar la **toma macho** para la entrada de **230 voltios**, toma que incluye un **portafusibles de protección** y un segundo **portafusibles de seguridad** (ver Fig.15).

También hay que fijar los **conectores** para la **entrada** de la señal **BF** y los **bornes** para conectar las **cajas acústicas** que, como se puede observar, se fijan sobre soportes de plástico para **aislar** su masa del metal del mueble, evitando zumbidos y crujidos sonoros.

Los bornes de **salida** se conectan al circuito impreso mediante **cables comunes** mientras

que para los conectores de **entrada** hay que utilizar **cables apantallados** (ver Fig.7). La **mall**a protectora de estos cables hay que conectarla a la **masa** de las pistas del circuito impreso.

Una vez realizadas todas estas operaciones se pueden **instalar** todos los **fusibles** en sus correspondientes **portafusibles**, el de protección de **red** y los **4** fusibles del **circuito impreso**.

## TRANSFORMADOR de ALIMENTACIÓN

El transformador **toroidal** de alimentación tiene que fijarse en la **base** del mueble mediante un tornillo y su correspondiente tuerca. Sus **cables** se conectan en la clema de **7 polos**, respetando los valores de tensión aplicados (ver Figs.16-17).

Para quién no esté familiarizado con estos transformadores es aconsejable que deje los **cables bastante largos** y tomar como **referencia** los **colores** de los cables, ya que en la **etiqueta** del transformador se encuentra la referencia de tensiones y colores.

Si la longitud de los cables **no** es suficiente se pueden alargar los cables realizando **extensiones** a base de **empalmes**.

Si la longitud de los cables se quiere **acortar** hay que tener en cuenta que estos cables van protegidos por **esmalte aislante** en toda su extensión a **excepción** de las **terminaciones**. Por tanto, si se acortan hay que **pelar** el **plástico** del extremo y **lijar** el **cobre** para retirar el esmalte aislante antes de conectarlos a la clema.

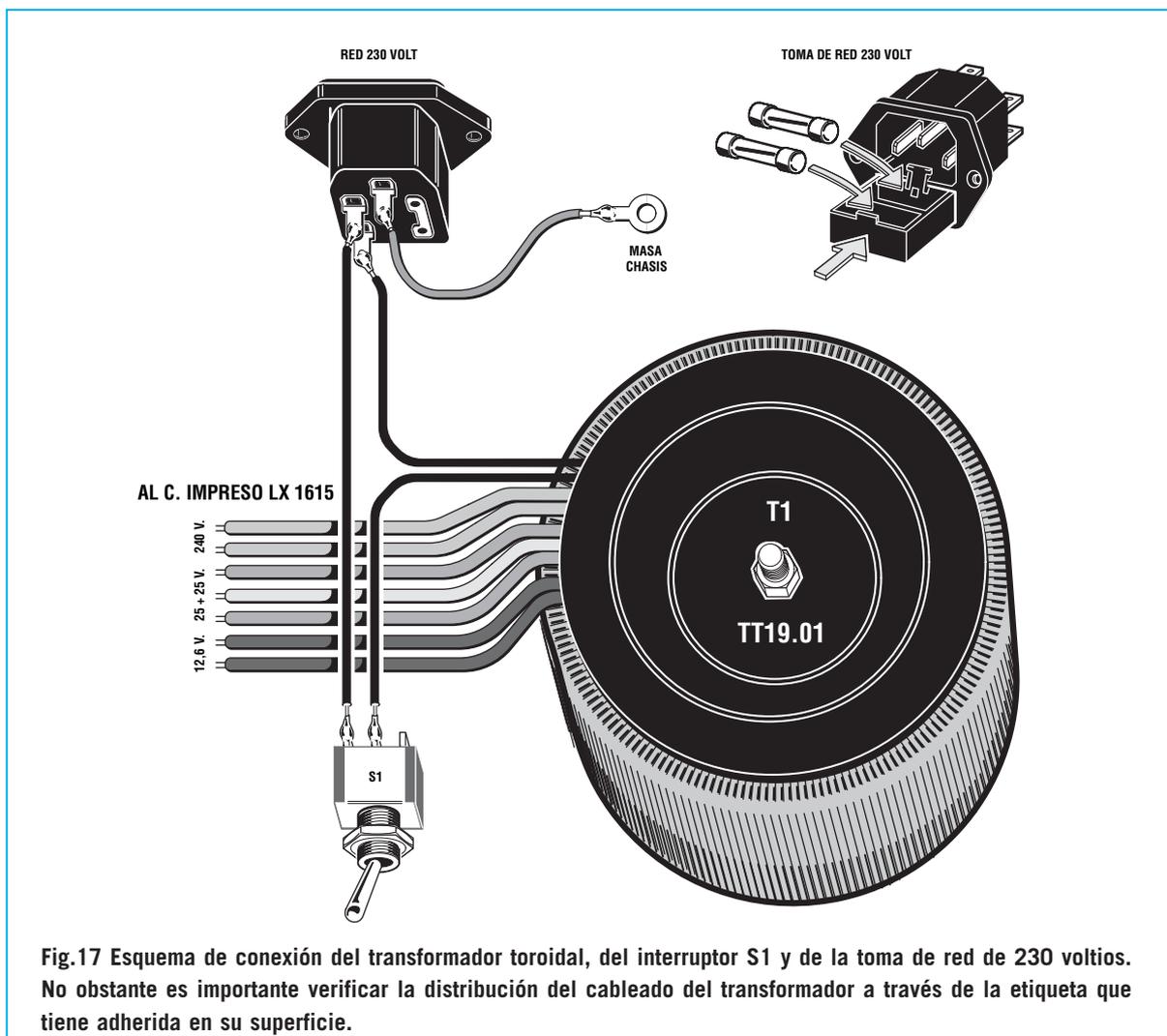


Fig.17 Esquema de conexión del transformador toroidal, del interruptor S1 y de la toma de red de 230 voltios. No obstante es importante verificar la distribución del cableado del transformador a través de la etiqueta que tiene adherida en su superficie.

## ÚLTIMOS CONSEJOS

Una vez fijado y conectado el transformador ya se puede **cerrar** el mueble.

Es **muy importante** conectar las cajas acústicas **antes** de **encender** el amplificador, es decir no hay que conectar las cajas acústicas con el amplificador encendido.

No es absolutamente necesario adquirir cajas de **50-60 Vatios**, se pueden utilizar igualmente cajas de **menor potencia** si ya disponéis de ellas, eso sí **evitando** girar el mando del volumen del preamplificador a **más potencia** de la soportada por las cajas. Seguramente notareis que los agujeros para introducir las **válvulas** tienen un diámetro algo **más grande** del requerido, esto es así por si alguien quiere aplicar a las válvulas **pantallas de aluminio** en lugar de conectarlas directamente.

## AJUSTE

Una vez completado el montaje del amplificador hay que ajustar los trimmers **R11-R14** del canal **izquierdo** y los trimmers **R41-R44** del canal **derecho** antes de utilizarlo. Cuando se realice el ajuste del **canal izquierdo** hay que tener instalados los fusibles **F1-F2** y no instalar los fusibles **F3-F4** del canal **derecho** hasta que lo indiquemos expresamente, y viceversa.

Para el ajuste **no** hay que conectar ningún **altavoz** o **caja acústica** en la salida.

Proceder como se indica a continuación:

- Ajustar a **medio recorrido** el cursor de los trimmer **R14** (canal **izquierdo**) y también el cursor del trimmer **R44** (canal **derecho**).

- Girar completamente en sentido **contrario** a las **agujas del reloj** el cursor del trimmer **R11** (canal **izquierdo**) y el cursor del trimmer **R41** (canal **derecho**).

- **Cortocircuitar** con dos trozos de cable las **entradas** de los **dos canales** con **masa** para que no haya ninguna señal en la entrada.

## AJUSTE del CANAL IZQUIERDO

- Con el **amplificador apagado** hay que quitar el fusible **F1**. En los terminales del portafusibles

hay que conectar las puntas de prueba de un **téster** ajustado para medir **Corriente Continua** en una escala de **200-300 mA**, conectando la punta **negativa** en el terminal próximo al MOSFET **MFT1**.

- **Fijar** muy bien las **puntas del téster** utilizando puntas de cocodrilo, o soldando dos cables, ya que si se desconecta una de las dos puntas la tensión de alimentación opuesta de **35 voltios** llegaría a las cajas acústicas pudiendo **dañar** los **altavoces** presentes en su interior.

- Ahora ya se puede **encender el amplificador**. Después de esperar unos pocos segundos hay que ajustar lentamente el cursor del trimmer **R11** hasta que el téster indique que la etapa final absorbe una corriente de **115 mA**. Este valor de corriente **no** es crítico, se puede ajustar a cualquier valor comprendido entre **110 mA** y **120 mA**.

- Una vez realizada esta operación hay que **apagar el amplificador** y esperar **un minuto** para permitir que se **descarguen** los **condensadores electrolíticos**. Transcurrido este tiempo hay que **desconectar** el **téster** e **instalar** el fusible **F1** en su portafusibles. Si se desconectase el téster sin descargar los condensadores electrolíticos la tensión de alimentación opuesta de **35 voltios** llegaría a las cajas acústicas pudiendo **dañar** los **altavoces** presentes en su interior.

- Llegado este punto hay que **encender el amplificador** y **ajustar** el cursor del trimmer **R14**, situado cerca del operacional **IC1**.

- Para realizar este ajuste hay que conectar un téster, ajustado para medir **Tensión Continua** en una escala de **2-3 voltios CC**, en los bornes de **salida** del canal **izquierdo**. No es preciso respetar ninguna polaridad.

- Hay que ajustar el cursor del trimmer **R14** hasta que el téster marque una tensión de **0 voltios**.

## AJUSTE del CANAL DERECHO

- **Apagar el amplificador** y esperar **un minuto** para permitir que se **descarguen** los

**condensadores electrolíticos.** Transcurrido este tiempo hay que quitar el fusible **F3**. En los terminales del portafusibles conectar las puntas de prueba de un **téster** ajustado para medir **Corriente Continua** en una escala de **200-300 mA**, conectando la punta **negativa** en el terminal próximo al MOSFET **MFT3**.

- **Fijar** muy bien las **puntas del téster** utilizando puntas de cocodrilo, o soldando dos cables, ya que si se desconecta una de las dos puntas la tensión de alimentación opuesta de **35 voltios** llegaría a las cajas acústicas pudiendo **dañar** los **altavoces** presentes en su interior.

- **Encender el amplificador.** Después de esperar unos pocos segundos hay que ajustar lentamente el cursor del **trimmer R41** hasta que el téster indique que la etapa final absorbe una corriente de **115 mA**. Este valor de corriente **no** es crítico, se puede ajustar a cualquier valor comprendido entre **110 mA** y **120 mA**.

- Después de realizar esta operación hay que **apagar el amplificador** y esperar **un minuto** para permitir que se **descarguen** los **condensadores electrolíticos**. Transcurrido este tiempo hay que **desconectar** el **téster** e **instalar** el fusible **F3** en su portafusibles. Si se desconectase el téster sin descargar los condensadores electrolíticos la tensión de alimentación opuesta de **35 voltios** llegaría a las cajas acústicas pudiendo **dañar** los **altavoces** presentes en su interior.

- Ahora hay que **encender el amplificador** y **ajustar** el cursor del trimmer **R44**, situado cerca del operacional **IC2**.

- Para realizar este ajuste hay que conectar un téster, ajustado para medir **Tensión Continua** en una escala de **2-3 voltios CC**, en los bornes de **salida** del canal **derecho**. No es preciso respetar ninguna polaridad.

- Hay que ajustar el cursor del trimmer **R44** hasta que el téster marque una tensión de **0 voltios**.

### COMPLETANDO el AJUSTE

Una vez realizados los ajustes anteriormente detallados ya se pueden **conectar** las **cajas**

**acústicas** a los bornes de salida y **quitar** los **cortocircuitos** de las **entradas** para proceder a **ajustar** los dos trimmers **R28-R58** de los **V-Meter**.

Para hacer que los **dos V-Meter** muestren la misma **indicación** para la misma **potencia** hay que conectar a las **dos entradas** la misma señal, obtenida de un **generador BF** o de cualquier instrumento que genere una señal de audio **no** superior a **2 voltios pico/pico**. En estas condiciones hay que ajustar los trimmers **R28-R58** de tal forma que las **agujas** de los **V-Meter** se desplacen a **posiciones idénticas**.

Una vez realizada esta última operación el **amplificador híbrido** está listo para disfrutar de su **calidad de sonido**, idéntica a la de un amplificador realizado exclusivamente con **válvulas**.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**Tensión válvulas V1-V2: 340 voltios**  
**Tensión MOSFET finales: 35+35 voltios**  
**Corriente de reposo: 100-120 mA por canal**  
**Corriente a Máx. potencia: 1,5 A por canal**  
**Máx. señal entrada: 2 Vpp por canal**  
**Máx. potencia (8 ohmios): 55 Vatios por canal**  
**Máx. distorsión armónica: 0,08%**  
**Frecuencia de respuesta: 8 Hz a 40.000 Hz**

### PRECIO DE REALIZACIÓN

**LX.1615:** Precio de todos los componentes necesarios para realizar el amplificador híbrido estéreo (ver Figs.7-9), incluyendo el circuito impreso, los **V-Meter**, las **2 válvulas ECC.82** y sus correspondientes zócalos, los **5 MOSFET**, la aleta de refrigeración, el transformador toroidal de **190 vatios**, la toma macho de red con portafusibles y el cordón de red, excluido únicamente el mueble metálico, que puede solicitarse aparte .....342,15 €

**MO.1615:** Mueble de montaje perforado..55,30 €

**CC.1615:** Circuito impreso: .....67,20 €

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