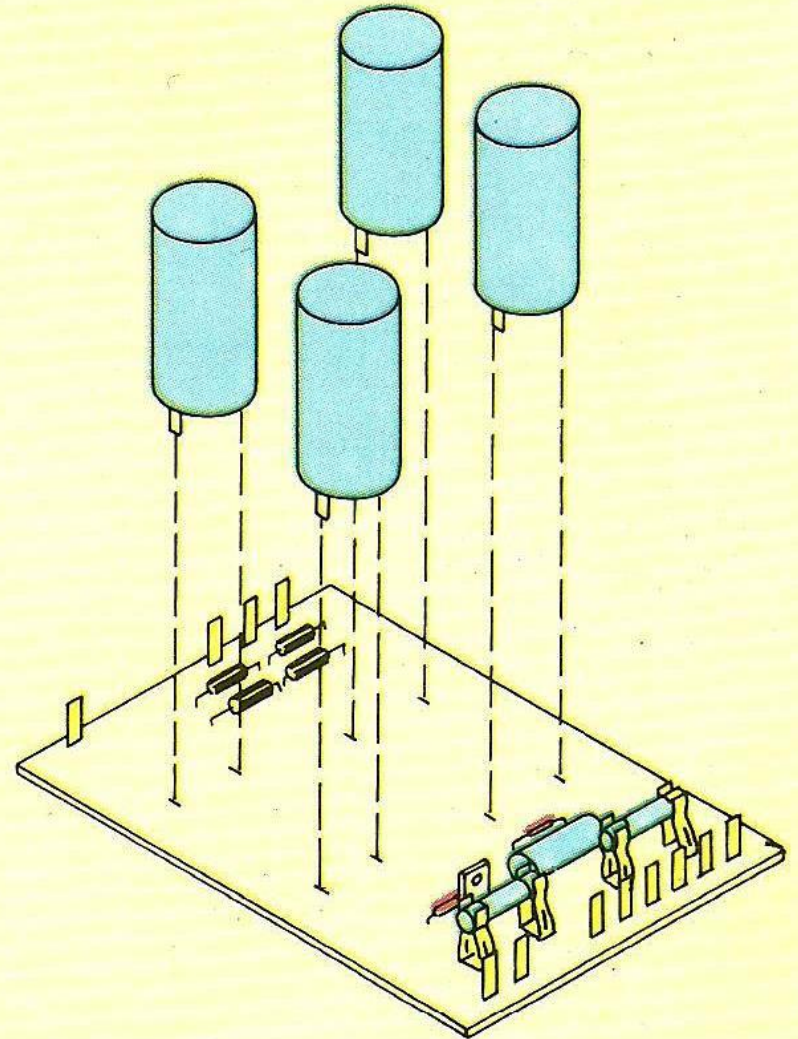
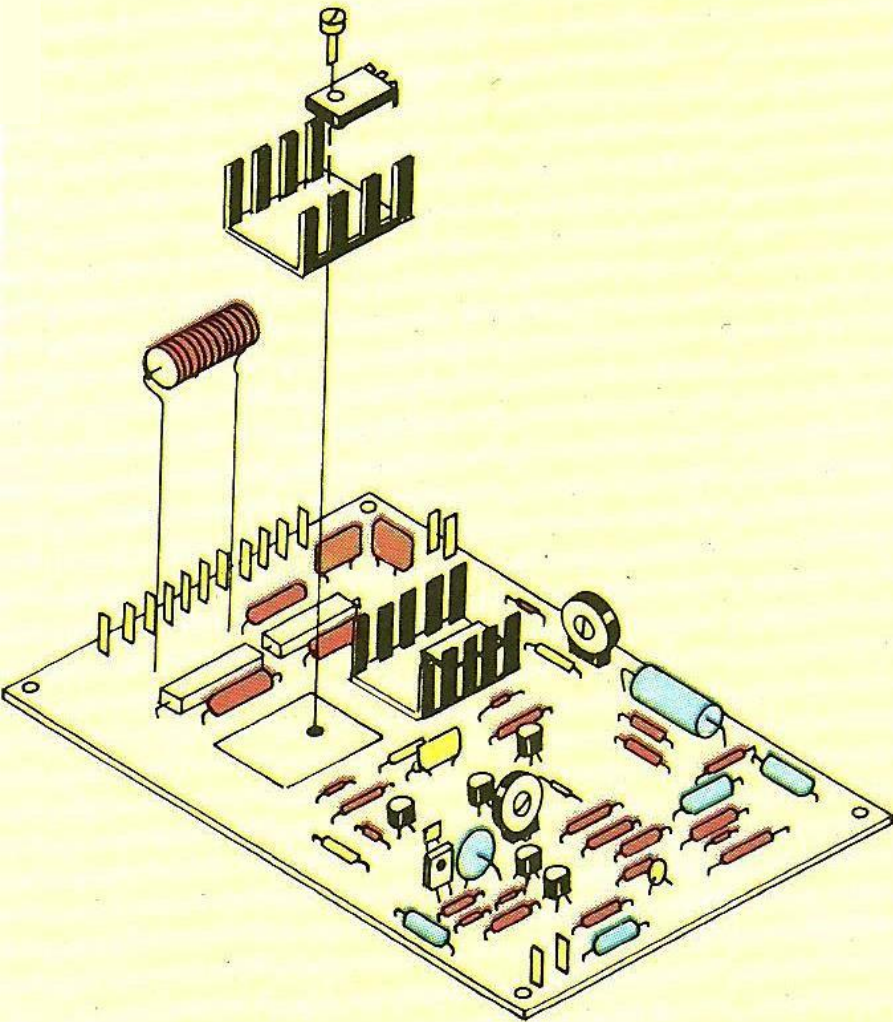


MONTAJE DE UN AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE 40 W



LAS SEÑALES DE SONIDO

Una importante aplicación de la electrónica está constituida por todo lo relacionado con el tratamiento de las señales de sonido, incluyendo la generación y amplificación de las mismas para que puedan ser reproducidas por un altavoz que las convierta en sonido real o de alta fidelidad HI-FI para permitir su escucha.

Todas las señales de audio se consideran incluidas dentro de una banda de frecuencias que comprende desde los 20 Hz a los 20KHz, ya que estos son los límites de audición de los seres humanos, conociéndose a esta zona del espectro como la banda de baja frecuencia (B.F.).

LAS FUENTES DE SEÑAL

Las **fuentes de señal** son los equipos encargados de obtener el programa de sonido de los soportes que lo generan o lo contienen, como son: sintonizadores de radio, CD, cinta magnética, micrófonos, etc.

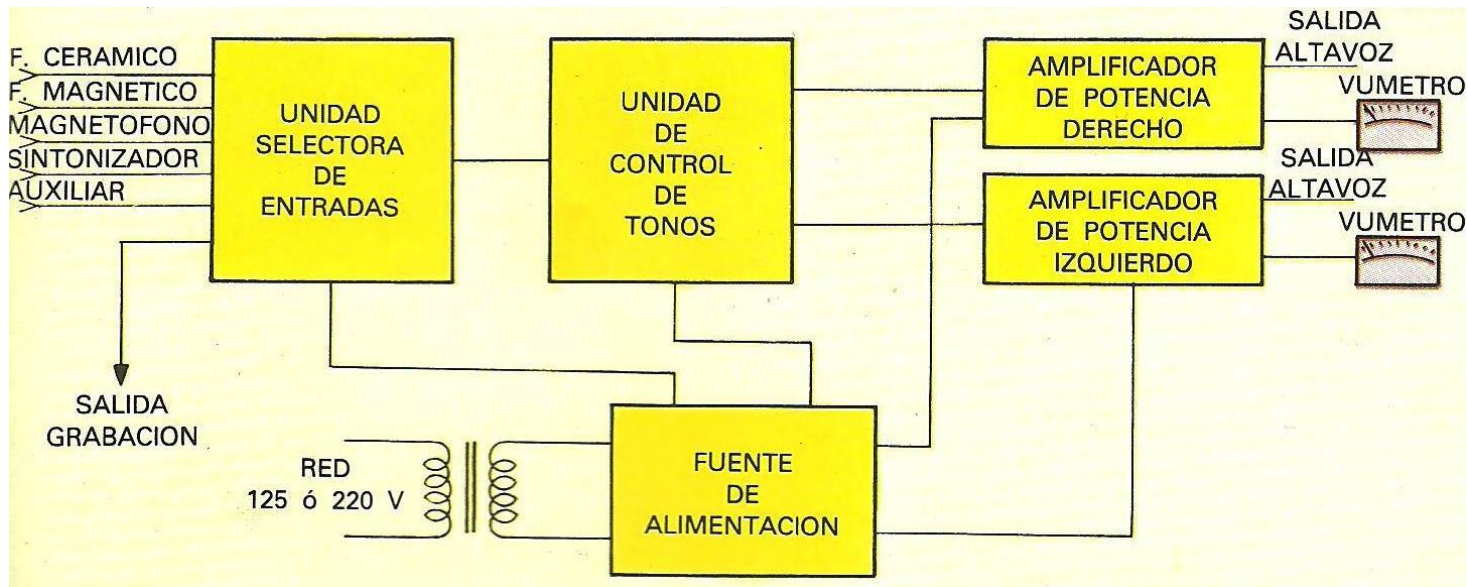
Estas **fuentes de señal** son señales eléctricas muy débiles, incapaces de poder ser escuchadas directamente en unos altavoces. Para ello, el **amplificador** se encarga de adaptar esas señales eléctricas a su entrada y elevarla a un nivel suficientemente óptimo a su salida, con la misma fidelidad y, puedan ser reproducidas en unos altavoces.

Lógicamente el referido nivel óptimo de salida del amplificador responde a la idea de que el sonido o señal eléctrica que produce la fuente de señal sea lo más similar posible al que se generó en origen.

EL PREVIO-AMPLIFICADOR

Las señales que recibe a su entrada la etapa **amplificadora de potencia** proviene de un elemento denominado **preamplificador** o **previo** y en muchas ocasiones se encuentran reunidos ambos equipos en una sola unidad denominada genéricamente **amplificador**.

Las tareas asignadas al previo comprende la selección de la **fuerza de señal** que se desea escuchar (radio, cintas, CD, disco, etc.), la unidad de control de volumen, tonos y balance, los filtros de sonido, la selección mono-estéreo, así como las conexiones de las diferentes entradas.



LA ALTA FIDELIDAD HIFI

Como su nombre indica, la **alta fidelidad** de un equipo de música, es un termino con el que identifica que un dispositivo se pueda escuchar el sonido de la forma más fiel posible. Es decir, equipo que reproduce un sonido natural, limpio y con todos los detalles con los que se grabó originalmente. Ya sean altavoces o auriculares, están diseñados para que todo suene como se produjo.

La **alta fidelidad** pretende que los ruidos y la distorsión sean mínimos, por debajo del 0,1%. El término «**alta fidelidad**» se aplica normalmente a todo sistema doméstico de razonable calidad, con unos requerimientos mínimos de las medidas de respuesta de frecuencia, distorsión, ruido y otros defectos.

La mejora de la calidad de audio se conseguía con la aparición del disco de 33RPM, la radio FM, amplificadores con mejores respuestas de frecuencia, mayor potencia y menor distorsión y altavoces con secciones separadas de frecuencias altas y bajas (tweeters y woofers), conectados a través de un circuito de filtro separador y cajas cuidadosamente diseñadas.

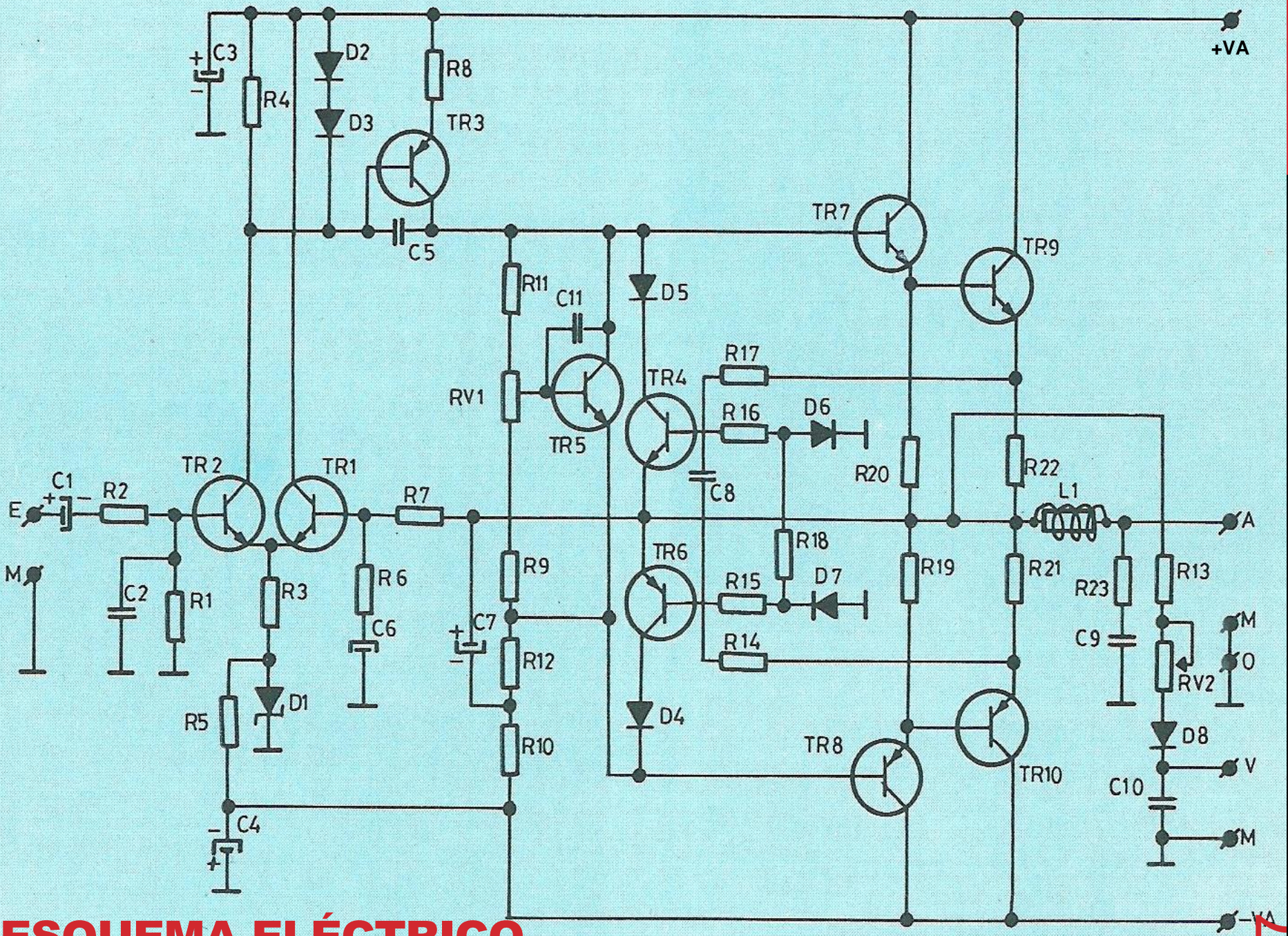
UNA ETAPA DE POTENCIA Y SU ALIMENTACIÓN.

El montaje que nos ocupa en esta ocasión corresponde a una **etapa amplificadora de potencia de 40 W y su alimentación**, por lo que no lleva incorporado el previo de entrada ni tampoco el corrector de tonos.

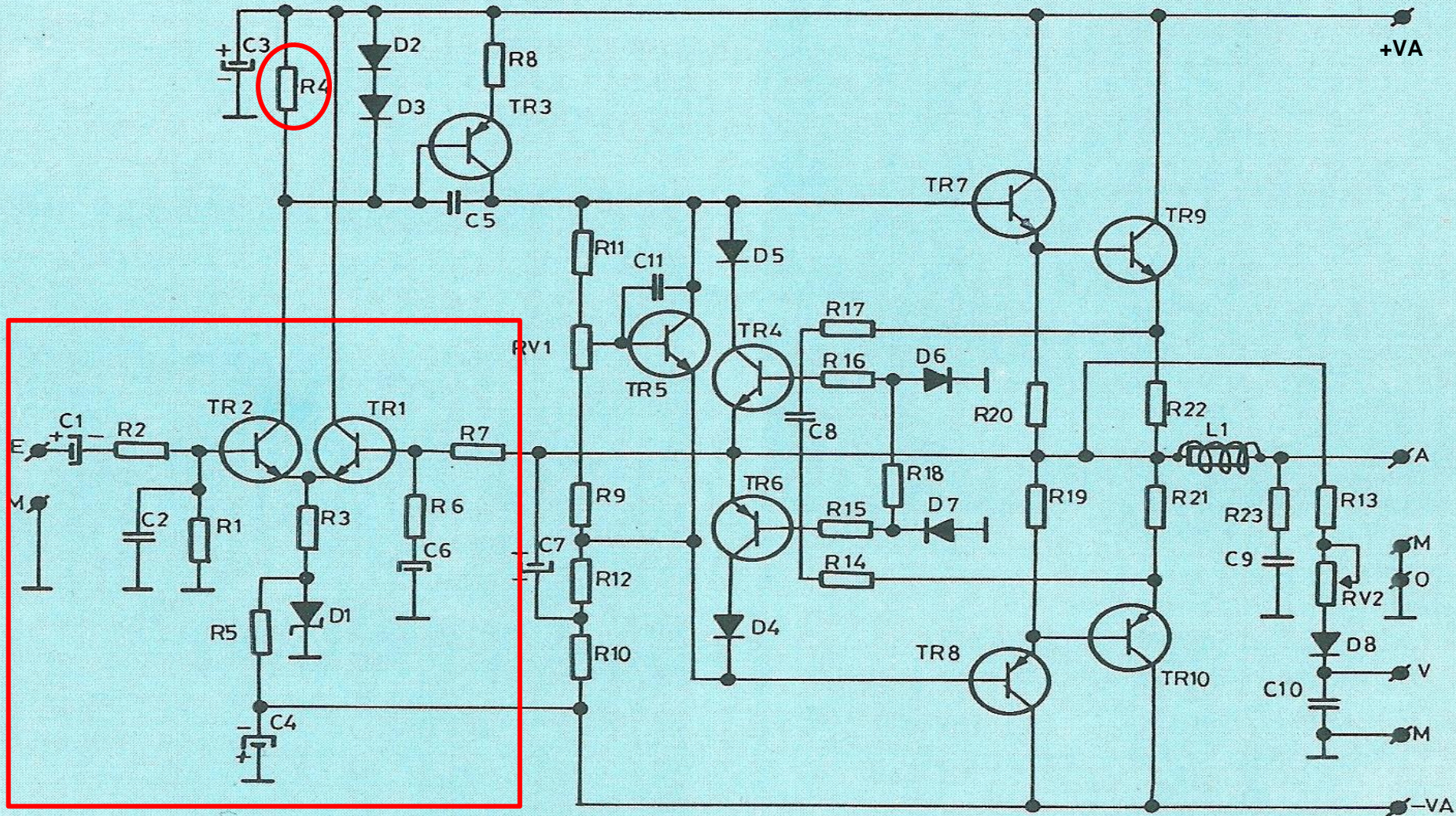
Se describirá solamente una etapa amplificadora. Si se desea obtener el sonido en estéreo se necesitará otra etapa amplificadora idéntica y con las mismas características, siendo la fuente de alimentación la misma.

Las condiciones que debe reunir esta etapa amplificadora de potencia son la de no modificar el ancho de banda de la señal, mantener una distorsión lo más reducida posible e introducir un bajo nivel de ruido.

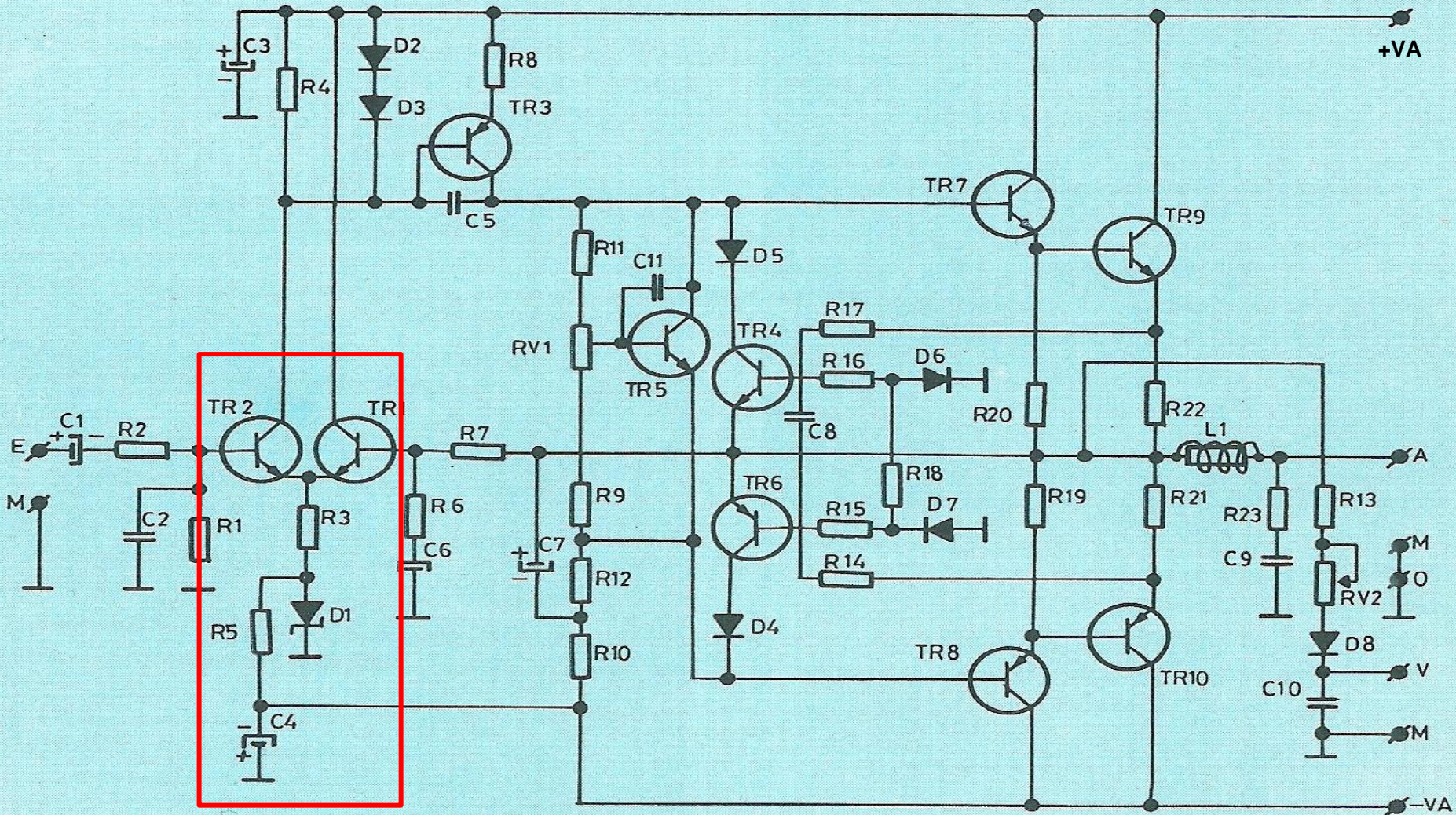
Como se observa en el siguiente esquema eléctrico, la señal de entrada de la etapa amplificadora E y M está prevista para conectar un previo de entrada y corrector de tonos, pero si no fuese el caso habría que colocar un potenciómetro de volumen en este punto de entrada para controlar la fuente de señal de entrada.



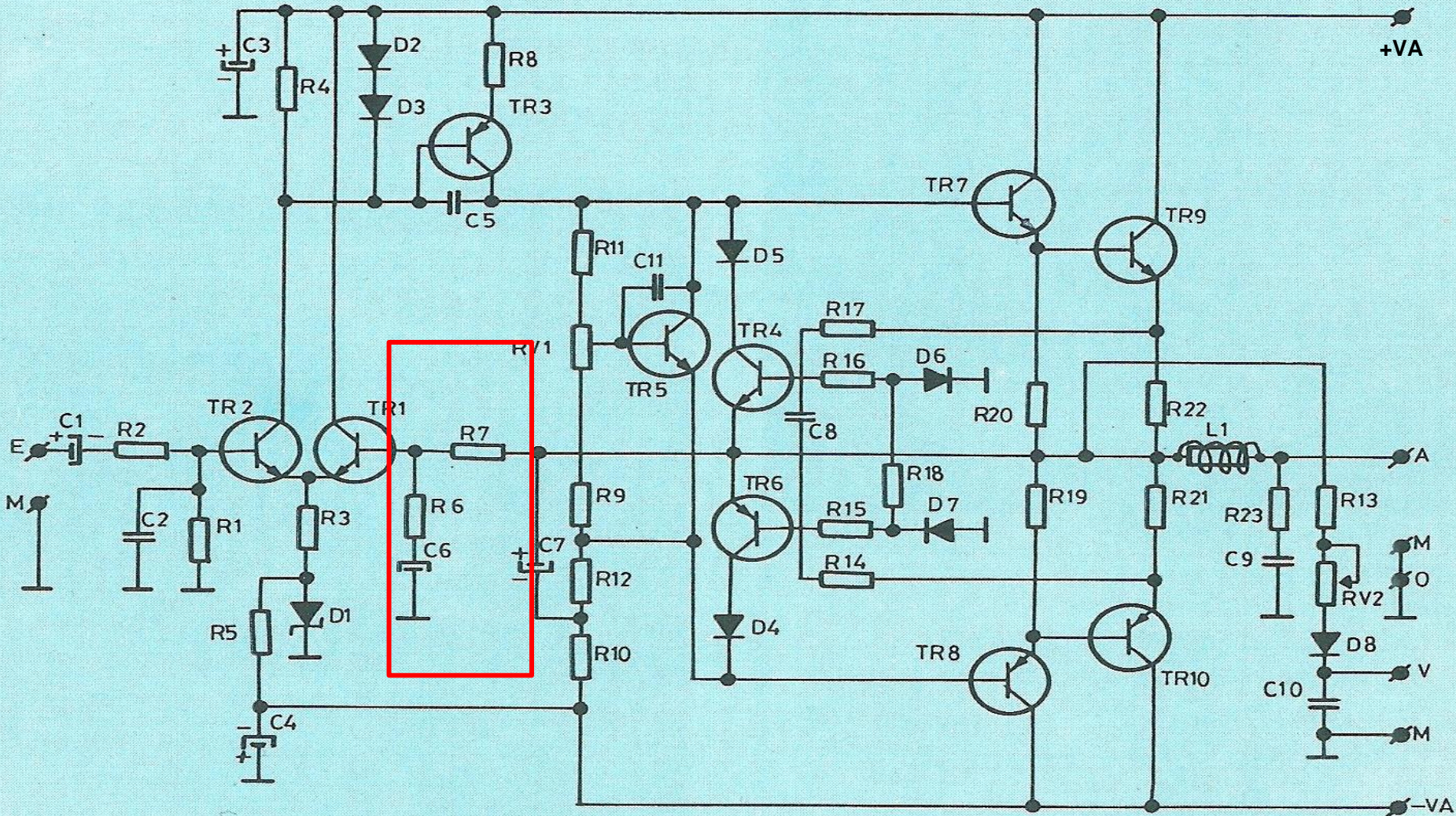
ESQUEMA ELÉCTRICO



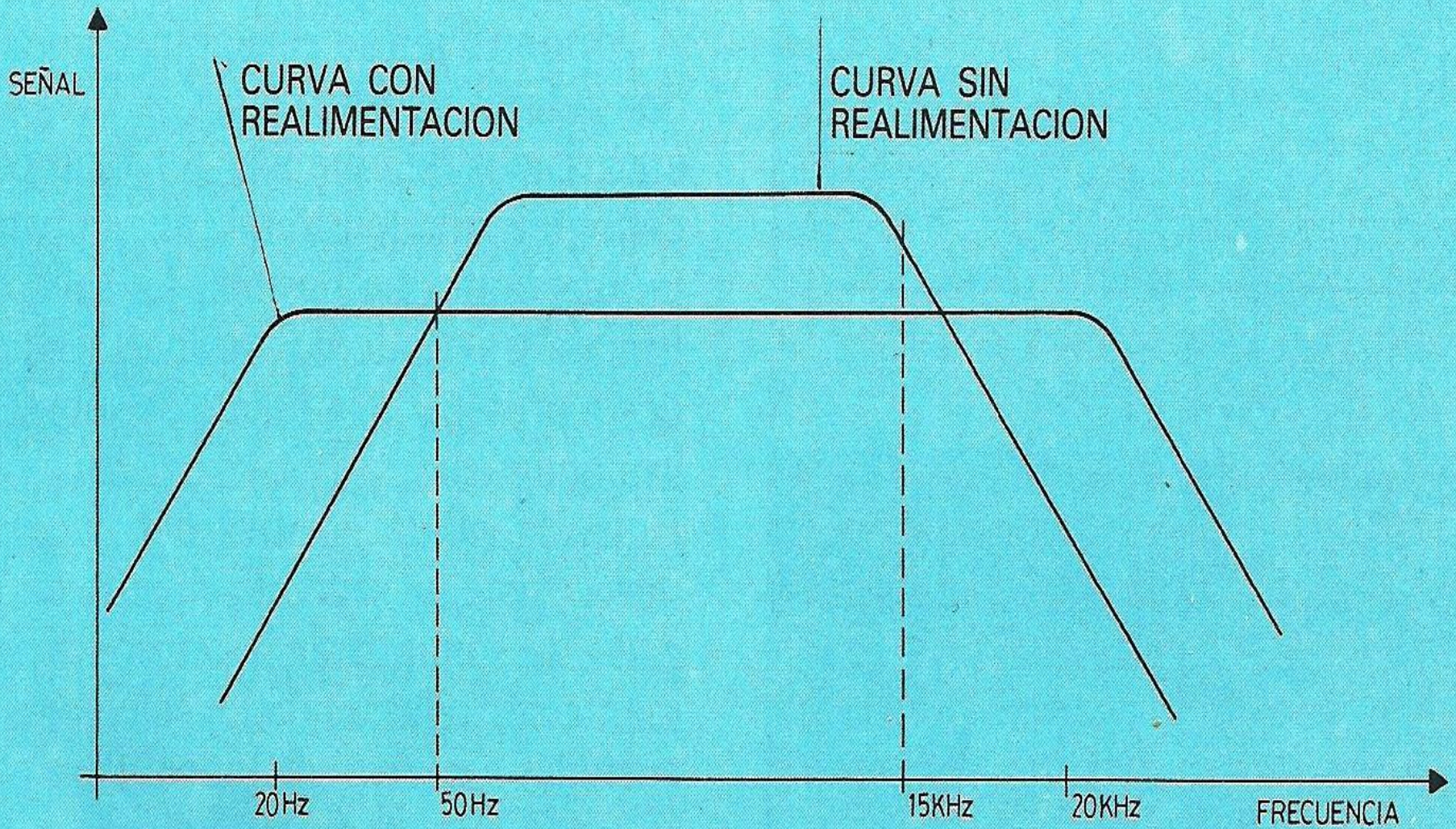
La entrada de señal **E** y **M** se aplica a la base del transistor **TR2** mediante **R2** y **C1**, que se encargan de separar las tensiones continuas y de adaptar la impedancia. Este primer paso amplificador constituido por **TR2** y **TR1** en montaje diferencial, sus colectores de salida se conectan a los extremos de **R4**. La polarización de la base a 0 voltios se obtiene mediante **R1** conectada a masa y **R7** unida al punto medio del amplificador.



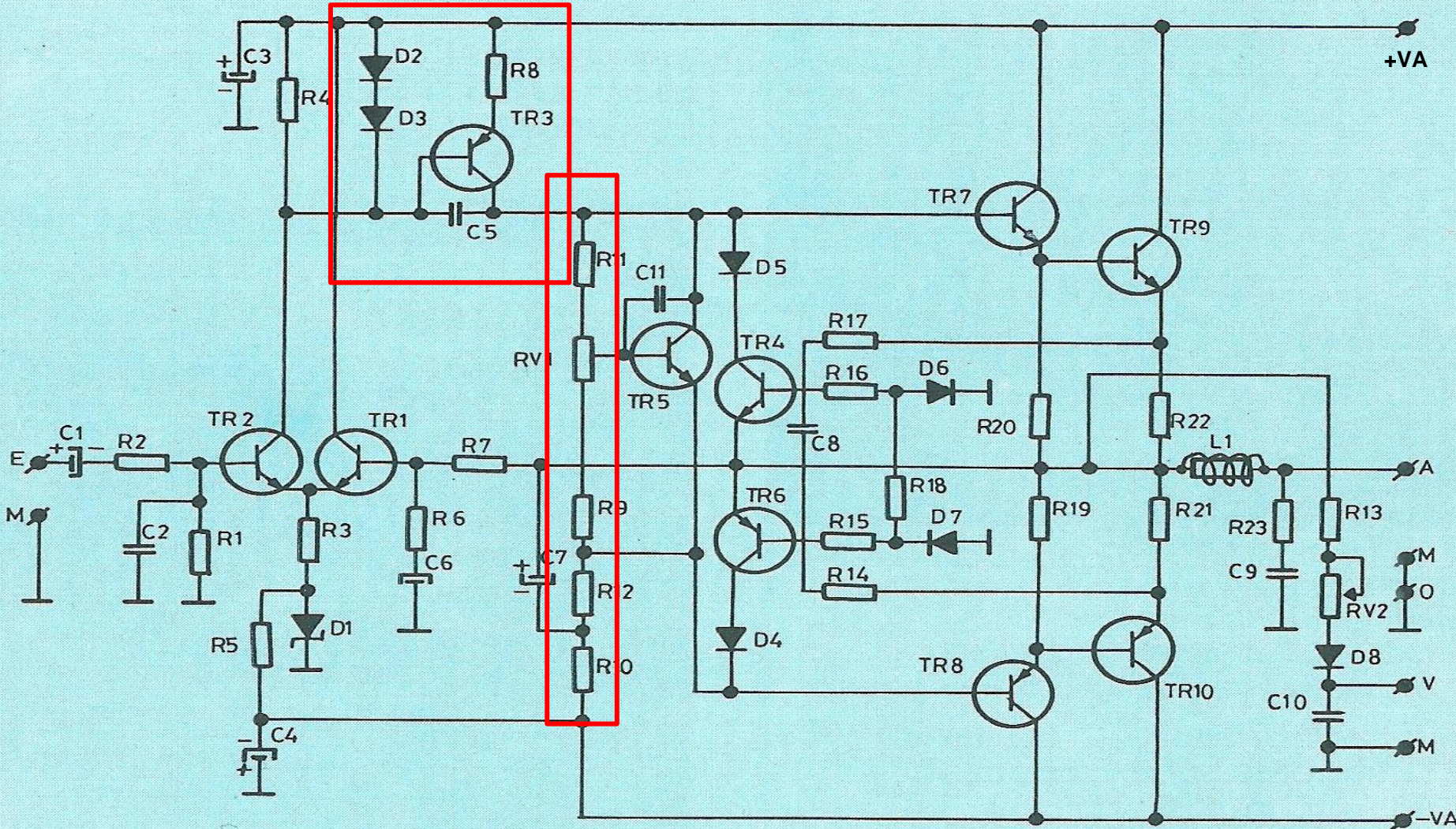
La tensión de los emisores de **TR2** y **TR1** se obtiene de **-VA** mediante **R5** que polariza al diodo **zener D1** de 8,2 voltios y la resistencia **R3**. Mediante esta etapa se estabiliza la tensión continua del punto medio del amplificador que debe mantenerse a **0 voltios** bajo cualquier condición, facilitando así el acoplamiento en continua entre las diferentes etapas hasta llegar al altavoz, mejorando la respuesta en baja frecuencia .



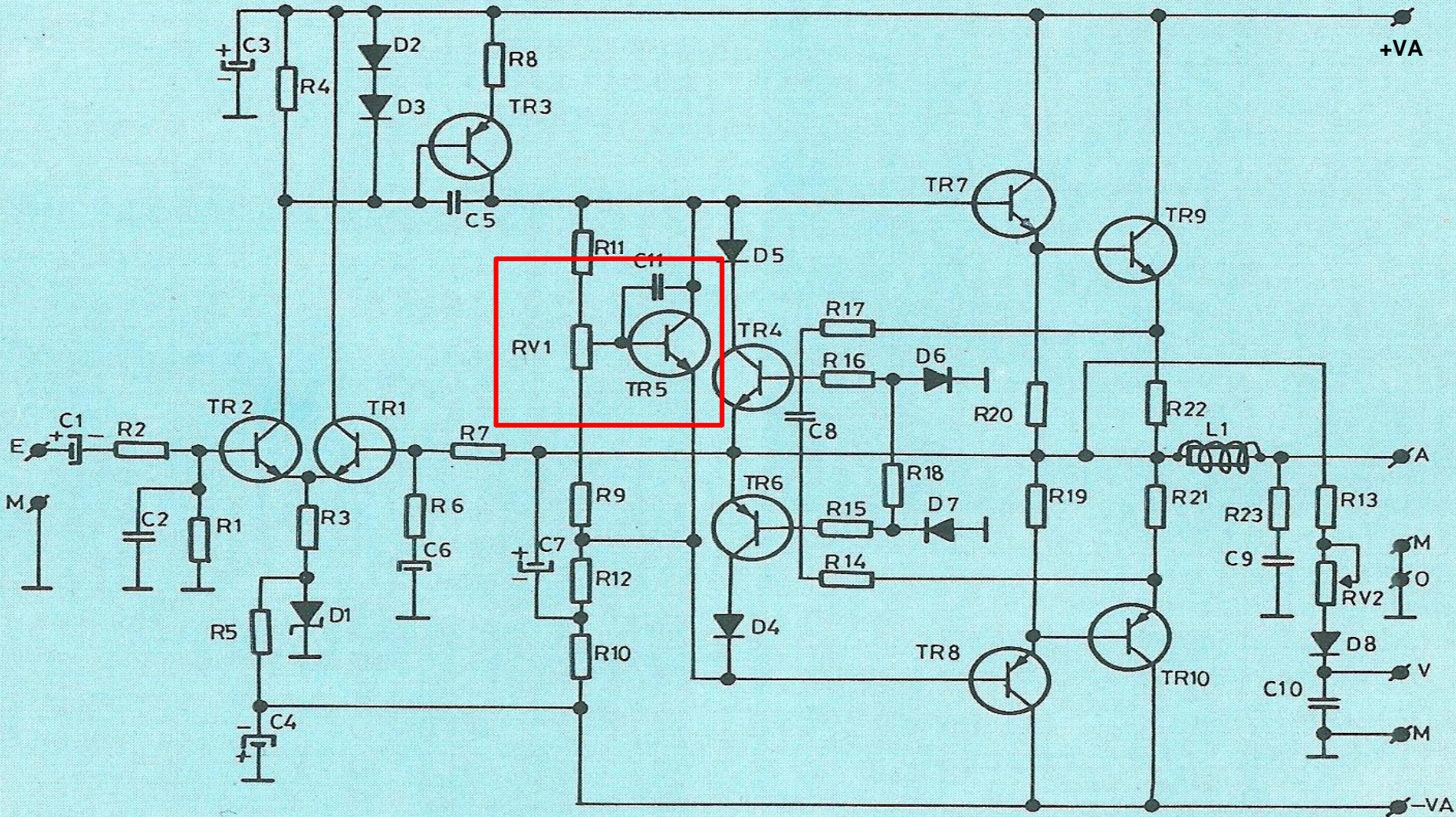
Esta etapa de potencia posee un **sistema de realimentación** de una fracción de la señal de salida que es acoplada a la **etapa diferencial** de entrada mediante **R7, R6 y C6**. De esta forma, se consigue mejorar la respuesta en frecuencia y disminuir sensiblemente la distorsión.



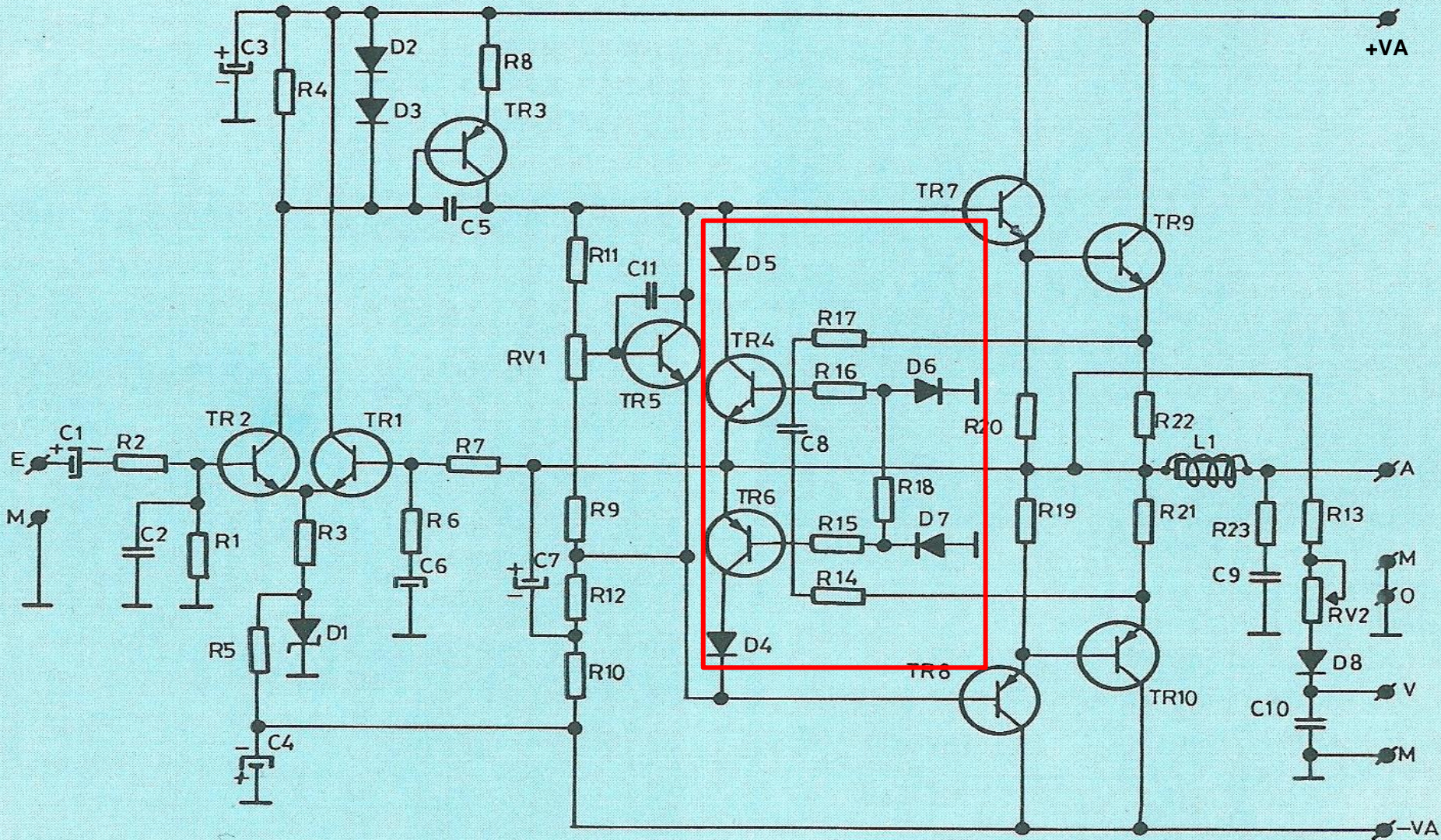
Diferentes respuestas en frecuencias de un mismo circuito **con y sin realimentación.**



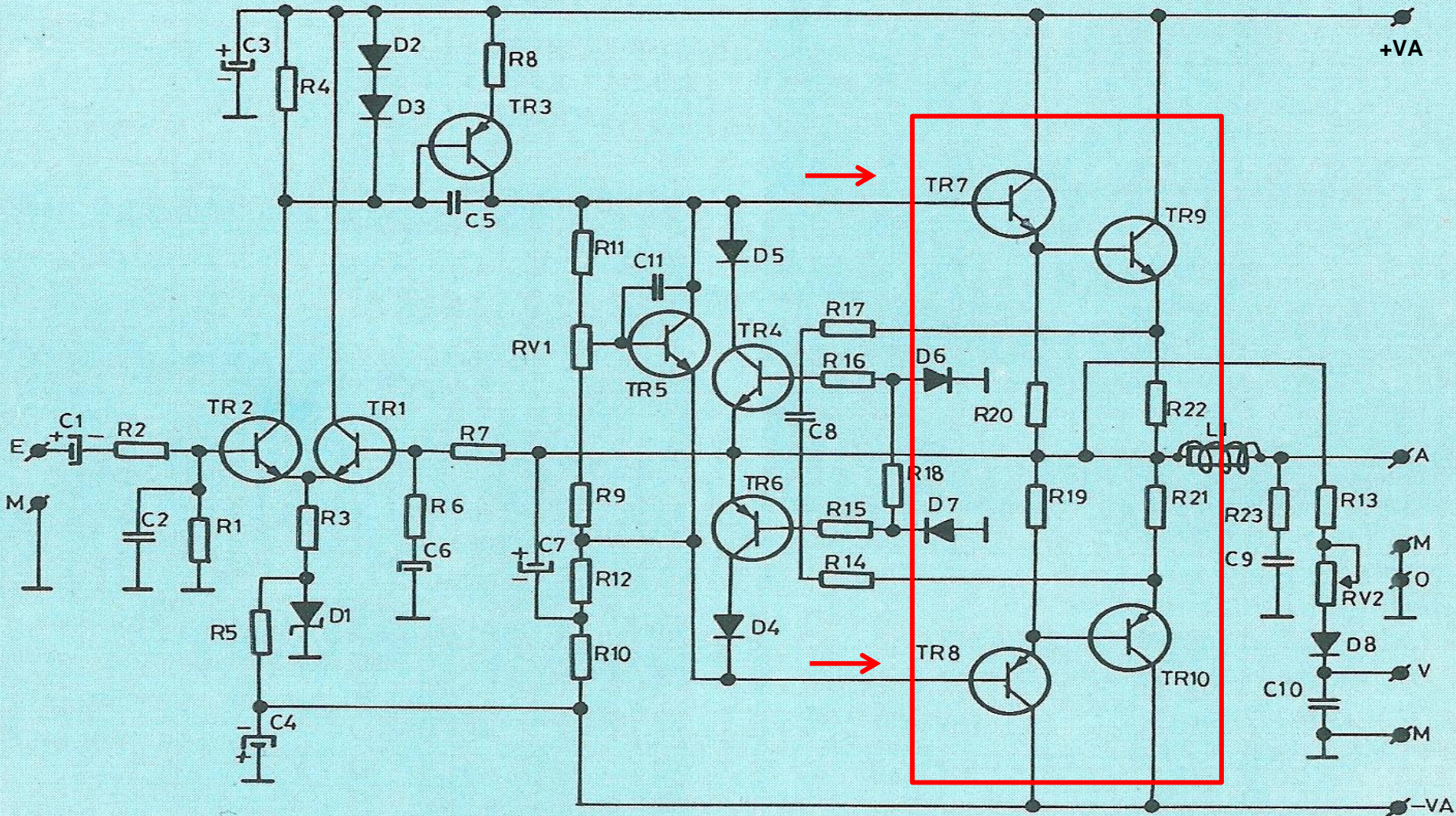
La señal obtenida de la **etapa diferencial** aplicada a la base de **TR3** en montaje de emisor común, con la particularidad de que se limita la máxima señal de salida mediante los diodos **D2** y **D3** en serie a un nivel de **1,4V** aproximadamente. Esta etapa produce una segunda obteniéndose la señal de salida sobre la resistencia de colector formada por **R11**, **RV1**, **R9**, **R12** y **R10**.



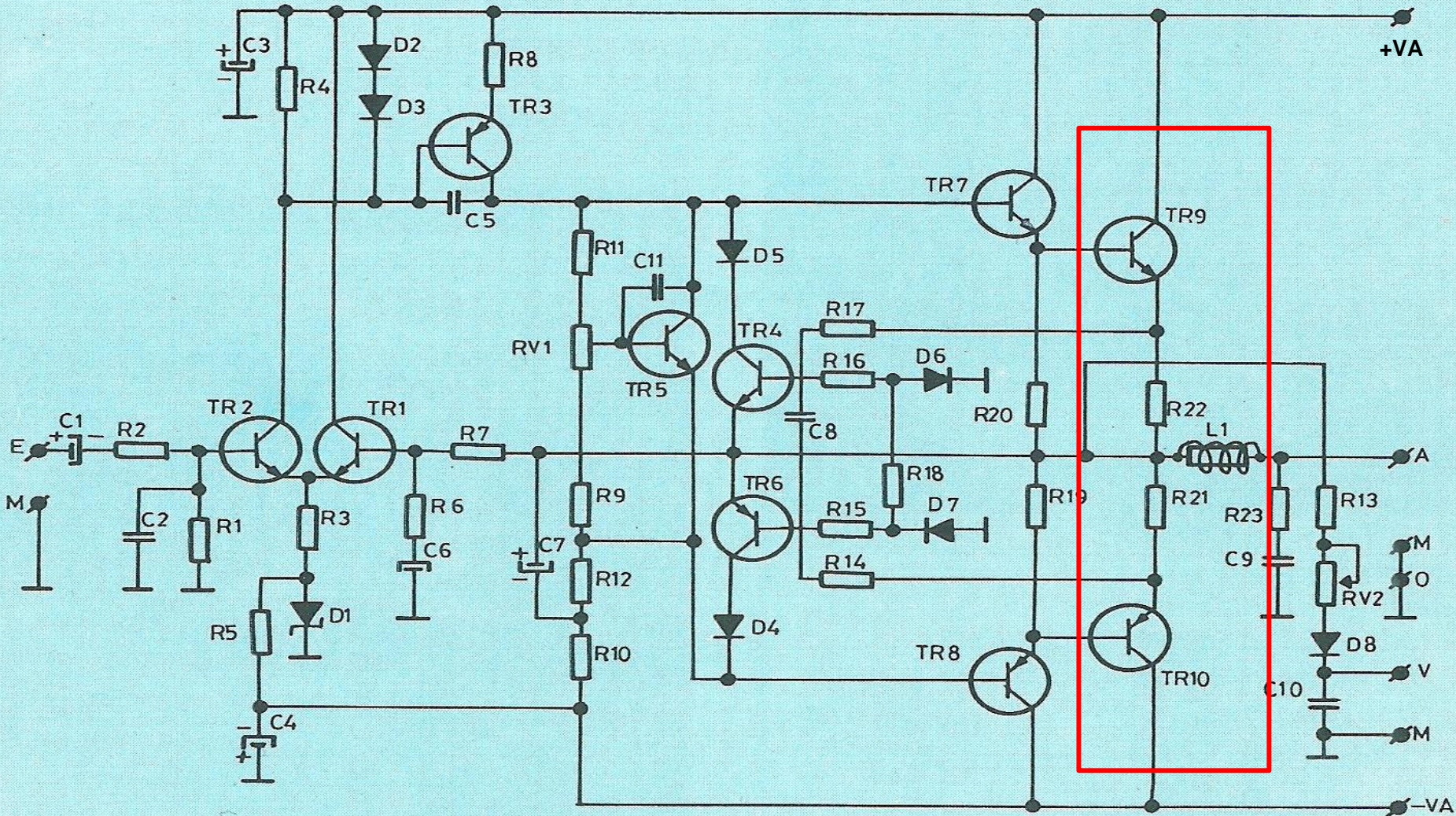
Como ya es sabido es necesario que esta última etapa conduzca una cierta corriente continua de reposo, en ausencia de señal, con objeto de evitar la distorsión de cruce. Esto se consigue mediante el efecto de **TR5** acoplado por su base al potenciómetro **RV1** que obtiene y estabiliza la tensión de excitación requerida.



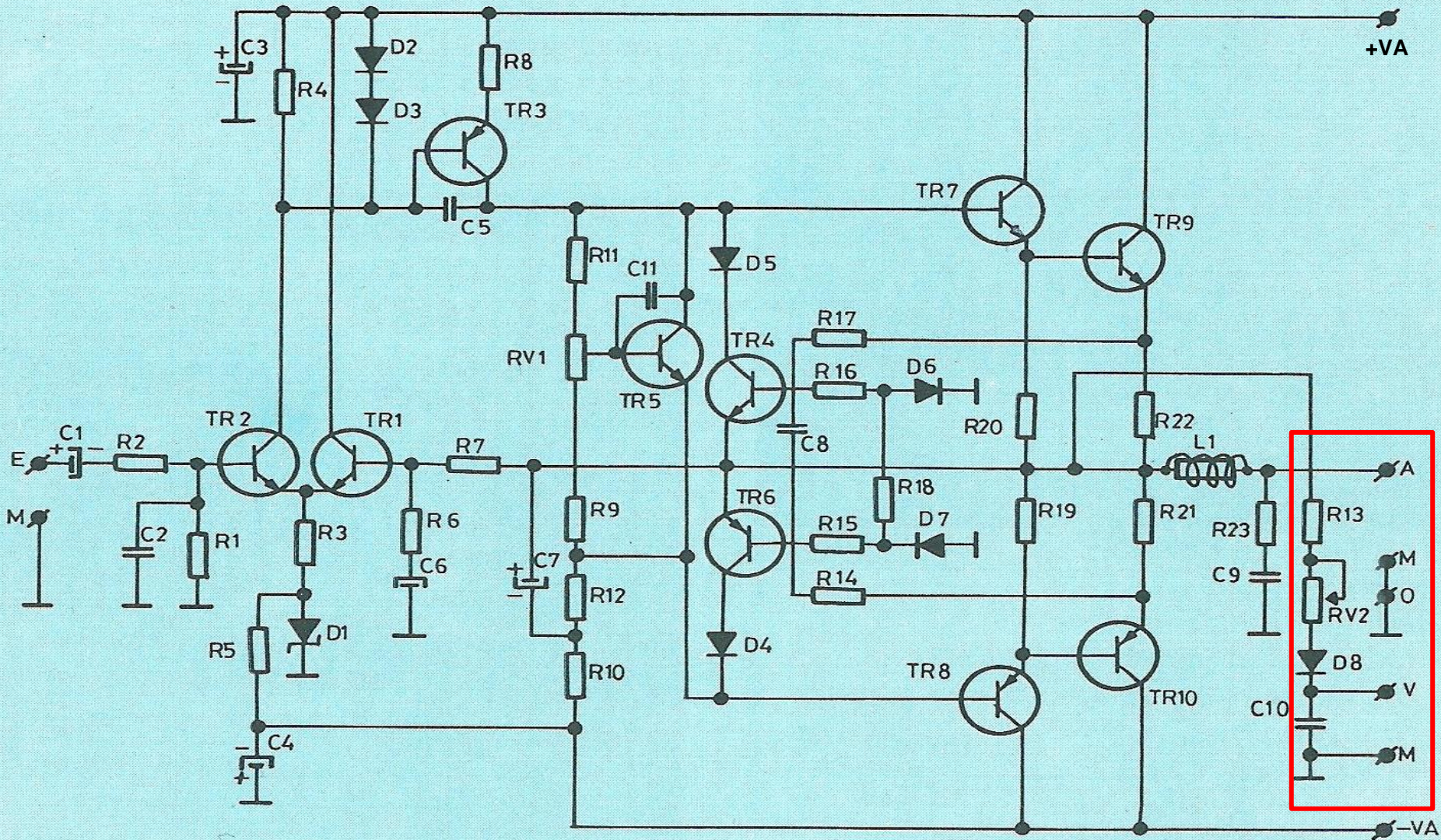
En el diseño de este amplificador se ha incorporado además un **circuito de protección** para los transistores finales, ante sobrecargas o cortocircuitos en la salida. Está constituido por los transistores **TR4** y **TR6**, los diodos **D4**, **D5**, **D6** y **D7**, las resistencias **R14**, **R15**, **R16**, **R17** y **R18** y el condensador **C8**.



La señal es aplicada a las bases de **TR7** y **TR8** de forma que el primero conducirá durante los semiciclos positivos y el segundo en los negativos, configurando un primer paso amplificador en **clase B**. La potencia de señal desarrollada por cada uno de estos dos transistores y aplicada sobre las resistencias **R20** y **R19** respectivamente, así como las bases de **TR9** y **TR10** es del orden de 1W lo que implica una disipación en forma de calor.



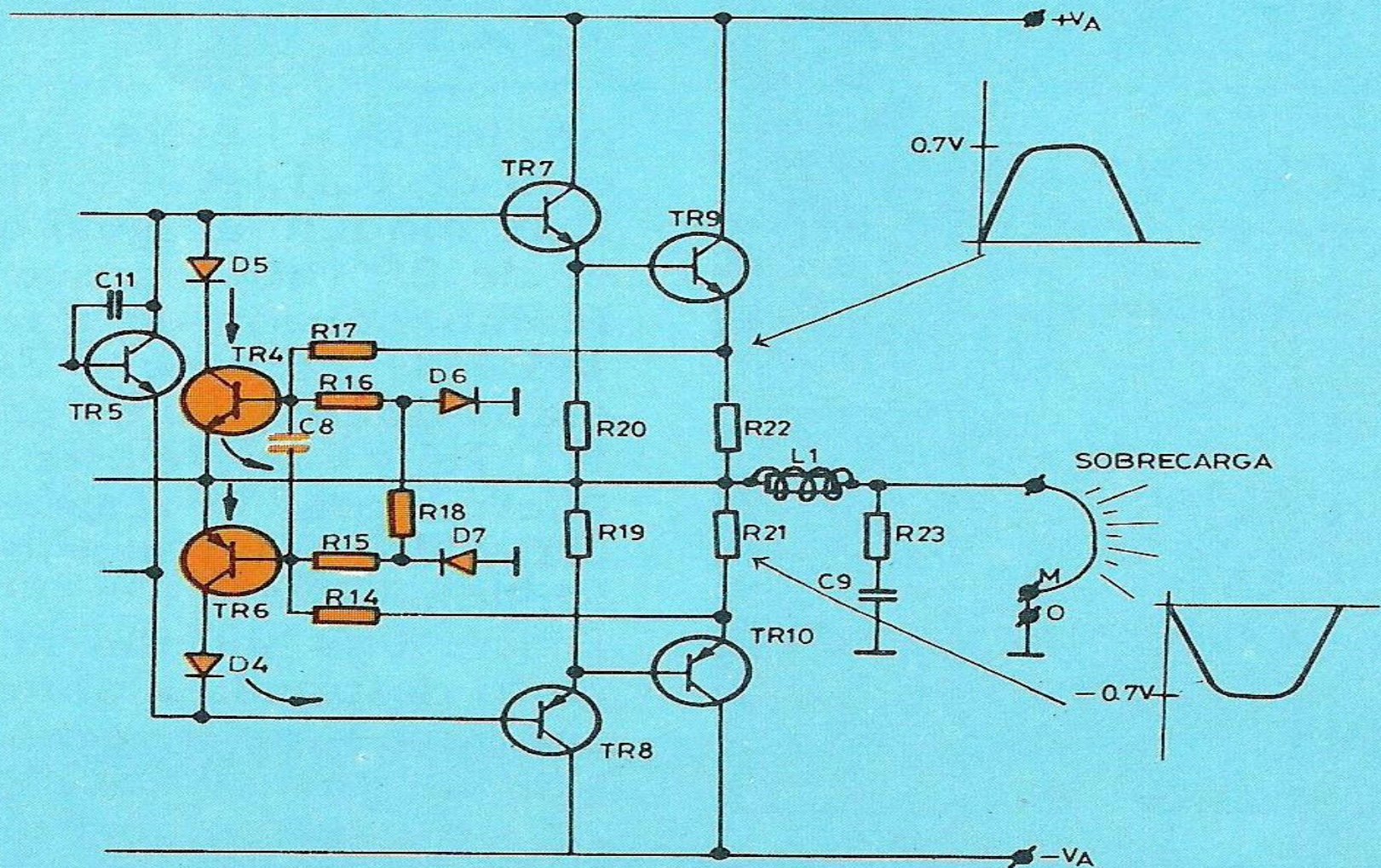
La etapa final está constituida por **TR9** y **TR10** los cuales se encargan de suministrar al altavoz la potencia adecuada, a través de **R21** y **R22** y la bobina **L1**. Su disipación de energía en forma calorífica es del orden de 40W cuando se sitúa al amplificador en su máxima potencia de salida. Esto exige el empleo de transistores con capsula metálica y de radiadores de tamaño adecuado para disipar las altas temperaturas.



Finalmente se ha incorporado en esta etapa un circuito destinado a obtener una tensión continua proporcional a la potencia de salida, para excitar un instrumento de medida indicador del nivel de potencia, formado por **R13, RV2, D8 y C10** conectándose el instrumento en los puntos **V y M**.

CIRCUITO DE PROTECCIÓN PARA LOS TRANSISTORES FINALES

Como se ha comentado anteriormente este circuito se encarga de detectar cualquier incremento de tensión que se origine sobre las resistencias **R21** o **R22** originado por un aumento anormal de la corriente que circule por ellas. Suponiendo de producirse la sobrecarga (cortocircuito en la salida del altavoz) estando conduciendo **TR7** y **TR9**, la corriente de salida aumentará hasta tal punto que la tensión entre los extremos de **R22** será suficiente para poner en conducción a **TR4**, a través de **R17**, con lo que éste hará disminuir la tensión de base de **TR7** hasta cortarlo y en consecuencia a **TR8**, eliminándose automáticamente el exceso de corriente. En el caso de que la conducción en el momento de la sobrecarga fuera de **TR8** y **TR10**, se produciría un efecto similar por la acción de **R21**, **R14** y **TR6**.



El circuito protector de sobrecargas detecta la caída de tensión producida en las resistencias **R21** y **R22** por la que circula toda la corriente de salida. Cualquier aumento anormal de esta tensión originaría la entrada en conducción de **TR4** o **TR6** los cuales bloquearán a los transistores de potencia, anulándose la circulación de corriente.

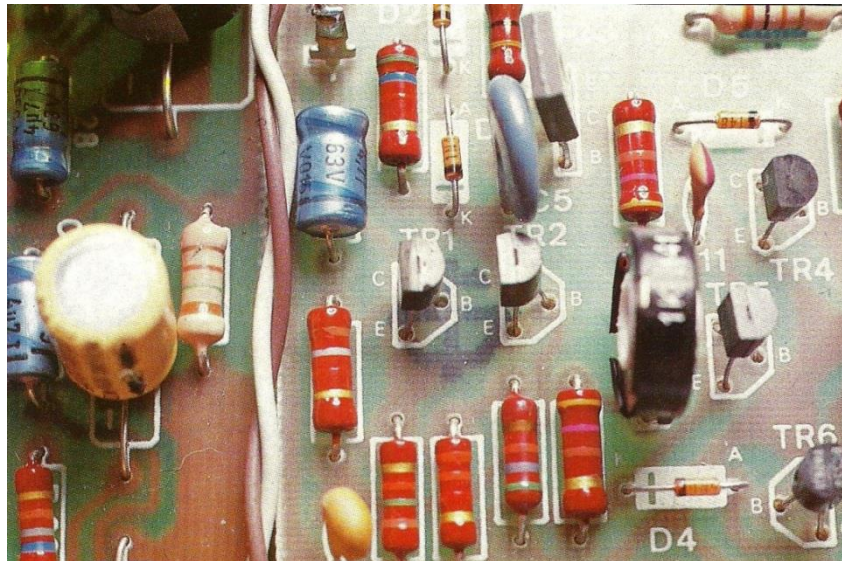
TEN EN CUENTA QUE...

La misión de la etapa **amplificadora diferencial** es la de garantizar una buena estabilidad del amplificador frente a cualquier variación de la tensión de alimentación, con lo que de esta forma se hace innecesario que ésta sea estabilizada, con la consiguiente ventaja económica. Además se obtiene una completa independencia entre el circuito de realimentación y la entrada del módulo, evitando cualquier tipo de influencias sobre la unidad preamplificadora (previo).

Un aspecto interesante a considerar es el relativo a la polarización de los transistores complementarios, así como los de salida. Teóricamente un amplificador que funciona en **clase B** debería tener estos transistores situados en la región de corte, con objeto de evitar un consumo innecesario de energía en ausencia de la señal de entrada, pasando a conducir alternativamente con los semiciclos positivos y negativos cuando reciben señal. Si embargo para evitar una distorsión denominada de cruce, se opta por mantenerla en conducción con una reducción de intensidad.

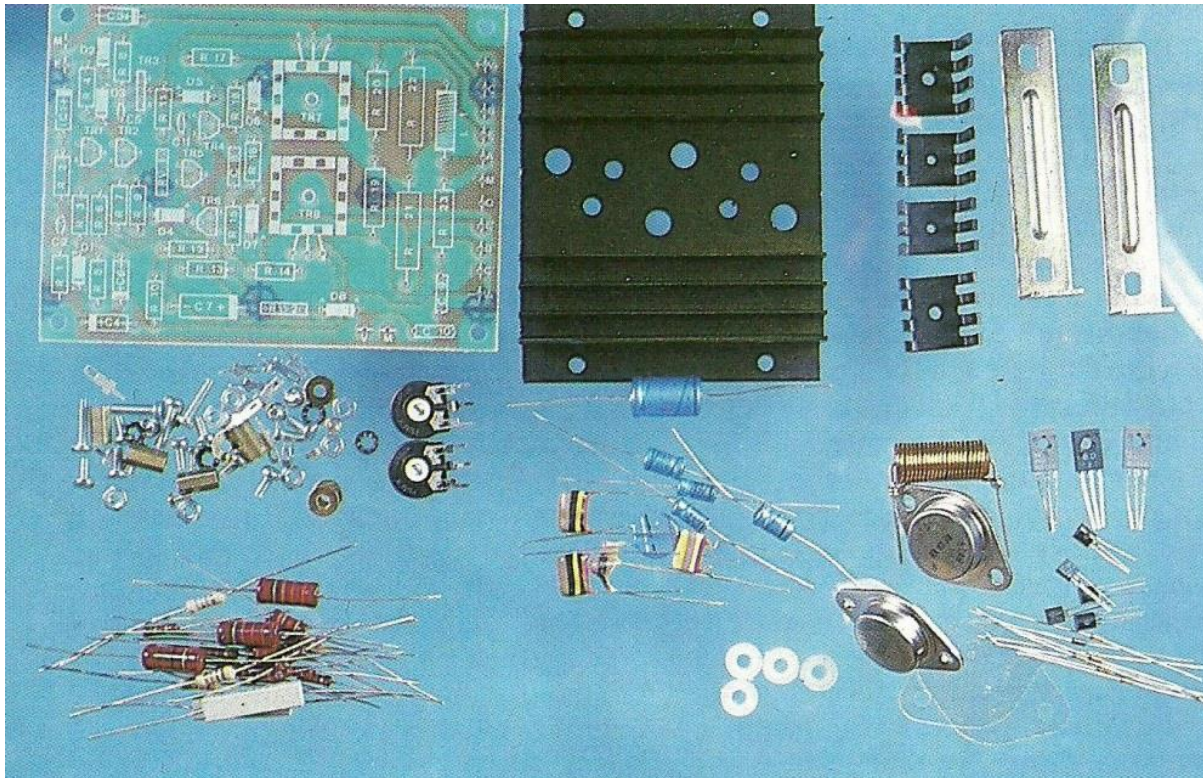
ETAPA AMPLIFICADORA DIFERENCIAL

La tensión del punto medio ante cualquier variación de la alimentación se estabiliza mediante el efecto del **amplificador diferencial** que amplificará el aumento o disminución de la tensión de este punto, al estar conectado a la base de TR1. En esta etapa siguiente se invierte dicha variación de forma que el resultado final será la compensación de la alteración.



COMPONENTES DE LA ETAPA AMPLIFICADORA

Los componentes que a continuación se describen corresponden a un solo módulo de la etapa amplificadora, si se desea un montaje en estéreo es necesario utilizar el doble de los componentes, para tener dos módulos idénticos.



RESISTENCIAS

R1 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 39K

R2 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 1K8

R3 y R13 = Resistencias de $\frac{1}{2}$ W 15K

R4 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 5K6

R5 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 2K7

R6 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 3K3

R7 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 56K

R8 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 22 Ω

R9 y R11 = Resistencias de $\frac{1}{2}$ W 470 Ω

R10 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 1K2

R12 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 1K5

R14 y R17 = Resistencias de $\frac{1}{2}$ W 100 Ω

R15 y R16 = Resistencias de $\frac{1}{2}$ W 1K

R18 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 4K7

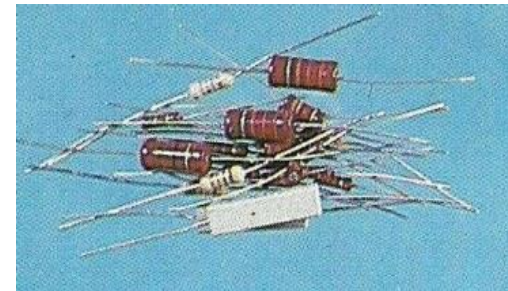
R19 y R20 = Resistencias de 1W 220 Ω

R21 y R22 = Resistencias bobinadas de 4W 0,5 Ω

R23 = 1W 22 Ω

RV1 = Resistencia ajustable de 1K

RV2 = Resistencia ajustable de 100K



CONDENSADORES

C1 = Condensador electrolítico de 4,7 μ F/63V

C2 = Condensador de disco de 100pF

C3 y C4 = Condensadores electrolíticos de 1,5 μ F/63V

C5 = Condensador de disco de 56pF

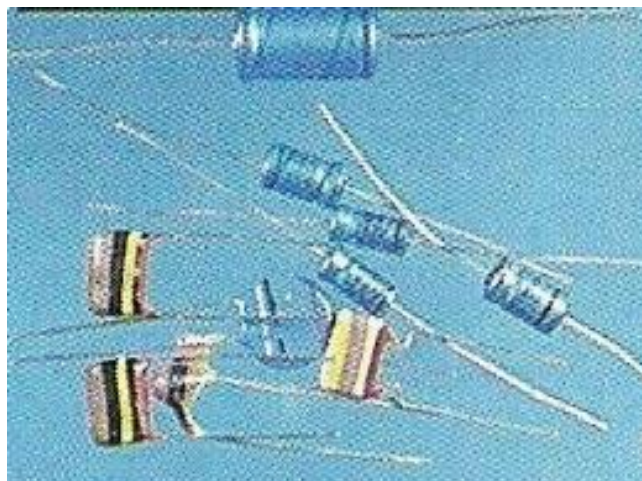
C6 = Condensador electrolítico de 15 μ F/40V

C7 = Condensador electrolítico de 47 μ F/63V

C8 = Condensador placo de 47K/250V

C9 y C10 = Condensadores placo de 100K/250V

C11 = Condensador cerámico de disco de 120pF



SEMICONDUCTORES

TR1 y TR2 = Transistores NPN BC547

TR3 y TR8 = Transistores PNP BD140

TR4 y TR5 = Transistor NPN BC548

TR6 = Transistor PNP BC558

TR7 = Transistor NPN BD139

TR9 = Transistor de potencia TO-3, NPN 2N3055

TR10 = Transistor de potencia TO-3, PNP 2N6246

L1 = Choque

D1 = Diodo Zener C8V2

D2, D3, D4, D5, D6, D7 y D8 = Diodos 1N4148



OTROS MATERIALES

1. Placa de circuito impreso PCI

1. Radiador para 2 transistores TR9 y TR10 encapsulado TO-3

2. Juego de disipadores de aluminio para TR7 y TR8 sobre PCI

14. Tornillos con arandelas y tuercas

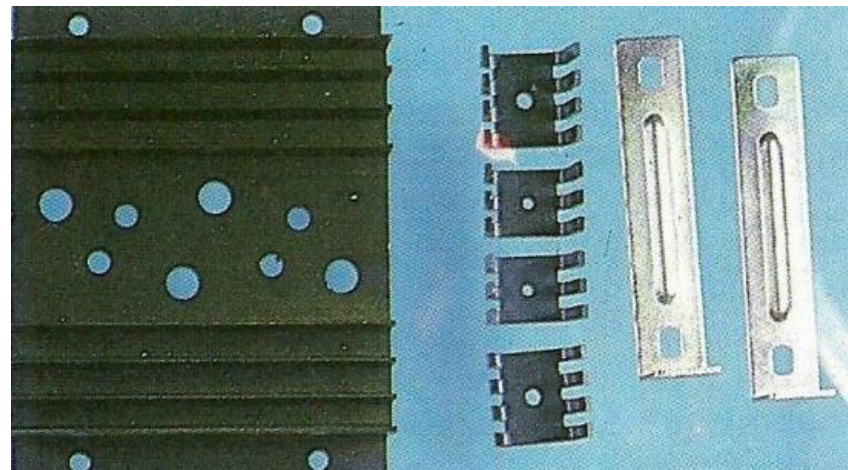
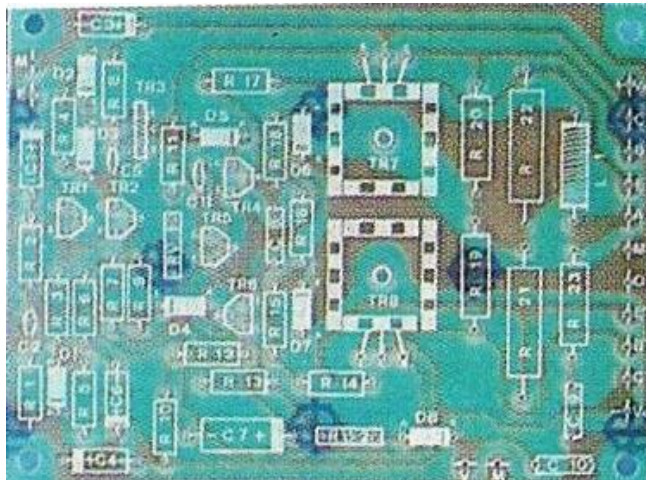
15. Terminales espadín

2. Terminales tipo arandelas

6. Arandelas grower

4. Separadores metálicos de 10mm

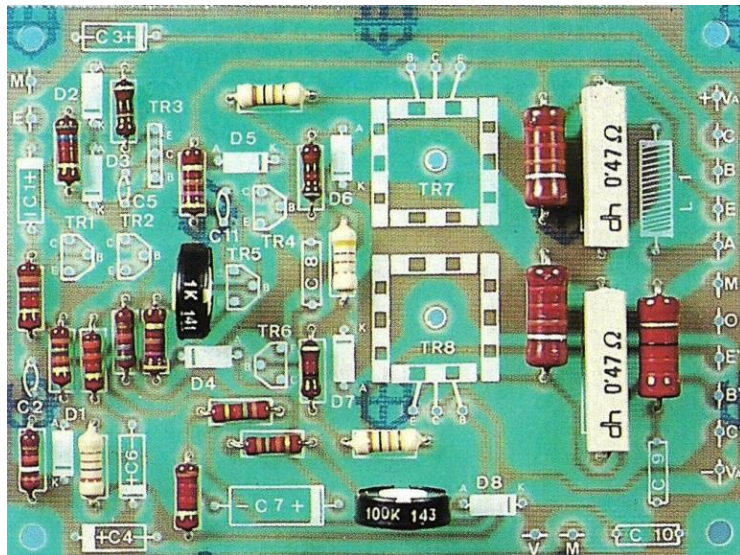
2 micas para capsula TO-3



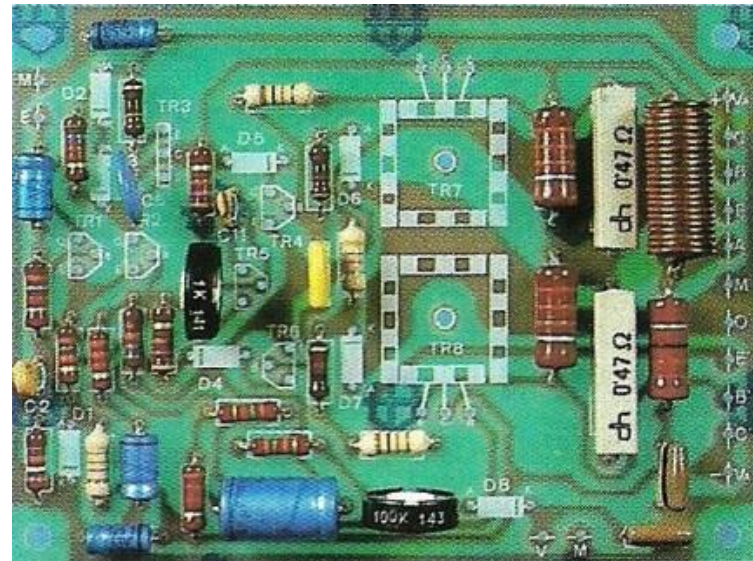
MONTAJE DE LOS COMPONENTES EN LA PCI

La primera operación consiste en insertar las resistencias fijas y ajustables en sus lugares correspondientes. Dejando un espacio entre la PCI y el cuerpo de la resistencia de unos 3mm en aquellas cuya potencia sea a partir de 1W, con el objetivo de disipar el calor que se puede acumular en sus cuerpos. Después se montará todos los condensadores, preformando y teniendo cuidado con la polaridad de los electrolíticos y seguidamente se montara la bobina L1.

1º



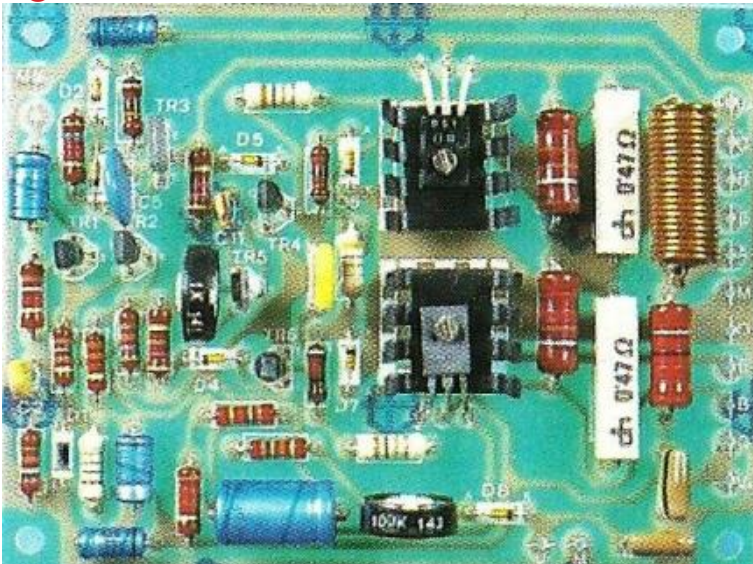
2º



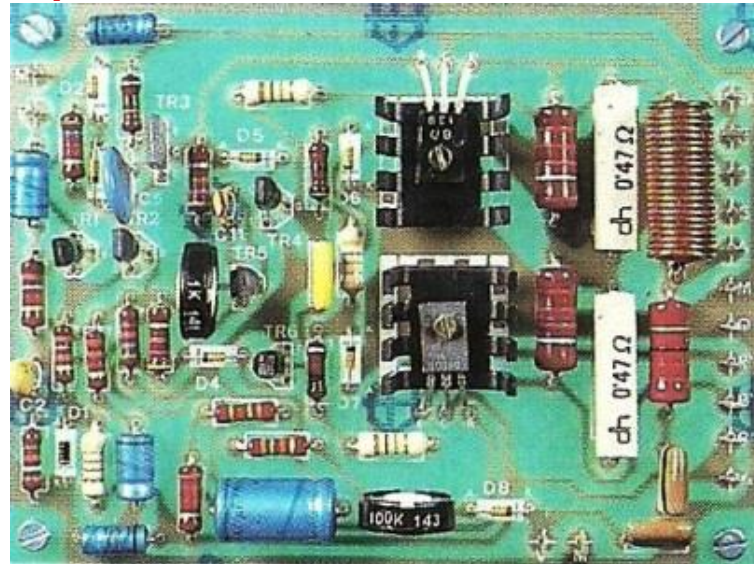
FINALIZACIÓN DEL MONTAJE DE LOS COMPONENTES EN LA PCI

En esta última fase se insertarán todos los semiconductores, para ello, se comenzará con los diodos, los transistores de menor a mayor tamaño. Los transistores TR7 y TR8 irán montados sobre disipadores de aluminio en la PCI. Los transistores de potencia TR9 y TR10 con encapsulado TO-3 irán montados exteriormente en un disipador adecuado para los dos transistores. Finalmente se colocarán los terminales de espadín, los tornillos y separadores metálicos.

3º

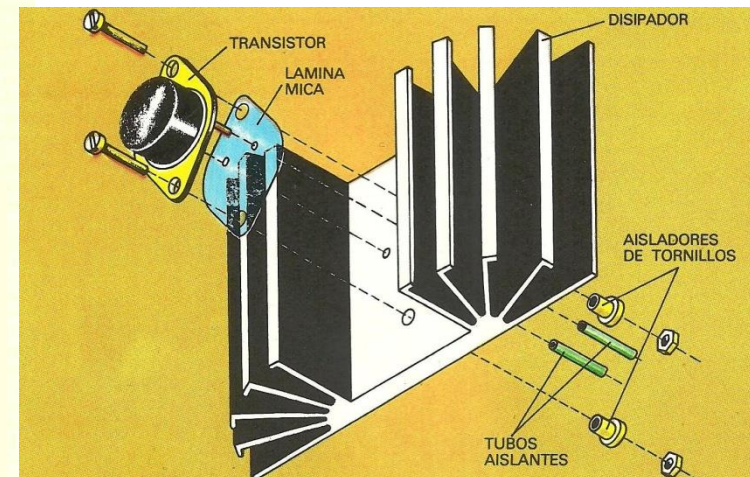
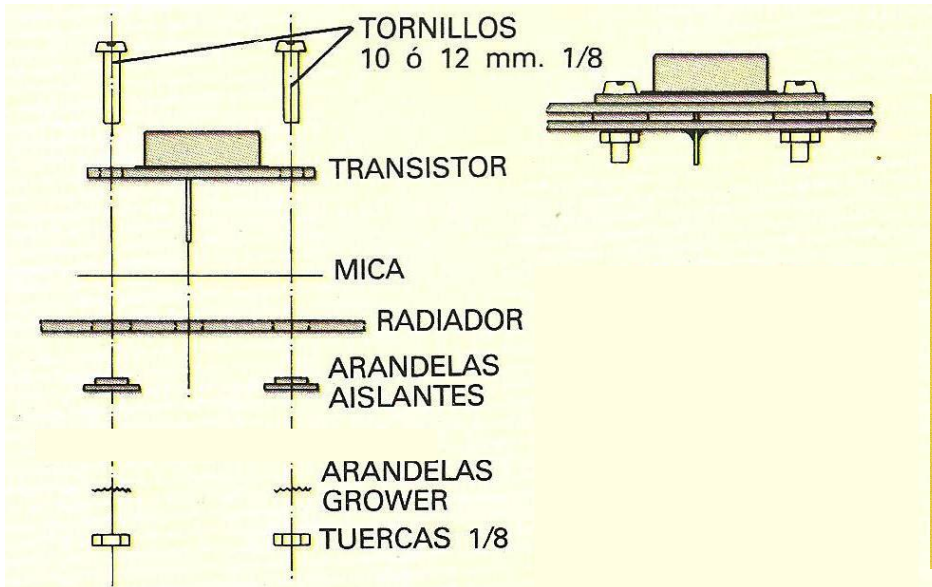


4º



MONTAJE DE LOS TRANSISTORES TR9 Y TR10 TO-3 SOBRE DISIPADOR

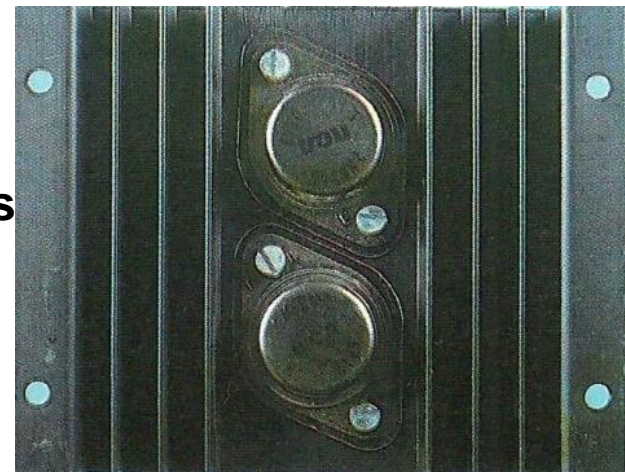
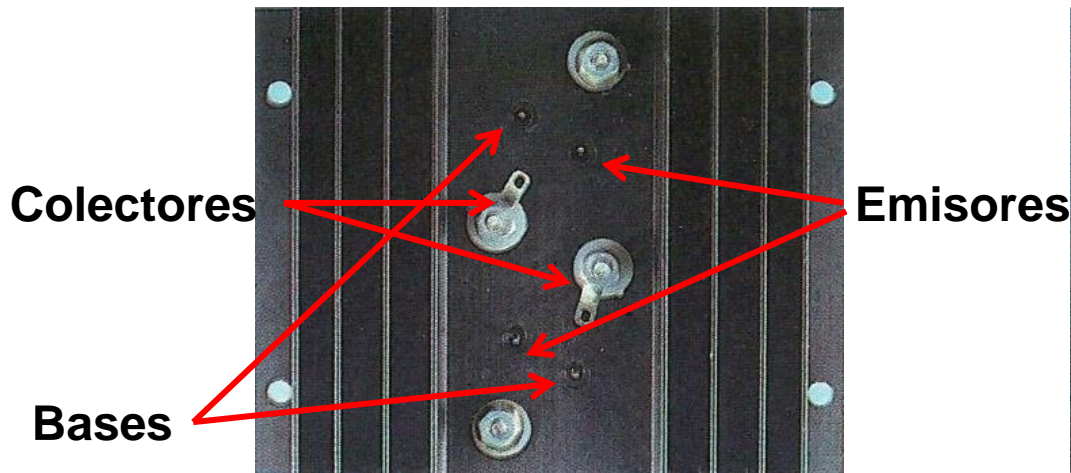
Esta operación es delicada puesto que se debe instalar los dos transistores de potencia en un mismo radiador de aluminio y tienen que estar totalmente aislados uno del otro, para ello se debe seguir el proceso de montaje que se muestra en las figuras de abajo.



DISIPADOR PARA TR9 Y TR10

Debido a las altas temperaturas que pueden llegar los transistores de potencia de salida TR9 y TR10 cuando están trabajando a una determinada potencia se requieren de un disipador que evacuen ese calor producido para evitar que se dañen.

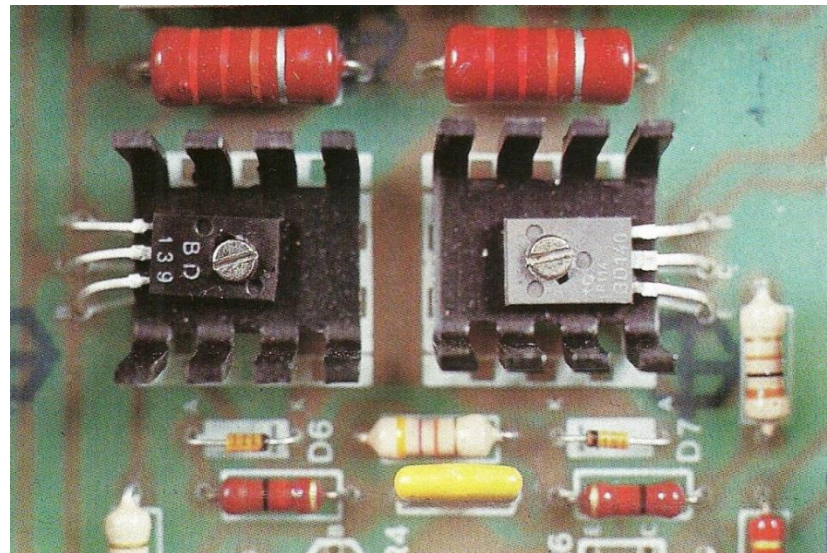
El encapsula metálico de la gran mayoría de estos tipos de transistores están en contacto eléctrico con el terminal de colector, lo que implica que sea necesario garantizar un aislamiento adecuado, pues de lo contrario existiría el grave riesgo de cortocircuito entre los colectores de dichos transistores al estar conectados a tensiones diferentes.



DISIPADORES PARA TR7 Y TR8

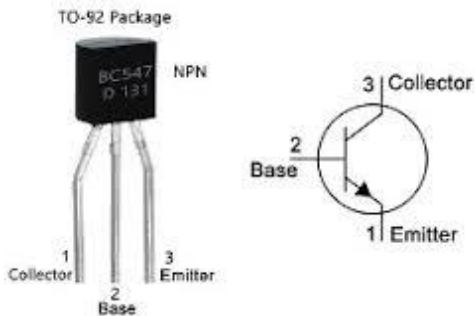
La necesidad de instalar radiadores sobre los transistores TR7 y TR8 de la etapa de salida es debido a que la corriente que deben de entregar a las bases de los transistores de potencia TR9 y TR10 sumada a la que circula por R19 y R20 es suficientemente elevada como para producir una disipación de potencia en forma de calor que las cápsulas de dichos transistores no pueden evacuar por si solos.

En su montaje no precisa ningún tipo de aislante entre la cápsula y la superficie metálica debido a que no existe ningún problema de aislamiento por ser los disipadores individuales y no estar en contacto eléctrico con ningún otro componente del equipo.

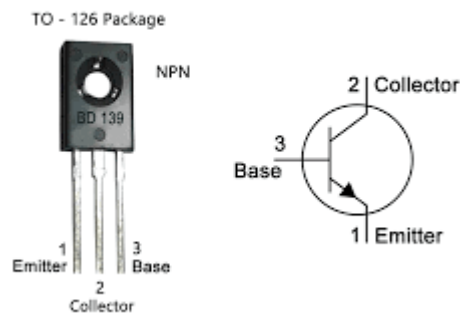


ENCAPSULADOS Y TERMINALES DE LOS TRANSISTORES

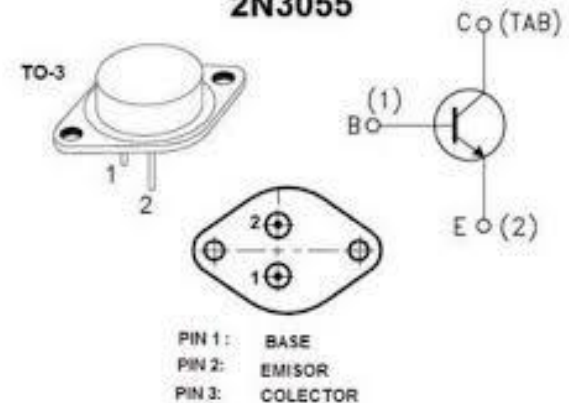
BC547 Transistor Pinout



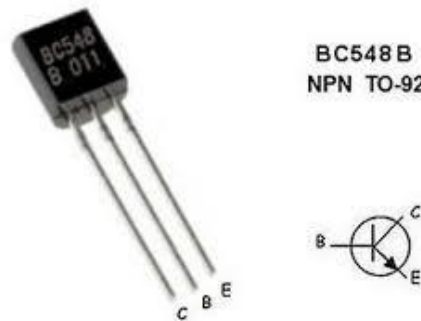
BD139 Transistor Pinout



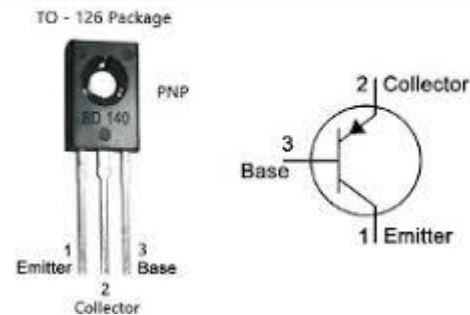
2N3055



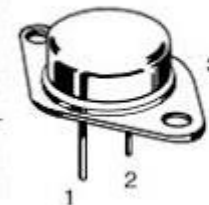
BC548 B NPN TO-92



BD140 Transistor Pinout



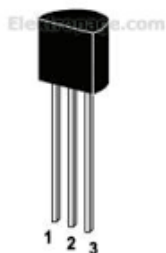
2N6246 pinout



1. Base
2. Emitter
3. Collector

1. Collector
2. Base
3. Emitter

BC558 PNP TO-92

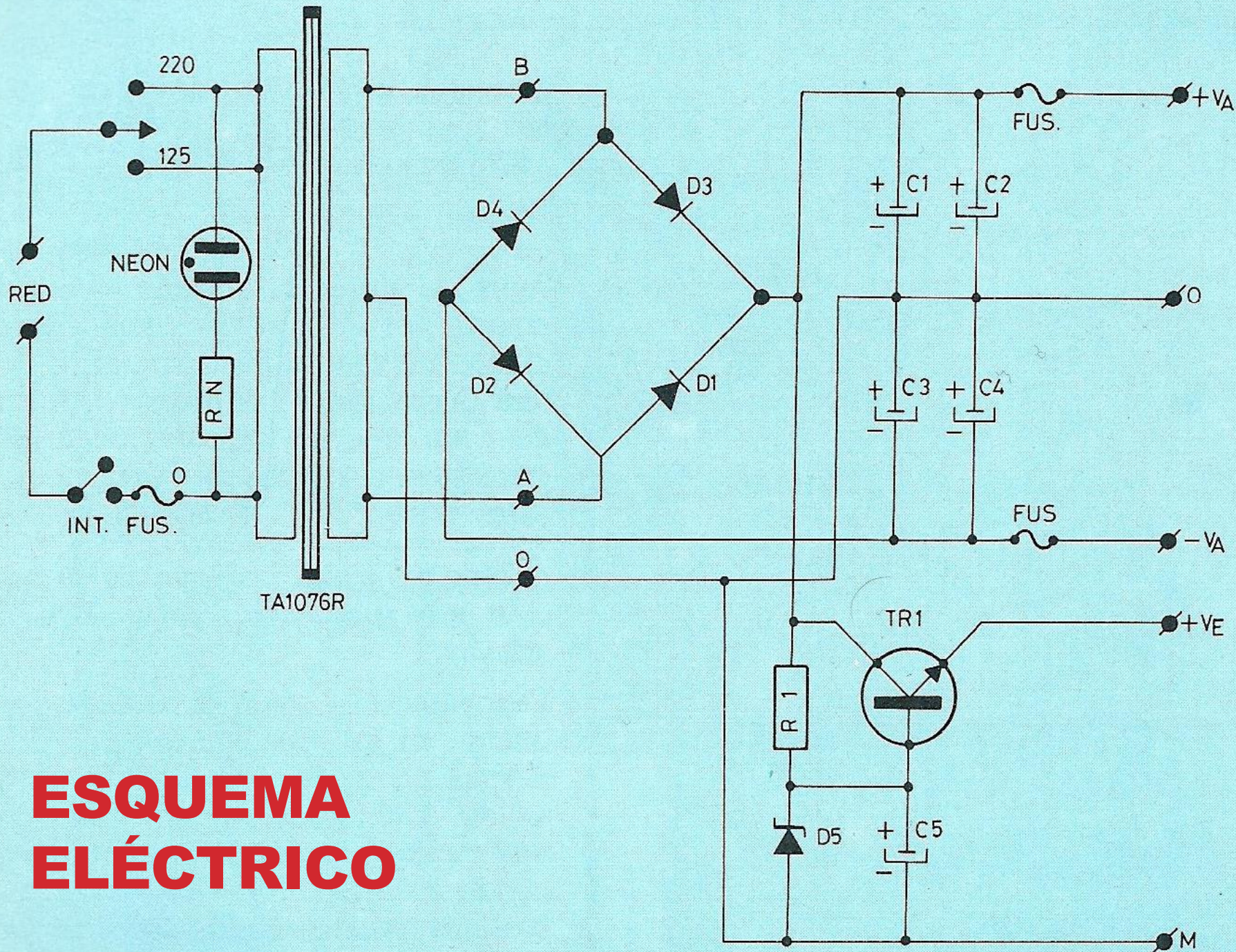


MÓDULO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

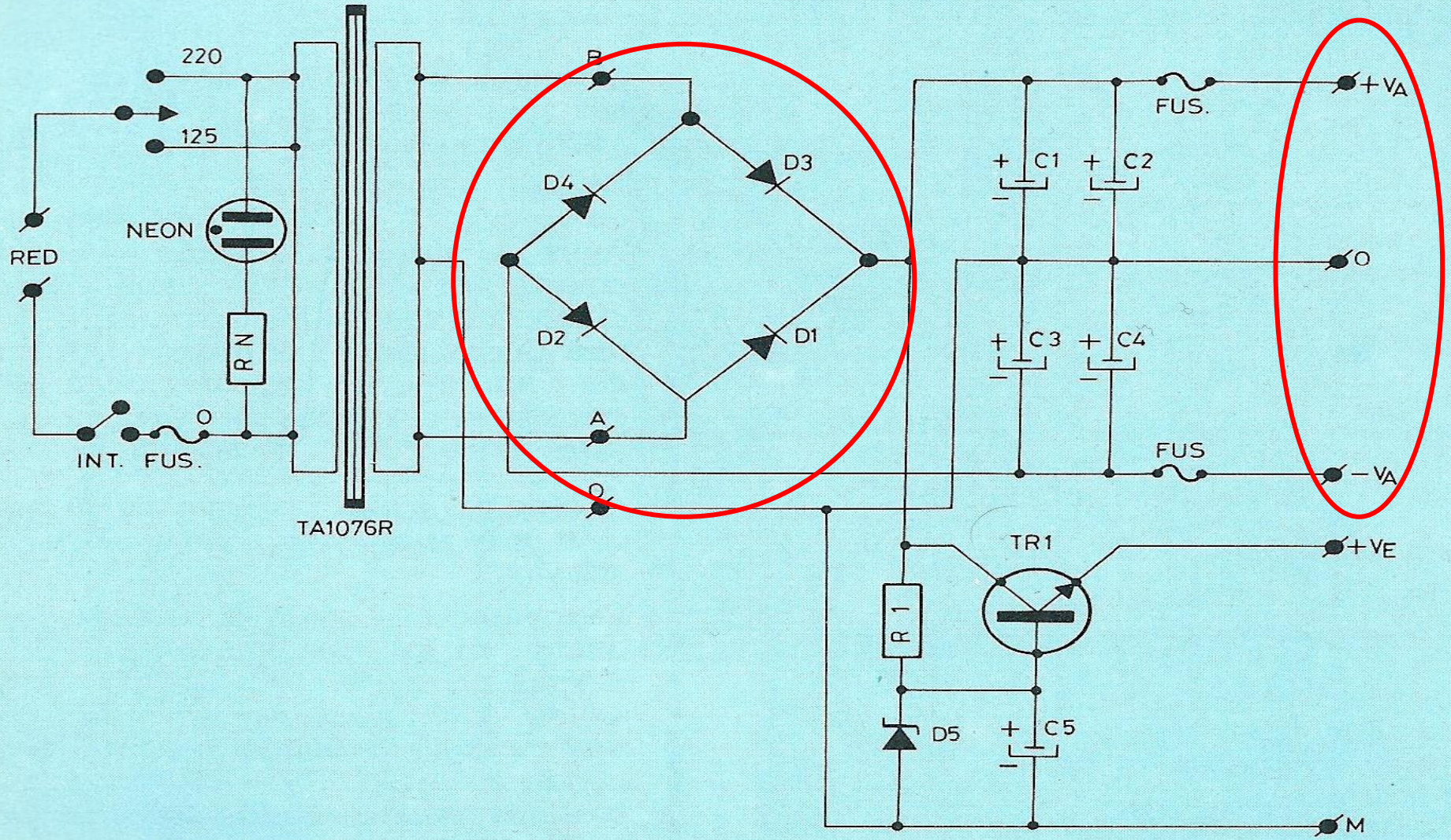
La fuente de alimentación es del tipo simétrica y se compone de un transformador cuyo primario posee dos entradas de red: 125V y 220V. El secundario está formado por dos bobinados iguales y unidos en los extremos centrales en el punto 0 siendo la tensión alterna de unos **29/0/29 voltios** y de **3 amperios** de salida.

De este bobinado secundario se obtiene por un lado la tensión de alimentación en continua y filtrada para la etapa de potencia, cuya tensión de salida es de unos **+40/0/-40 voltios** y por otro lado la regulación de la tensión de alimentación para circuitos selectores de entradas y corrector de tonos, que en este montaje no utilizaremos y cuya tensión de salida es de unos **24Vcc**.

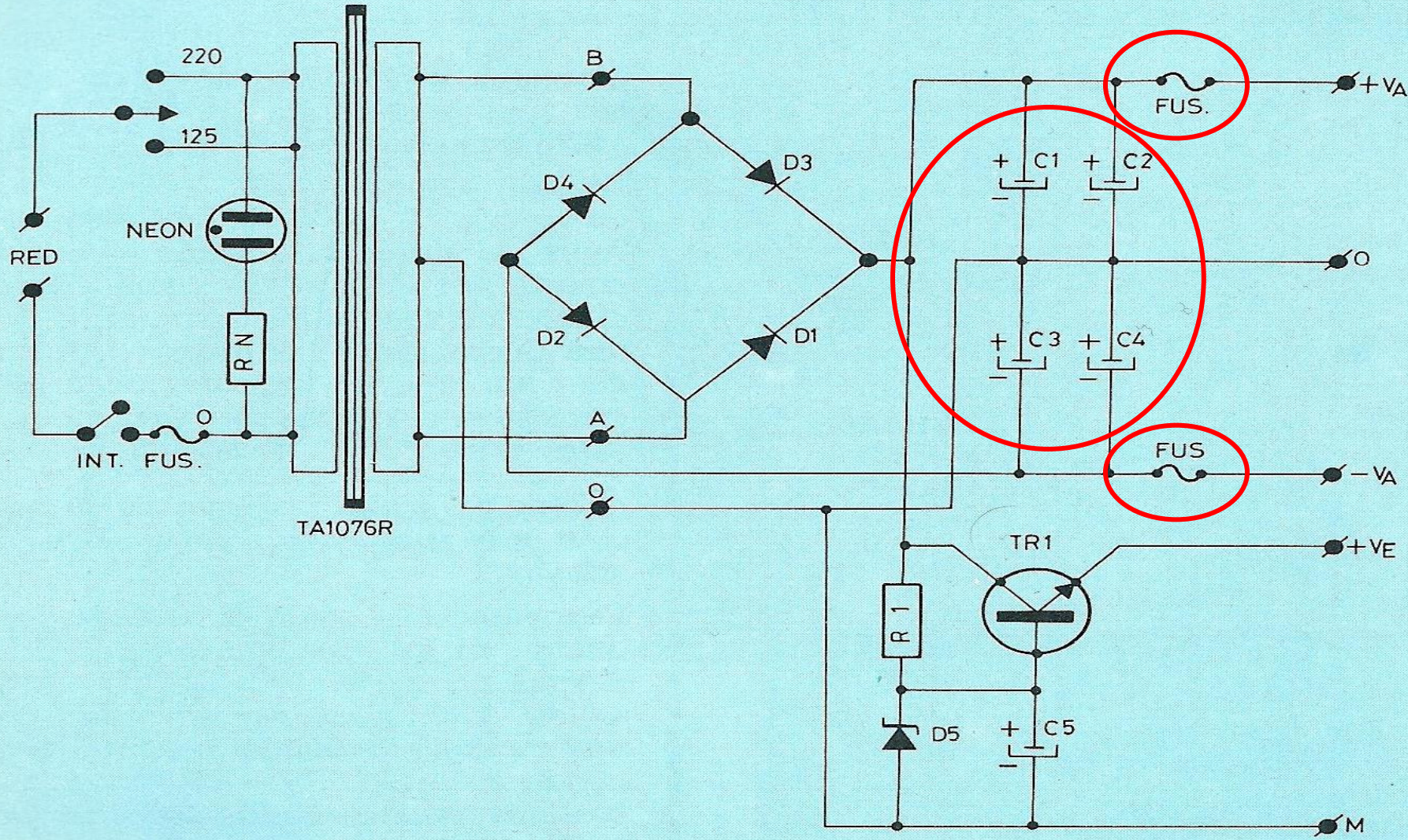
En este caso, la alimentación del módulo de potencia necesita de una alta capacidad en los condensadores de filtro debido a que la ondulación residual o rizado de la tensión continua obtenida en un filtro por condensador aumenta con la corriente extraída lo que implica que sea necesario disponer de una capacidad mayor.



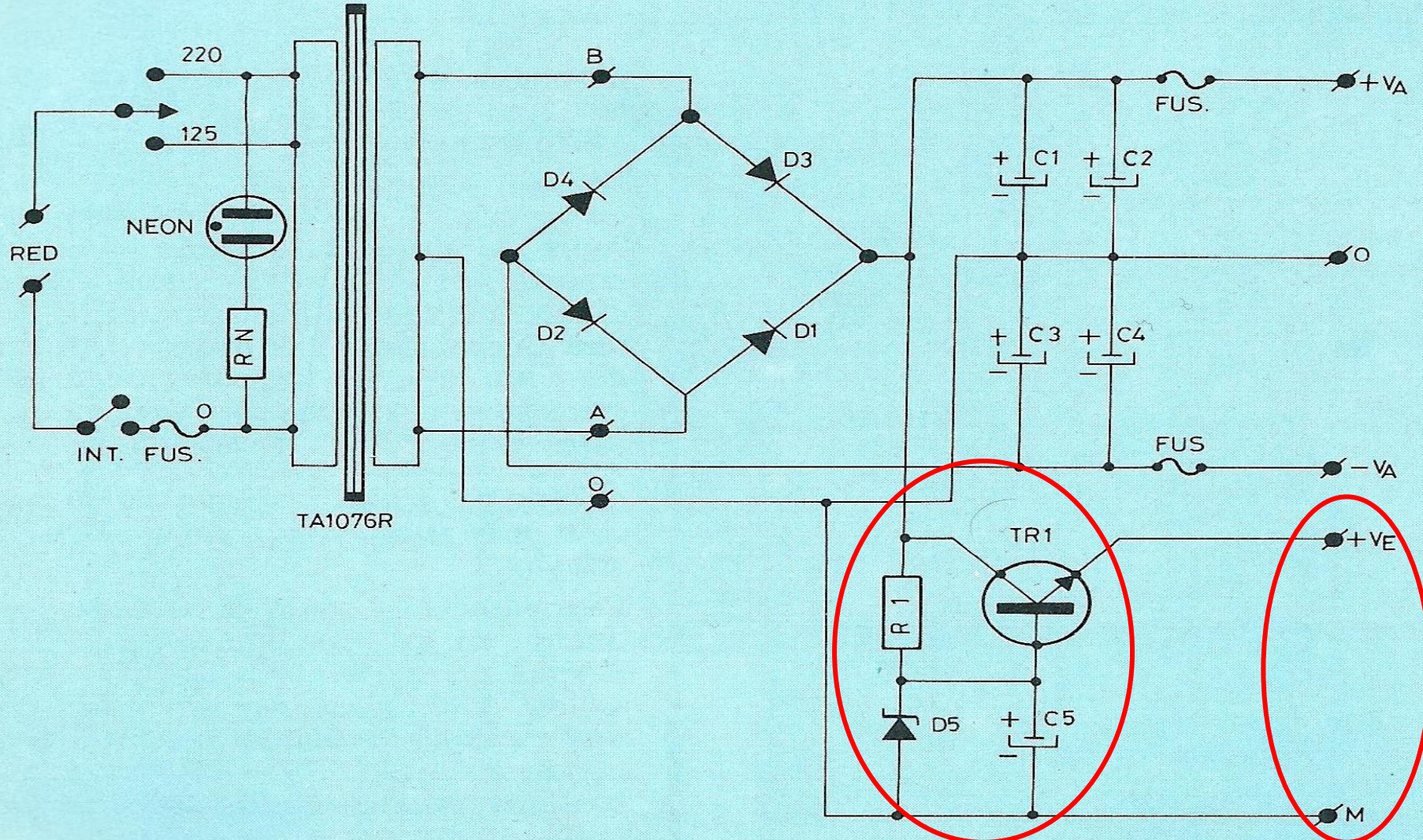
ESQUEMA ELÉCTRICO



Sobre los extremos **A** y **B** del secundario estará situado el puente rectificador formado por los diodos **D1**, **D2**, **D3** y **D4** en cuyas salidas se obtienen dos tensiones continuas, una **positiva** y otra **negativa** con respecto al punto **0** que se toma como terminal de ceros voltios o masa.

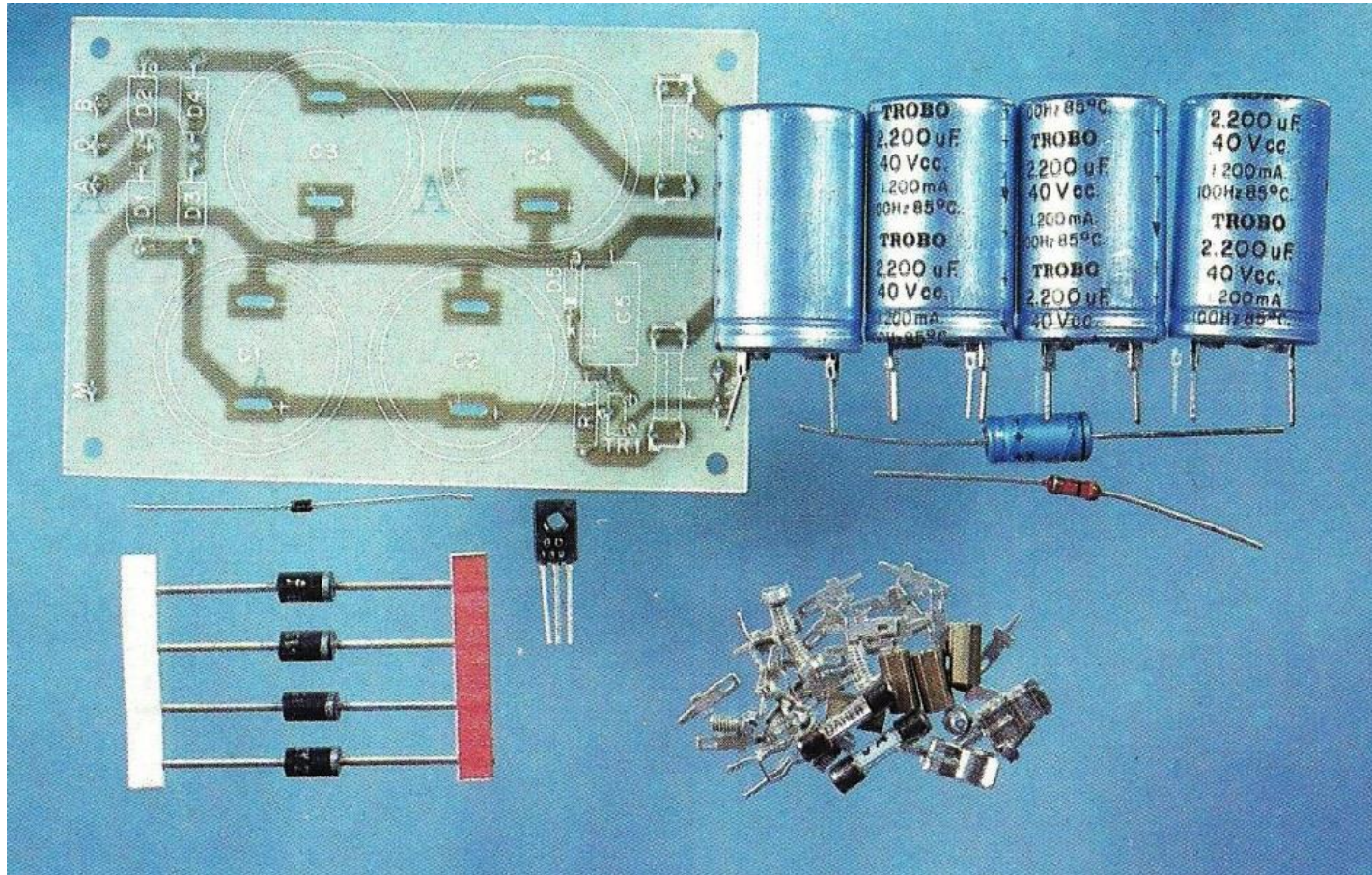


A continuación se encuentran los condensadores electrolíticos de filtro **C1, C2, C3 y C4**, de alta capacidad, encargados de eliminar el rizado para conseguir una tensión de alimentación lo más uniforme posible. La salida se toma a través de dos fusibles de **3A** destinados a proteger a la fuente de sobrecargas peligrosas o cortocircuitos.



Entre la salida positiva del puente y masa **+VA** y 0V se conecta un segundo circuito encargado de suministrar la tensión de alimentación para unidades selectoras de entrada y control de tonos. Para ello, se emplea la etapa estabilizadora formada por **R1** que polariza el diodo **zener D5** de 24 voltios, de donde se toma la referencia de tensión para la base de **TR1** comportándose como un regulador de tensión serie, estando la salida **+VE** conectada a su emisor. El condensador **C5** proporciona un filtrado adicional de esta tensión.

COMPONENTES DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN



RESISTENCIAS

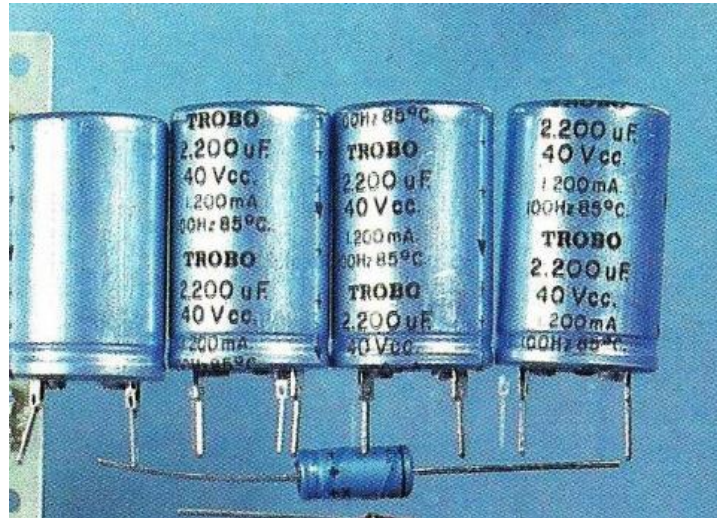
R1 = Resistencia de $\frac{1}{2}$ W 1K



CONDENSADORES

C1, C2, C4 y C5 = Condensadores electrolíticos de 2200 μ F/40V

C3 = Condensador electrolítico de 100 μ F/40V

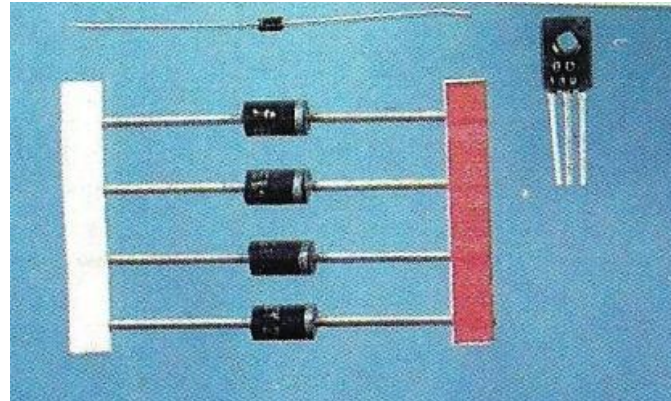


SEMICONDUCTORES

TR1 = Transistor NPN BD139

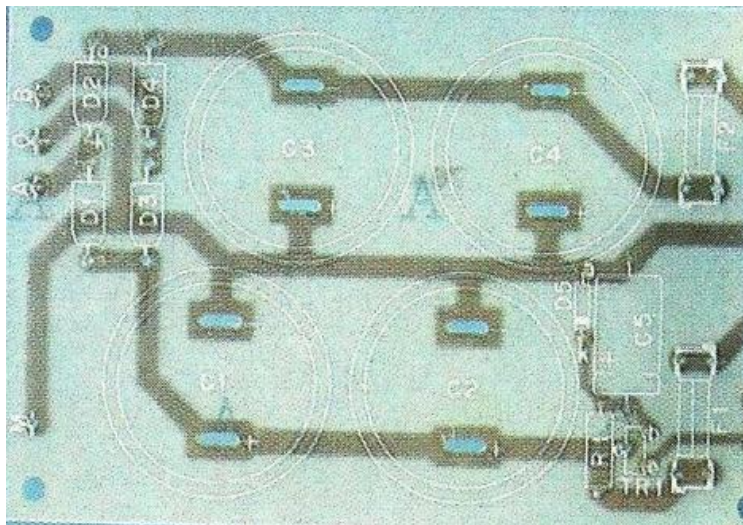
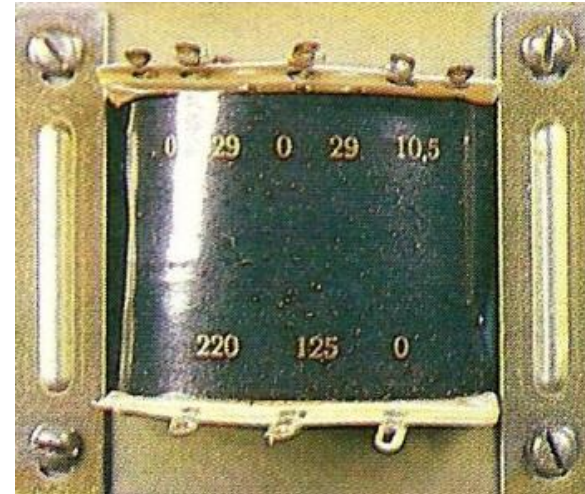
D1, D2, D3 y D4 = Diodos de silicio F-32

D5 = Diodo Zener BZY-88/C24

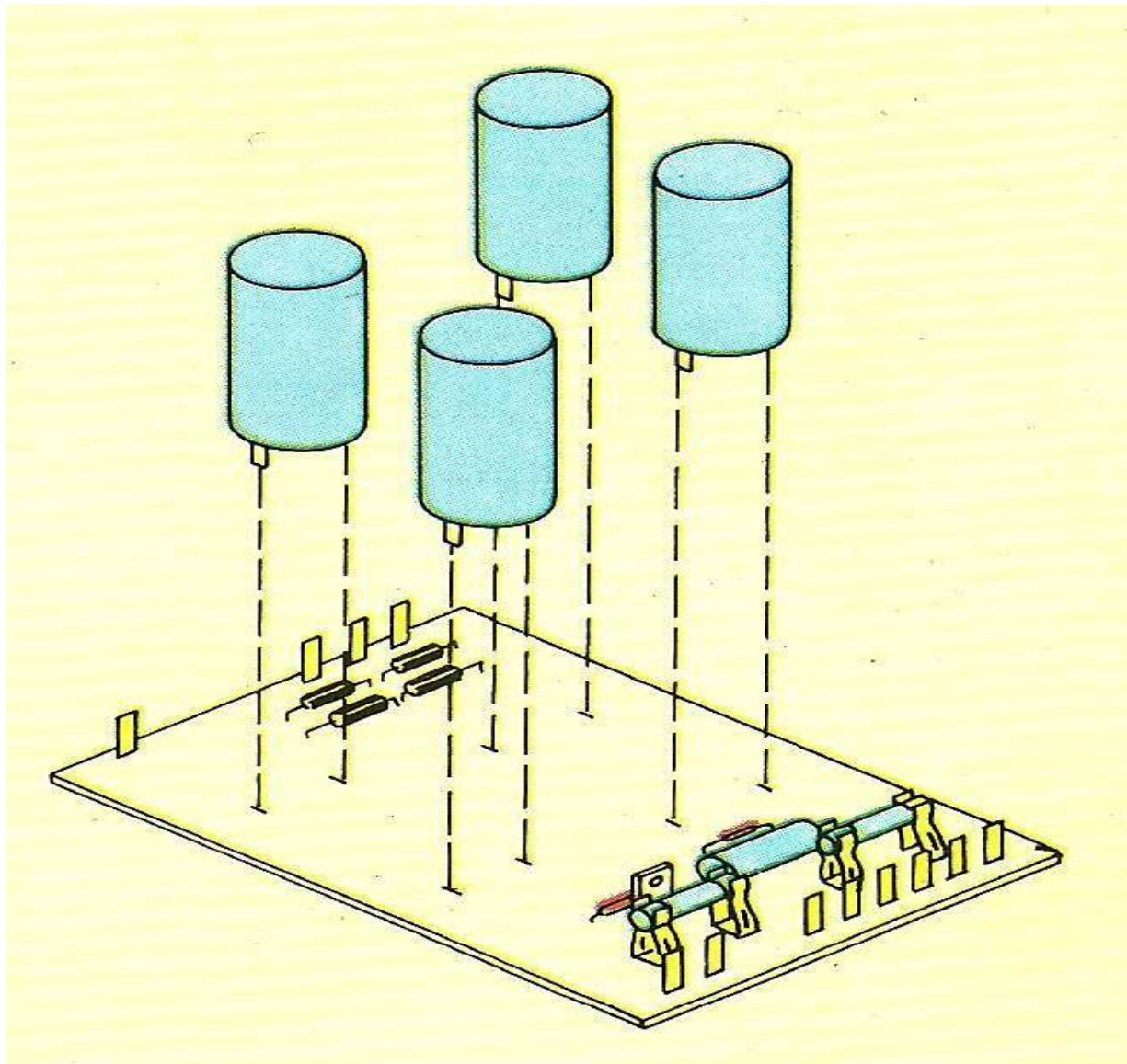


OTROS MATERIALES

1. Placa de Circuito Impreso PCI
1. Transformador 220V/29-0-29V/0-10,5; 3A
2. Soportes fusibles para PCI
2. Fusibles de 3A
4. Tornillos c/tuerca
4. Separadores metálicos con rosca
12. Terminales espadín



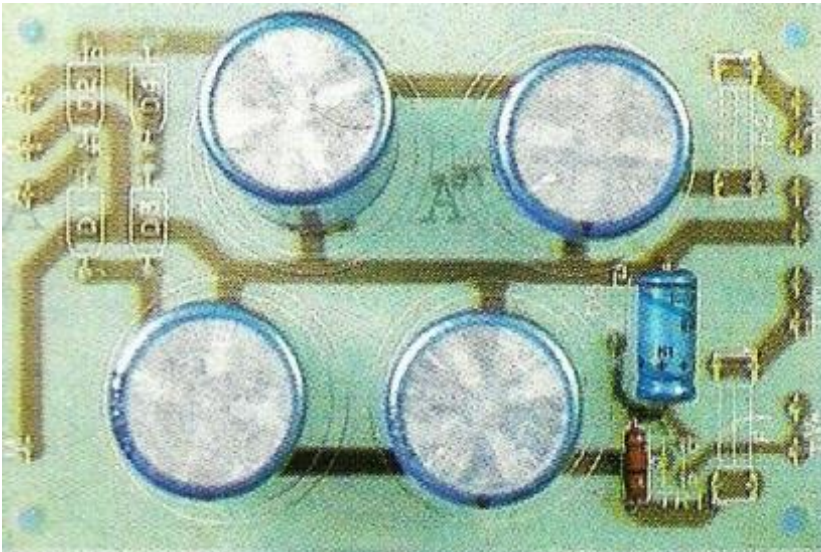
MONTAJE DE LOS COMPONENTES EN LA PCI



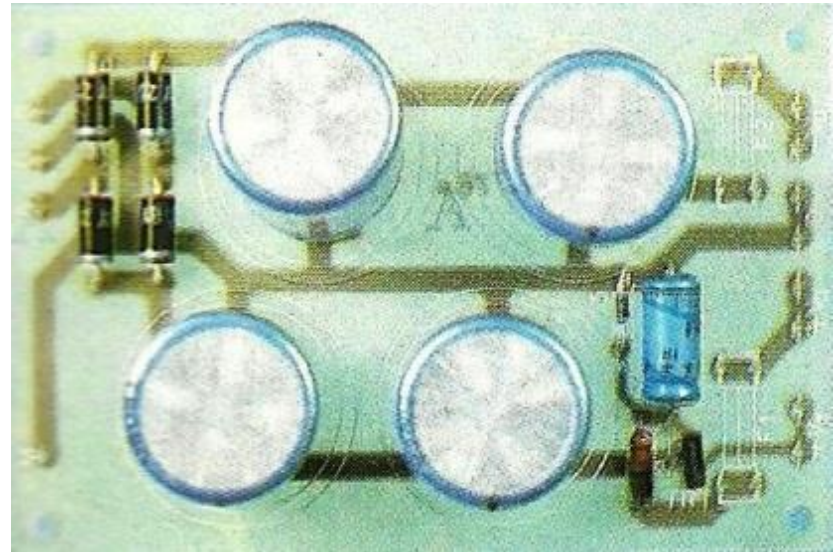
MONTAJE DE LOS COMPONENTES EN LA PCI

La primera operación consiste en insertar la única resistencia fija en sus lugar correspondiente. Seguidamente se montará todos los condensadores, preformando y teniendo cuidado con la polaridad de los electrolíticos. En la siguiente fase correspondiente a los semiconductores se comenzará con la inserción de todos los diodos y el transistor. Teniendo especial cuidado en la posición de estos y de no sobrepasar el tiempo de soldadura.

1º



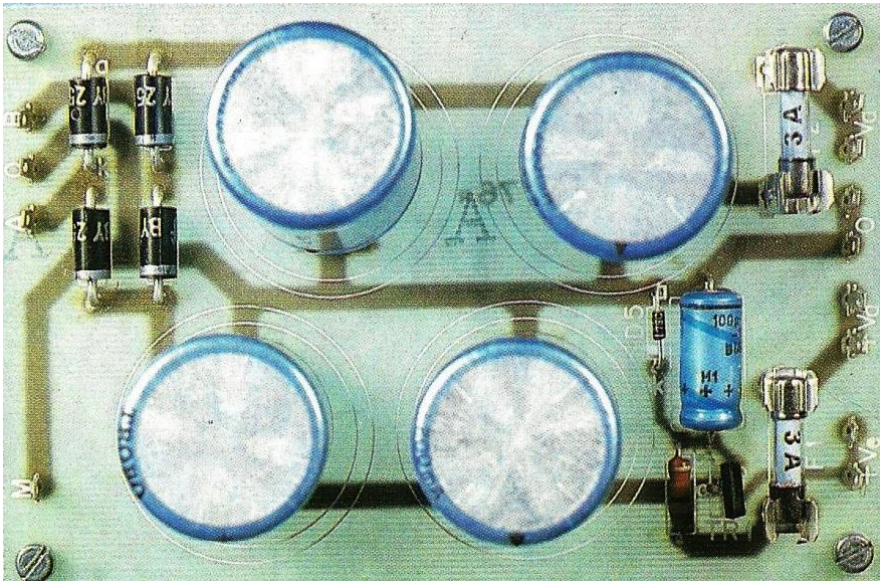
2º



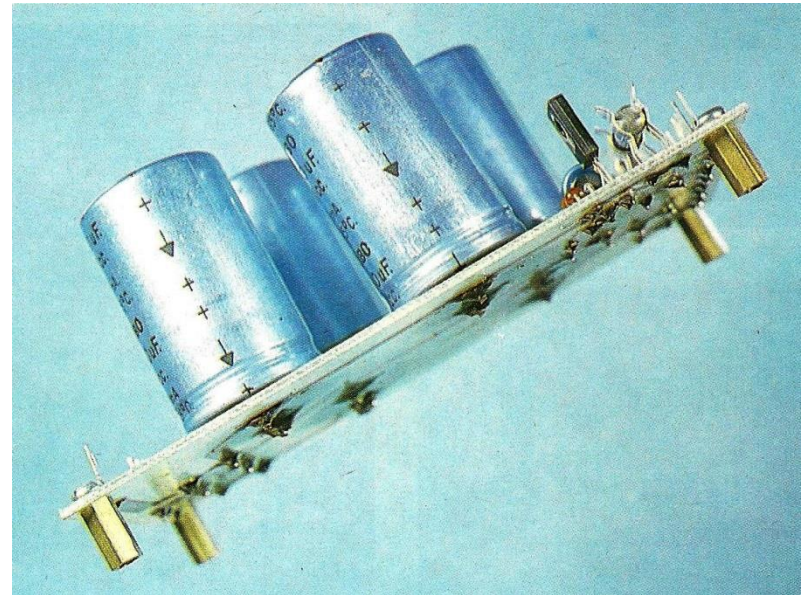
FINALIZACIÓN DEL MONTAJE DE LOS COMPONENTES EN LA PCI

Para finalizar se insertarán los soportes de fusibles, los terminales de espadín y sus correspondientes separadores y tornillos.

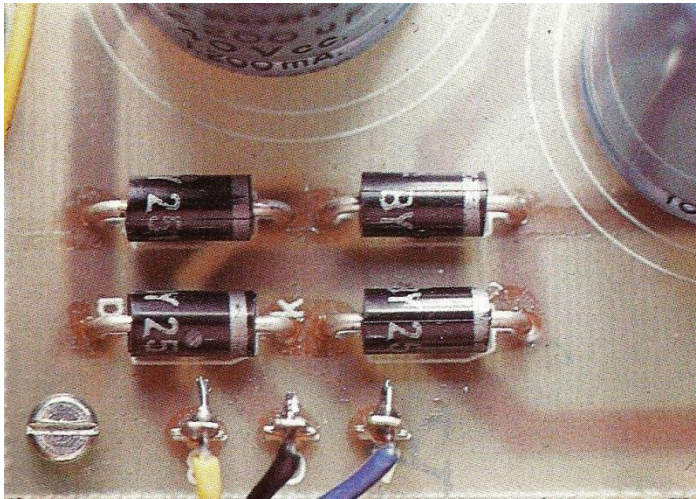
3º



4º



PARTES DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

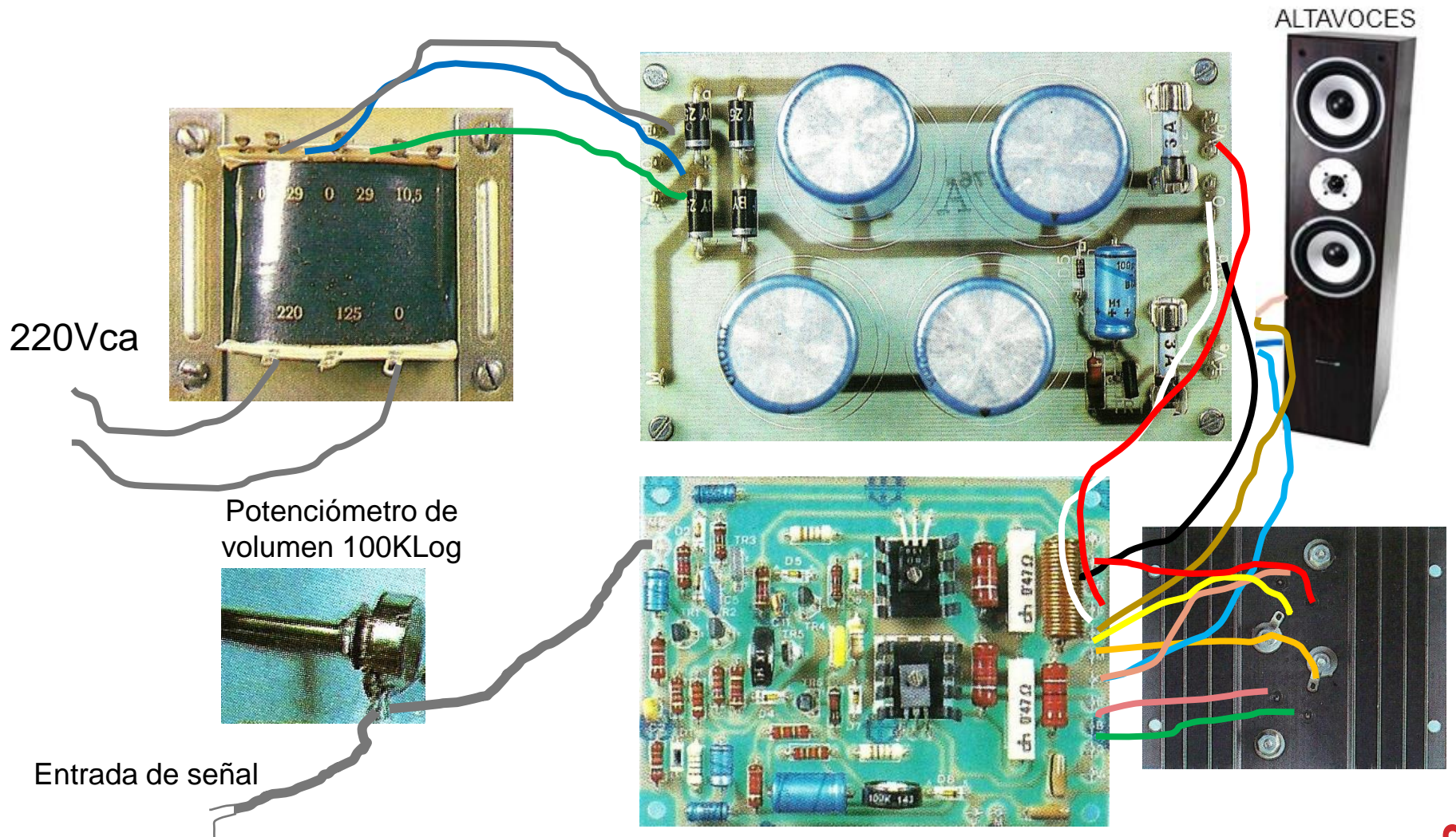


Puente rectificador de diodos

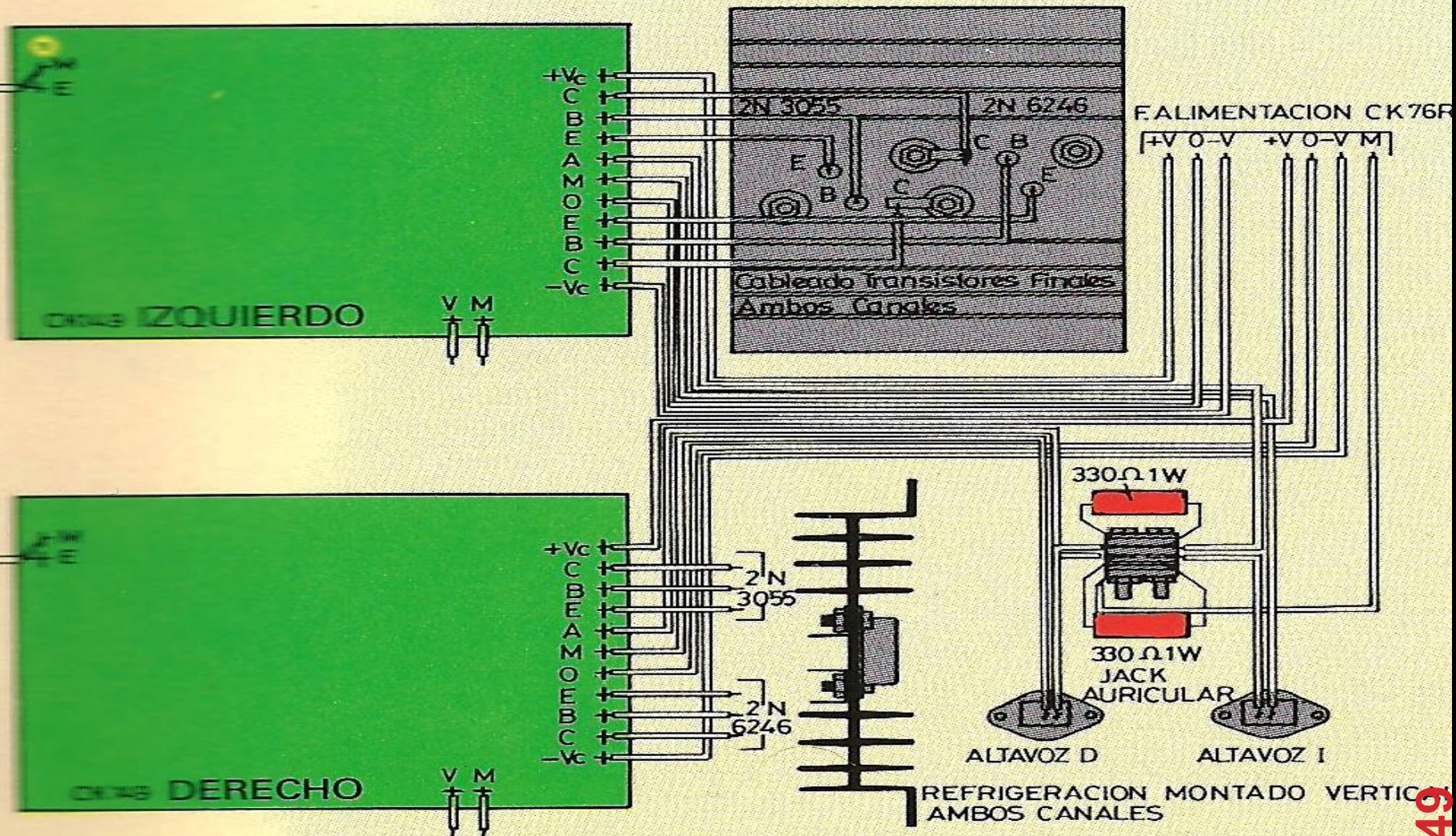


Circuito regulador serie que proporciona una tensión estabilizada a su salida de 24V.

CONEXIÓN DE LA ETAPA DE POTENCIA Y LA F.A.



CONEXIÓN EN ESTÉREO Y A LOS TRANSISTORES DE POTENCIA



AJUSTES Y COMPROBACIÓN

Para efectuar el ajuste, comprobación y puesta en marcha se seguirán los siguientes pasos:

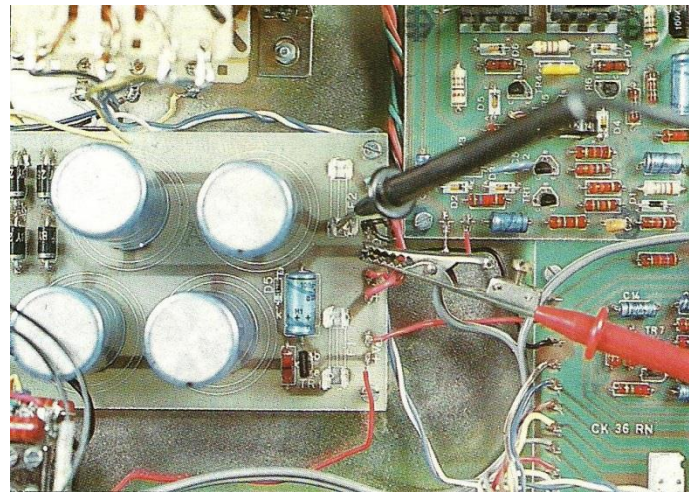
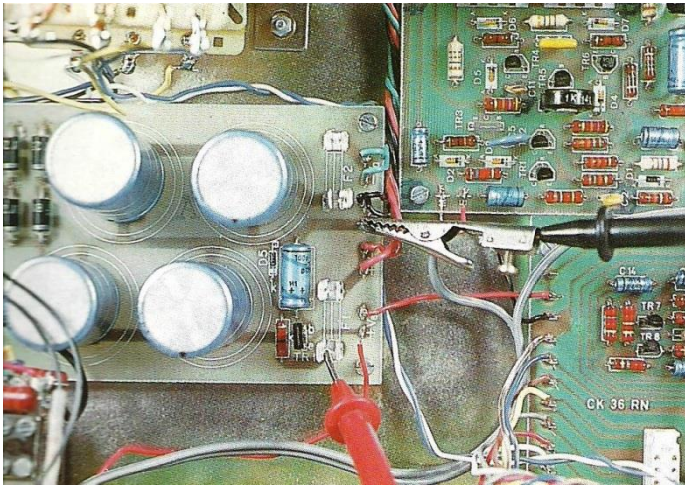
❖ Conectar un altavoz de 100W de 8Ω a las tomas de salida de la etapa amplificadora A y M.

❖ Colocar un potenciómetro de 100K logarítmico a la entrada de señal E y M de la etapa amplificadora y llevarlo a masa o en su defecto **cortocircuitar** con un cablecillo soldando las entradas E y M. Es necesario cortocircuitar las entradas del módulo de potencia E y M durante el ajuste de la corriente de reposo de los transistores de salida para evitar que inadvertidamente pueda entrar a estos circuitos cualquier señal, ya que sería amplificada y afectaría sensiblemente a la corriente de estos transistores, distorsionando la medida.

❖ Preparar un polímetro y situarlo en la escala de Ω x1 y comprobar la resistencia de entrada de señal E y M que debe ser de 0Ω .

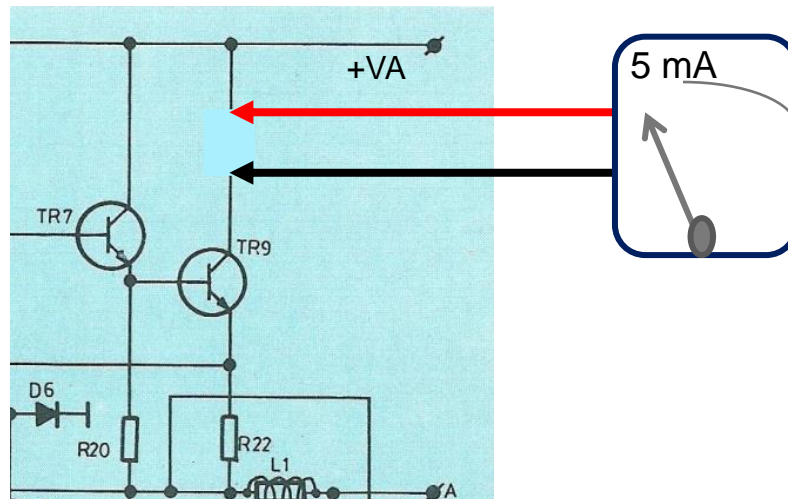
AJUSTES Y COMPROBACIÓN

- ❖ Levantar provisionalmente las conexiones de la fuente de alimentación, los terminales **+VA**, **0V** y **-VA**.
- ❖ Con el polímetro en la selección de voltaje y en la escala de 50V, medir la tensión de salida entre el terminal **+VA** y 0V que será de **+40V** y entre los terminales **-VA** y 0V que será de **-40V**.



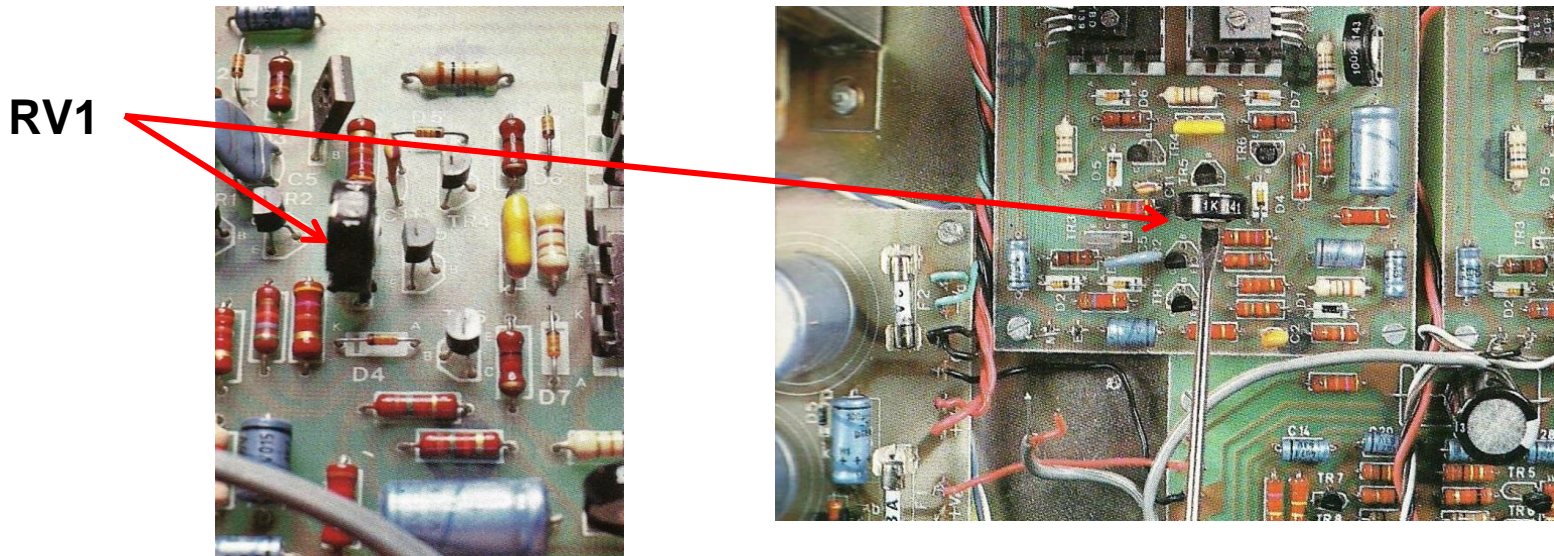
AJUSTES Y COMPROBACIÓN

- ❖ Colocar el curso de la resistencia ajustable **RV1** a la mitad de su recorrido.
- ❖ Preparar el polímetro en la escala de 50mA de corriente continua para medir una corriente de unos 5mA.
- ❖ Levantar la conexión que une el colector de **TR9** y conectar sobre ella la punta negativa del polímetro situando la positiva en el espadín **+VA**. Esta unión debe ser segura y no se retirará mientras esté encendida la fuente de alimentación ya que de lo contrario se podría producir avería en el módulo.



AJUSTES Y COMPROBACIÓN

- ❖ Conectar y soldar las conexiones de la fuente de alimentación al módulo amplificador, que se había desconectado anteriormente, y volver a conectar la fuente de alimentación.
- ❖ Ajustar la resistencia ajustable **RV1** hasta obtener una lectura de **5mA**.
- ❖ Desconectar la fuente de alimentación y esperar hasta que el polímetro no indique ningún valor.



AJUSTES Y COMPROBACIÓN

- ❖ Retirar las puntas de prueba y efectuar la conexión de la pata del colector de **TR9**.
- ❖ Desoldar el puente cortocircuito en la entrada **E** y **M** (si se ha realizado).
- ❖ Aplicar una fuente de señal a la entrada **E** y **M** por medio del potenciómetro de volumen (que se encuentra al mínimo) .
- ❖ Conectar nuevamente la fuente de alimentación y retocar poco a poco el potenciómetro de volumen y escuchar el sonido por la salida del altavoz.

FIN DE LA PRESENTACIÓN

