ICIA - BIBLIOTECA TÉCNICA

Aire Acondicionado Inverter

Manual técnico completo

Fundamentos, fuentes, potencia, motores, sensores, comunicación, mediciones y diagnóstico práctico.

INSTITUTO DE CAPACITACIÓN EN INVERTER Y AIRE ACONDICIONADO

iciaedu.com

Créditos editoriales

TECNOLOGÍA INVERTER EN AIRE ACONDICIONADO

Autor y responsable del contenido técnico

Claudio Nicolás Alonso

Edición, organización y producción editorial

Sara Belén Alonso

Material técnico y educativo

ICIA – Instituto de Capacitación en Inverter y Aire Acondicionado

Derechos de autor

© 2026 Claudio Nicolás Alonso. Todos los derechos reservados.

Sitio web oficial

www.iciaedu.com

Aviso de derechos de autor

Esta obra está protegida por las leyes de derechos de autor y los tratados internacionales aplicables.

Queda prohibida su reproducción, distribución, comercialización, publicación o difusión, total o parcial, por cualquier medio físico o digital, sin la autorización previa y por escrito del titular de los derechos, salvo las excepciones permitidas por la legislación aplicable.

El contenido, las explicaciones técnicas, las ilustraciones y los materiales educativos de esta publicación están destinados a fines de formación y capacitación profesional.

Índice general

Seleccioná un capítulo para ir directamente a su portada. Dentro de cada capítulo encontrarás un índice enlazado con todos sus temas.

CAPÍTULO 1

Fundamentos electrónicos y rectificación

Temas 1.1 a 1.19

CAPÍTULO 2

Fuentes conmutadas, protección y PFC

Temas 2.20 a 2.36

CAPÍTULO 3

Motores, IPM, ventiladores, sensores y comunicación

Temas 3.37 a 3.67

CAPÍTULO 4

Herramientas, mediciones y diagnóstico práctico

Temas 4.68 a 4.100

Los enlaces también están disponibles desde el panel de marcadores del PDF.

CAPÍTULO 1

Fundamentos electrónicos y rectificación

Desde los conceptos de tensión, corriente y resistencia hasta la rectificación, el filtrado y el recorrido completo de una fuente convencional. Incluye criterios de medición, seguridad y seguimiento de circuitos sobre la placa.

19 temas · 1.1 a 1.19

Cómo estudiar este capítulo

Este manual transforma las explicaciones del curso en un desarrollo técnico pensado para aprender mediante la lectura. Los temas siguen un recorrido progresivo: comienzan con los fundamentos eléctricos, avanzan hacia la rectificación y el filtrado, y finalizan con el análisis completo de una fuente convencional.

Las figuras muestran diagramas, componentes y mediciones reales. Deben leerse junto con el texto: una imagen no se presenta como un elemento aislado, sino como evidencia visual del concepto que se está explicando. Los Puntos técnicos ICIA reúnen criterios de diagnóstico y los Errores comunes advierten sobre interpretaciones que pueden conducir a conclusiones incorrectas.

SEGURIDAD
Las placas electrónicas pueden trabajar con tensiones peligrosas y conservar energía después de desconectar el equipo. Toda medición energizada exige capacitación, instrumentos apropiados, protección personal y verificación de la descarga de los capacitores.

El objetivo es comprender el circuito, no memorizar lecturas aisladas.

Índice del capítulo

Capítulo 1 · Fundamentos electrónicos y rectificación · 19 temas técnicos

1.1	Fundamentos de electricidad	5
1.2	Corriente alterna y corriente continua	8
1.3	El diodo y su comprobación	11
1.4	Puente rectificador de diodos	15
1.5	Capacitores: funcionamiento y medición	19
1.6	Capacitor de filtro	22
1.7	Puente rectificador encapsulado	26
1.8	Medición del puente rectificador en placa	29
1.9	Representación de corriente alterna y continua	32
1.10	Medición con multímetro y osciloscopio	35
1.11	Mediciones en un circuito de muestra	39
1.12	Quinto diodo y detección de cruce por cero	42
1.13	Seguridad al trabajar con capacitores	45
1.14	Zona de fuente y zona de control	47
1.15	Protección de entrada con varistor y fusible	50
1.16	Transformador	55
1.17	Regulación de voltaje	60
1.18	Filtro antiparasitario	65
1.19	Recorrido completo de una fuente convencional	71

CAPÍTULO 1

Fundamentos electrónicos y rectificación

Desde los conceptos de tensión, corriente y resistencia hasta la rectificación, el filtrado y el recorrido completo de una fuente convencional. Incluye criterios de medición, seguridad y seguimiento de circuitos sobre la placa.

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

1.1	Fundamentos de electricidad
1.2	Corriente alterna y corriente continua
1.3	El diodo y su comprobación
1.4	Puente rectificador de diodos
1.5	Capacitores: funcionamiento y medición
1.6	Capacitor de filtro
1.7	Puente rectificador encapsulado
1.8	Medición del puente rectificador en placa
1.9	Representación de corriente alterna y continua
1.10	Medición con multímetro y osciloscopio
1.11	Mediciones en un circuito de muestra
1.12	Quinto diodo y detección de cruce por cero
1.13	Seguridad al trabajar con capacitores
1.14	Zona de fuente y zona de control
1.15	Protección de entrada con varistor y fusible
1.16	Transformador
1.17	Regulación de voltaje
1.18	Filtro antiparasitario
1.19	Recorrido completo de una fuente convencional

TEMA 1.1

1.1 Fundamentos de electricidad

El diagnóstico de sistemas Inverter exige comprender el recorrido de la energía dentro de la placa, no limitarse a comprobar la presencia de línea y neutro. La electricidad puede interpretarse como movimiento de cargas y, con fines didácticos, relacionarse mediante una comparación hidráulica con tres magnitudes: la tensión con la presión disponible, la corriente con el caudal y la resistencia con la oposición al paso. Esta analogía permite visualizar por qué una misma alimentación puede producir corrientes diferentes según la carga conectada.

La interpretación de estas magnitudes resulta fundamental al seguir pistas, localizar caídas de tensión y determinar qué etapa deja de transferir energía. En una placa Inverter, la alimentación atraviesa protecciones, filtros, rectificación, almacenamiento y etapas de conversión antes de llegar a los circuitos de control y potencia. La metodología de diagnóstico consiste en identificar ese recorrido y verificarlo por secciones.

En este tema

La electricidad dentro del circuito	Tensión eléctrica
Corriente eléctrica	Resistencia
Aplicación a la tecnología inverter	

Desarrollo técnico

La electricidad dentro del circuito

Para comprender un circuito electrónico conviene abandonar la idea de que la electricidad solamente llega por una línea y regresa por el neutro. En una placa, la energía atraviesa conductores, protecciones y componentes que modifican su comportamiento. Seguir ese recorrido permite determinar dónde existe tensión, por dónde circula corriente y qué elemento se opone al paso de los electrones.

Tensión eléctrica

La tensión puede compararse con la presión disponible en un tanque de agua. Cuanto mayor es la diferencia de potencial entre dos puntos, mayor es la capacidad de producir circulación cuando el circuito se cierra. La tensión se mide en voltios y siempre representa una diferencia entre dos puntos; por eso una lectura carece de sentido si no se conoce cuál fue la referencia utilizada.

Corriente eléctrica

La corriente expresa la cantidad de carga que circula y se mide en amperios. En la comparación hidráulica equivale al caudal. Una misma tensión puede producir corrientes diferentes según la carga conectada y la resistencia total del recorrido. La corriente no debe interpretarse como un valor independiente: depende tanto del empuje eléctrico como de la oposición presente en el circuito.

Resistencia

La resistencia representa la oposición al paso de la corriente y se mide en ohmios. Un conductor ancho ofrece menos oposición que un trayecto fino o deteriorado, de la misma manera que una cañería ancha permite mayor caudal que una estrecha. En diagnóstico, una resistencia no deseada puede producir caída de tensión, calentamiento o una alimentación insuficiente para la etapa siguiente.

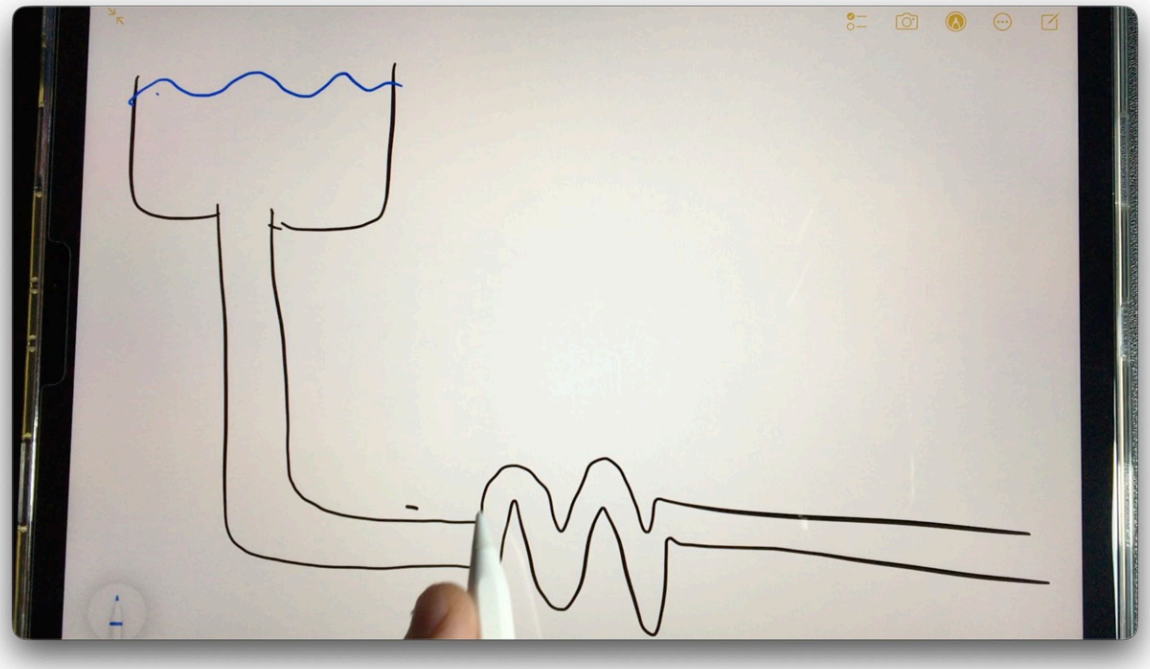

Figura 1. Comparación entre agua y electricidad

Aplicación a la tecnología inverter

La tecnología inverter combina continuamente estas magnitudes. La placa recibe energía, la rectifica, la almacena y vuelve a convertirla para controlar motores y circuitos electrónicos. Comprender tensión, corriente y resistencia permite interpretar después las mediciones del multímetro y del osciloscopio sin limitarse a memorizar valores aislados.

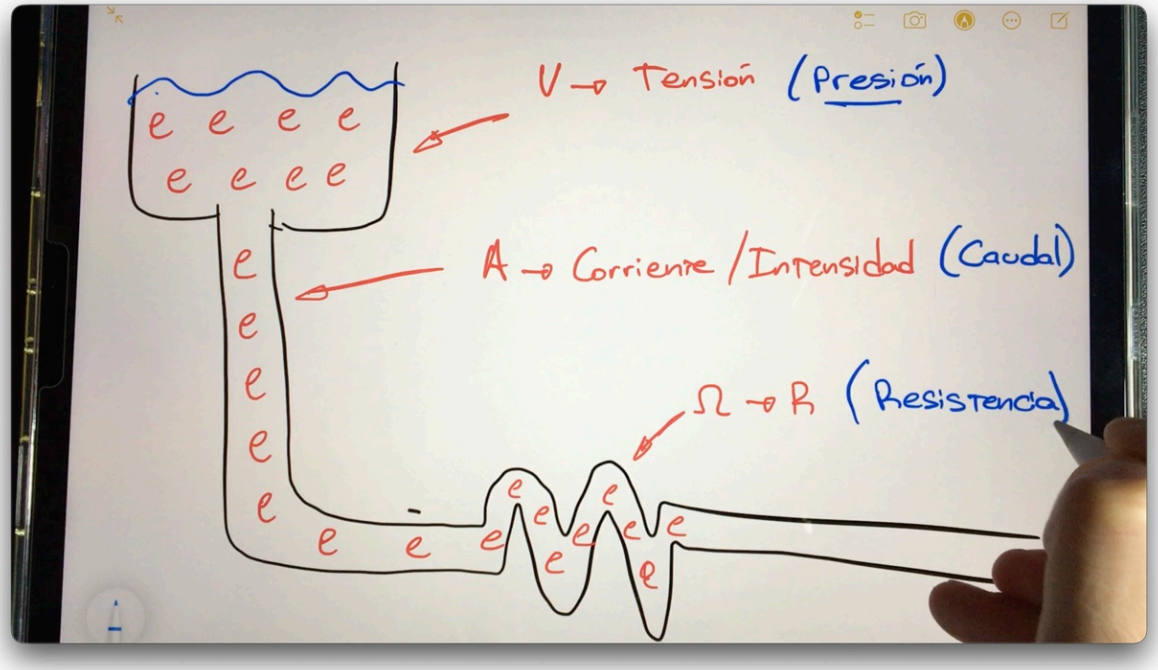

Figura 2. Relación entre voltaje, corriente y resistencia

PUNTO TÉCNICO ICIA
En diagnóstico, tensión, corriente y resistencia deben interpretarse como variables relacionadas. Una lectura aislada rara vez explica por sí sola el estado completo del circuito.

ERROR COMÚN
Memorizar valores sin relacionar tensión, corriente y resistencia puede llevar a interpretar mal una medición que, dentro del circuito completo, es normal.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.2

1.2 Corriente alterna y corriente continua

La corriente alterna cambia periódicamente de sentido y es la forma de alimentación que recibe el equipo desde la red eléctrica. La frecuencia indica cuántas veces por segundo se repite ese ciclo y, según el sistema de distribución, puede ser de 50 o 60 Hz. La corriente continua, en cambio, mantiene una polaridad definida y se utiliza en numerosas etapas electrónicas de la placa. El principio Inverter parte de una conversión: la alimentación alterna de red se rectifica para formar un bus de corriente continua y, posteriormente, la electrónica de potencia genera una nueva alimentación alterna controlada para el motor. Esa segunda señal no depende directamente de la frecuencia fija de la red, lo que permite modificar el funcionamiento del compresor de acuerdo con la demanda.

En este tema

Corriente alterna	Corriente continua
Frecuencia y cambio de sentido	Conversión de energía en un sistema inverter

Desarrollo técnico

Corriente alterna

En la corriente alterna los electrones cambian periódicamente de sentido. La señal de la red puede representarse como una onda que cruza la referencia de cero y alterna entre dos polaridades. La cantidad de ciclos completos por segundo se denomina frecuencia: normalmente es de 50 o 60 Hz, según el sistema eléctrico del país.

Corriente continua

En la corriente continua la polaridad permanece definida. Los electrones mantienen un sentido de circulación y la frecuencia ideal es cero, aunque en una fuente real pueden existir pequeñas variaciones o rizado. Las pilas y los buses electrónicos son ejemplos de alimentación continua, mientras que la red domiciliaria es una fuente alterna.

Frecuencia y cambio de sentido

La frecuencia describe cuántas veces se repite el ciclo de la alterna en un segundo. Una red de 50 Hz completa cincuenta ciclos y una de 60 Hz completa sesenta. En un motor convencional conectado directamente a la red, esa frecuencia condiciona su velocidad; por eso no puede variarse libremente sin modificar la alimentación.

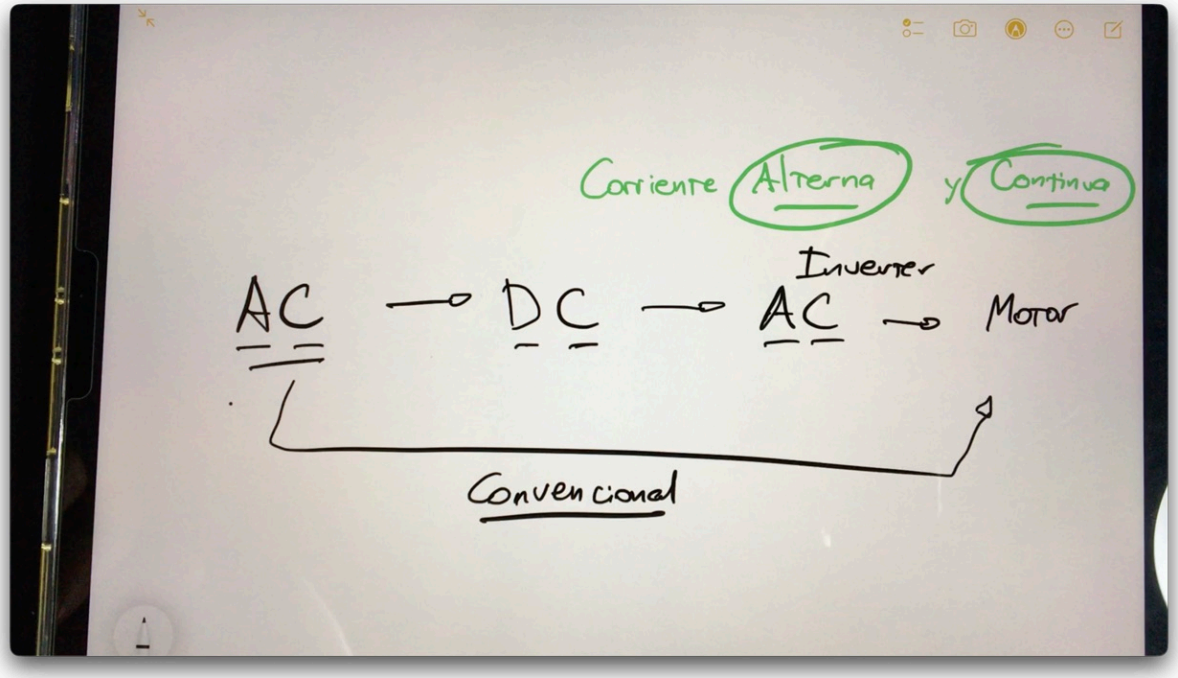

Figura 3. Conversión de corriente en un sistema inverter

Conversión de energía en un sistema inverter

La secuencia AC-DC-AC explica el nombre inverter. La alterna de red primero se rectifica y filtra para formar un bus continuo. Después, la etapa de potencia genera una nueva señal alterna cuya frecuencia y amplitud se controlan según la demanda del compresor o del ventilador. El técnico debe reconocer qué forma de energía corresponde a cada zona.

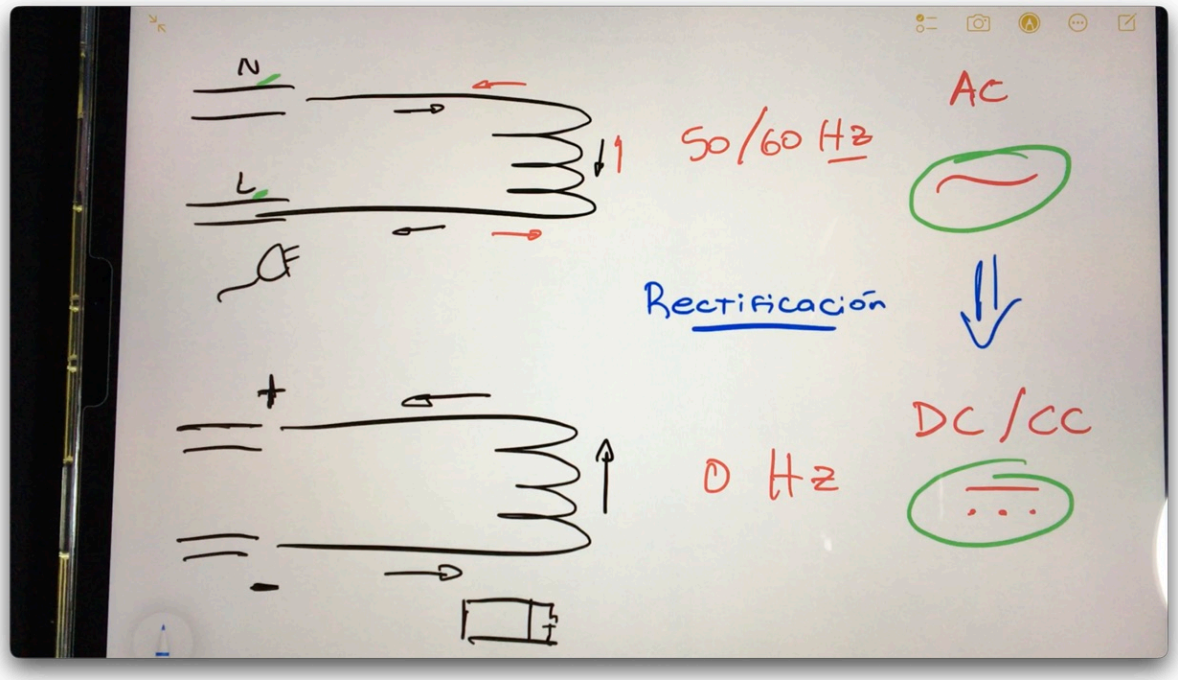

Figura 4. Explicación de la frecuencia eléctrica

PUNTO TÉCNICO ICIA
La palabra Inverter se relaciona con esta secuencia de conversión: AC de red -> DC en el bus -> AC electrónica controlada para el motor.

ERROR COMÚN
Suponer que el motor inverter trabaja directamente con la alterna de red ignora las etapas de rectificación, almacenamiento y nueva conversión electrónica.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.3

1.3 El diodo y su comprobación

El diodo se presenta como un componente que permite la conducción eléctrica en un sentido y la bloquea en el sentido opuesto. Esta propiedad es la base de la rectificación. Para facilitar su comprensión, puede compararse con una válvula antirretorno: cuando la polaridad es favorable permite el paso; cuando se invierte, impide la circulación. En servicio técnico, la comprobación se realiza normalmente con la función de prueba de diodos del multímetro.

Un componente sano debe mostrar una condición de conducción en un sentido y bloqueo al invertir las puntas, dentro de los valores esperables para el tipo de diodo. Una lectura equivalente en ambos sentidos puede indicar cortocircuito, apertura o una influencia del resto del circuito cuando se mide sin retirar el componente.

En este tema

Función del diodo	Ánodo y cátodo
Polarización directa e inversa	Comprobación con multímetro

Desarrollo técnico

Función del diodo

El diodo puede compararse con una válvula antirretorno: permite el paso cuando la polaridad aplicada es directa y lo bloquea cuando se invierte. Sus terminales se denominan ánodo y cátodo. La franja impresa sobre muchos diodos identifica el cátodo y facilita relacionar el componente real con su símbolo eléctrico.

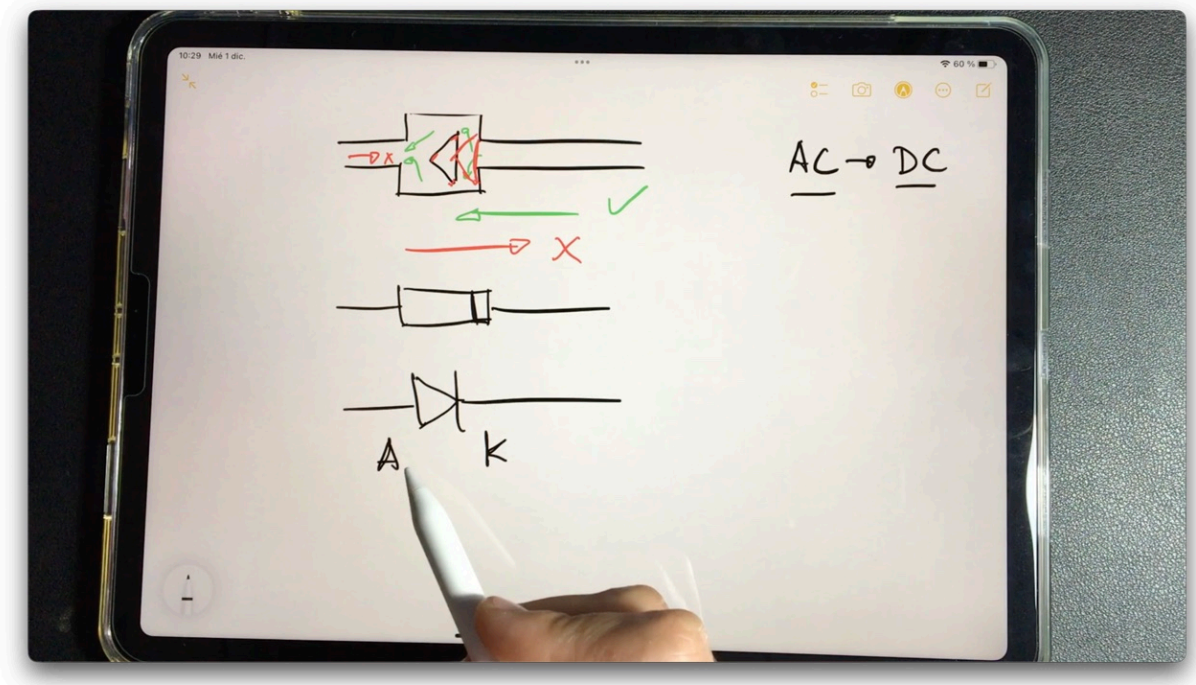

Figura 5. Funcionamiento del diodo

Ánodo y cátodo

En polarización directa, un diodo de silicio normalmente presenta una caída aproximada cercana a 0,6 o 0,7 V. El valor exacto depende del tipo de componente y de la corriente de prueba del instrumento. La lectura no representa resistencia en ohmios, sino la tensión necesaria para que la unión comience a conducir.



Figura 6. Función diodo del multímetro

Polarización directa e inversa

Al invertir las puntas del multímetro, un diodo sano debe bloquear la circulación y mostrar circuito abierto u OL. Si conduce de forma similar en ambos sentidos, puede estar en cortocircuito; si no conduce en ninguno, puede estar abierto. Cuando se mide montado en placa, otros caminos eléctricos pueden modificar estas lecturas.



Figura 7. Medición en polarización directa

Comprobación con multímetro

La comprobación correcta exige seleccionar la función de diodos, reconocer la polaridad de las puntas y realizar las dos mediciones. Este procedimiento será la base para evaluar puentes rectificadores, diodos de protección y otras uniones semiconductoras presentes en los circuitos inverter.



Figura 8. Medición en polarización inversa

PUNTO TÉCNICO ICIA
Antes de condenar un diodo medido en placa, debe considerarse que otros componentes conectados en paralelo pueden alterar la lectura.

ERROR COMÚN
Condenar un diodo por una sola lectura en placa sin invertir las puntas ni considerar caminos en paralelo puede producir un diagnóstico equivocado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.4

1.4 Puente rectificador de diodos

La rectificación de onda completa utiliza cuatro diodos dispuestos como puente. Durante cada semiciclo de la corriente alterna conduce un par diferente de diodos, de manera que la salida mantiene una polaridad constante. El resultado todavía es una tensión pulsante, pero toda la energía de ambos semiciclos se aprovecha con la misma orientación en la salida. En las placas modernas este conjunto puede estar formado por cuatro diodos discretos o por un puente rectificador encapsulado. Para el diagnóstico interesa reconocer los dos terminales de entrada alterna y los terminales positivo y negativo de salida. Esta identificación permite seguir el circuito desde la red hasta el bus de continua y localizar pérdidas de rectificación.

En este tema

Rectificación de onda completa	Conducción durante cada alternancia
Recorrido de los electrones	Identificación del circuito en placa

Desarrollo técnico

Rectificación de onda completa

El puente rectificador de onda completa utiliza cuatro diodos. Durante una alternancia conducen dos de ellos y, cuando la red cambia de sentido, conducen los otros dos. Aunque cambia el par activo, la polaridad obtenida en la salida permanece siempre orientada de la misma manera.

Conducción durante cada alternancia

El resultado no es todavía una tensión continua perfectamente lisa. Las dos mitades de la onda quedan orientadas hacia una misma polaridad y forman una señal pulsante. En una red de 50 Hz aparecen cien pulsos por segundo; en una red de 60 Hz aparecen ciento veinte. El capacitor de filtro se encargará posteriormente de reducir esas caídas.

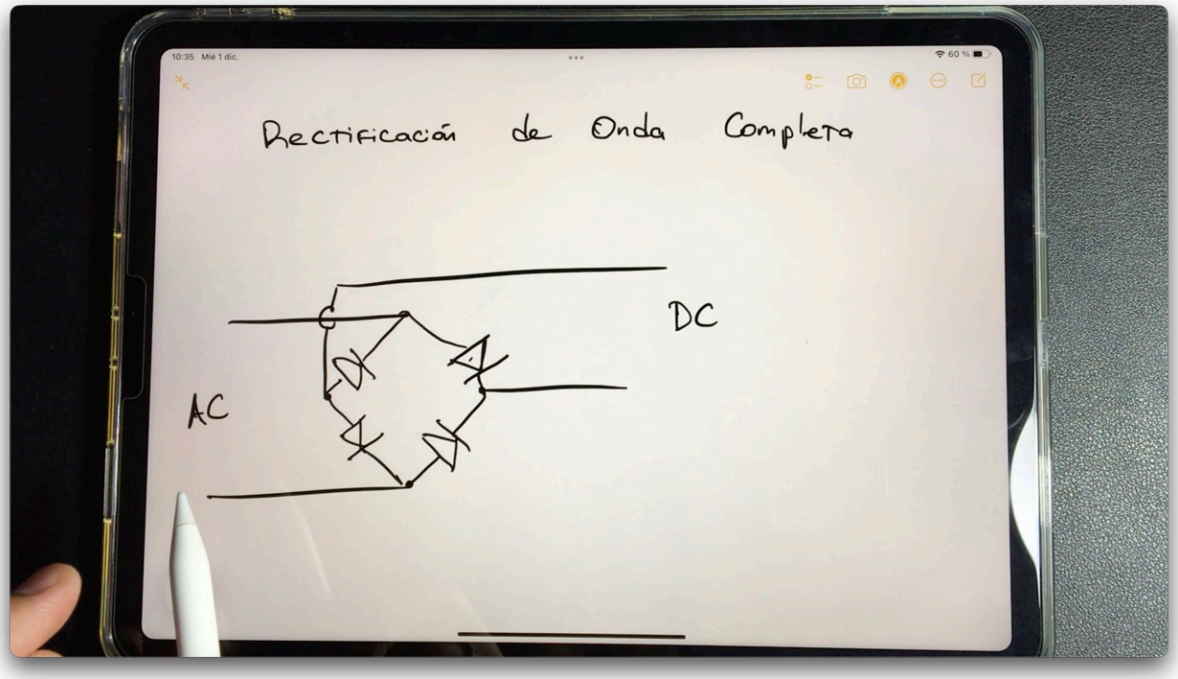

Figura 9. Rectificación de onda completa

Recorrido de los electrones

Para seguir el recorrido conviene identificar primero las dos entradas de alterna y después las salidas positiva y negativa. Los electrones atraviesan un diodo hacia la carga y regresan por otro diodo del puente. En la alternancia siguiente el camino cambia, pero la carga continúa recibiendo la misma polaridad.

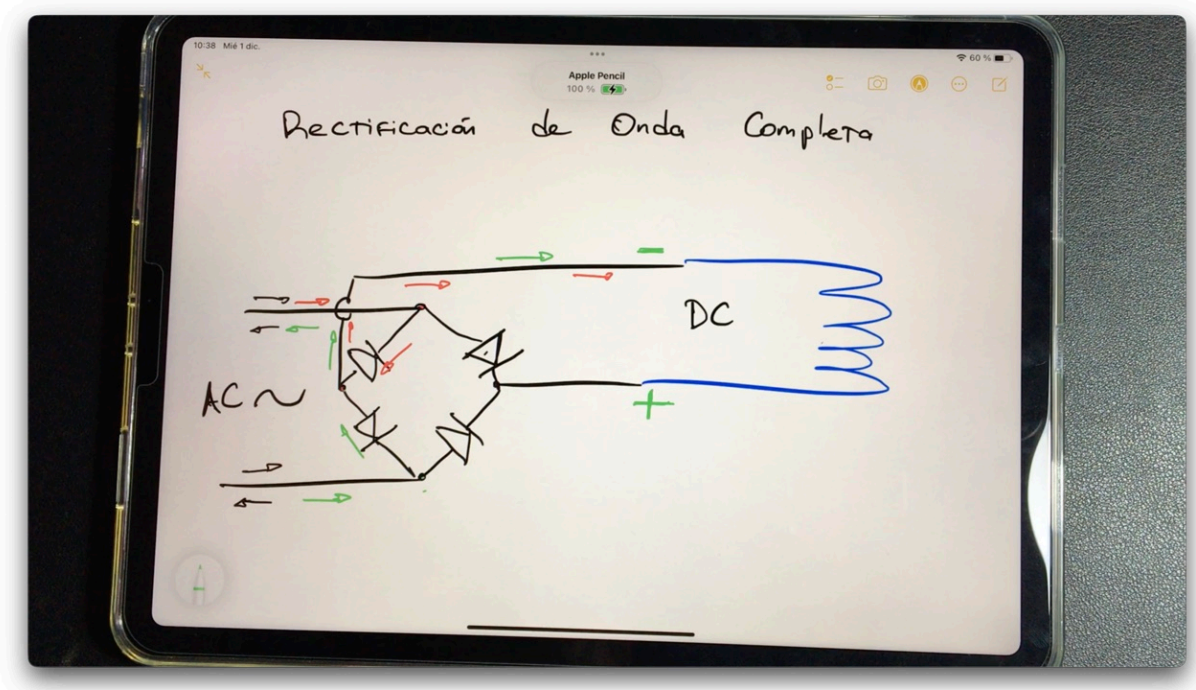

Figura 10. Recorrido de los electrones

Identificación del circuito en placa

En una placa los cuatro diodos pueden aparecer separados y no necesariamente forman un rombo visible. Las pistas de cobre realizan las conexiones equivalentes al esquema. Por eso, reconocer el circuito requiere seguir las pistas y no depender solamente de la posición física de los componentes.

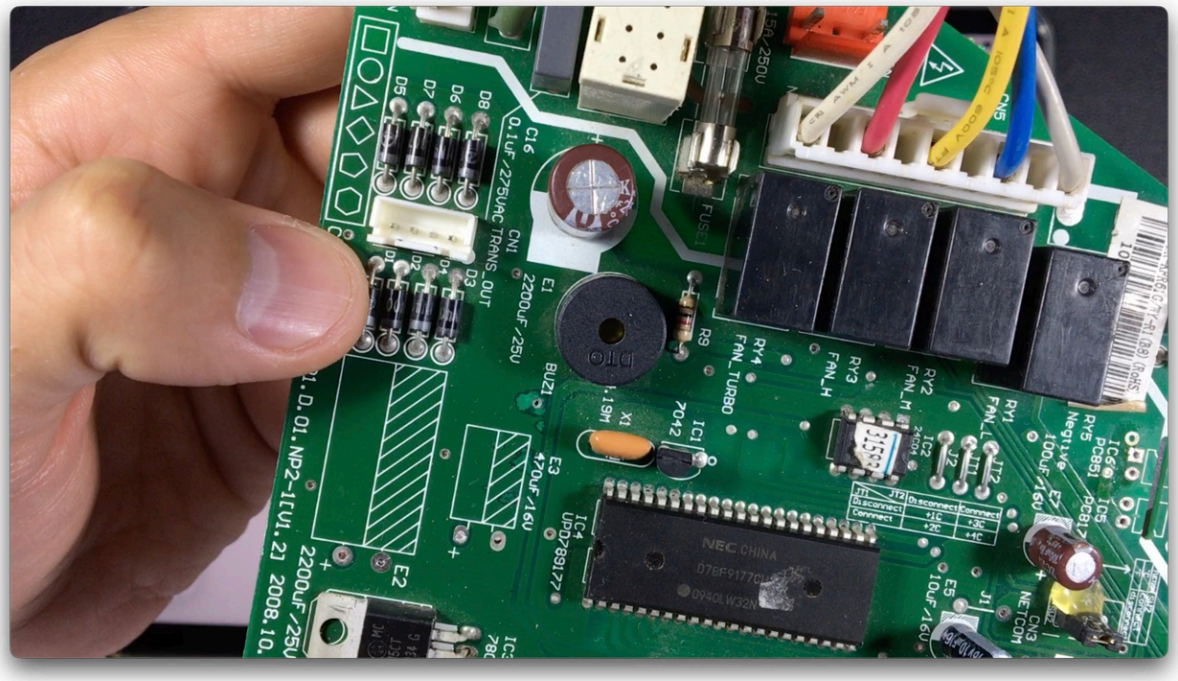

Figura 11. Rectificadores en una placa electrónica

PUNTO TÉCNICO ICIA
Un puente rectificador no entrega por sí solo una continua perfectamente lisa; el filtrado posterior es el encargado de reducir la ondulación.

ERROR COMÚN
Buscar los cuatro diodos únicamente por la forma de rombo del esquema impide reconocer puentes cuya distribución física es diferente.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.5

1.5 Capacitores: funcionamiento y medición

El capacitor almacena energía eléctrica y, dentro de la etapa de alimentación, actúa como reserva entre los pulsos producidos por la rectificación. Su comportamiento puede compararse con un depósito que recibe energía cuando la tensión rectificada aumenta y la entrega cuando esa tensión disminuye. De esta manera contribuye a estabilizar el bus de corriente continua. Los capacitores de filtrado de alta tensión son componentes críticos en equipos Inverter. Su capacidad, tensión nominal y estado físico deben respetarse al realizar un reemplazo.

Además de la inspección visual, el técnico debe considerar que un capacitor puede degradarse sin presentar deformación evidente. Su ubicación después del puente rectificador también lo convierte en un punto útil para verificar la presencia del bus DC.

En este tema

Almacenamiento de energía	Comportamiento ante la corriente alterna
Carga, descarga y cruce por cero	Función dentro del circuito

Desarrollo técnico

Almacenamiento de energía

Un capacitor está formado por dos superficies conductoras separadas por un material aislante. Cuando se aplica tensión, acumula cargas opuestas en sus placas y almacena energía. Puede imaginarse como un depósito que recibe agua mientras existe suministro y conserva una reserva para entregarla cuando el caudal de entrada disminuye.

Comportamiento ante la corriente alterna

Frente a una corriente alterna, el capacitor se carga, se descarga y vuelve a cargarse con la polaridad opuesta. Ese comportamiento depende de la frecuencia y de su capacidad. En circuitos de alimentación se aprovecha para sostener la tensión entre pulsos; en otras zonas puede utilizarse para acoplar señales, temporizar o filtrar interferencias.

Carga, descarga y cruce por cero

Durante la carga, los electrones se acumulan en una de las placas; durante la descarga, esa energía vuelve al circuito. Cuando la tensión alterna cruza por cero, el capacitor puede sostener momentáneamente la alimentación. La rapidez con la que se carga y se descarga depende de su capacidad, de la resistencia del recorrido y de la frecuencia de la señal.

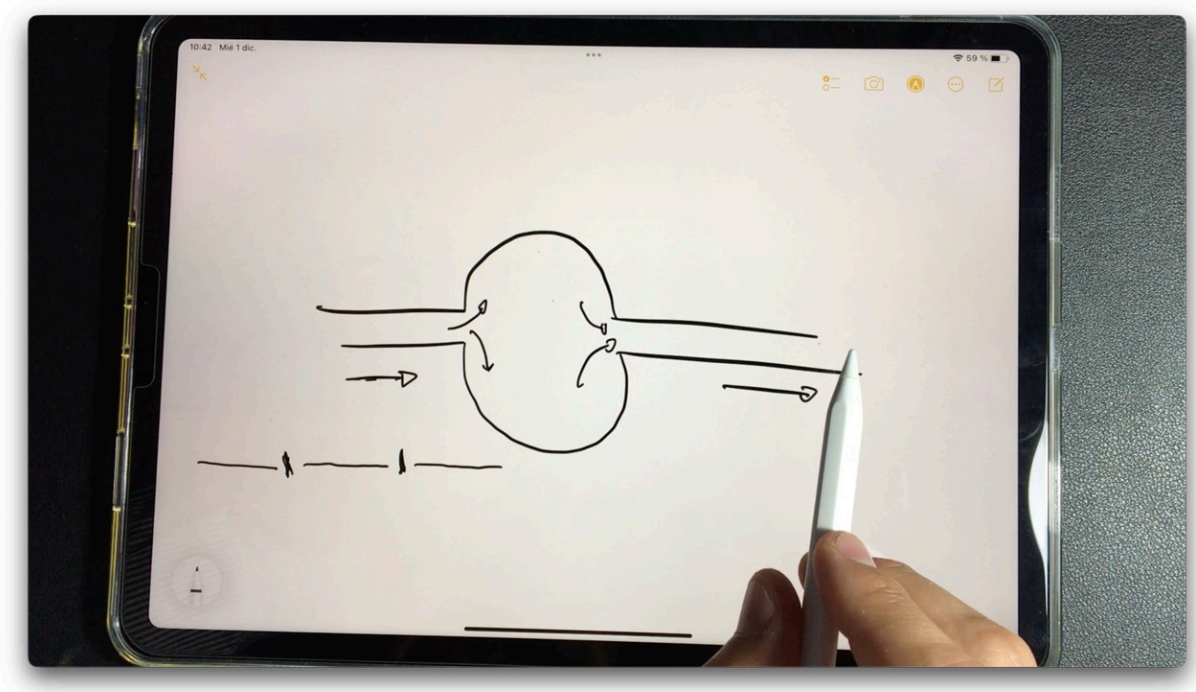

Figura 12. Funcionamiento del capacitor

Función dentro del circuito

Dentro del circuito, un capacitor puede estabilizar una alimentación, acoplar una señal o reducir interferencias. La capacidad se expresa en faradios y normalmente se utilizan microfaradios o nanofaradios. En los electrolíticos se debe respetar la polaridad y la tensión nominal. Un componente puede degradarse sin deformación visible, por lo que la medición debe relacionarse con su función real.

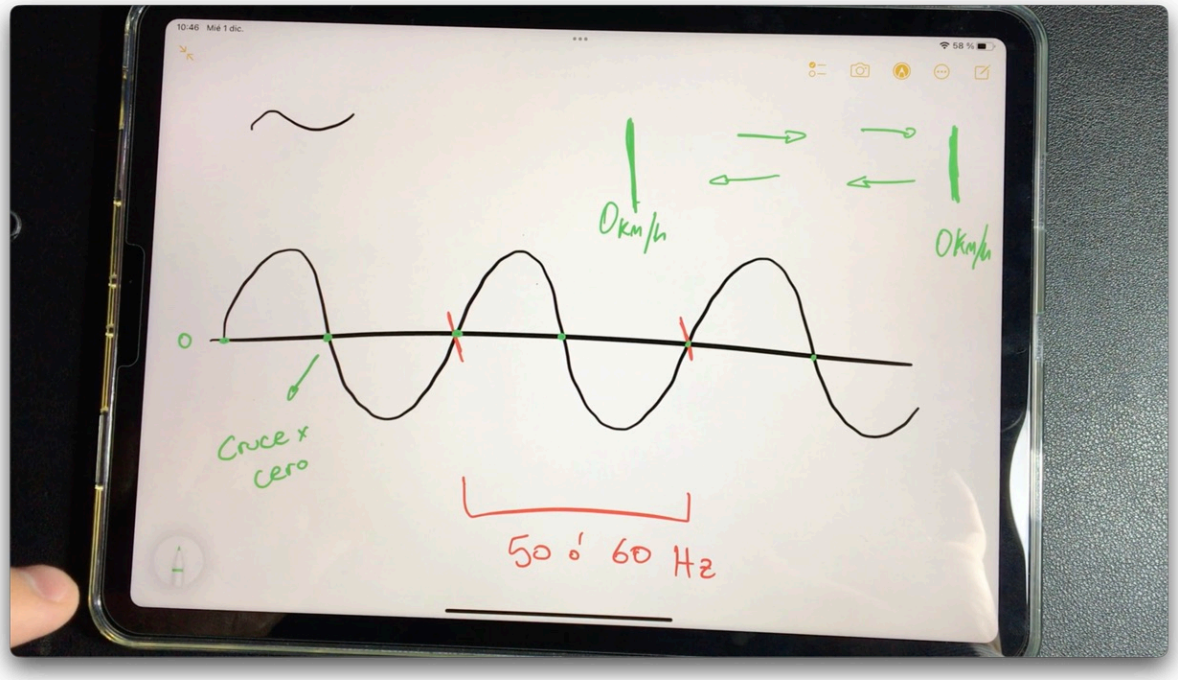

Figura 13. Cruce por cero

PUNTO TÉCNICO ICIA
Los capacitores del bus pueden conservar una carga peligrosa aun después de desconectar el equipo. La descarga y la verificación de tensión son pasos obligatorios antes de intervenir.

ERROR COMÚN
Considerar que un capacitor está descargado sólo porque se desconectó la alimentación expone al técnico y al instrumento a la energía almacenada.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.6

1.6 Capacitor de filtro

Después del puente rectificador, la tensión presenta una forma pulsante. Los capacitores de filtrado se cargan cerca de los máximos de la onda rectificada y suministran energía entre esos máximos, disminuyendo la ondulación. En una alimentación de 220 V AC, el valor de continua observado en el bus puede situarse aproximadamente en el orden de los 300 V, dependiendo de la red y de la arquitectura concreta de la placa. Esta etapa es especialmente importante porque alimenta los circuitos de potencia posteriores. Una caída anormal en el bus puede relacionarse con problemas de entrada, rectificación, filtrado, PFC o carga excesiva. El diagnóstico debe seguir el recorrido y no atribuir automáticamente el problema a un único componente.

En este tema

Filtrado posterior a la rectificación	Capacidad y polaridad
Medición del capacitor	Comportamiento dentro de una fuente inverter

Desarrollo técnico

Filtrado posterior a la rectificación

Después de la rectificación, la tensión cae hacia cero entre un pulso y el siguiente. Sin almacenamiento, un circuito electrónico perdería su alimentación cien o ciento veinte veces por segundo. El capacitor de filtro se carga cerca de los máximos y entrega energía durante esos intervalos, manteniendo el bus de continua por encima de cero.

Capacidad y polaridad

Los capacitores electrolíticos poseen polaridad definida. La franja del cuerpo indica el negativo y la placa suele marcar su orientación. Instalarlos invertidos puede causar calentamiento, ruptura o explosión. La abertura de seguridad de la parte superior dirige una eventual liberación de presión, pero no elimina el riesgo; durante el trabajo es necesaria protección ocular.

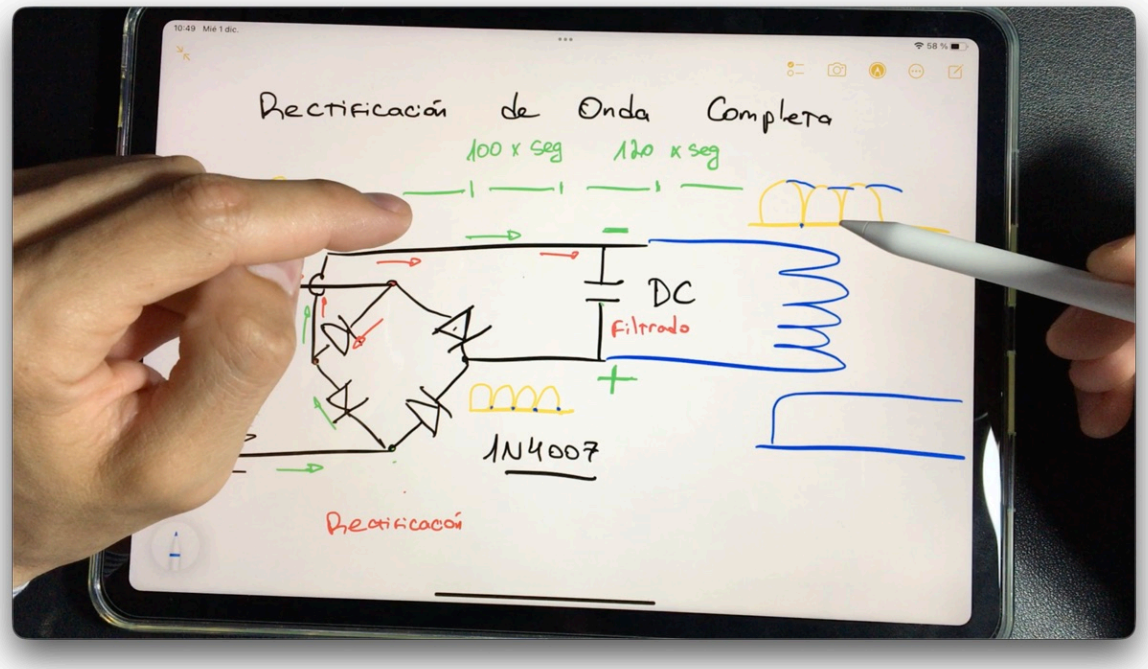

Figura 14. Rectificación y capacitor de filtro

Medición del capacitor

Para medir capacidad se desconecta la alimentación, se verifica la descarga y, cuando sea necesario, se aísla al menos un terminal del componente. En placa, otros elementos conectados pueden alterar la lectura. Además del valor capacitivo deben respetarse la tensión nominal, la temperatura, el tipo de capacitor y las condiciones de trabajo del circuito.

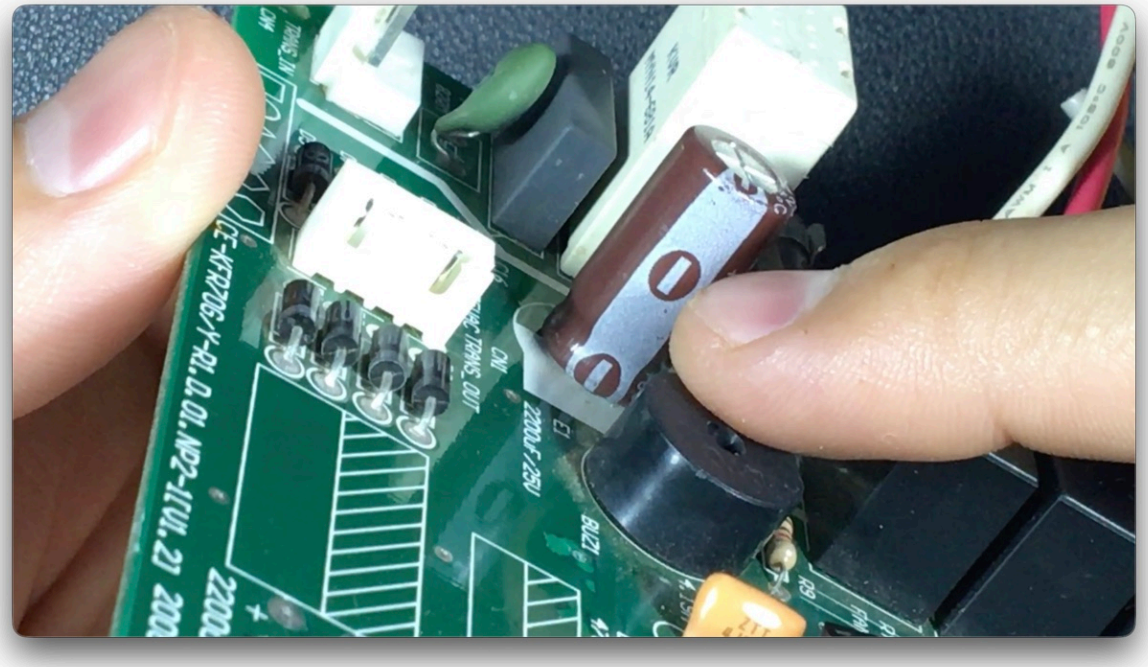

Figura 15. Polaridad del capacitor electrolítico

Comportamiento dentro de una fuente inverter

Cuando el capacitor pierde capacidad, la ondulación aumenta y la tensión puede caer lo suficiente para reiniciar microprocesadores o provocar intentos repetidos de arranque. Un equipo que emite el sonido inicial pero se reinicia al intentar encender puede presentar un problema de filtrado, aunque deben verificarse también la entrada, la carga y las etapas anteriores.

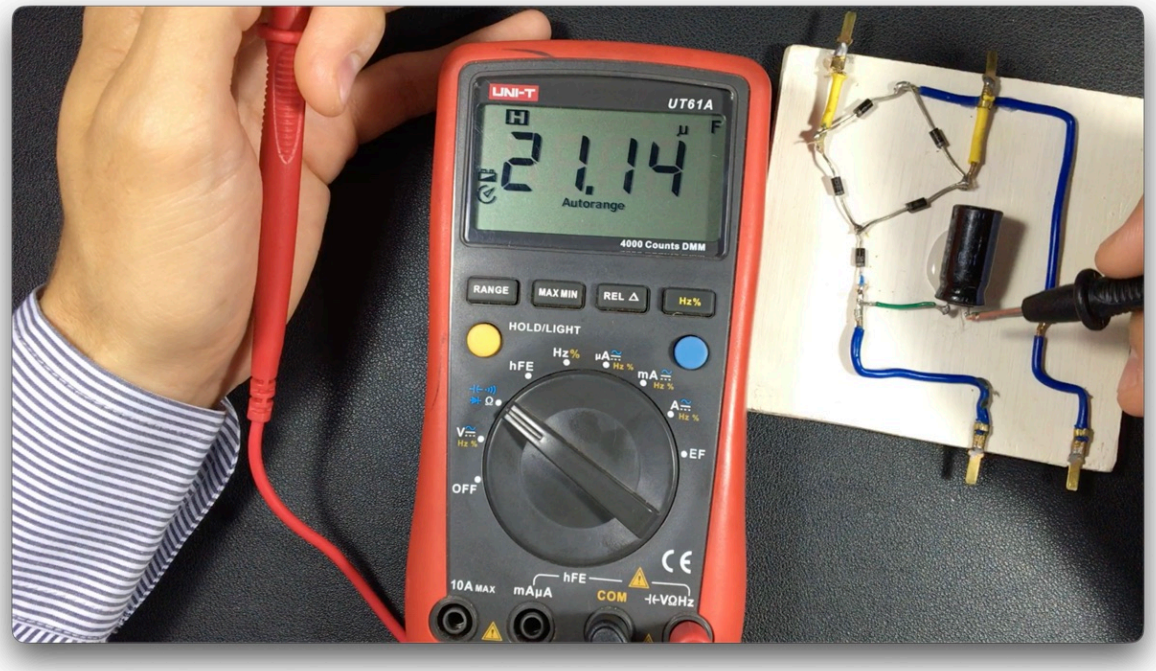

Figura 16. Medición de capacidad con el multímetro

PUNTO TÉCNICO ICIA
La medición del bus DC se realiza con el instrumento configurado para tensión continua y respetando las precauciones propias de tensiones elevadas.

ERROR COMÚN
Reemplazar un capacitor por otro de capacidad, tensión o tecnología aproximadas puede aumentar el rizado y provocar nuevas fallas.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.7

1.7 Puente rectificador encapsulado

En muchas placas Inverter los cuatro diodos del rectificador se integran en un solo encapsulado. El componente suele identificar dos terminales de alterna y las salidas positiva y negativa. Internamente, sin embargo, conserva el mismo principio del puente de cuatro diodos. La comprobación con multímetro consiste en reconstruir eléctricamente esas uniones y verificar que cada trayecto presente conducción en una polaridad y bloqueo en la contraria. La lectura debe interpretarse con conocimiento de la conexión interna, ya que invertir el orden de las puntas cambia el diodo que se está evaluando. Identificar correctamente sus terminales evita confundir una medición normal con una supuesta avería.

En este tema

Construcción del rectificador encapsulado	Identificación de terminales
Comprobación interna	Aplicación en placas inverter

Desarrollo técnico

Construcción del rectificador encapsulado

El puente encapsulado integra los cuatro diodos de rectificación dentro de una sola pieza. Dos terminales reciben la corriente alterna y los otros corresponden al positivo y al negativo del bus. La serigrafía del cuerpo o el seguimiento de las pistas permite reconocer cada función antes de medir.

Identificación de terminales

La comprobación reconstruye los trayectos internos del puente. Desde cada entrada de alterna debe existir un diodo hacia la salida positiva y otro trayecto desde la salida negativa hacia esa entrada. Al invertir las puntas se verifica el bloqueo. De esta manera se evalúan los cuatro diodos sin abrir el encapsulado.

Comprobación interna

Estos componentes manejan corrientes mayores que un diodo pequeño y pueden instalarse junto a un disipador. La presencia de calor o de un montaje robusto no modifica su principio de funcionamiento. Una lectura anormal debe confirmarse considerando los componentes conectados alrededor y, si es necesario, aislando el puente.

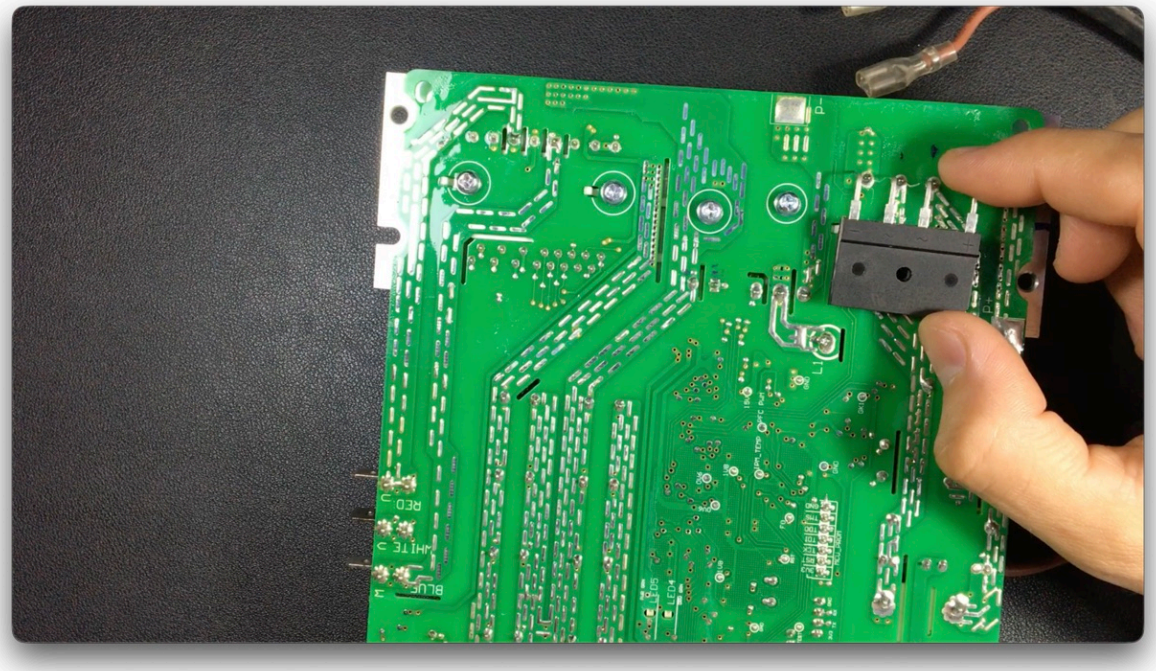

Figura 17. Ubicación del rectificador encapsulado

Aplicación en placas inverter

En muchas unidades exteriores el puente se encuentra en una zona accesible de la placa. Conocer su distribución permite comprobarlo sin desmontar todo el equipo y seguir rápidamente el recorrido desde la entrada de red hasta el capacitor principal del bus DC.



Figura 18. Medición del rectificador

PUNTO TÉCNICO ICIA
Antes de medir, conviene identificar en la serigrafía o en las pistas cuáles son AC, + y -. Esa referencia simplifica toda la prueba.

ERROR COMÚN
Medir el puente encapsulado sin identificar antes las entradas AC y las salidas positiva y negativa conduce a combinaciones de prueba incorrectas.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.8

1.8 Medición del puente rectificador en placa

La prueba del puente puede efectuarse sin retirarlo cuando el acceso a las pistas lo permite. En placas barnizadas es posible que la punta del multímetro no haga contacto inmediato con el metal, por lo que la ausencia de lectura debe diferenciarse de una verdadera apertura del componente. El procedimiento consiste en localizar la entrada de red y las pistas que se dirigen hacia el positivo y negativo del bus. Con el equipo desenergizado y los capacitores descargados se realizan las combinaciones de prueba de diodos correspondientes. Si aparece una lectura dudosa, la confirmación debe hacerse aislando el componente o verificando que no exista otro camino eléctrico que altere la medición.

En este tema

- Medición sobre una placa barnizada
- Búsqueda de puntos de contacto
- Comprobación del puente
- Diagnóstico sin desmontaje

Desarrollo técnico

Medición sobre una placa barnizada

La medición directa sobre una placa exige contacto eléctrico real. El barniz protector puede impedir que la punta alcance el cobre o el estaño y producir una falsa lectura de circuito abierto. Antes de interpretar el resultado se debe confirmar que la punta apoya sobre un punto conductor y estable.

Búsqueda de puntos de contacto

El procedimiento parte de identificar las entradas de alterna y las salidas positiva y negativa. Con el equipo desconectado y el bus descargado se realizan las combinaciones equivalentes a la prueba del puente fuera de placa. Después se invierten las puntas para comprobar conducción y bloqueo en los dos sentidos.

Comprobación del puente

Pequeños orificios, soldaduras o terminales accesibles pueden utilizarse como puntos de medición. No conviene raspar indiscriminadamente el barniz ni dañar las pistas. Cuando es necesario abrir un punto de contacto, debe restaurarse la protección antes de entregar la placa.

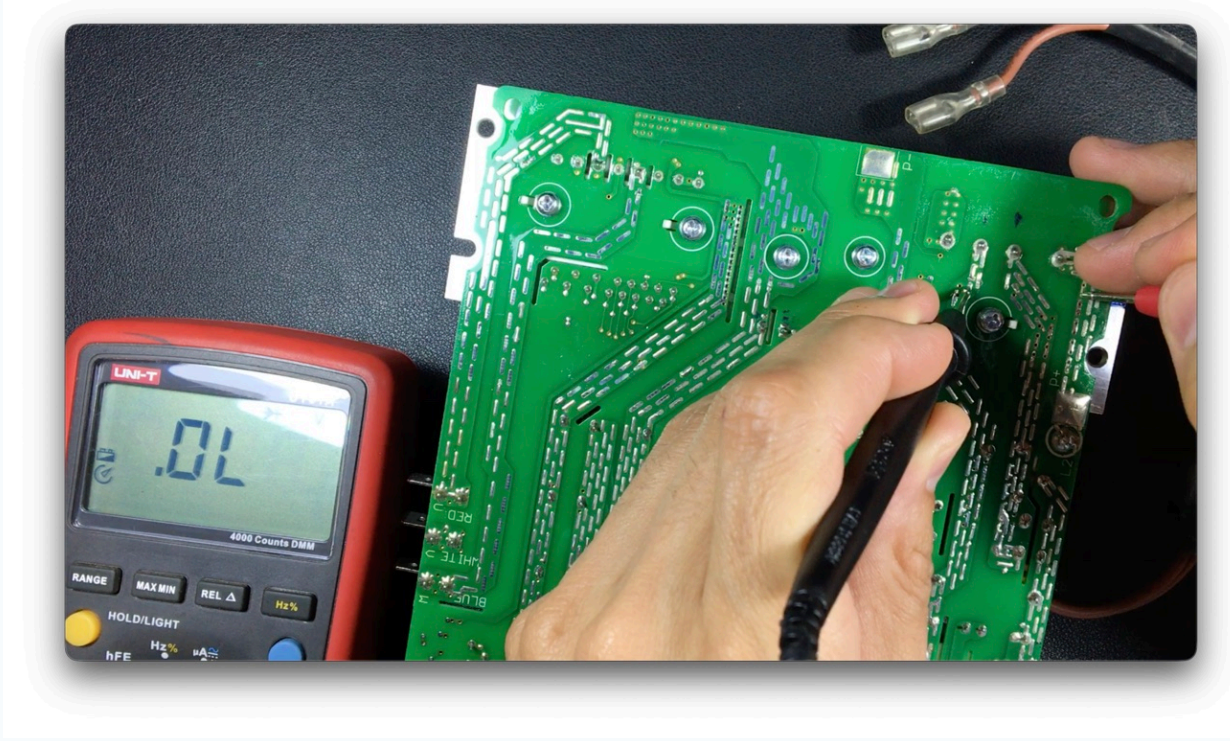

Figura 19. Puntos de medición en la placa

Diagnóstico sin desmontaje

Las lecturas en circuito pueden recibir influencia de capacitores, resistencias y semiconductores conectados al puente. Por eso una anomalía no debe considerarse definitiva hasta repetir la prueba, verificar el contacto y comparar los trayectos simétricos. Si persiste la duda, se aísla el componente.

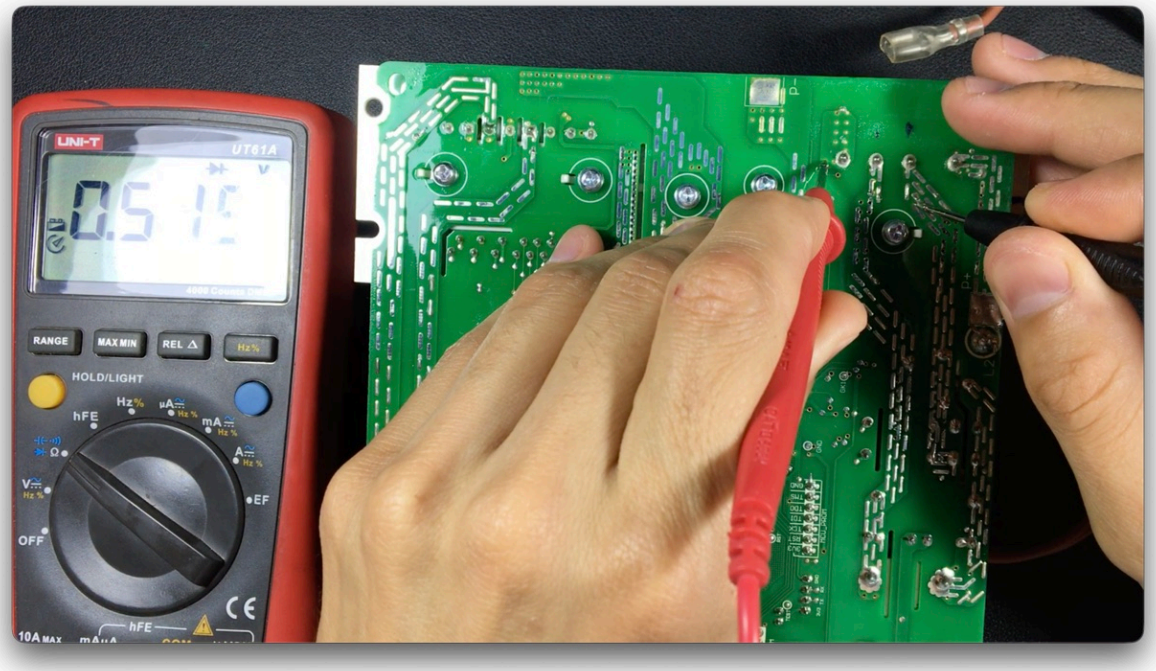

Figura 20. Comprobación del puente rectificador en placa

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una lectura inestable sobre barniz o suciedad no debe tomarse como diagnóstico. El contacto eléctrico de las puntas debe ser firme y seguro.

ERROR COMÚN
Interpretar una ausencia de lectura sobre barniz como componente abierto, sin confirmar el contacto eléctrico, puede condenar un puente en buen estado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.9

1.9 Representación de corriente alterna y continua

La representación gráfica permite diferenciar con claridad la corriente alterna de la continua. En AC, la señal cruza periódicamente la referencia de cero y cambia de polaridad. En DC, la polaridad se mantiene; si existe rizado, la tensión puede variar en amplitud sin invertir necesariamente su signo. Comprender estas formas de onda facilita la interpretación del osciloscopio. El técnico no debe limitarse al valor numérico de un multímetro: en determinadas etapas, la forma de la señal contiene información sobre rectificación, conmutación y control. Esta base será utilizada posteriormente al observar señales PWM, comunicación y salida hacia el compresor.

En este tema

Representación de la corriente alterna	Representación de la corriente continua
Rectificación y filtrado	Lectura de las formas de onda

Desarrollo técnico

Representación de la corriente alterna

La corriente alterna sinusoidal se representa mediante una curva que sube por encima de cero, regresa, cruza la referencia y continúa hacia la polaridad opuesta. La posición vertical indica tensión y el eje horizontal representa el tiempo. Cada ciclo completo contiene una alternancia positiva y otra negativa.

Representación de la corriente continua

La corriente continua ideal se representa como una línea ubicada de un solo lado de cero. Su valor puede ser constante o presentar variaciones, pero la polaridad no cambia. Esta diferencia permite reconocer si una etapa está entregando alterna, continua pulsante o continua filtrada.

Rectificación y filtrado

Después del puente rectificador, la alternancia que originalmente aparecía debajo de cero queda orientada hacia el mismo lado que la otra. Se obtiene una onda de frecuencia doble respecto de la red. El capacitor de filtro se carga en los máximos y sostiene la tensión durante los valles.

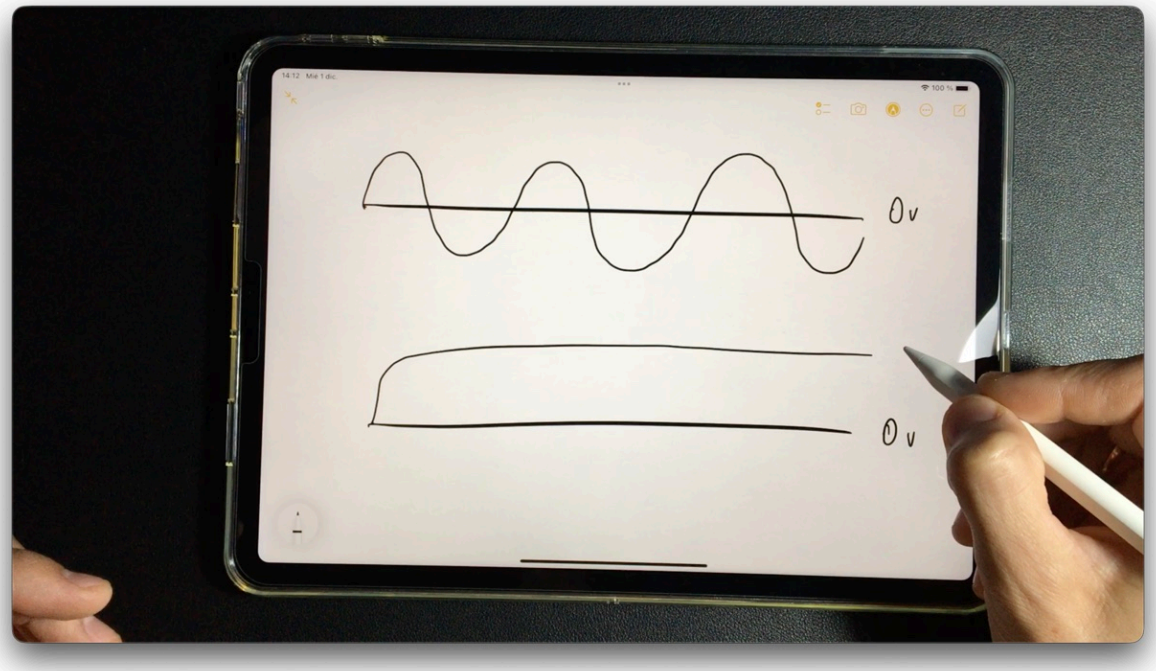

Figura 21. Corriente alterna y corriente continua

Lectura de las formas de onda

El multímetro resume estas señales en un valor numérico, mientras que el osciloscopio permite observar su forma. Mirar la forma de onda ayuda a detectar rizado excesivo, interrupciones, deformaciones o una rectificación incompleta que podrían pasar inadvertidas en una lectura promedio.

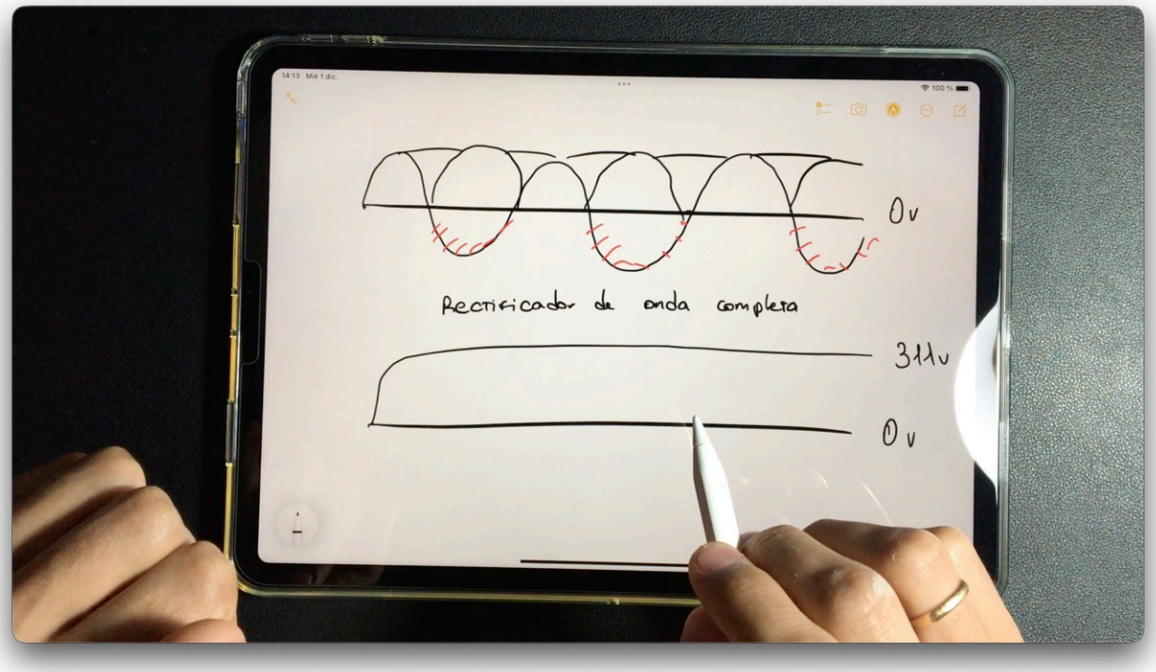

Figura 22. Rectificación de onda completa

PUNTO TÉCNICO ICIA
El multímetro resume una señal en un valor; el osciloscopio muestra cómo cambia ese valor a lo largo del tiempo.

ERROR COMÚN
Confundir una señal rectificada pulsante con una continua filtrada oculta la función del capacitor y dificulta interpretar el osciloscopio.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.10

1.10 Medición con multímetro y osciloscopio

En una señal alterna sinusoidal, el valor indicado habitualmente por la red corresponde a un valor eficaz y no al valor máximo instantáneo. Al observar la señal con osciloscopio se distinguen los picos positivo y negativo y puede comprenderse por qué, después de rectificar y filtrar, el bus DC alcanza un valor superior al valor eficaz de la red. El osciloscopio permite ajustar escala vertical, base de tiempo y atenuación de la punta para adaptar la señal a la pantalla. En circuitos de potencia es esencial respetar la tensión máxima del instrumento y de la sonda. Una configuración incorrecta puede producir una lectura engañosa o dañar el equipo de medición.

En este tema

Uso del osciloscopio	Valor RMS
Voltaje de pico	Voltaje pico a pico
Relación con la tecnología inverter	

Desarrollo técnico

Uso del osciloscopio

El osciloscopio permite observar la forma de una señal a través del tiempo. Para obtener una lectura útil se ajustan la escala vertical, la base de tiempo y la atenuación de la sonda. En tensiones elevadas se emplea habitualmente una sonda en ×10 y se confirma que el instrumento tenga configurada la misma relación. Antes de conectar la referencia se identifica la masa del circuito.

Valor RMS

El valor indicado para la red eléctrica es normalmente un valor eficaz o RMS. En una señal sinusoidal, este valor equivale al efecto energético que produciría una tensión continua del mismo nivel. No representa el máximo instantáneo alcanzado por la onda.

Voltaje de pico

El voltaje de pico se obtiene aproximadamente multiplicando el valor RMS por 1,414. Una red de 220 V RMS alcanza cerca de 311 V de pico; una red de 110 V alcanza aproximadamente 155 V. Después de rectificar y filtrar, el bus DC se aproxima al valor de pico, descontando caídas y condiciones reales de carga.



Figura 23. Osciloscopio utilizado para las mediciones

Voltaje pico a pico

El voltaje pico a pico mide la distancia entre el máximo positivo y el máximo negativo. Para una señal de 220 V RMS es de aproximadamente 622 V. Este dato no significa que el bus DC posea esa tensión: describe el recorrido total de la señal alterna antes de rectificar.

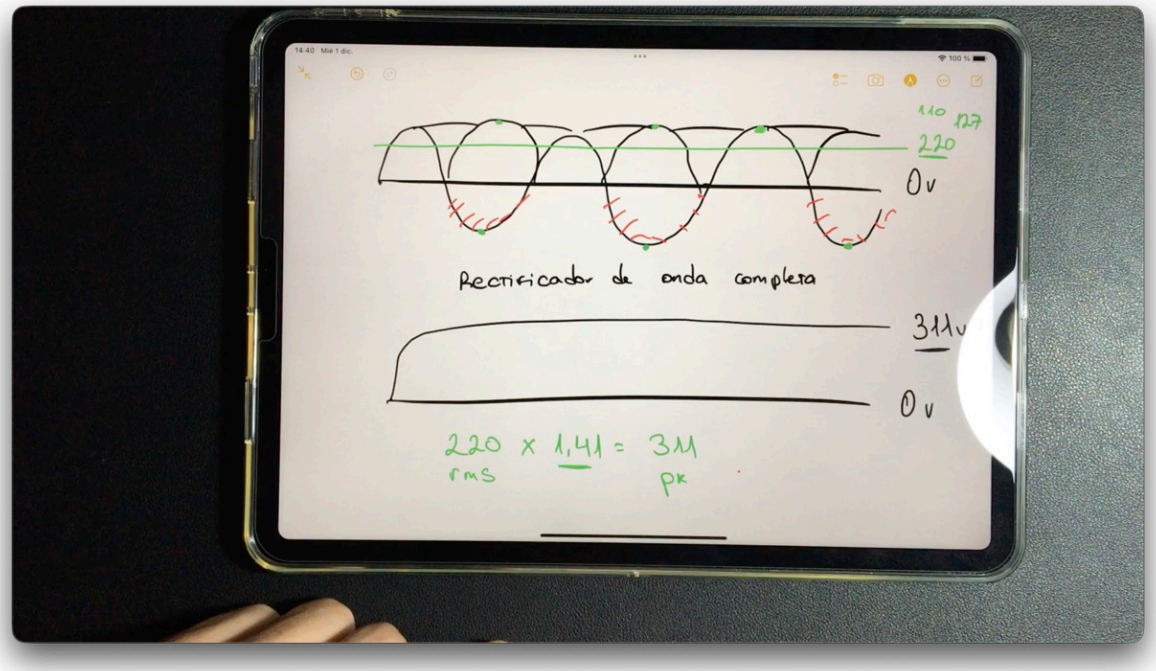

Figura 24. Voltaje RMS y voltaje de pico

Relación con la tecnología inverter

La relación entre RMS y pico explica por qué muchos compresores inverter se identifican con tensiones cercanas a 310 V DC aunque el equipo se alimente con 220 V AC. La etapa de potencia utiliza ese bus continuo para crear nuevamente una salida alterna controlada. Reconocer esta relación evita interpretar como sobretensión un valor normal del circuito.

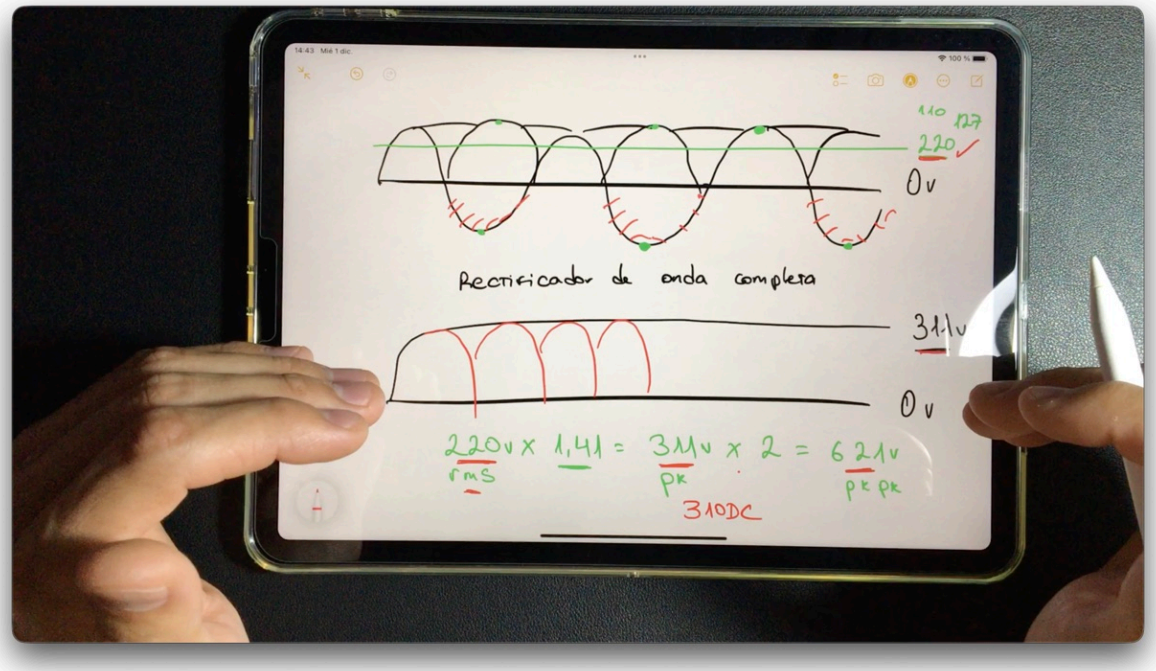

Figura 25. Voltaje de pico y pico a pico

PUNTO TÉCNICO ICIA
La atenuación configurada en la sonda y la seleccionada en el osciloscopio deben coincidir para que la amplitud indicada sea correcta.

ERROR COMÚN
Tomar 220 V RMS como valor máximo de la onda lleva a subestimar la tensión real del bus DC y los requisitos del instrumento de medición.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.11

1.11 Mediciones en un circuito de muestra

La medición práctica confirma la diferencia entre la tensión alterna de entrada y la tensión continua obtenida después de la rectificación. El procedimiento parte de seleccionar correctamente AC o DC en el multímetro y definir puntos de referencia seguros antes de apoyar las puntas. Con osciloscopio, además del valor aproximado puede observarse la forma de onda y relacionarla con la etapa del circuito. En mediciones sobre placas energizadas debe utilizarse protección ocular y evitar movimientos innecesarios alrededor del circuito. La técnica de medición debe planificarse antes de aplicar tensión para reducir riesgos y errores de interpretación.

En este tema

Circuito práctico de rectificación	Medición con multímetro
Observación con osciloscopio	Señal alterna y señal continua

Desarrollo técnico

Circuito práctico de rectificación

En el circuito de muestra, la primera comprobación se realiza sobre la entrada en corriente alterna. La medición observada es cercana a 213 V AC. Después del puente y del capacitor se selecciona corriente continua y se obtiene un valor cercano a 296 V DC, coherente con una red algo inferior a 220 V y con las condiciones del capacitor utilizado.

Medición con multímetro

La rectificación no crea energía ni funciona como un transformador elevador. El valor de continua se aproxima al pico de la alterna porque el capacitor conserva la tensión alcanzada en los máximos. La diferencia entre el cálculo ideal y la lectura real depende de la tensión de entrada, las caídas en los diodos, la carga y el estado del filtrado.

Observación con osciloscopio

Con el osciloscopio se observa primero la señal sinusoidal de entrada. Para medir tensiones elevadas se emplea una sonda atenuadora y se configura la relación correspondiente en el instrumento. Después del capacitor, la señal aparece como una línea continua con un pequeño rizado en lugar de una onda que cruza por cero.

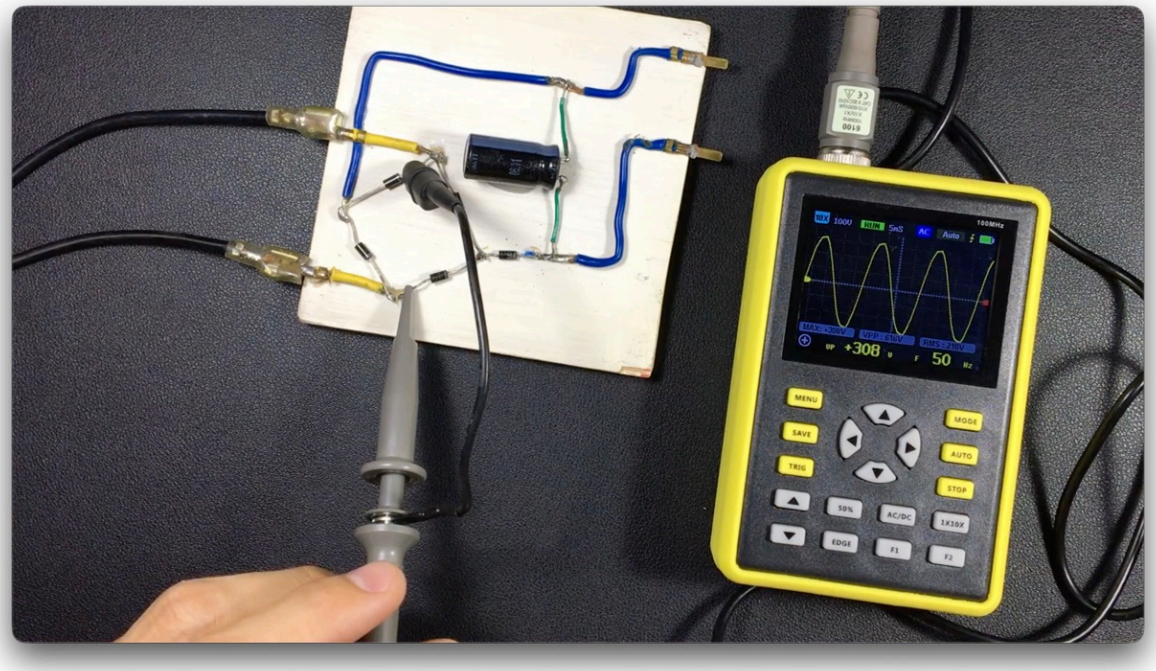

Figura 26. Señal alterna observada con el osciloscopio

Señal alterna y señal continua

Comparar las dos mediciones confirma la función de cada etapa. El multímetro aporta el valor aproximado y el osciloscopio muestra si la señal es alterna, pulsante o filtrada. Ambos instrumentos se complementan: ninguno sustituye la interpretación del circuito ni las precauciones necesarias al trabajar energizado.

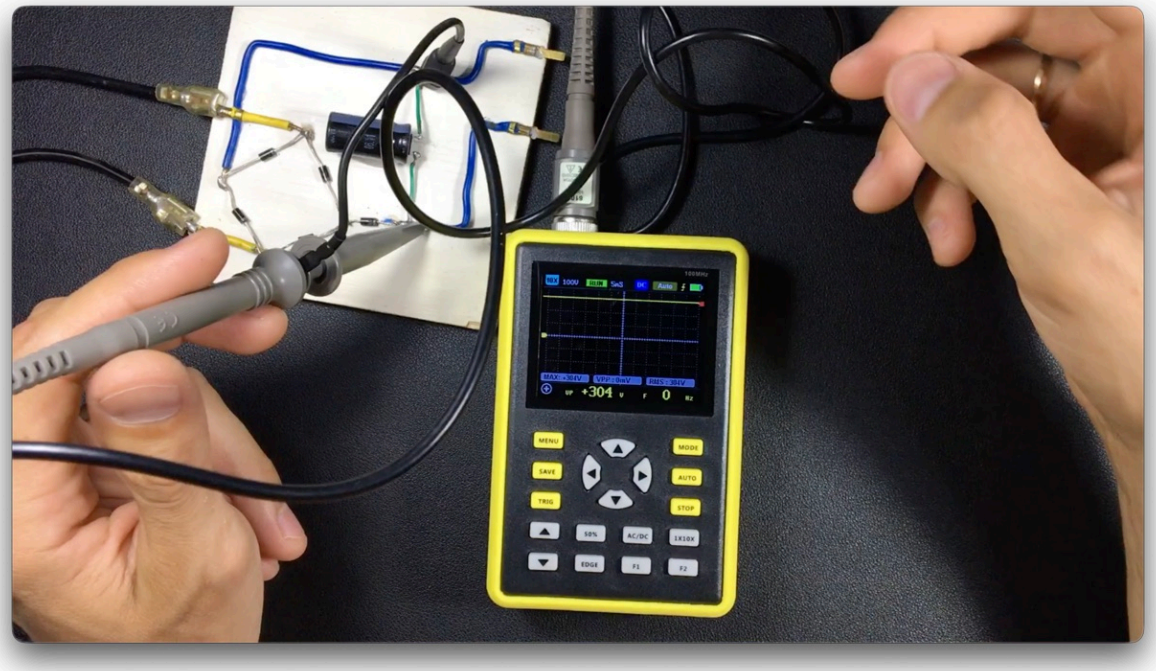

Figura 27. Corriente continua después del capacitor

PUNTO TÉCNICO ICIA
En placas energizadas, es preferible preparar los puntos de prueba con el equipo desconectado y aplicar tensión sólo cuando las conexiones sean seguras.

ERROR COMÚN
Improvisar conexiones con la placa energizada aumenta el riesgo de cortocircuito; los puntos de prueba deben prepararse antes de aplicar tensión.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.12

1.12 Quinto diodo y detección de cruce por cero

Algunas placas incorporan un diodo adicional asociado a la detección de la señal de red. Su función no es reemplazar al puente principal, sino proporcionar una referencia que permita observar el comportamiento de la alterna sin quedar completamente suavizada por el capacitor del bus. Esa información puede utilizarse para detectar el paso de la onda por cero y sincronizar determinadas funciones de control. El concepto es importante porque demuestra que una misma placa puede necesitar tanto una alimentación DC estable como una muestra de la red original para que el microcontrolador conozca su fase o sincronismo.

En este tema

- Función del quinto diodo
- Señal rectificada sin filtrar
- Detección del cruce por cero
- Frecuencia después de la rectificación

Desarrollo técnico

Función del quinto diodo

El denominado quinto diodo toma una muestra de la señal rectificada antes de que el capacitor principal elimine sus variaciones. Ese punto conserva pulsos que descienden periódicamente hacia cero y permite que la electrónica de control conozca el momento en que la red cruza la referencia.

Señal rectificada sin filtrar

Antes del capacitor principal, la señal rectificada conserva pulsos orientados hacia una sola polaridad. A diferencia del bus filtrado, desciende periódicamente hacia cero y mantiene visible la relación con la red. El osciloscopio permite comparar ambos puntos y reconocer el efecto del capacitor.

Detección del cruce por cero

La información de cruce por cero puede utilizarse para sincronizar controles, temporizar la activación de componentes o analizar funciones como corrección del factor de potencia. No se trata de una alimentación adicional, sino de una señal de referencia obtenida del comportamiento de la red.

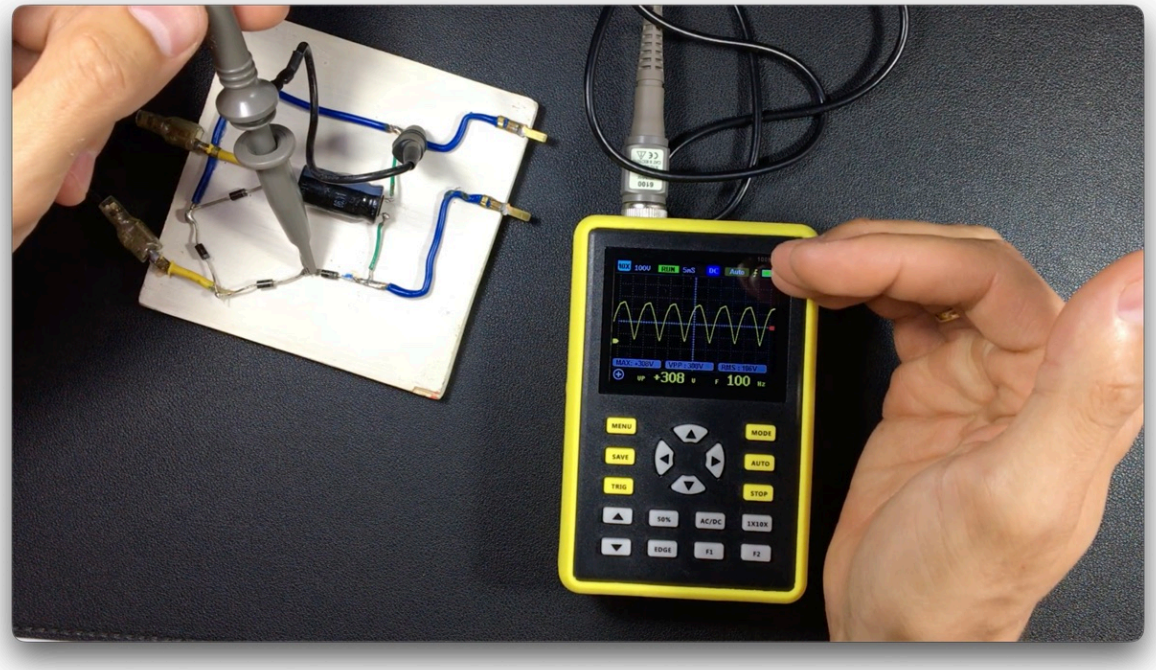

Figura 28. Señal rectificada sin filtrar

Frecuencia después de la rectificación

En una red de 50 Hz, la rectificación de onda completa produce cien pulsos por segundo; en 60 Hz produce ciento veinte. Para diagnosticar este punto se debe conocer su referencia eléctrica. La ausencia de pulsos puede originarse en el diodo, en la pista, en componentes asociados o en la propia entrada de red.



Figura 29. Frecuencia y cruces por cero

PUNTO TÉCNICO ICIA
No debe confundirse la muestra de cruce por cero con la alimentación principal del circuito: ambas provienen de la red, pero cumplen funciones diferentes.

ERROR COMÚN
Confundir la muestra de cruce por cero con una alimentación continua estable puede llevar a medir con una referencia o escala incorrectas.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.13

1.13 Seguridad al trabajar con capacitores

Los capacitores de alta tensión pueden conservar energía después de desconectar el equipo. Por esta razón, una placa aparentemente desenergizada puede mantener un potencial capaz de producir descarga eléctrica o dañar instrumentos y componentes. Antes de manipular la zona de potencia debe verificarse la tensión residual con un multímetro y aplicar un método de descarga controlado. La energía almacenada puede permanecer presente aun después de desconectar el equipo; en trabajo profesional la descarga debe realizarse de forma segura y sin improvisaciones que provoquen chispas, daños en pistas o esfuerzos innecesarios sobre el capacitor.

En este tema

Energía almacenada	Riesgo después de desconectar
Demostración de descarga	Precauciones de seguridad

Desarrollo técnico

Energía almacenada

Un capacitor conserva energía mientras mantiene una diferencia de potencial entre sus terminales. Desconectar la red detiene el suministro, pero no elimina instantáneamente esa carga. En capacitores grandes del bus DC, la tensión residual puede permanecer durante un tiempo y resultar peligrosa para la persona, el instrumento o la placa.

Riesgo después de desconectar

La demostración con un capacitor pequeño muestra que un cortocircuito puede producir una chispa y dejar una marca en el metal. Esa prueba sirve para visualizar la energía almacenada, pero no debe utilizarse como procedimiento habitual de descarga. Un cortocircuito brusco puede dañar terminales, pistas y el propio capacitor.

Demostración de descarga

El método profesional consiste en medir primero la tensión residual y descargar mediante un elemento resistivo adecuado, dimensionado para la energía y la tensión presentes. Después se vuelve a medir para confirmar que el valor descendió a un nivel seguro. Nunca se asume que el capacitor está descargado solamente porque el equipo lleva un tiempo desconectado.

Precauciones de seguridad

La intervención debe realizarse con protección personal, puntas aisladas y conocimiento de la referencia eléctrica. Los capacitores de mayor tamaño pueden almacenar una energía considerable. Si no se conoce el circuito o el procedimiento apropiado, no debe improvisarse una descarga.

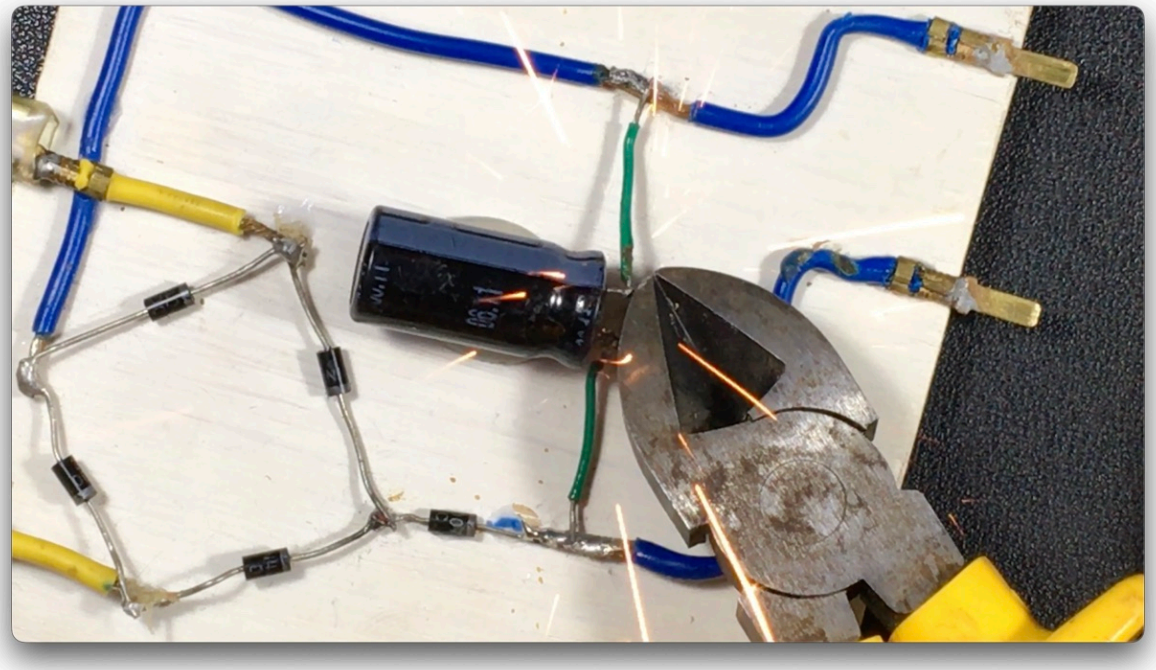

Figura 30. Energía almacenada en el capacitor

PUNTO TÉCNICO ICIA
La ausencia de alimentación de red no garantiza ausencia de tensión en el bus DC. Siempre debe medirse antes de tocar.

ERROR COMÚN
Descargar el capacitor mediante un cortocircuito directo produce chispas y esfuerzos elevados; la descarga profesional debe ser controlada.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.14

1.14 Zona de fuente y zona de control

Una placa electrónica puede analizarse separando funcionalmente la zona de alimentación de la zona de control. La fuente recibe la energía de red, la protege, la filtra y genera los niveles de tensión requeridos por los circuitos electrónicos. La zona de control utiliza esas tensiones para procesar sensores, órdenes, comunicaciones y salidas. Esta división no siempre aparece físicamente delimitada, pero resulta muy útil durante el diagnóstico. Si la fuente no entrega los niveles básicos, el microprocesador y los periféricos no podrán operar correctamente. Por el contrario, cuando las alimentaciones están presentes, la investigación puede avanzar hacia señales, sensores y actuadores.

En este tema

División funcional de la placa	Zona de fuente
Zona de control	Recorrido de la alimentación

Desarrollo técnico

División funcional de la placa

La zona de fuente prepara la energía que utilizará toda la placa. Incluye la entrada de red, las protecciones, los filtros y las etapas que reducen, rectifican o regulan la tensión. Al trabajar directamente con la alimentación es una zona más expuesta a sobretensiones, calentamiento y fallas de componentes de potencia.

Zona de fuente

La zona de control recibe tensiones ya acondicionadas y las utiliza para alimentar el microprocesador, leer sensores, gestionar comunicaciones y ordenar actuadores. Sus componentes suelen trabajar con niveles más bajos y son más sensibles a alimentaciones incorrectas o a interferencias.

Zona de control

La separación entre ambas zonas es funcional y no siempre aparece dibujada sobre la placa. Puede identificarse siguiendo las pistas desde la entrada de línea y neutro. Los componentes grandes, el transformador, el puente y los capacitores suelen orientar la localización de la fuente.

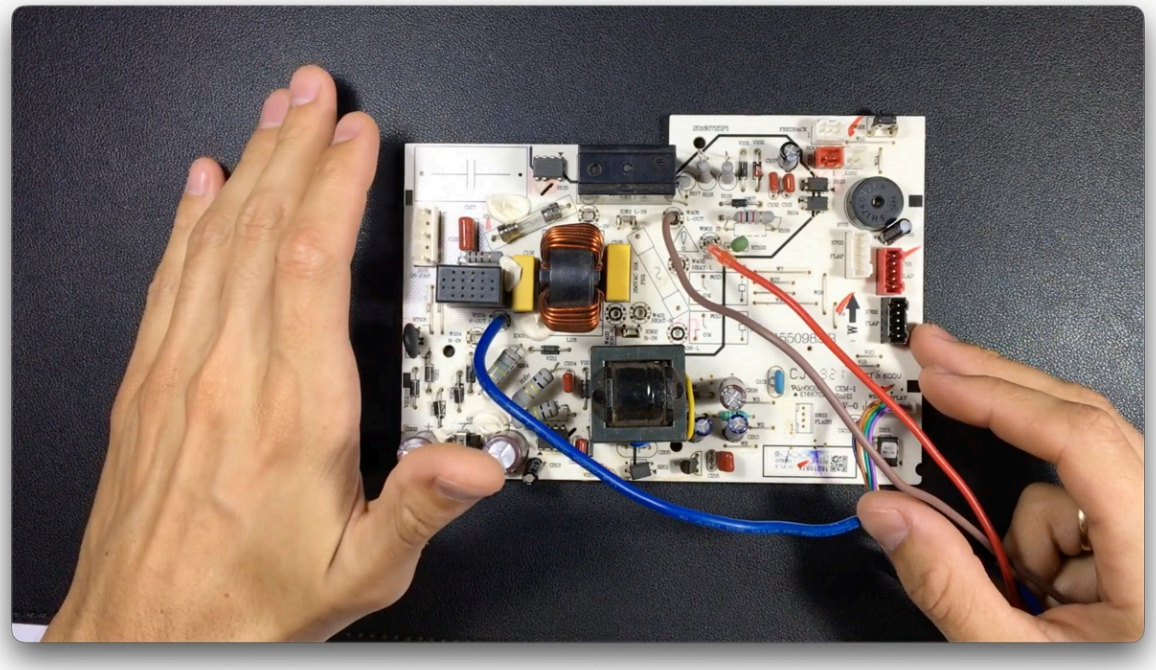

Figura 31. Zona de fuente y zona de control

Recorrido de la alimentación

Antes de buscar una falla lógica conviene confirmar que la fuente recibe energía y entrega sus tensiones. Si falta una alimentación básica, la zona de control no podrá iniciar. Este orden evita interpretar como una avería del microprocesador lo que en realidad es una interrupción anterior.

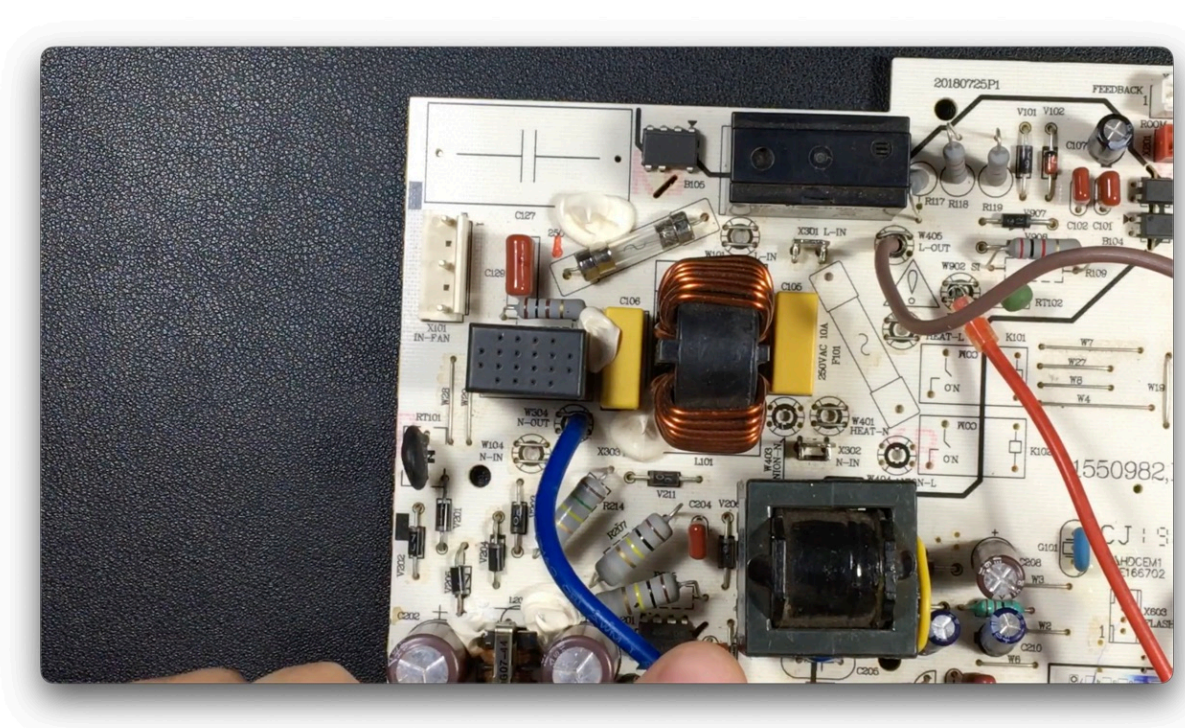

Figura 32. Entrada de línea y neutro

PUNTO TÉCNICO ICIA
Antes de diagnosticar lógica o software, debe confirmarse que la placa recibe y genera correctamente sus tensiones de alimentación.

ERROR COMÚN
Analizar componentes aislados sin identificar primero la zona de fuente y la zona de control puede hacer perder el recorrido lógico de la falla.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.15

1.15 Protección de entrada con varistor y fusible

El fusible se instala en serie con la alimentación y abre el circuito cuando la corriente supera su capacidad durante una falla. El varistor, por su parte, se conecta como protección frente a sobretensiones y cambia su comportamiento cuando la tensión excede el rango previsto. Ambos componentes se encuentran habitualmente cerca de la entrada de red. Un fusible abierto no debe sustituirse sin investigar la causa: puede haber un puente rectificador, un transistor, un varistor u otro elemento en cortocircuito. Del mismo modo, un varistor dañado puede evidenciar que la placa recibió una sobretensión. La reparación correcta incluye revisar la etapa completa y no sólo reemplazar el elemento visible.

En este tema

Protección en la entrada	Fusible
Varistor	Conexión en serie y en paralelo
Comprobaciones iniciales	

Desarrollo técnico

Protección en la entrada

La protección de entrada es la primera barrera entre la red eléctrica y los componentes de la placa. Allí se encuentran elementos preparados para interrumpir una sobrecorriente o limitar una sobretensión antes de que alcance el rectificador, la fuente y los circuitos de control. Cuando uno de ellos actúa, no debe considerarse una falla aislada: es una señal de que ocurrió una condición anormal que también debe localizarse.

Fusible

El fusible se conecta en serie con uno de los conductores de alimentación. En condiciones normales presenta continuidad; si la corriente supera su capacidad durante una falla, el elemento se abre e interrumpe el circuito. Un fusible abierto protege la placa, pero también indica que debe investigarse la causa antes de reemplazarlo. El repuesto debe respetar corriente, tensión, velocidad de actuación y capacidad de interrupción.

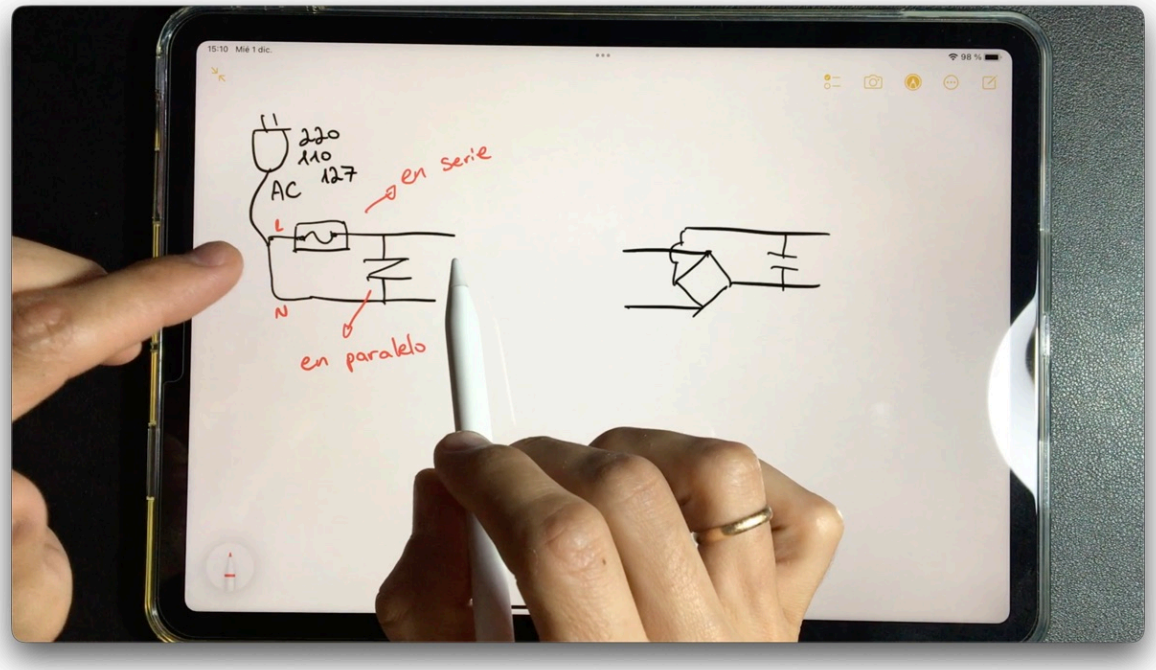

Figura 33. Circuito del fusible y el varistor

Varistor

El varistor se conecta en paralelo entre línea y neutro. A la tensión normal presenta una resistencia muy elevada. Cuando aparece una sobretensión, su resistencia disminuye y deriva una corriente intensa, haciendo actuar al fusible o limitando el pico. El valor impreso debe respetarse porque determina el nivel de actuación y no puede elegirse solamente por su tamaño físico.

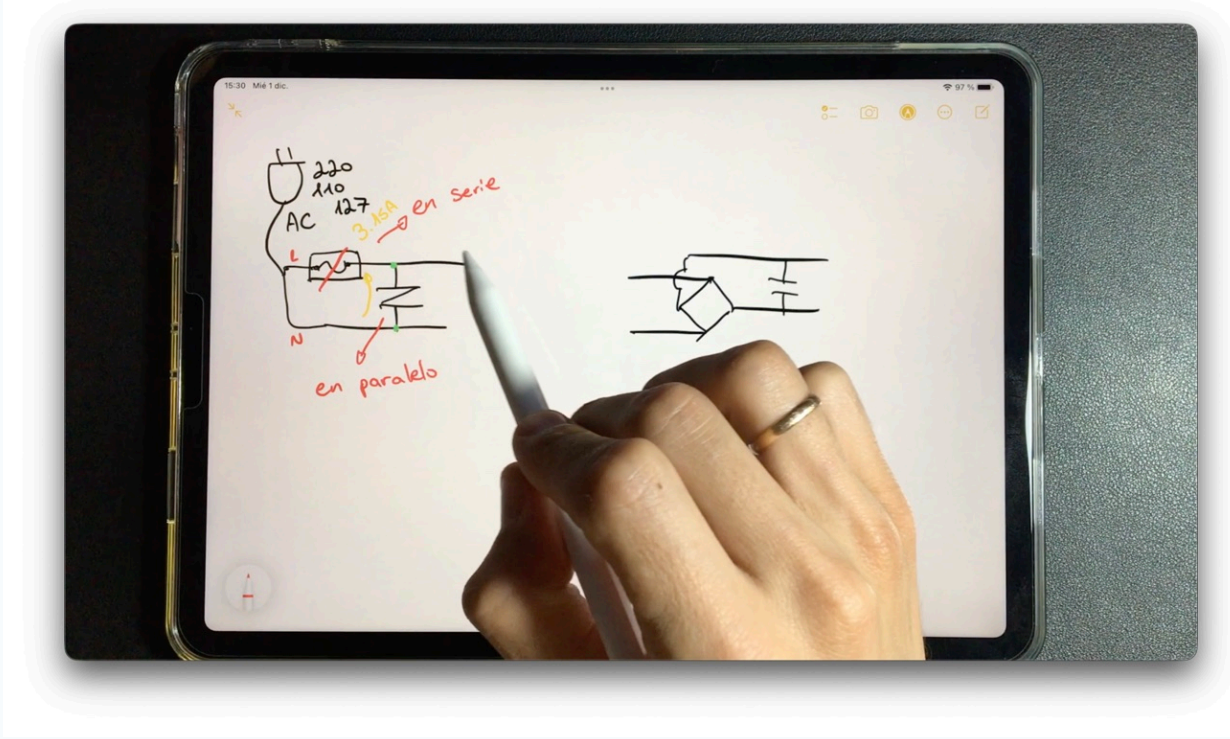

Figura 34. Funcionamiento ante una sobretensión

Conexión en serie y en paralelo

La forma de conexión ayuda a interpretar el síntoma. El fusible, al estar en serie, corta totalmente la alimentación cuando se abre. El varistor trabaja en paralelo: puede degradarse sin interrumpir de inmediato el circuito o quedar en cortocircuito y provocar la apertura del fusible. Esta diferencia explica por qué nunca se deben puentear las protecciones ni sustituirlas por componentes elegidos por aproximación.

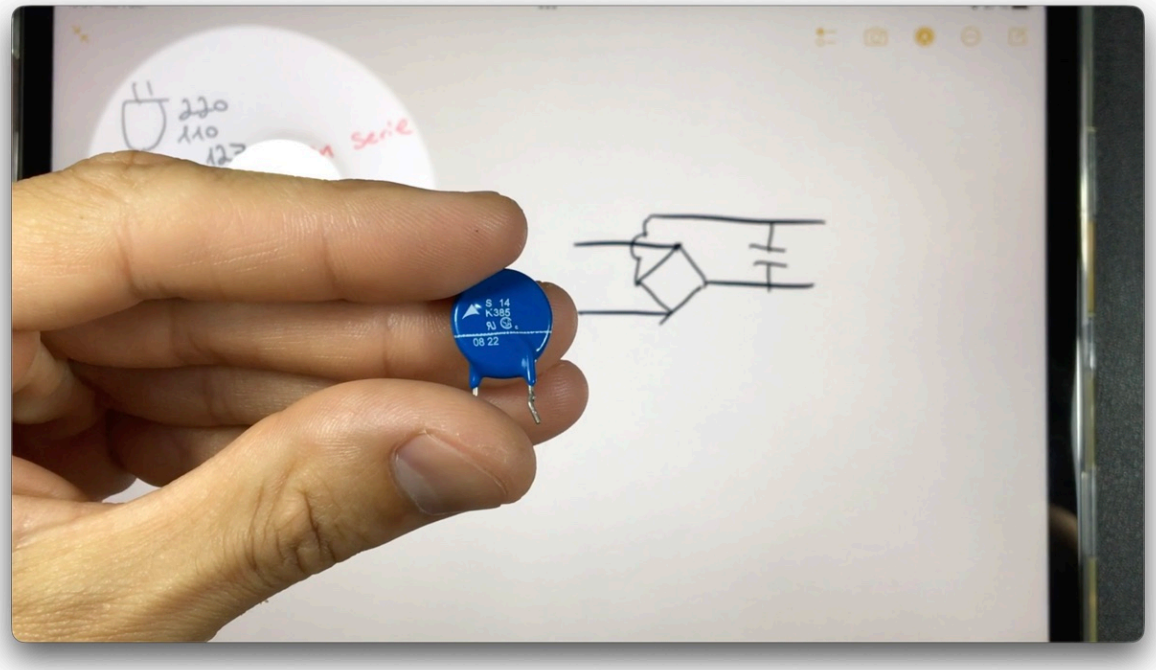

Figura 35. Varistor y nomenclatura impresa

Comprobaciones iniciales

Con el equipo desconectado se comprueba primero la continuidad del fusible y luego el estado visual y eléctrico del varistor. Este último debe mostrar circuito abierto o una resistencia muy alta; si está agrietado, quemado o en cortocircuito, requiere reemplazo. Antes de volver a energizar también se revisan el puente rectificador y los componentes asociados, porque pudieron recibir el mismo evento eléctrico.



Figura 36. Medición del varistor

PUNTO TÉCNICO ICIA
Un fusible abierto es un síntoma de interrupción; no constituye por sí mismo el diagnóstico de la causa original.

ERROR COMÚN
Reemplazar un fusible abierto y energizar nuevamente sin buscar el cortocircuito original puede provocar otra apertura o daños adicionales.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.16

1.16 Transformador

En una fuente convencional, el transformador permite obtener una tensión alterna menor a partir de la red. La relación entre los devanados determina el nivel de salida y proporciona una separación funcional entre etapas de alta y baja tensión en muchos diseños. Después de la reducción, la tensión secundaria puede rectificarse y filtrarse para alimentar la electrónica. El diagnóstico incluye comprobar continuidad de los devanados, presencia de tensión en el primario y salida esperada en el secundario. Una ausencia de salida puede originarse en el propio transformador o en una interrupción previa de la alimentación, por lo que la medición debe seguir un orden lógico.

En este tema

Transformación de tensión	Devanado primario y secundario
Medición de resistencia	Relación entre espiras y voltaje
Fusible térmico	

Desarrollo técnico

Transformación de tensión

El transformador funciona con una señal alterna que produce un campo magnético variable en el núcleo. Ese campo induce tensión en el devanado secundario. La relación entre la cantidad de espiras del primario y del secundario determina si la tensión se reduce o se eleva.

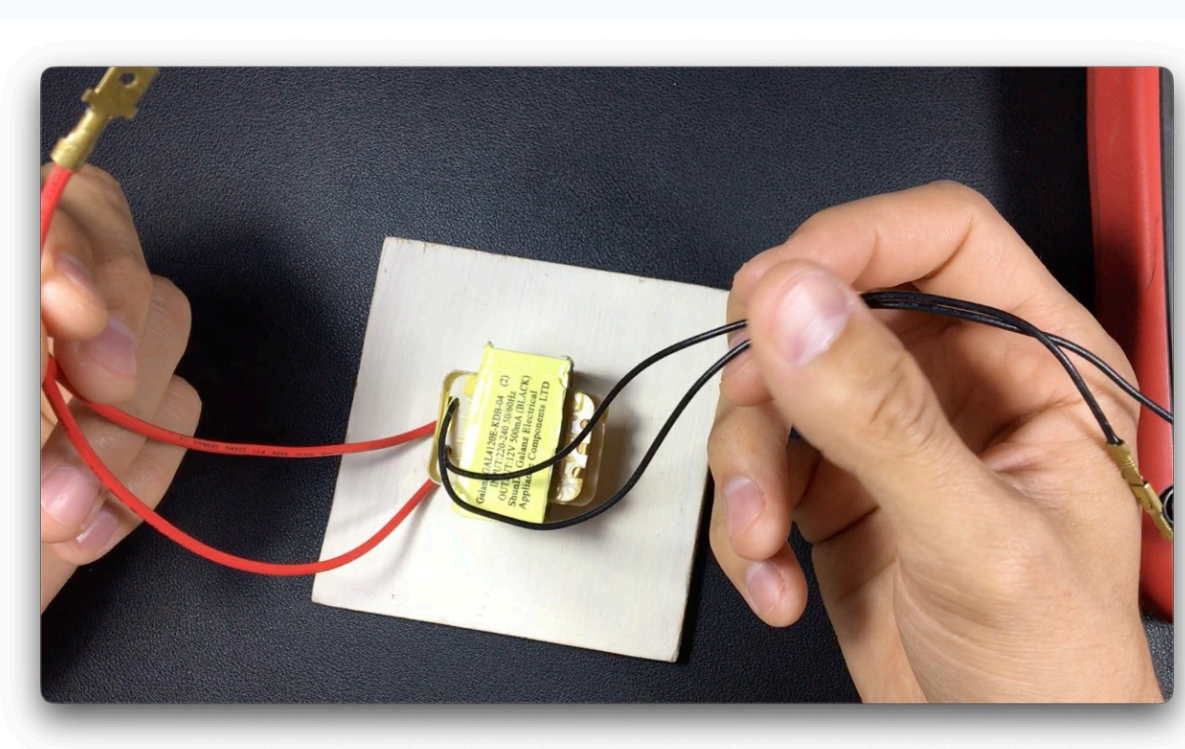

Figura 37. Devanados primario y secundario

Devanado primario y secundario

En una fuente convencional, el devanado primario suele conectarse a 220, 127 o 110 V AC y el secundario entrega una tensión menor, por ejemplo 12 V AC. Después esa salida se rectifica y filtra. El primario suele tener más espiras y un conductor más delgado; el secundario de baja tensión, que debe entregar mayor corriente, puede utilizar menos espiras y un alambre más grueso.

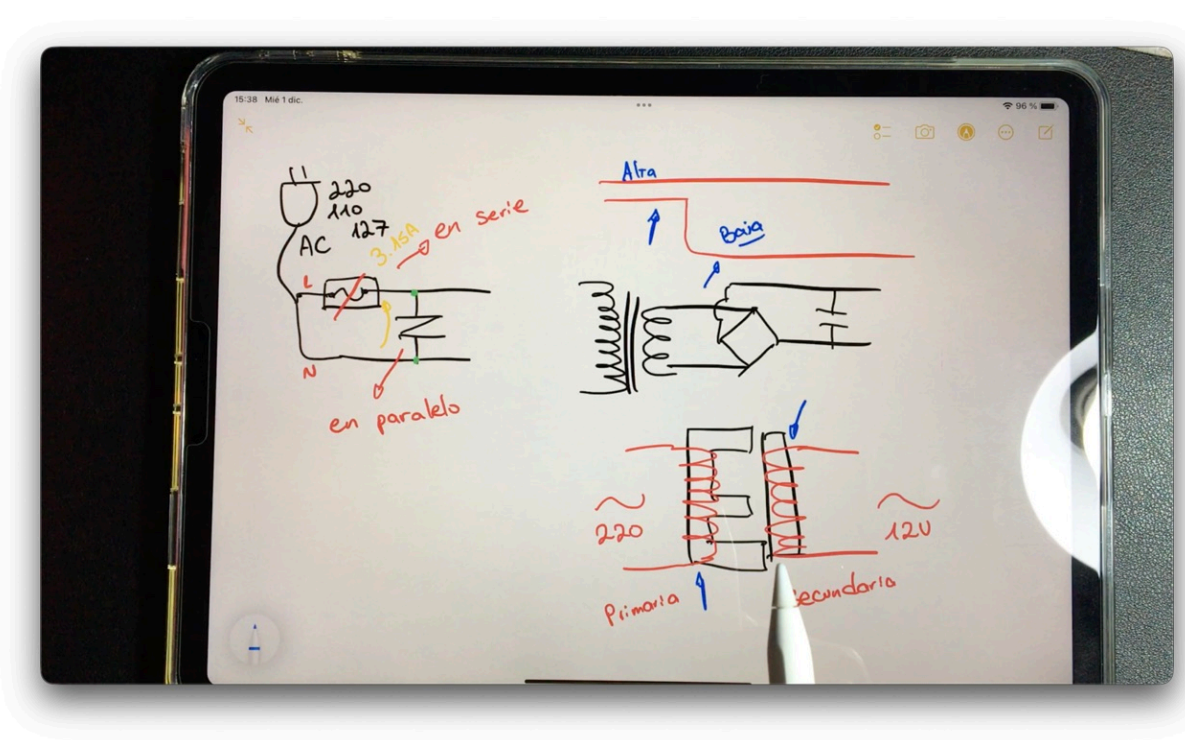

Figura 38. Estructura interna del transformador

Medición de resistencia

Con el transformador desconectado se comprueba continuidad y resistencia de ambos devanados. El primario puede presentar cientos de ohmios y el secundario una resistencia mucho menor. Una lectura abierta puede indicar un devanado interrumpido o un fusible térmico interno; una resistencia anormalmente baja debe interpretarse considerando el diseño.

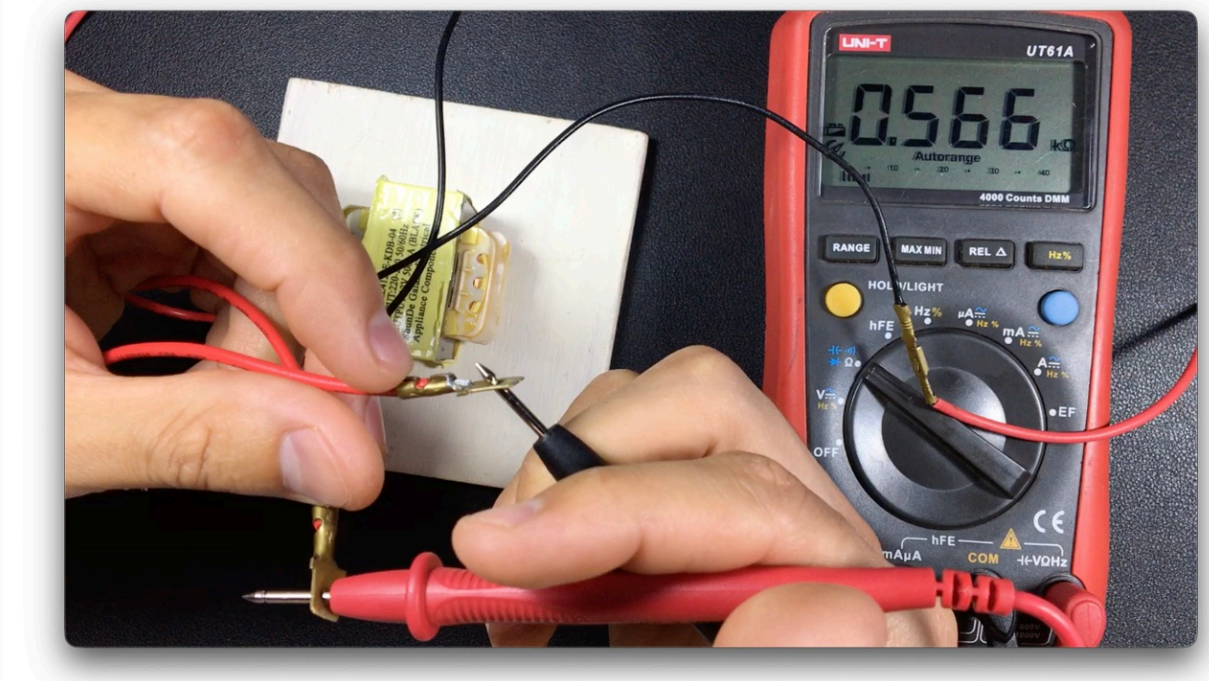

Figura 39. Medición del devanado primario

Relación entre espiras y voltaje

La relación entre espiras y tensión permite comprender por qué el secundario entrega un valor diferente al primario. Sin embargo, la ausencia de tensión secundaria no condena automáticamente al transformador: primero se confirma que el primario recibe alimentación. Si existe tensión de entrada y no aparece salida, se investigan los devanados y sus conexiones. Las mediciones energizadas exigen especial precaución por la presencia directa de la red.



Figura 40. Medición del devanado secundario

Fusible térmico

Algunos transformadores incorporan un fusible térmico en serie con el devanado primario. Si se abre por exceso de temperatura, el primario puede medirse como circuito abierto aunque el bobinado no esté quemado. La protección no debe puentearse sin criterio. Si se reemplaza el transformador, deben respetarse tensión primaria y secundaria, corriente disponible, potencia, aislamiento y distribución de terminales.

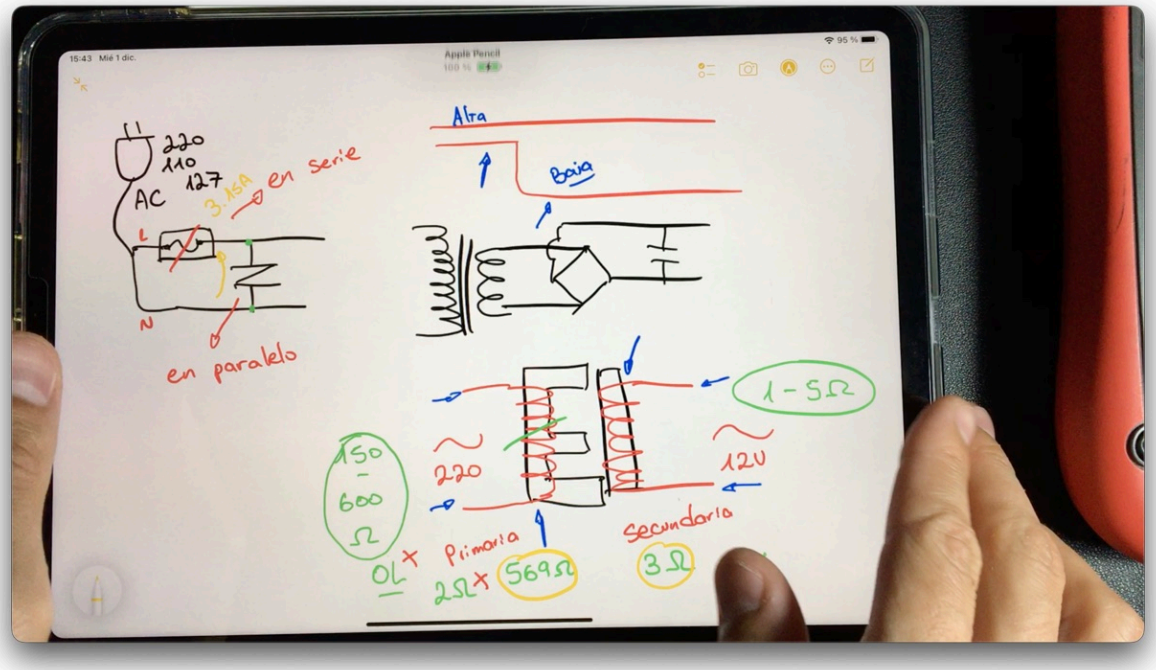

Figura 41. Valores de medición ante una falla

PUNTO TÉCNICO ICIA
Cuando falta tensión secundaria, primero se confirma que el primario realmente está siendo alimentado antes de condenar el transformador.

ERROR COMÚN
Condenar el transformador porque no hay tensión secundaria, sin comprobar antes la alimentación del primario, confunde una falla previa con una falla interna.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.17

1.17 Regulación de voltaje

Los circuitos electrónicos requieren tensiones relativamente estables. Después de rectificar y filtrar una tensión reducida, pueden utilizarse reguladores para obtener niveles adecuados para microcontroladores, sensores y otros componentes. Durante la comprobación es necesario identificar entrada, referencia y salida del regulador. Si existe tensión de entrada pero la salida es incorrecta, el regulador o la carga conectada pueden estar comprometidos. Si la entrada ya es insuficiente, la causa debe buscarse en la etapa anterior. Este criterio de separar entrada y salida se repetirá en todas las etapas de la placa.

En este tema

Regulación de tensión	Familia de reguladores 78xx
Terminales de entrada, masa y salida	Capacitores asociados
Medición en funcionamiento	

Desarrollo técnico

Regulación de tensión

La regulación es la etapa que mantiene una tensión continua estable aunque la entrada y el consumo presenten pequeñas variaciones. Su función es entregar a los circuitos electrónicos un valor adecuado y previsible. Sin esa estabilidad pueden aparecer reinicios, lecturas incorrectas de sensores o un funcionamiento intermitente de la placa.

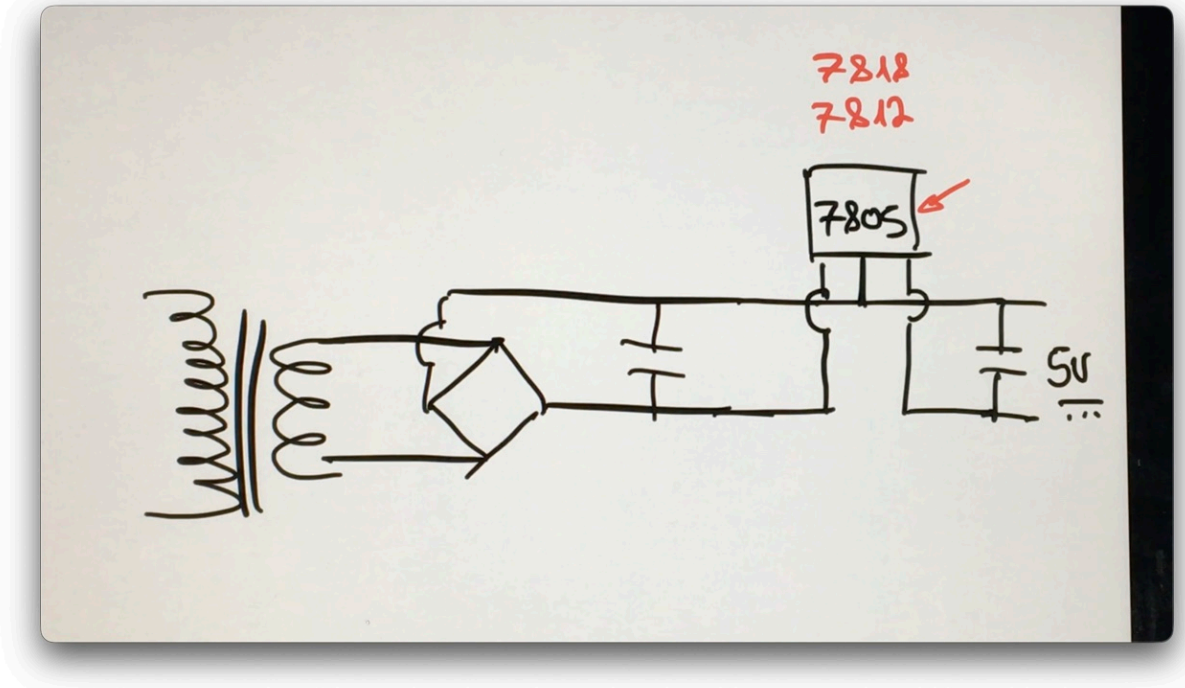

Figura 42. Ubicación de los reguladores en la placa

Familia de reguladores 78xx

Los reguladores lineales de la familia 78xx reciben una tensión continua mayor y entregan una salida positiva estable. Los últimos dos dígitos indican habitualmente el valor nominal: un 7805 regula cerca de 5 V y un 7812 cerca de 12 V, siempre que la entrada se mantenga por encima del valor mínimo necesario y el componente no exceda su capacidad de corriente y disipación.

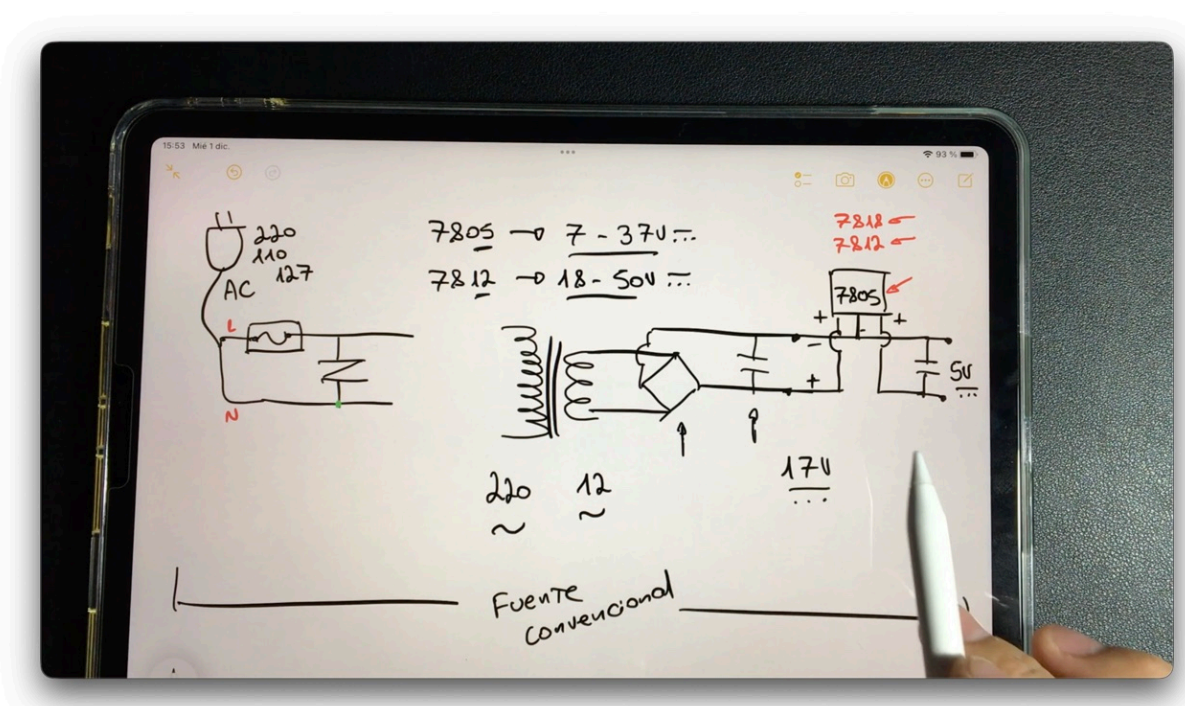

Figura 43. Fuente convencional hasta el regulador

Terminales de entrada, masa y salida

El componente posee terminales de entrada, referencia o masa y salida. La disposición debe verificarse en la hoja de datos porque puede variar según el encapsulado. Para medirlo se utiliza la masa como referencia: primero se comprueba la tensión entre entrada y masa, y luego se compara la salida con el valor indicado por el modelo.

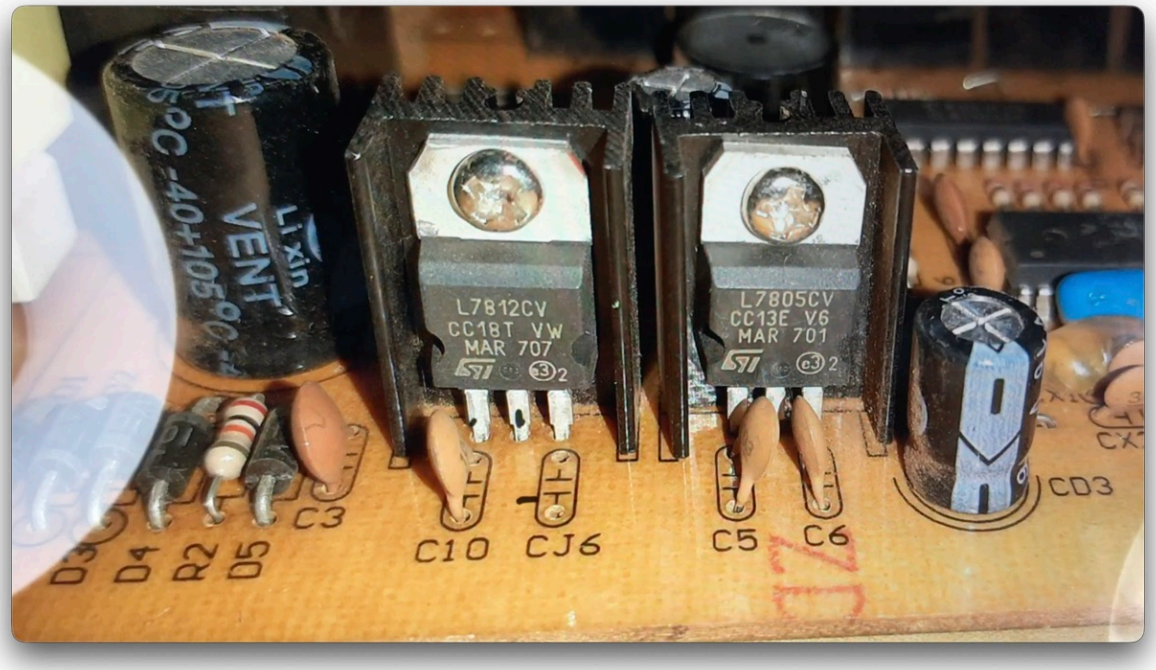

Figura 44. Reguladores 7812 y 7805 en placa

Capacitores asociados

Los capacitores colocados cerca del regulador estabilizan la entrada y la salida, reducen oscilaciones y ayudan a responder a cambios de carga. Un capacitor degradado puede producir reinicios o funcionamiento inestable aun cuando el regulador no esté dañado.



Figura 45. Medición del regulador de voltaje

Medición en funcionamiento

En funcionamiento se comparan entrada y salida con puntos accesibles y puntas aisladas. Si la entrada es correcta y la salida está ausente o demasiado baja, puede existir una falla del regulador o una carga en cortocircuito. Si la entrada ya es insuficiente, la causa se busca en el transformador, el rectificador, el capacitor de filtro o una etapa anterior. Una lectura estable sin carga no siempre garantiza que la tensión se mantenga cuando el circuito comienza a consumir.

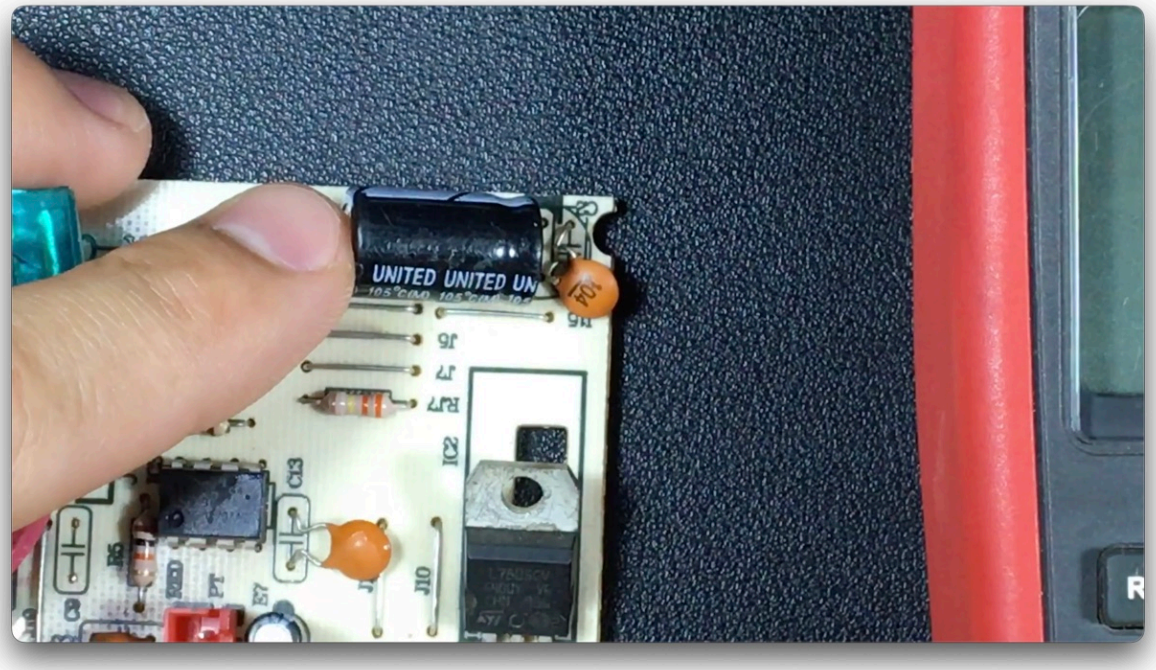

Figura 46. Capacitor de filtro a la salida

PUNTO TÉCNICO ICIA
La mejor forma de diagnosticar una etapa reguladora es medir qué recibe y qué entrega, evitando reemplazos por suposición.

ERROR COMÚN
Asumir que todos los reguladores comparten la misma distribución de terminales puede provocar mediciones erróneas o una conexión destructiva.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.18

1.18 Filtro antiparasitario

La entrada de alimentación incorpora componentes destinados a limitar interferencias conducidas y evitar que el ruido generado por la electrónica se propague por la red. Bobinas, capacitores y redes de filtrado pueden formar parte de esta zona antes o después de las protecciones principales. El seguimiento de pistas permite distinguir estos elementos de los que realizan rectificación o conversión. Una falla abierta en un componente conectado en serie puede interrumpir completamente la alimentación; un componente en paralelo puede afectar el filtrado sin impedir necesariamente el encendido. Por eso es importante comprender la función de cada conexión antes de medir.

En este tema

Función del filtro antiparasitario	Inductores y capacitores
Filtro simple y filtro doble	Mediciones en placa
Criterios de reemplazo	

Desarrollo técnico

Función del filtro antiparasitario

El filtro antiparasitario o EMI atenúa interferencias de alta frecuencia. Su función es impedir que el ruido de la electrónica regrese a la instalación y reducir perturbaciones que puedan ingresar desde la red. La tensión nominal de 220, 127 o 110 V continúa presente a ambos lados del filtro.

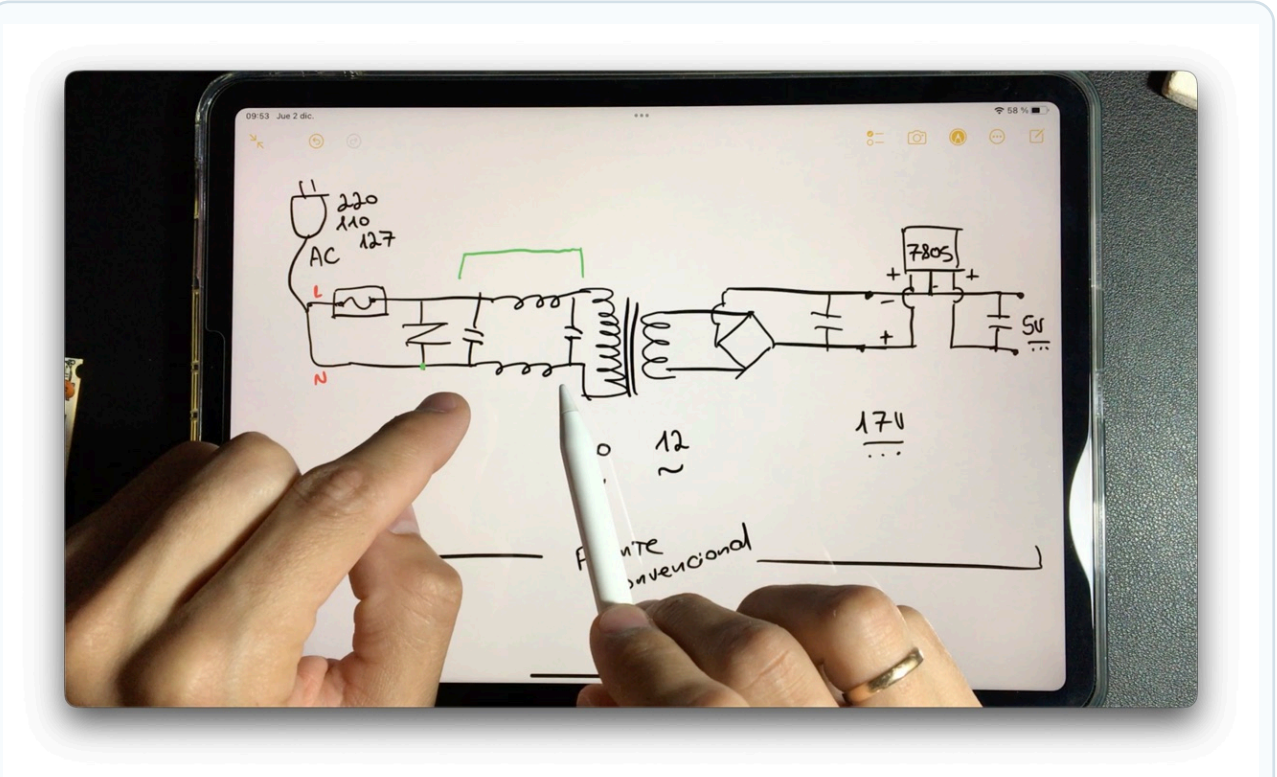

Figura 47. Bobinas y capacitores en la fuente

Inductores y capacitores

Las bobinas se colocan en serie con línea y neutro, mientras que los capacitores proporcionan trayectos para componentes de alta frecuencia. En la comparación hidráulica, el capacitor actúa como una reserva y la bobina se opone a cambios rápidos de corriente. Juntos suavizan variaciones sin modificar la frecuencia fundamental de la red.

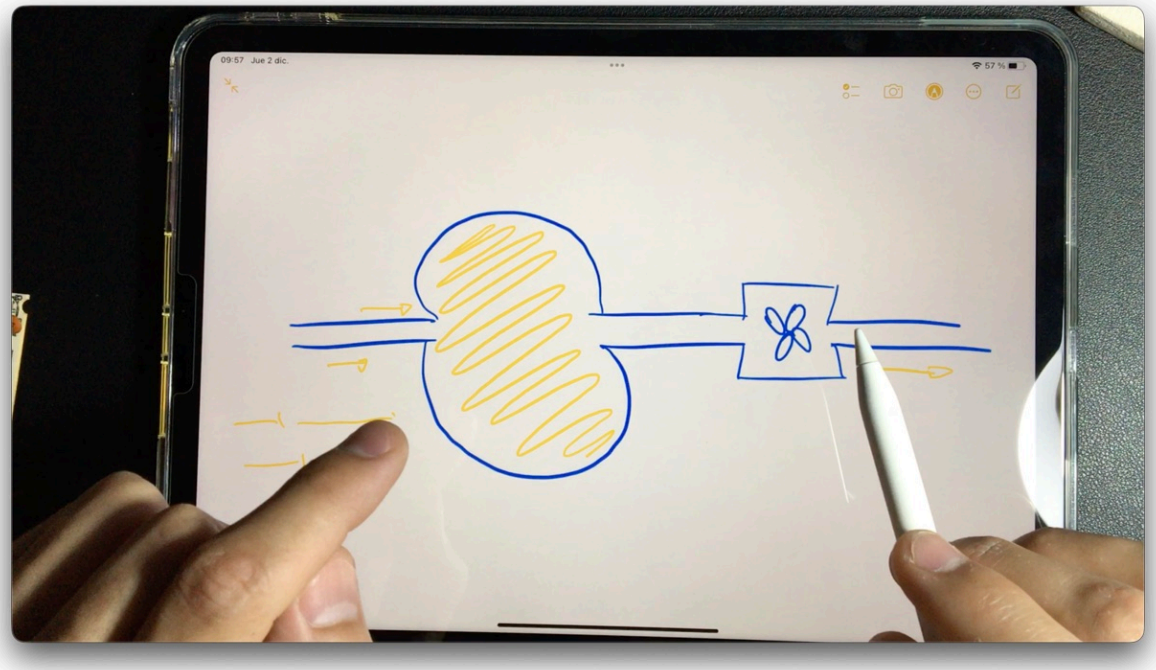

Figura 48. Comparación con cisterna y bomba de agua

Filtro simple y filtro doble

Algunos equipos utilizan una sección simple y otros una red doble pi con dos grupos de capacitores e inductores. Los componentes toroidales pueden recibir el nombre de bobinas, choques o reactores. Su identificación debe basarse en la conexión y la función, no solamente en la forma física.

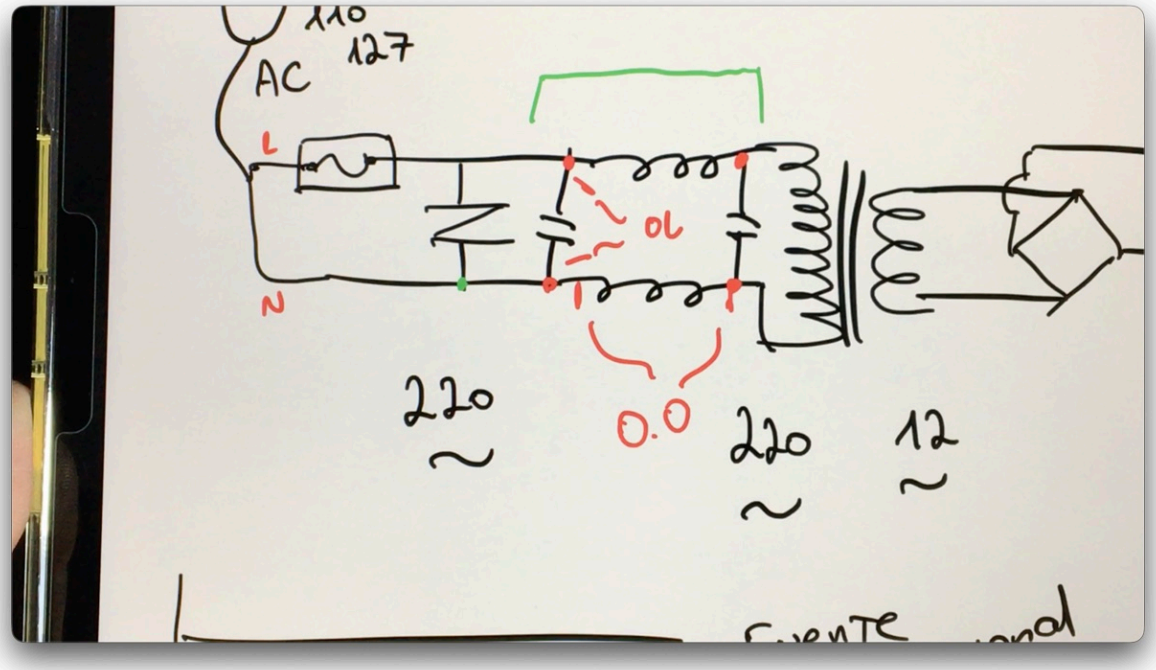

Figura 49. Mediciones esperadas de bobinas y capacitores

Mediciones en placa

Las bobinas conectadas en serie deben presentar continuidad, aunque su resistencia exacta depende del diseño. Los capacitores conectados a la red se verifican por capacidad, aislamiento y tipo de seguridad. Un componente abierto en serie puede impedir el encendido; uno paralelo degradado puede reducir el filtrado sin cortar la alimentación.

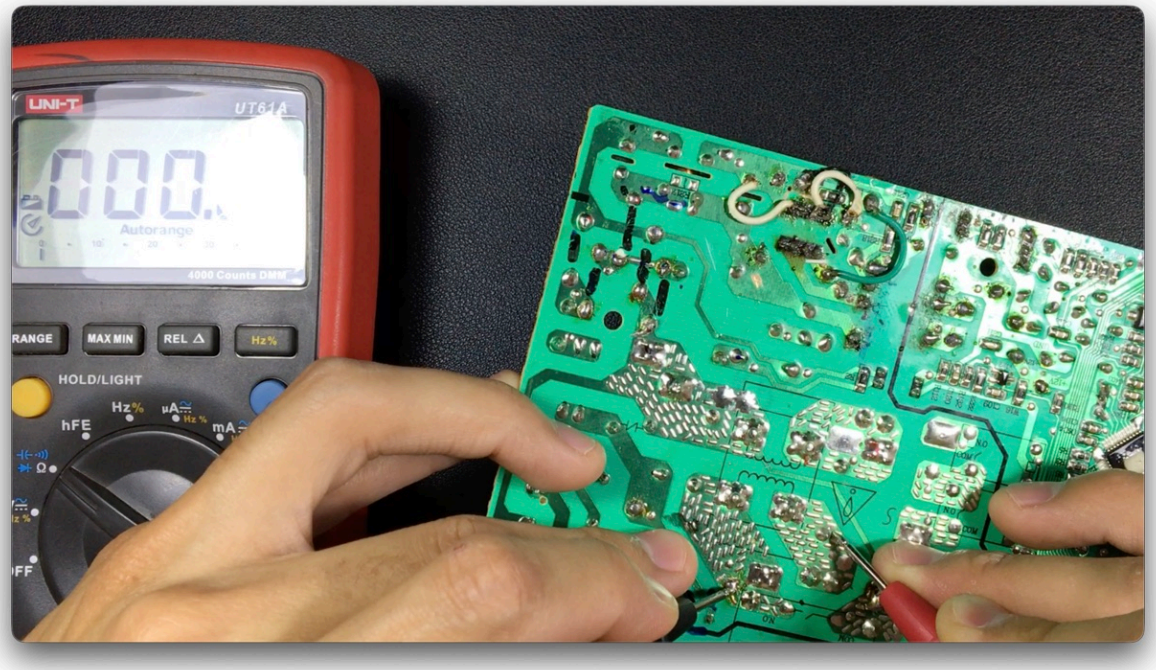

Figura 50. Medición de bobina en placa

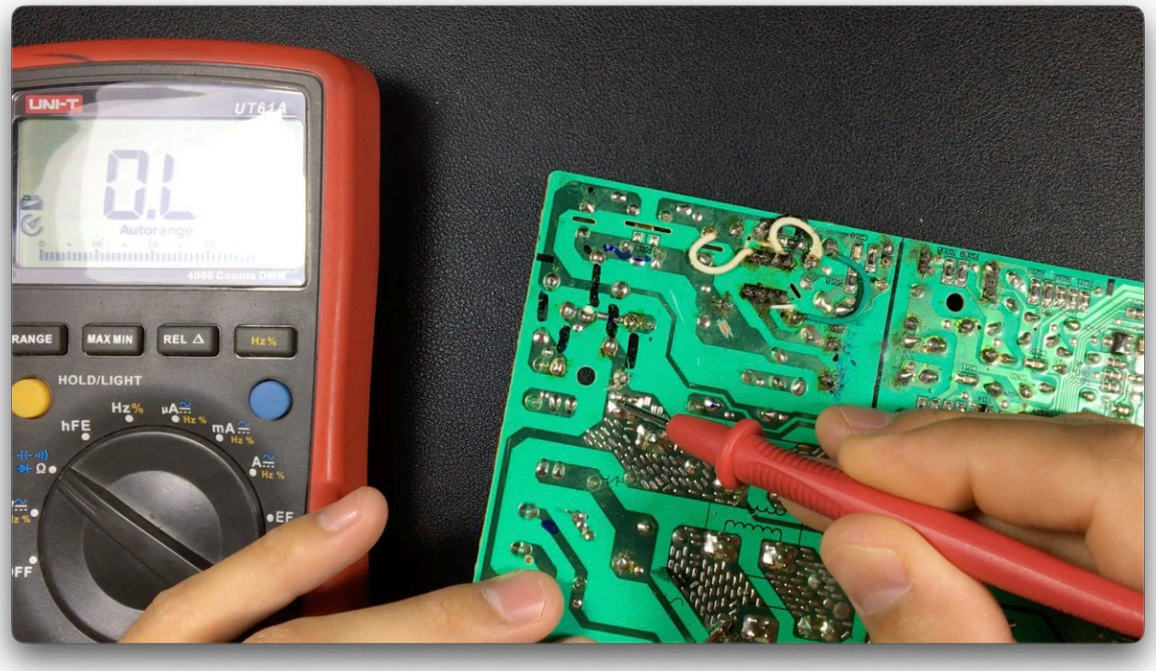

Figura 51. Medición de capacitor en placa

Criterios de reemplazo

El reemplazo exige respetar inductancia, corriente, sección del conductor, capacidad, tensión y clasificación de seguridad. No es correcto puentear una bobina o colocar cualquier capacitor solamente para restablecer continuidad, porque se altera la protección electromagnética del equipo.

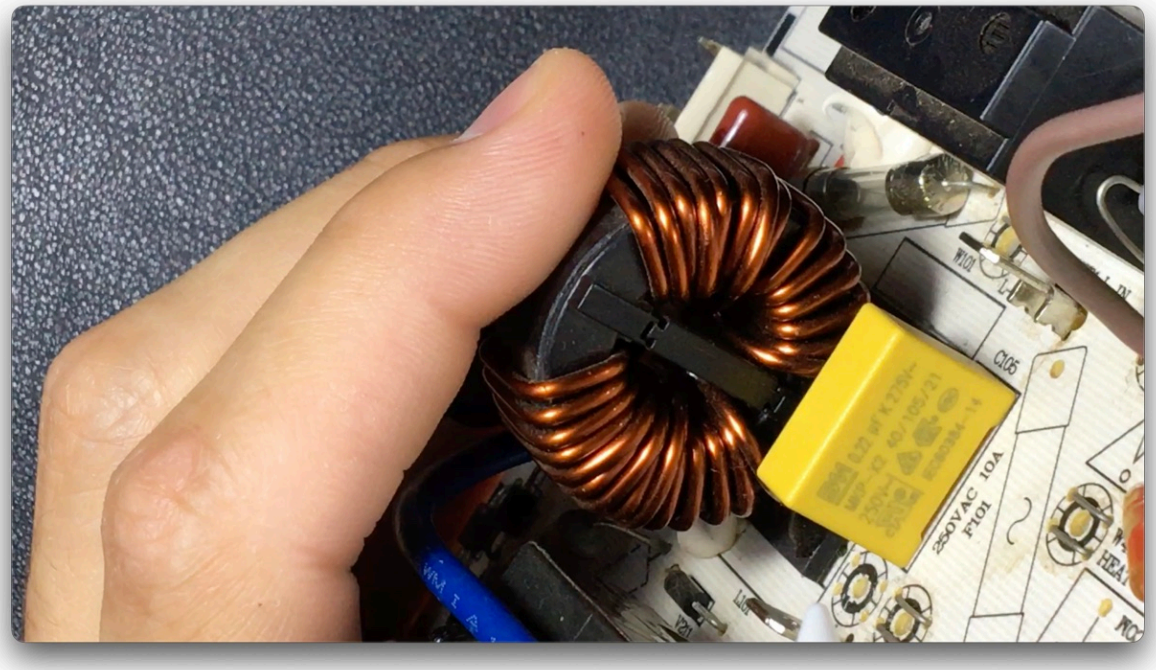

Figura 52. Bobina y capacitor con identificación

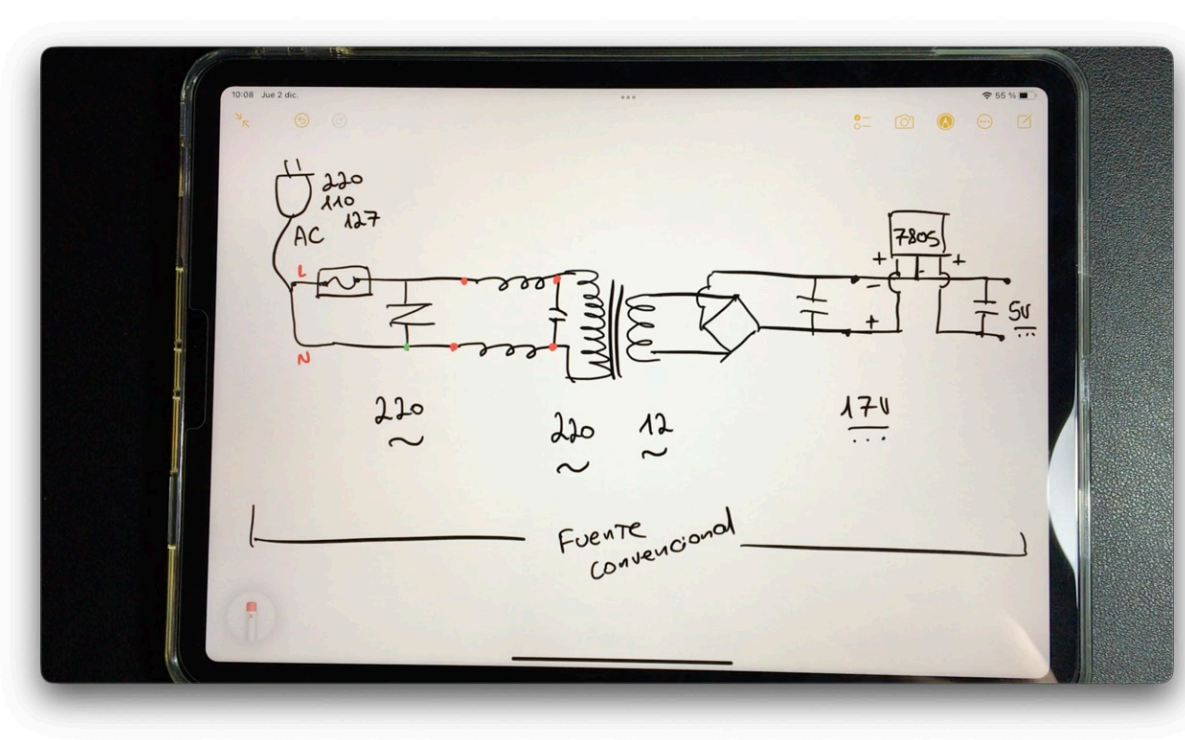

Figura 53. Circuito completo de fuente convencional

PUNTO TÉCNICO ICIA
La posición del componente en el circuito -serie o paralelo- ayuda a anticipar qué tipo de síntoma puede producir su falla.

ERROR COMÚN
Puentear una bobina o sustituir un capacitor de seguridad por uno común elimina parte de la protección contra interferencias y puede comprometer la seguridad.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 1.19

1.19 Recorrido completo de una fuente convencional

Una fuente convencional puede analizarse como una secuencia: entrada de red, protección, filtrado, transformación, rectificación, filtrado de continua y regulación. Esta lectura por bloques simplifica un circuito que, visto únicamente como conjunto de componentes, puede parecer complejo. El método de diagnóstico consiste en avanzar desde la entrada y comprobar cada transformación de energía. Si la tensión desaparece entre dos puntos, la investigación se concentra en los componentes que forman esa etapa. Este enfoque evita reemplazar piezas al azar y prepara al técnico para aplicar la misma lógica a fuentes conmutadas, PFC y módulos de potencia.

En este tema

Entrada y protección	Filtrado y transformación
Rectificación y regulación	Resistencias dentro de la fuente
Recorrido completo	

Desarrollo técnico

Entrada y protección

El recorrido comienza en la entrada de línea y neutro. El fusible y el varistor protegen frente a sobrecorrientes y sobretensiones. A continuación, el filtro antiparasitario reduce interferencias antes de que la energía llegue al transformador o a la etapa que realizará la conversión.

Filtrado y transformación

El transformador reduce la tensión alterna. El secundario alimenta un puente de diodos que rectifica ambos semiciclos y un capacitor que almacena energía entre los pulsos. En esta zona la señal deja de ser alterna y se convierte en una tensión continua filtrada.

Rectificación y regulación

Los reguladores reciben esa continua y generan niveles estables, por ejemplo 12 V o 5 V, para los circuitos de control. Los capacitores asociados mejoran la estabilidad. Algunas fuentes incorporan resistencias para limitar corriente, producir una caída controlada o colaborar con el filtrado; su valor y potencia deben respetarse.

Resistencias dentro de la fuente

El diagnóstico sigue el mismo orden del recorrido. Primero se verifica la entrada; después las protecciones, el filtro, el primario y el secundario del transformador, la rectificación, el capacitor y las salidas reguladas. Cuando la tensión desaparece entre dos puntos, la búsqueda se concentra en la etapa comprendida entre ambos.

Recorrido completo

Este método evita analizar componentes aislados sin comprender su función. La fuente se convierte en una cadena de transformaciones comprobables: la energía entra, se protege, se filtra, cambia de nivel, se rectifica, se almacena y finalmente se regula para alimentar la placa.

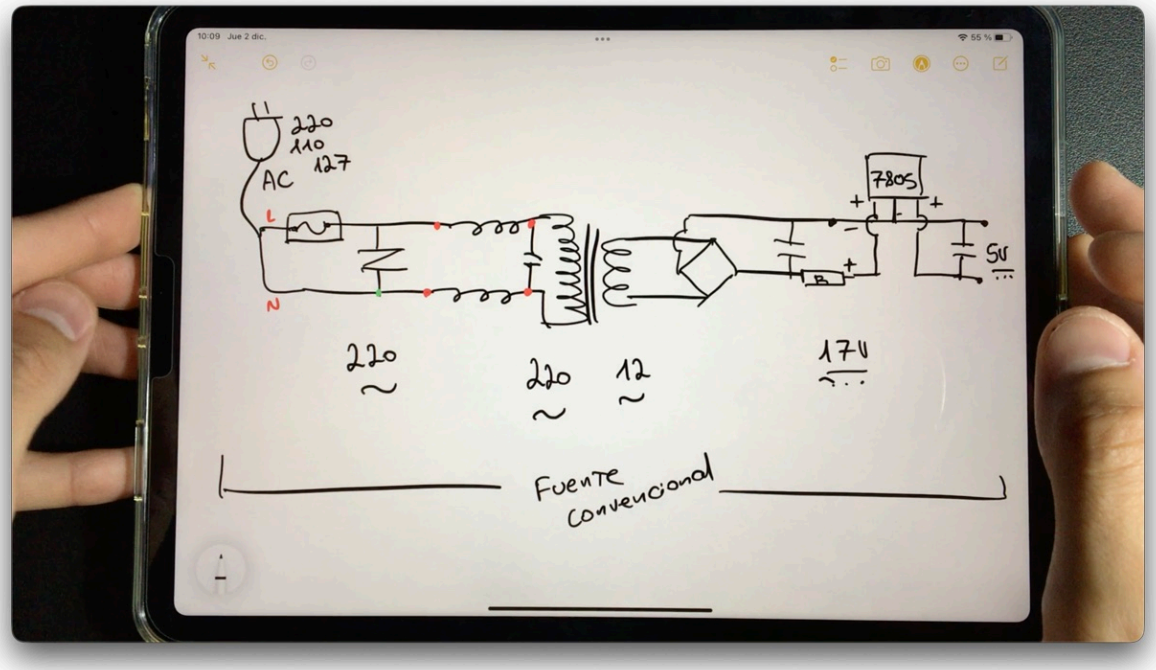

Figura 54. Recorrido de una fuente convencional

PUNTO TÉCNICO ICIA
El seguimiento por bloques transforma una placa compleja en una serie de preguntas: ¿entra la energía?, ¿se protege?, ¿se transforma?, ¿se rectifica?, ¿se regula?

ERROR COMÚN
Reemplazar componentes por aproximación sin considerar su función, potencia y tolerancia puede alterar la fuente y crear una nueva avería.

NOTAS DEL ALUMNO

CAPÍTULO 2

Fuentes conmutadas, protección y PFC

Un recorrido desde el bus de alta tensión hasta las salidas auxiliares y la etapa de potencia. Desarrolla conmutación, PWM, realimentación, optoacopladores, protecciones, puesta a tierra y corrección del factor de potencia.

17 temas · 2.20 a 2.36

Cómo estudiar este capítulo

Este capítulo desarrolla el funcionamiento de las fuentes conmutadas y del corrector del factor de potencia. El recorrido parte del bus de alta tensión, continúa por el control PWM y las salidas auxiliares, y finaliza en la etapa que prepara la energía para el módulo de potencia.

Las figuras proceden de las clases del campus y deben estudiarse junto con el texto. Los valores mostrados corresponden a ejemplos reales; antes de aplicarlos a otra placa se deben consultar la serigrafía, el esquema y la hoja de datos del componente.

SEGURIDAD
El bus DC, el PFC y el primario de la fuente trabajan con tensiones potencialmente letales. Toda medición energizada exige capacitación, instrumentos apropiados, aislamiento y verificación previa de la referencia eléctrica.

El objetivo es seguir la energía y justificar cada medición.

Índice del capítulo

Capítulo 2 · Fuentes conmutadas, protección y PFC · 17 temas técnicos

2.20	Introducción a las fuentes conmutadas	77
2.21	Seguimiento de una fuente conmutada en placa	81
2.22	Comprobación del transistor conmutador	85
2.23	Diagrama básico de una fuente conmutada	88
2.24	Rectificación secundaria y filtrado de salida	90
2.25	Control PWM y realimentación	94
2.26	Optoacopladores: funcionamiento y medición	97
2.27	Detección de cruce por cero	101
2.28	Capacitores: criterios de medición y reemplazo	105
2.29	Puesta a tierra y protección contra sobretensiones	108
2.30	Identificación del circuito de tierra en placa	111
2.31	Seguimiento integral de una placa exterior	114
2.32	Corrector del factor de potencia: PFC	119
2.33	Diagrama y funcionamiento del PFC activo	125
2.34	Reactor PFC: funcionamiento y medición	128
2.35	Medición del diodo y MOSFET del PFC	131
2.36	Del bus DC al accionamiento del motor	136

CAPÍTULO 2

Fuentes conmutadas, protección y PFC

Un recorrido desde el bus de alta tensión hasta las salidas auxiliares y la etapa de potencia. Desarrolla conmutación, PWM, realimentación, optoacopladores, protecciones, puesta a tierra y corrección del factor de potencia.

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

2.20	Introducción a las fuentes conmutadas
2.21	Seguimiento de una fuente conmutada en placa
2.22	Comprobación del transistor conmutador
2.23	Diagrama básico de una fuente conmutada
2.24	Rectificación secundaria y filtrado de salida
2.25	Control PWM y realimentación
2.26	Optoacopladores: funcionamiento y medición
2.27	Detección de cruce por cero
2.28	Capacitores: criterios de medición y reemplazo
2.29	Puesta a tierra y protección contra sobretensiones
2.30	Identificación del circuito de tierra en placa
2.31	Seguimiento integral de una placa exterior
2.32	Corrector del factor de potencia: PFC
2.33	Diagrama y funcionamiento del PFC activo
2.34	Reactor PFC: funcionamiento y medición
2.35	Medición del diodo y MOSFET del PFC
2.36	Del bus DC al accionamiento del motor

TEMA 2.20

2.20 Introducción a las fuentes conmutadas

Las fuentes conmutadas utilizan una estrategia distinta a la fuente convencional. Después de rectificar la tensión de red, un transistor conmuta la energía a alta frecuencia y alimenta un transformador de ferrita de menor tamaño. En el secundario se rectifica nuevamente y se filtra la tensión necesaria para la electrónica. El aumento de frecuencia permite trabajar con transformadores compactos y mejorar el control de la energía transferida.

Para el técnico, la consecuencia es que ya no basta con buscar un transformador de 50/60 Hz: deben identificarse el rectificador primario, el transistor de conmutación, el transformador de ferrita, la rectificación secundaria y el circuito de control.

En este tema

De la fuente convencional a la conmutada	Núcleo de ferrita y reducción de pérdidas
Rectificación y bus de alta tensión	Conmutación de alta frecuencia
Salidas de 5, 12 y 15 V	

Desarrollo técnico

De la fuente convencional a la conmutada

Una fuente conmutada cumple el mismo objetivo general que una fuente convencional: transformar la energía de entrada en tensiones adecuadas para los circuitos electrónicos. La diferencia está en el procedimiento. Primero rectifica la red, luego convierte esa continua en pulsos de alta frecuencia y finalmente transfiere la energía mediante un transformador de ferrita. Este recorrido permite obtener una fuente compacta, eficiente y capaz de regular la potencia entregada.

Núcleo de ferrita y reducción de pérdidas

En una fuente convencional, el transformador trabaja directamente con los 50 o 60 Hz de la red y la rectificación se realiza después de reducir la tensión. En una fuente conmutada el orden cambia: primero se rectifica la red, se forma un bus de continua y luego esa energía vuelve a interrumpirse electrónicamente para producir una señal alternante de alta frecuencia. Comprender este cambio de orden evita buscar un transformador reductor antes del puente rectificador.

En los transformadores convencionales de 50 o 60 Hz se utiliza un núcleo de hierro de mayor tamaño. Las pérdidas magnéticas y resistivas se manifiestan como calentamiento. En la fuente conmutada se emplea ferrita, un material apropiado para frecuencias elevadas. La ferrita no elimina todas las pérdidas, pero permite reducirlas y trabajar con un transformador mucho más pequeño para una potencia comparable.

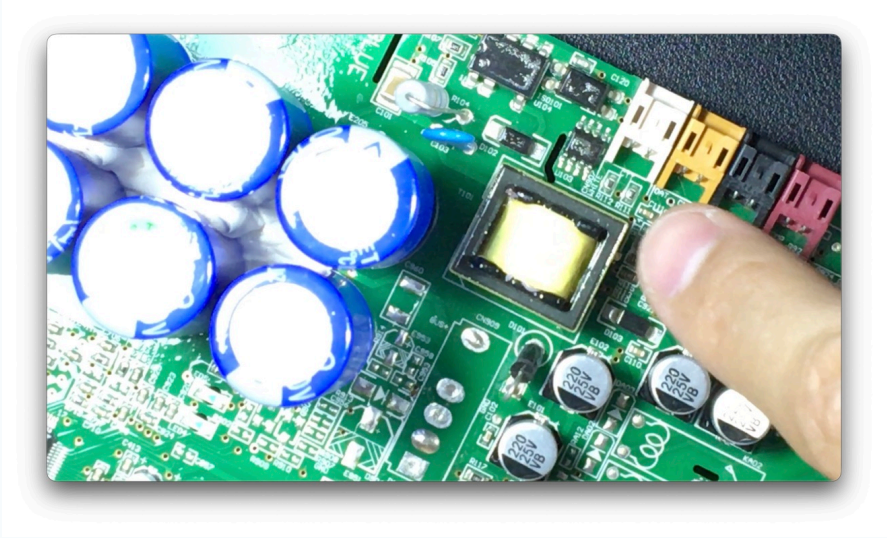

Figura 55. Placa exterior: transformador de ferrita y capacitores

Rectificación y bus de alta tensión

La entrada de red atraviesa las protecciones y el filtro, se rectifica y carga el capacitor principal. En una red de 220 V AC pueden aparecer aproximadamente 310 V DC sobre el bus; por eso, el primario continúa siendo una zona de alta tensión. Un transistor conmutador abre y cierra el paso de esa energía y genera pulsos que excitan el primario del transformador de ferrita.

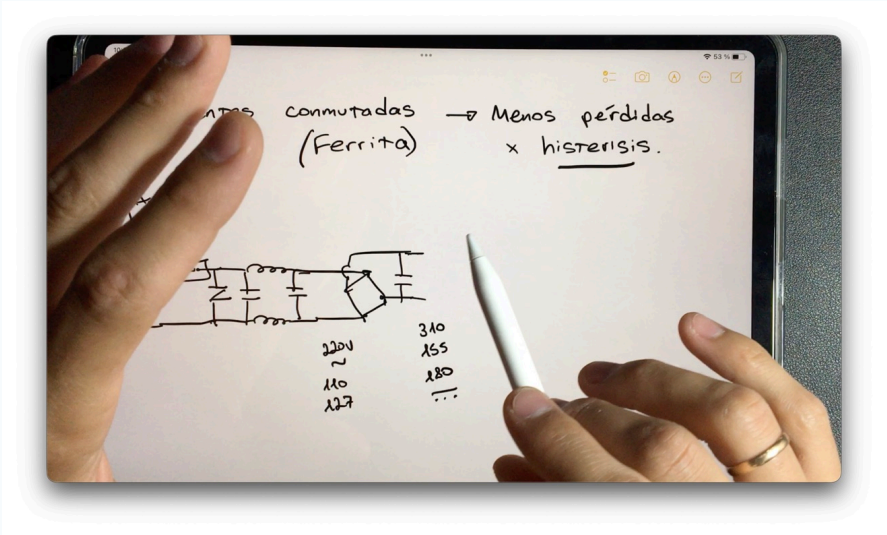

Figura 56. Pérdidas por histéresis en fuentes conmutadas

Conmutación de alta frecuencia

La frecuencia de conmutación puede ubicarse, según el diseño, entre decenas y cientos de kilohercios. En el ejemplo del curso se trabaja aproximadamente entre 90 y 140 kHz. La frecuencia permanece determinada por el controlador, mientras que la energía transferida puede regularse modificando el ancho de los pulsos. La forma de onda deja de ser sinusoidal y se aproxima a una sucesión de pulsos rectangulares.

Cuando el conmutador conduce, la corriente aumenta en el devanado primario y se almacena energía en el campo magnético. Al interrumpirse la conducción, esa energía debe continuar por los caminos previstos por el diseño y se transfiere hacia el secundario. Por eso, además del

transistor aparecen diodos y redes de protección que controlan los picos producidos por la conmutación. Una falla en esos componentes puede destruir nuevamente el conmutador aunque se lo reemplace.

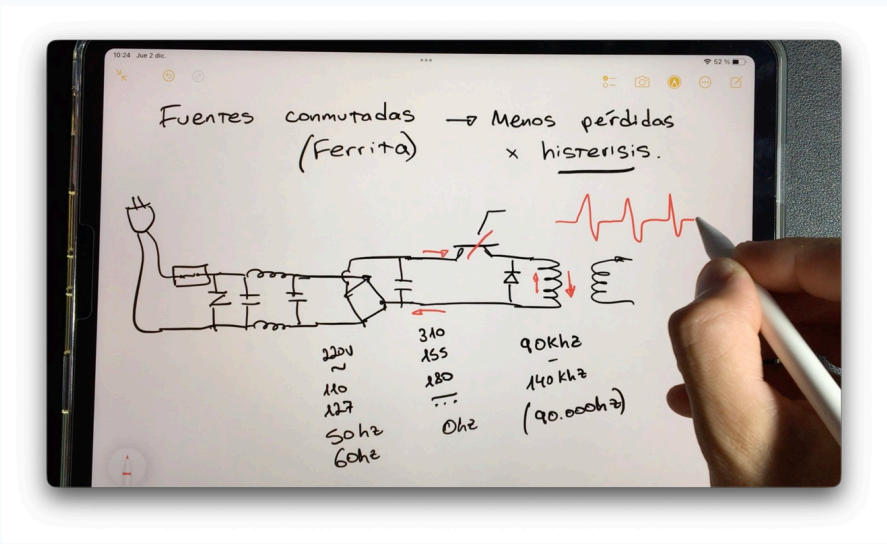

Figura 57. Rectificación y conmutación de 90 a 140 kHz

Salidas de 5, 12 y 15 V

El transformador puede disponer de varios devanados secundarios y entregar ramas independientes, por ejemplo 5, 12 y 15 V. Cada salida se rectifica y filtra antes de alimentar el microprocesador, los sensores o los circuitos de mando. Esta posibilidad reduce la necesidad de reguladores adicionales, aunque siempre deben verificarse los valores reales indicados por la placa y el fabricante.

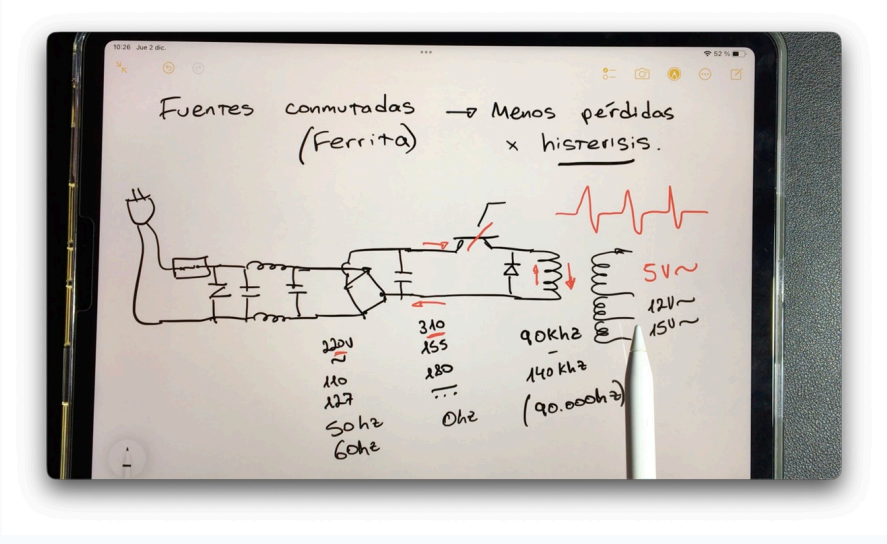

Figura 58. Salidas de 5, 12 y 15 voltios del transformador de ferrita

PUNTO TÉCNICO ICIA
En una fuente conmutada, la alta tensión rectificada está presente en el primario aunque las salidas de baja tensión estén ausentes.

ERROR COMÚN
Suponer que el transformador de ferrita trabaja directamente con 50 o 60 Hz impide comprender por qué la fuente rectifica antes de volver a conmutar.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.21

2.21 Seguimiento de una fuente conmutada en placa

El seguimiento comienza en la entrada de red y continúa por protecciones, rectificador y capacitor principal hasta llegar a la sección de conmutación. En placa, las pistas más anchas y la proximidad de componentes de potencia ayudan a reconocer el primario de la fuente. Desde el transistor conmutador, la energía llega al transformador de ferrita y reaparece en el secundario como señales que luego serán rectificadas y filtradas. Conviene desarrollar el hábito de seguir pistas e identificar zonas funcionales en placas reales, porque la disposición física cambia entre fabricantes aunque el principio eléctrico sea equivalente.

En este tema

Entrada, protecciones y filtro	Rectificación primaria
Transistor conmutador	Transformador de ferrita
Método de seguimiento	

Desarrollo técnico

Entrada, protecciones y filtro

El diagnóstico comienza en la entrada de línea y neutro. Desde allí se siguen las pistas a través del fusible, el varistor y el filtro EMI formado por bobinas y capacitores. La ubicación física puede variar: un fusible puede aparecer antes o después de parte del filtro sin que cambie su función. Lo importante es reconstruir el recorrido eléctrico y no memorizar una disposición particular.

En la placa utilizada como ejemplo aparecen puentes de alambre para atravesar pistas, un elemento térmico de protección y varios componentes del filtro distribuidos en zonas diferentes. Ninguno debe interpretarse de forma aislada. La continuidad de cada pista permite comprobar si se está siguiendo línea, neutro o una derivación auxiliar, incluso cuando la disposición física no coincide con un diagrama simplificado.

Rectificación primaria

Después del filtro se localiza el puente rectificador, formado por un encapsulado o por cuatro diodos individuales. Su salida alimenta uno o varios capacitores de alta tensión. En una red de 220 V AC la medición esperada sobre este bus se aproxima a 310 V DC. Esta comprobación confirma que la entrada, las protecciones y la rectificación primaria están funcionando, pero no confirma todavía la conmutación.

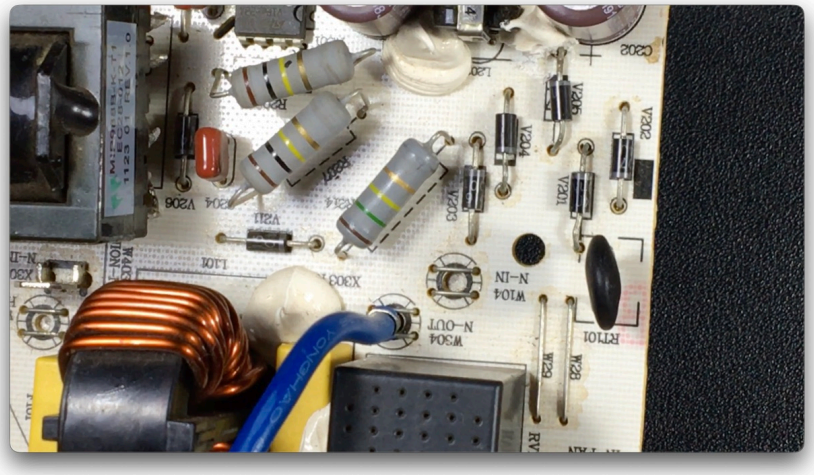

Figura 59. Rectificación de entrada y tensión continua aproximada de 310 V

Transistor conmutador

Antes del filtrado principal puede encontrarse un quinto diodo que separa una muestra de tensión rectificada sin suavizar. Esa muestra se utiliza más adelante para la detección del cruce por cero. Después del quinto diodo, el fabricante puede repartir la capacidad entre dos electrolíticos o utilizar uno solo de valor equivalente. La cantidad de capacitores no cambia la función del bus: almacenar energía y reducir el rizado.

El positivo del bus suele dirigirse al transformador de ferrita y el negativo pasa por el transistor o circuito integrado conmutador. El dispositivo interrumpe y restablece la corriente del primario a alta velocidad. En algunas fuentes el MOSFET está integrado dentro del controlador; en otras aparece como componente separado. Las pistas anchas y la cercanía al transformador ayudan a reconocer sus terminales de potencia.

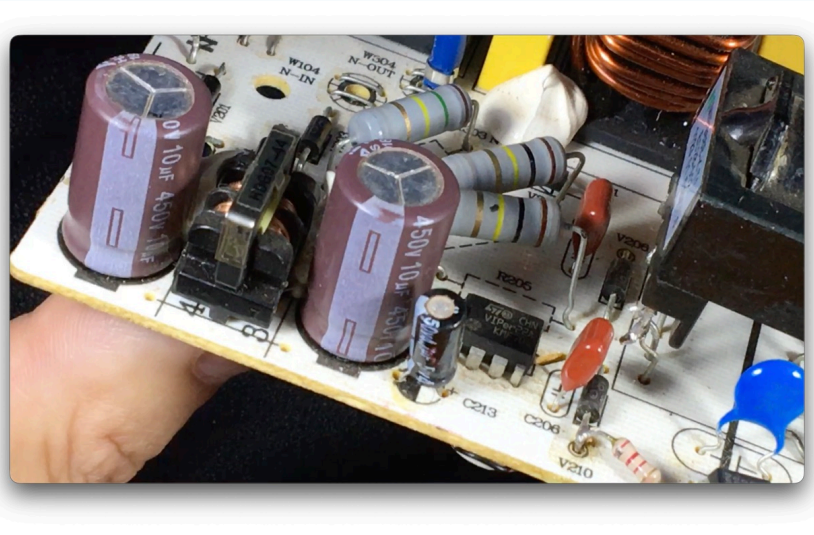

Figura 60. Capacitores de filtrado del bus de continua

Transformador de ferrita

El transformador establece una separación funcional entre el primario de alta tensión y el secundario de baja tensión. Después de atravesarlo, la energía aparece como pulsos de menor voltaje que deben rectificarse y filtrarse. La distancia entre pistas, las ranuras de aislamiento y la distribución de componentes permiten visualizar esa frontera, que nunca debe puentearse durante una reparación.

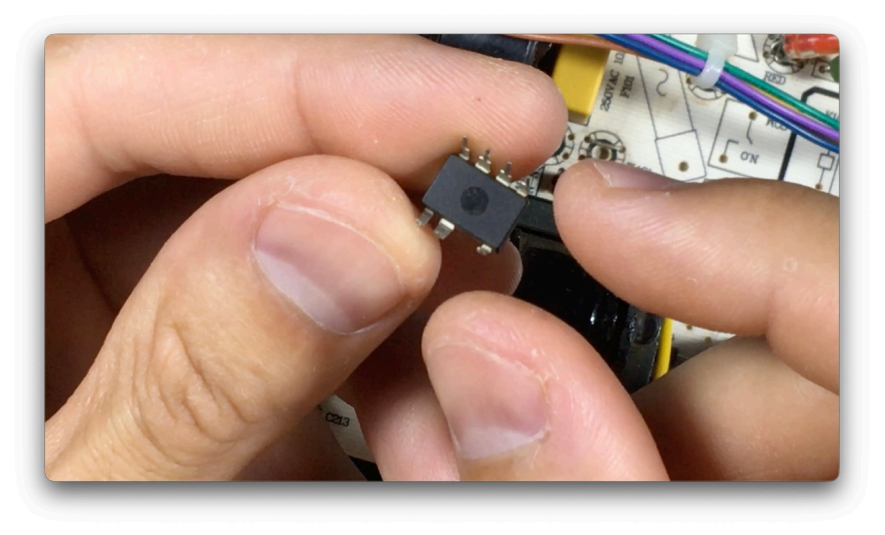

Figura 61. Conmutador de siete terminales, vista inferior

Método de seguimiento

Un seguimiento ordenado permite formular preguntas concretas: ¿hay tensión de red?, ¿existe bus DC?, ¿el controlador recibe alimentación?, ¿hay pulsos en el primario?, ¿aparecen tensiones en el secundario? Cada respuesta delimita la etapa defectuosa. Medir al azar puede ocultar la causa y aumenta el riesgo al trabajar cerca del bus de alta tensión.

La fuente conmutada posee más componentes que una fuente convencional, pero muchos de ellos pueden comprobarse y conseguirse como repuesto. El transformador de ferrita no suele ser el primer sospechoso. En la práctica conviene revisar antes el conmutador, sus redes periféricas, los diodos y las salidas secundarias, porque concentran una parte importante de las fallas observadas.

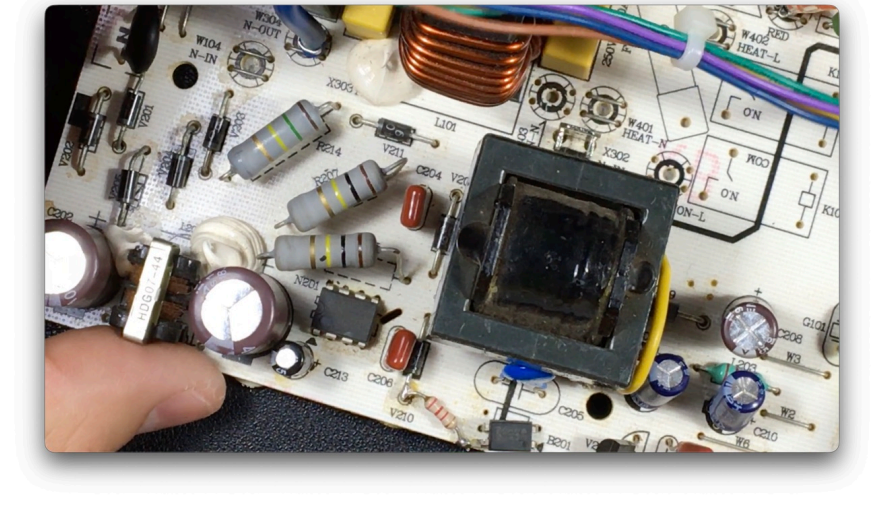

Figura 62. Transformador de ferrita y separación de alta y baja tensión

PUNTO TÉCNICO ICIA
La ubicación física puede cambiar de una placa a otra; el recorrido eléctrico es la referencia más confiable para identificar la función de cada etapa.

ERROR COMÚN
Medir el primario sin considerar que el bus puede superar los 300 V DC expone al técnico y al instrumento a una tensión peligrosa.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.22

2.22 Comprobación del transistor conmutador

El transistor MOSFET de la fuente conmuta la alta tensión del primario y puede fallar en cortocircuito. Con el equipo desenergizado se comprueban sus terminales buscando trayectos anormales de muy baja resistencia y verificando el comportamiento propio de sus uniones internas. La prueba en placa puede verse afectada por resistencias, diodos y redes conectadas alrededor del componente. Cuando las lecturas no son concluyentes, se requiere aislar al menos uno de sus terminales o retirar el dispositivo. Un MOSFET en cortocircuito suele justificar revisar también fusible, rectificador y componentes del circuito de control antes de volver a energizar.

En este tema

Función del conmutador	Medición inicial en placa
Identificación de terminales	Componentes asociados
Criterios de reemplazo	

Desarrollo técnico

Función del conmutador

El conmutador es la llave electrónica que controla la corriente del primario. Puede ser un MOSFET independiente o estar integrado con el controlador PWM. Sus terminales de potencia conectan el bus con el transformador, mientras que otros pines reciben alimentación, habilitación, realimentación o señales de control. La identificación correcta exige leer el código del encapsulado y consultar su hoja de datos.

Medición inicial en placa

El código útil no siempre es la línea más grande del encapsulado. Pueden existir marcas de lote, fecha o fabricante que no identifican eléctricamente el componente. El procedimiento correcto es copiar todas las inscripciones, buscar la hoja de datos y comparar el dibujo del encapsulado con la marca de pin 1. Las imágenes encontradas en Internet sirven como orientación, pero la hoja de datos del fabricante es la referencia principal.

Con la placa desenergizada y los capacitores descargados puede realizarse una comprobación inicial entre los terminales de potencia. En el ejemplo de la clase, una fuente sana presenta una resistencia elevada y variable, del orden de cientos de kiloohmios o megaohmios. Una lectura cercana a cero sugiere un cortocircuito. Sin embargo, el valor exacto depende de las redes conectadas y no debe transformarse en una regla universal.

Identificación de terminales

Una lectura en placa representa al conmutador y también a los componentes conectados alrededor. Si el multímetro indica circuito abierto, una resistencia anormalmente baja o un valor inestable, el resultado debe compararse con el esquema y repetirse aislando el terminal necesario. El objetivo de la primera medición es detectar un cortocircuito evidente, no declarar sano todo el circuito a partir de un único número.

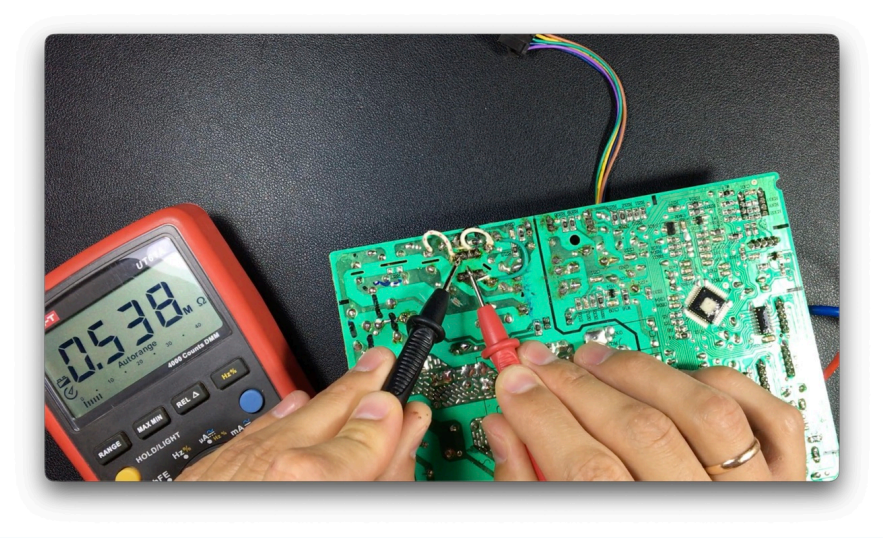

Figura 63. Medición del conmutador: 0,538 megaohmios

Componentes asociados

Fuera de la placa, la distribución de terminales permite distinguir fuente (source), drenador (drain) y las conexiones de control. En dispositivos como el TNY264, varios pines pueden estar unidos internamente y uno de ellos puede estar ausente. La marca o punto del encapsulado identifica el pin 1; desde allí se cuentan los demás. Medir terminales equivocados puede producir una conclusión falsa incluso cuando el componente está sano.

Cuando el conmutador falla en cortocircuito, se deben revisar los diodos de retorno, resistencias, capacitores, devanado auxiliar y optoacoplador asociados. La avería rara vez debe tratarse como un componente aislado. Si una condición externa provocó la falla, instalar un repuesto sin corregirla puede destruirlo al volver a energizar.

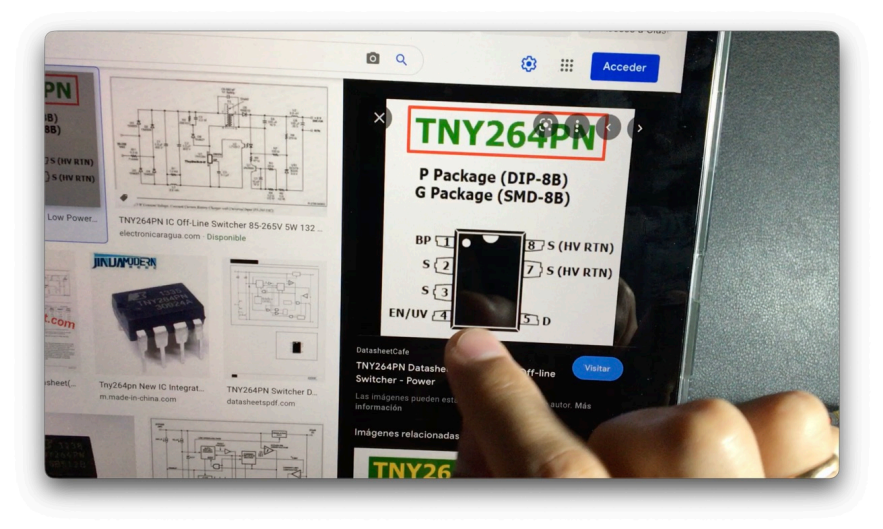

Figura 64. Consulta del circuito y los terminales del conmutador

Criterios de reemplazo

La sustitución ideal utiliza el mismo código o un equivalente verificado por tensión, corriente, potencia, frecuencia, resistencia de conducción, encapsulado y distribución de terminales. Una adaptación con otro controlador, como puede hacerse en una reparación avanzada, exige modificar pistas y redes periféricas. No debe presentarse como un reemplazo directo ni realizarse sin esquema y comprobaciones previas.

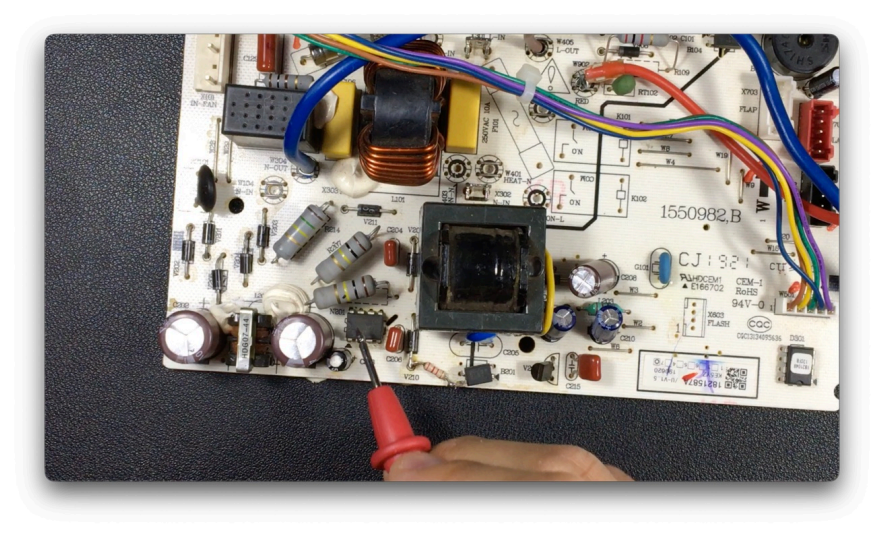

Figura 65. Identificación del conmutador en la placa

PUNTO TÉCNICO ICIA
Cuando un transistor de potencia falla en corto, es recomendable investigar la causa y los componentes asociados antes de instalar el reemplazo.

ERROR COMÚN
Declarar un conmutador defectuoso por una sola lectura en placa, sin consultar el pinout ni considerar caminos paralelos, puede producir un diagnóstico equivocado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.23

2.23 Diagrama básico de una fuente conmutada

El diagrama básico puede representarse mediante cinco bloques: rectificación de red, conmutación en el primario, transformador de ferrita, rectificación secundaria y filtrado de salida. Un circuito de control regula la conmutación para mantener la tensión de salida dentro de los valores requeridos. Comprender este esquema permite interpretar placas con diseños diferentes. Aunque varíe el número de componentes, la energía debe pasar del primario al secundario y la regulación necesita información de retorno. El técnico puede utilizar este modelo para decidir dónde medir cuando la placa no genera sus tensiones de baja tensión.

En este tema

Bus de alta tensión	Circuitos periféricos
Rectificación secundaria	Realimentación
Diagnóstico por bloques	

Desarrollo técnico

Bus de alta tensión

El diagrama básico comienza en el bus de continua de alta tensión. El positivo se conecta al primario del transformador y el retorno pasa por el conmutador. Al activarse y desactivarse el transistor, la corriente del primario cambia rápidamente y crea el flujo magnético que transfiere energía a los devanados secundarios.

Circuitos periféricos

El controlador integrado no trabaja solo. A su alrededor aparecen resistencias de arranque, capacitores de alimentación, redes de protección, diodos y, según el diseño, un devanado auxiliar. Estos componentes permiten iniciar la oscilación, mantener la alimentación del controlador y limitar sobretensiones producidas por la conmutación.

Rectificación secundaria

En el secundario, cada devanado entrega una señal alternante de alta frecuencia. Uno o más diodos rápidos la rectifican y los capacitores la convierten en una tensión continua. Este bloque debe analizarse por separado: puede existir actividad en el primario y, aun así, faltar una salida por un diodo abierto, un capacitor degradado o una carga en cortocircuito.

Realimentación

La fuente necesita información de retorno para regular sus salidas. El secundario compara la tensión real con el valor esperado y envía una señal aislada mediante un optoacoplador. El primario utiliza esa información para modificar el ancho de los pulsos, aumentando o reduciendo la energía transferida sin unir eléctricamente ambas referencias.

Diagnóstico por bloques

El valor práctico del diagrama es convertir una placa compleja en bloques comprobables: rectificación, arranque, conmutación, transformación, rectificación secundaria y realimentación. Cuando falta una tensión, el técnico puede avanzar bloque por bloque y registrar en qué punto deja de aparecer la energía.

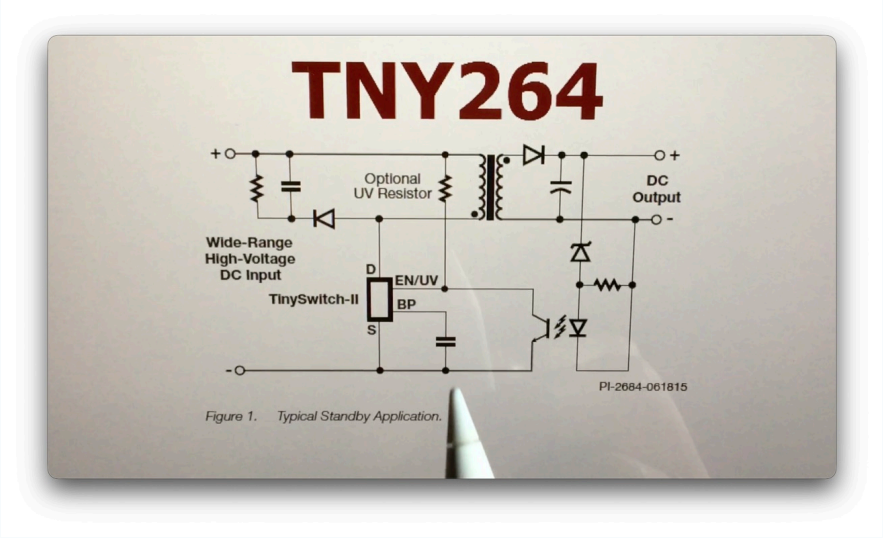

Figura 66. Circuito del TNY264 y sus componentes periféricos

PUNTO TÉCNICO ICIA
Un diagrama de bloques no reemplaza el esquema eléctrico, pero permite determinar rápidamente qué función debería cumplir cada zona física de la placa.

ERROR COMÚN
Interpretar el diagrama como una conexión exacta para cualquier modelo oculta las diferencias entre controladores y redes periféricas.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.24

2.24 Rectificación secundaria y filtrado de salida

La energía transferida por el transformador de ferrita llega al secundario en forma alternante de alta frecuencia. Allí se utilizan diodos apropiados para rectificarla y capacitores para obtener una salida continua utilizable por la electrónica. Cuando una salida secundaria está ausente o con rizado excesivo, deben revisarse tanto la generación primaria como los componentes de rectificación y filtrado del secundario. Un capacitor degradado puede producir inestabilidad, mientras que un diodo abierto o en cortocircuito puede anular la salida. La medición debe relacionarse con la tensión nominal de cada rama.

En este tema

Rectificación de media onda	Filtrado de salida
Diodos rápidos	Ramas de baja tensión
Interpretación de fallas	

Desarrollo técnico

Rectificación de media onda

Los devanados secundarios reciben pulsos alternantes de alta frecuencia. Para alimentar la electrónica se necesita recuperar una sola polaridad, por lo que cada rama incorpora un diodo rectificador. A diferencia del puente de onda completa utilizado en la entrada, muchas salidas de fuentes flyback emplean rectificación de media onda con un solo diodo por devanado.

Filtrado de salida

Durante una alternancia el diodo conduce y carga el capacitor de salida; durante la alternancia contraria bloquea. Como los pulsos se repiten decenas de miles de veces por segundo, el intervalo entre cargas es muy breve. Un capacitor correctamente dimensionado mantiene la tensión entre pulsos y reduce el rizado hasta obtener una continua utilizable.

La diferencia con la rectificación de entrada es importante. A 50 o 60 Hz, perder una alternancia dejaría intervalos relativamente largos entre recargas. En el secundario de alta frecuencia, el capacitor recibe nuevos pulsos decenas de miles de veces por segundo y apenas tiene tiempo de descargarse. Por eso el fabricante puede utilizar un solo diodo por rama sin necesitar otro puente completo.

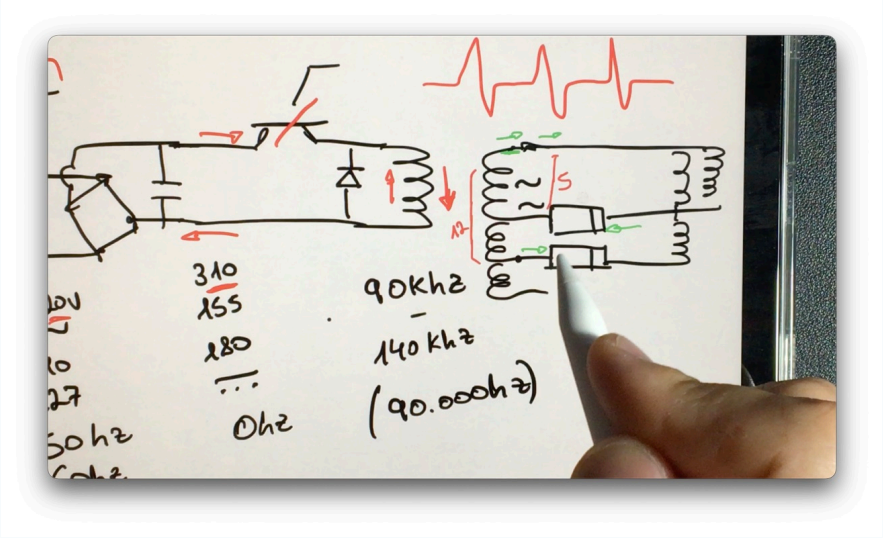

Figura 67. Rectificación de media onda con dos diodos

Diodos rápidos

Los diodos del secundario deben conmutar con gran rapidez. Por eso se utilizan con frecuencia diodos Schottky o ultrarrápidos, cuya recuperación y caída de tensión son adecuadas para alta frecuencia. Se comprueban con la función diodo: deben conducir en un sentido y bloquear en el contrario. El valor observado depende del tipo de semiconductor y de los caminos presentes en placa.

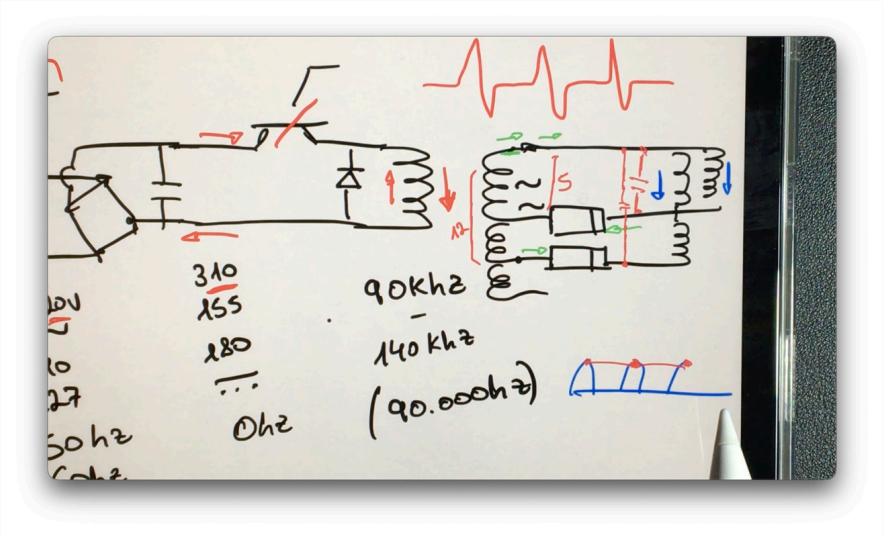

Figura 68. Filtrado de la rectificación mediante capacitores

Ramas de baja tensión

Cada salida posee su propio diodo, capacitor y punto de referencia. En el ejemplo aparecen ramas de 5 y 12 V, y en otras placas puede existir también una salida de 15 V. Los puntos marcados 5V, 12V, 15V y GND permiten comprobar las ramas sin desmontar la placa, siempre que se utilice la masa secundaria correcta.

La medición se realiza colocando la referencia del instrumento en GND secundario y comprobando cada punto de salida. Si 5 V está presente pero falta 12 V, el primario y parte del transformador están funcionando; la búsqueda se concentra en la rama ausente. Si todas las salidas están bajas,

debe evaluarse además si existe sobrecarga, falta de conmutación o regulación incorrecta.

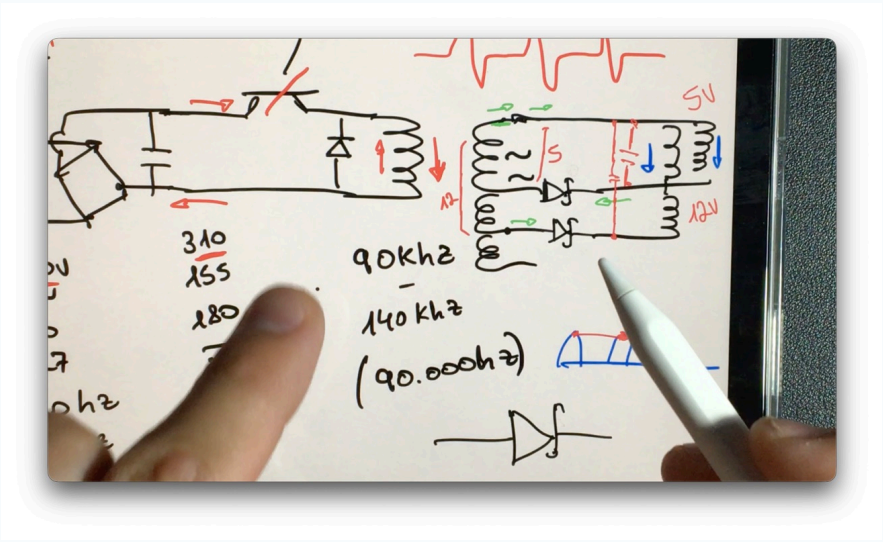

Figura 69. Diodos Schottky para rectificación rápida

Interpretación de fallas

Si una salida está baja, primero se determina si el problema afecta a una sola rama o a todas. Una única rama anormal orienta hacia su diodo, capacitor o carga. Varias salidas ausentes pueden indicar falta de conmutación, protección activa o una falla común del primario. Esta comparación evita intervenir el transformador sin evidencia.

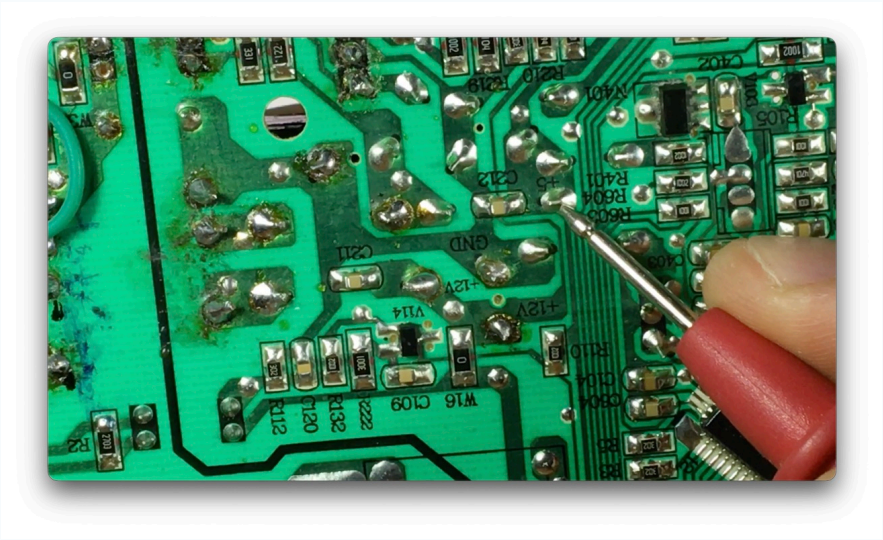

Figura 70. Puntos de medición de las salidas de 5 y 12 V

PUNTO TÉCNICO ICIA
La presencia de conmutación en el primario no garantiza una salida correcta: rectificación y filtrado secundarios son etapas independientes que también deben comprobarse.

ERROR COMÚN
Reemplazar un diodo rápido por un rectificador común puede producir calentamiento, pérdidas y una nueva falla a alta frecuencia.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.25

2.25 Control PWM y realimentación

La fuente conmutada necesita regular cuánta energía transfiere. Para ello utiliza un circuito de control que modifica la conmutación según la tensión observada en la salida. La realimentación informa al primario si la salida debe aumentar, disminuir o mantenerse. Esta función explica por qué una fuente puede intentar arrancar y detenerse repetidamente cuando detecta sobrecarga o una condición anormal. En diagnóstico resulta útil comprobar si la fuente recibe alimentación, si existe actividad de conmutación y si la realimentación puede estar bloqueando el funcionamiento. El análisis debe considerar primario y secundario como partes coordinadas de un mismo sistema.

En este tema

Alimentación del controlador	Modulación por ancho de pulso
Regulación según la carga	Realimentación aislada
Diagnóstico del control PWM	

Desarrollo técnico

Alimentación del controlador

El controlador necesita una tensión propia para comenzar y sostener la conmutación. Algunos diseños toman una corriente inicial desde el bus mediante una resistencia; una vez iniciada la fuente, un devanado auxiliar del transformador mantiene la alimentación. Otros integrados incorporan internamente parte de este circuito. Si la tensión de alimentación no alcanza el umbral, la fuente puede intentar arrancar y detenerse repetidamente.

Modulación por ancho de pulso

PWM significa modulación por ancho de pulso. La frecuencia establece cuántos pulsos se producen por segundo y el ciclo de trabajo indica qué proporción del período permanece activo el conmutador. En una fuente regulada puede conservarse una frecuencia aproximada mientras cambia el tiempo de conducción. Un pulso más ancho transfiere más energía; uno más estrecho transfiere menos.

Regulación según la carga

La regulación responde al consumo real. Cuando la carga exige más corriente y la salida intenta descender, el circuito de control amplía la energía transferida. Si el consumo disminuye o la salida tiende a elevarse, reduce el ancho de pulso. La fuente no entrega permanentemente su potencia máxima, sino la necesaria para conservar la tensión dentro del rango previsto.

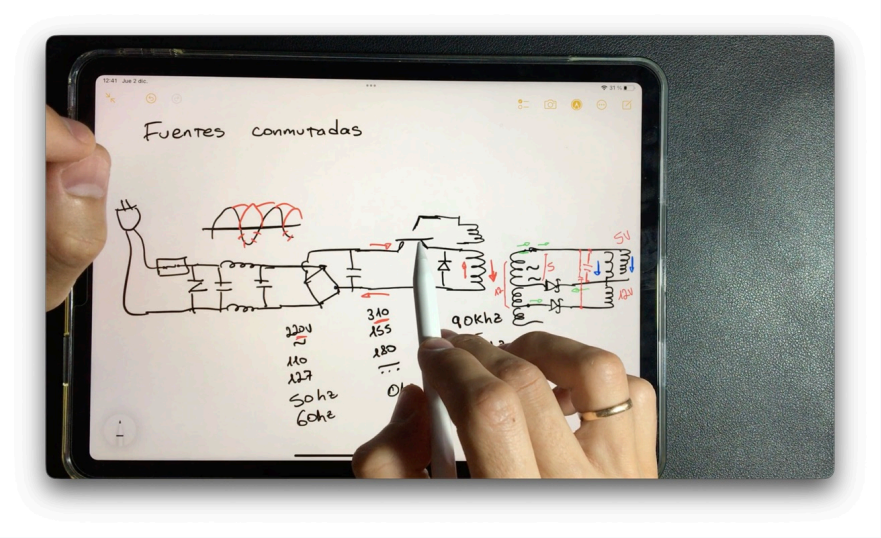

Figura 71. Alimentación del devanado auxiliar del transformador de ferrita

Realimentación aislada

El optoacoplador transporta la información de realimentación desde el secundario hacia el primario sin unir ambas masas. El LED interno modifica su intensidad según el error de salida y el fototransistor informa al controlador. De esta manera, la regulación permanece aislada de la alta tensión primaria.

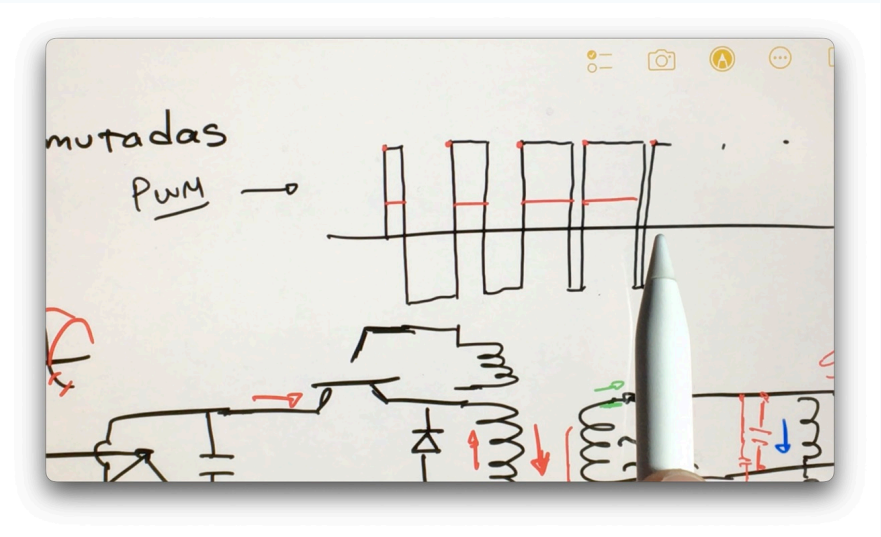

Figura 72. Funcionamiento de la modulación por ancho de pulso (PWM)

Diagnóstico del control PWM

Una fuente que pulsa, silba o reinicia no debe diagnosticarse sólo por el transistor conmutador. También pueden estar alterados el capacitor de alimentación, la resistencia de arranque, el devanado auxiliar, el optoacoplador, la referencia de salida o la carga secundaria. El diagnóstico compara la alimentación del controlador, la actividad PWM y la estabilidad de las salidas.

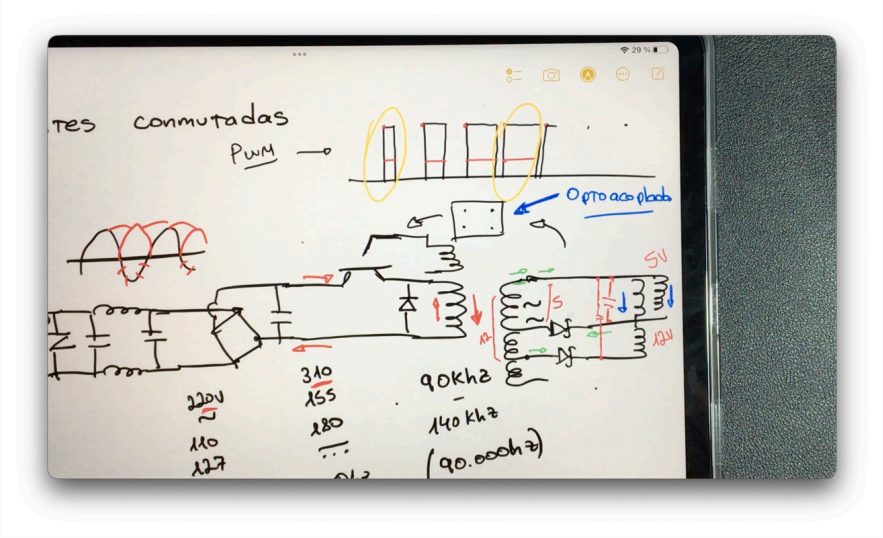

Figura 73. Retroalimentación mediante optoacoplador

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una fuente que pulsa o intenta arrancar no siempre tiene el transistor principal dañado; la realimentación o una carga secundaria anormal también pueden provocar ese comportamiento.

ERROR COMÚN
Confundir frecuencia con ancho de pulso lleva a interpretar incorrectamente la regulación PWM y la energía transferida.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.26

2.26 Optoacopladores: funcionamiento y medición

El optoacoplador transmite información mediante luz entre dos zonas eléctricamente separadas. Un LED interno genera la señal óptica y un elemento receptor modifica su conducción en el otro lado del encapsulado. Esta característica permite comunicar el secundario de una fuente con su control primario sin unir directamente sus referencias eléctricas. En fuentes conmutadas se utiliza con frecuencia en la realimentación. También aparece en otros circuitos del equipo, como comunicación o detección de sincronismo. Para comprobarlo debe entenderse que internamente existen dos partes distintas: el LED de entrada y el dispositivo de salida, cada una con su propia prueba eléctrica.

En este tema

Estructura interna	Aislamiento galvánico
Identificación de terminales	Prueba del LED
Prueba del fototransistor	

Desarrollo técnico

Estructura interna

El optoacoplador contiene dos circuitos separados dentro del mismo encapsulado: un LED de entrada y un receptor fotosensible, habitualmente un fototransistor. Cuando el LED se energiza, la luz activa el receptor y modifica su conducción. La señal atraviesa el componente por medios ópticos, no mediante una conexión eléctrica directa.

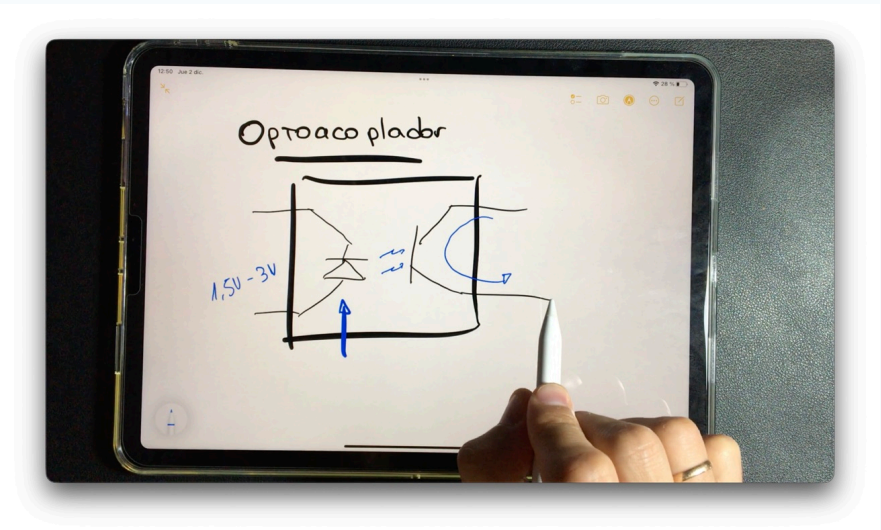

Figura 74. Funcionamiento del optoacoplador

Aislamiento galvánico

En una placa inverter pueden encontrarse varios optoacopladores porque no todos cumplen la misma tarea. Uno puede participar en la realimentación de la fuente, otro en la detección del cruce por cero y otros en señales de protección o mando. La apariencia exterior puede ser similar, pero la orientación y el sentido de la información dependen del circuito donde está instalado.

La separación interna proporciona aislamiento galvánico entre zonas con referencias distintas. En muchos modelos la tensión de aislamiento alcanza varios kilovoltios, pero el valor exacto debe verificarse en la hoja de datos. En una fuente conmutada, esta barrera permite que el secundario de baja tensión informe al primario sin exponer el control a la tensión del bus.

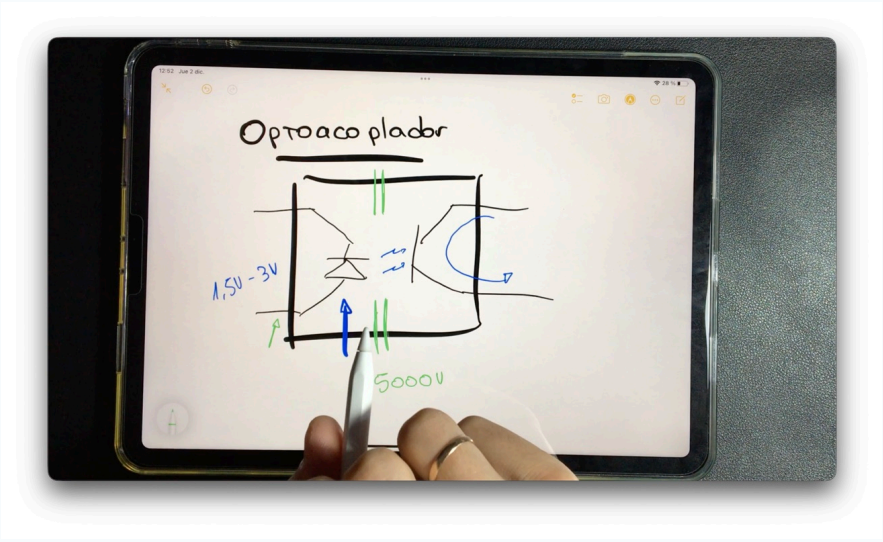

Figura 75. Aislamiento dieléctrico entre entrada y salida

Identificación de terminales

El punto o muesca del encapsulado ayuda a identificar el pin 1. Con el diagrama del fabricante se distinguen ánodo y cátodo del LED, además de colector y emisor del fototransistor. La posición puede cambiar entre familias; por eso no debe suponerse que todos los optoacopladores comparten el mismo pinout.

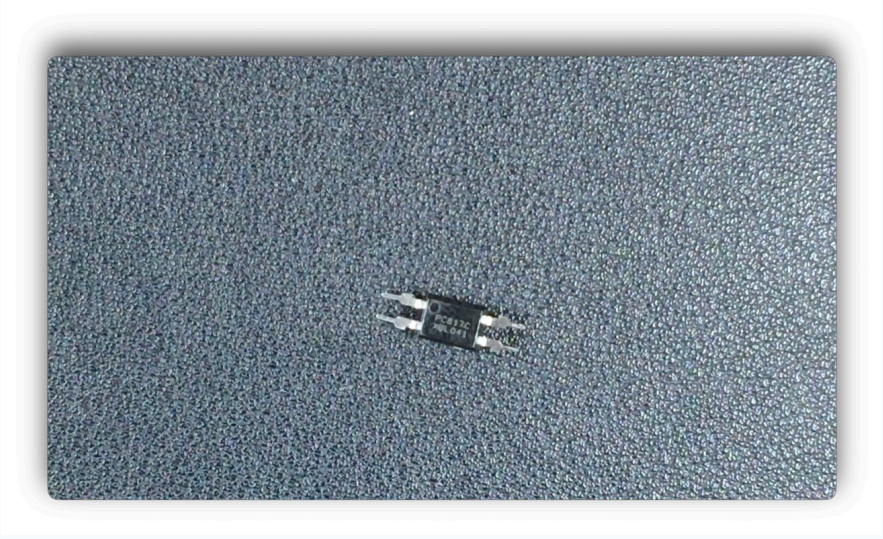

Figura 76. Aspecto físico del optoacoplador

Prueba del LED

La primera comprobación se realiza con la función diodo del multímetro. El LED debe mostrar una caída directa, en el ejemplo cercana a 1,5 V, y bloquear al invertir las puntas. Una lectura abierta en ambos sentidos sugiere LED interrumpido; una lectura casi nula en ambos sentidos sugiere cortocircuito, siempre confirmando que la medición no esté afectada por el circuito.

Para verificar el lado receptor se alimenta el LED con una fuente limitada y se observa el cambio de resistencia o conducción del fototransistor. En la demostración, al encender el LED la lectura desciende aproximadamente a 21 ohmios. El valor no es universal: lo importante es comprobar una variación clara entre LED apagado y encendido, respetando corriente, polaridad y hoja de datos.



Figura 77. Medición de la caída de tensión del LED interno

Prueba del fototransistor

Al abrir un optoacoplador puede observarse físicamente el LED frente al receptor y el material aislante que los separa. La luz utilizada suele ser infrarroja, por lo que puede resultar visible con la cámara de algunos teléfonos aunque no se perciba a simple vista. Esta observación ayuda a comprender el principio, pero no reemplaza las mediciones eléctricas ni la comprobación del aislamiento.



Figura 78. LED alimentado y medición de 21 ohmios del lado del transistor

PUNTO TÉCNICO ICIA
El optoacoplador debe analizarse como dos circuitos relacionados por luz, no como un componente de dos terminales.

ERROR COMÚN
Aplicar una pila directamente al LED sin limitar la corriente puede destruir el optoacoplador durante la prueba.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.27

2.27 Detección de cruce por cero

La detección de cruce por cero toma una muestra de la tensión rectificada antes del filtrado y la transmite al microcontrolador por medio de un optoacoplador. Cada vez que la señal pasa por cero, la salida lógica cambia de estado y ofrece una referencia temporal. El circuito permite sincronizar el control de cargas de corriente alterna sin conectar el procesador directamente a la red. Para diagnosticarlo deben distinguirse la zona de alta tensión, la barrera de aislamiento y la salida lógica de 5 V.

En este tema

Objetivo del cruce por cero	Muestreo antes del filtrado
Trabajo del optoacoplador	Frecuencia de los pulsos
Seguimiento en placa	

Desarrollo técnico

Objetivo del cruce por cero

La detección de cruce por cero informa al microcontrolador el instante en que la tensión alterna cambia de polaridad. Esa referencia temporal permite sincronizar el control de cargas de red, como ciertos motores de ventilador o dispositivos accionados por triac. No se trata de una alimentación continua, sino de una señal repetitiva relacionada con la frecuencia de la red.

En el ejemplo del aire acondicionado, esta referencia interviene en el control escalonado o electrónico de ciertos ventiladores convencionales. El microcontrolador necesita saber en qué parte del ciclo de red se encuentra para ordenar la conducción en el momento adecuado. Una falla de sincronismo puede dejar el ventilador detenido, hacerlo trabajar de manera irregular o impedir el cambio correcto de velocidad.

Muestreo antes del filtrado

La muestra se toma antes del capacitor principal, en un punto donde la señal rectificada conserva sus caídas a cero. El quinto diodo separa esa señal pulsante del bus filtrado. Si se tomara la muestra después del capacitor, la tensión permanecería elevada entre los picos y el cruce dejaría de distinguirse con claridad.

Una resistencia de alto valor limita la corriente que llega al LED del optoacoplador. Durante la mayor parte de cada semiciclo el LED conduce y el fototransistor permanece activado. Cerca del cruce por cero el LED se apaga; entonces el circuito lógico cambia de estado y produce un pulso que el microcontrolador puede contar.

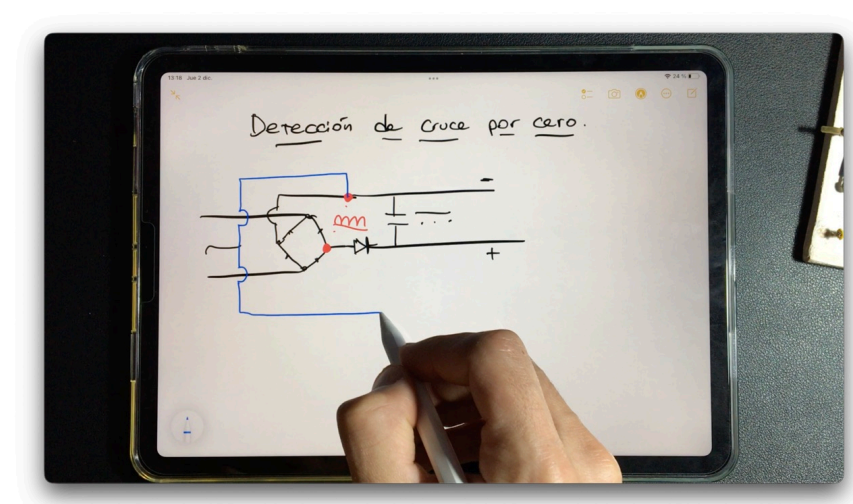

Figura 79. Muestreo de tensión sin filtrar antes del quinto diodo

Trabajo del optoacoplador

En el lado lógico se utiliza normalmente una resistencia de polarización conectada a 5 V. Cuando el fototransistor conduce, deriva esa señal hacia GND y la entrada del microcontrolador reconoce un nivel bajo. Cuando el LED se apaga cerca del cruce, el fototransistor deja de conducir y la resistencia eleva la entrada a un nivel alto. Así se obtiene un pulso de 5 V sin unir eléctricamente la red con el procesador.

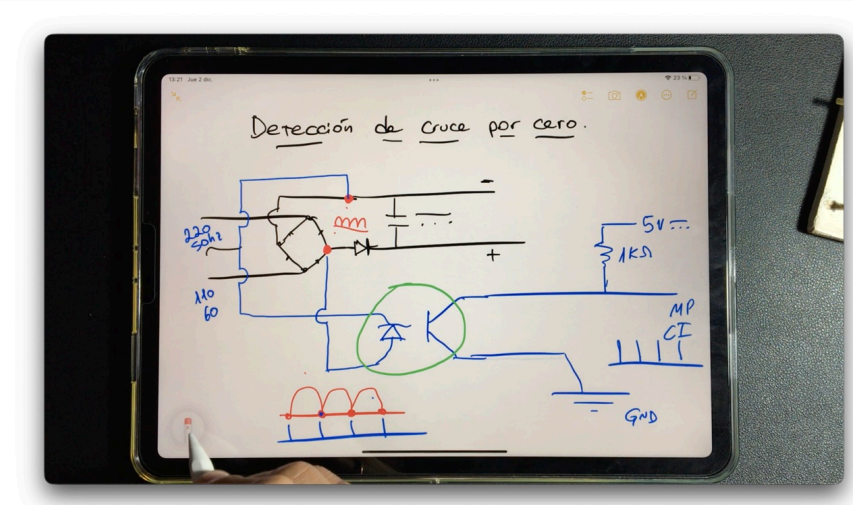

Figura 80. Detección del cruce por cero mediante optoacoplador hacia el circuito integrado

Frecuencia de los pulsos

En una red de 50 Hz, la rectificación de onda completa produce 100 cruces o pulsos de referencia por segundo; en 60 Hz produce 120. El lado lógico suele trabajar con 5 V y una resistencia de polarización. La salida no debe medirse con la masa primaria, sino con la referencia de control indicada por la placa.

El optoacoplador de cruce por cero y el de realimentación pueden encontrarse próximos, pero transportan información en sentidos opuestos. En la realimentación, el LED suele estar en el secundario para informar al controlador primario. En el cruce por cero, el LED recibe la muestra

de la red y el fototransistor entrega la información al lado lógico. Reconocer qué lado contiene el LED evita confundir ambos circuitos.

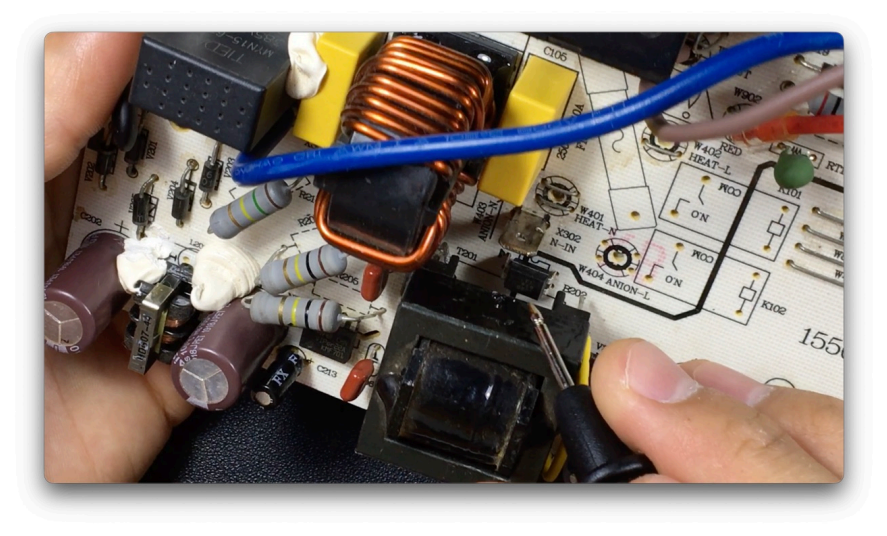

Figura 81. Optoacoplador de cruce por cero, resistencia y quinto diodo en placa

Seguimiento en placa

En placa se identifican el quinto diodo, la resistencia de alto valor y el optoacoplador siguiendo las pistas desde el rectificador. Si falla este circuito pueden aparecer problemas de sincronismo o control del ventilador aunque la fuente principal funcione. La prueba incluye verificar el LED, el fototransistor, la resistencia limitadora y la llegada de pulsos al controlador.

La marca del encapsulado permite localizar el pin 1 y comprobar el LED interno con la función diodo, incluso antes de retirar el componente. Si la lectura está condicionada por resistencias o caminos paralelos, se levanta un terminal y se repite la prueba. Con el equipo energizado, la forma de onda sólo debe observarse con el instrumento y la referencia adecuados para cada lado del aislamiento.

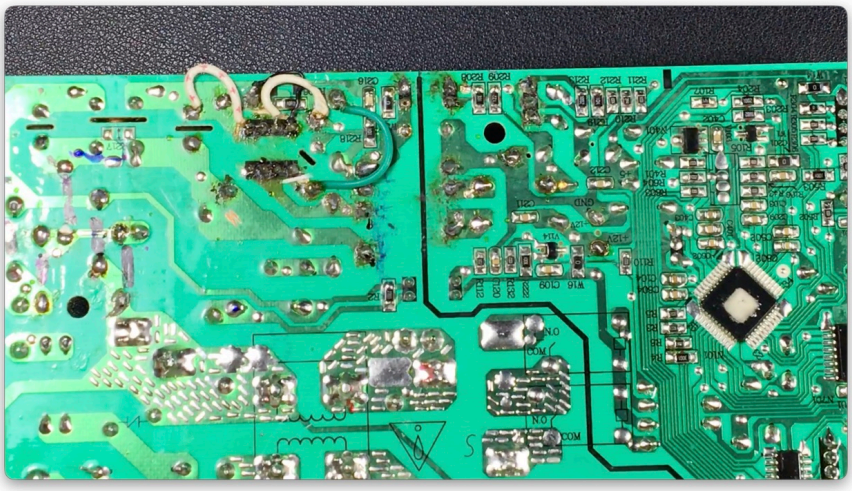

Figura 82. Vista inferior de la placa: circuito de detección del cruce por cero

PUNTO TÉCNICO ICIA
La medición en el lado lógico del opto es mucho más segura que hacerlo directamente sobre la red, siempre que se conozca la referencia correcta de masa.

ERROR COMÚN
Usar la masa del primario para medir la salida lógica del opto puede provocar un cortocircuito y anular el aislamiento del circuito.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.28

2.28 Capacitores: criterios de medición y reemplazo

Al reemplazar un capacitor deben respetarse los parámetros impresos en el componente, en especial su capacidad y tensión de trabajo. La capacidad debe corresponder al diseño del circuito y la tensión nominal del reemplazo no debe ser inferior a la requerida por la aplicación. La polaridad también es fundamental en capacitores electrolíticos. Una instalación invertida puede producir una falla inmediata. Antes de soldar el reemplazo conviene verificar el valor, la orientación y el espacio disponible. El objetivo no es instalar un componente que simplemente encaje, sino mantener las condiciones eléctricas previstas por la placa.

En este tema

Parámetros del capacitor	Tensión nominal
Capacidad en el bus DC	Capacitores de control
Reemplazo y seguridad	

Desarrollo técnico

Parámetros del capacitor

Todo capacitor se selecciona por varios parámetros, no sólo por su tamaño. Los datos mínimos son capacidad, tensión nominal, polaridad y temperatura. En fuentes conmutadas también importan la resistencia serie equivalente, la corriente de rizado y la tecnología del componente. Un reemplazo que encaja físicamente puede comportarse mal a alta frecuencia.

Tensión nominal

En el bus de una red de 220 V AC, la tensión rectificada se aproxima a 311 V DC. El capacitor debe contar con un margen de seguridad adecuado; por eso son habituales valores nominales de 400 o 450 V. Nunca se instala uno de tensión inferior. Puede utilizarse una tensión nominal superior si el componente conserva las demás características y cabe con las distancias de seguridad necesarias.

Capacidad en el bus DC

En capacitores de filtrado del bus, una capacidad igual a la original es la opción preferida. Un aumento moderado puede reducir el rizado, pero también incrementa la corriente de arranque y el esfuerzo sobre el rectificador y las protecciones. Por esa razón, no debe asumirse que una capacidad mayor siempre es mejor; el cambio debe respetar el diseño de la placa.

Capacitores de control

En circuitos de temporización, arranque, realimentación o alimentación del controlador, la capacidad debe mantenerse dentro de la tolerancia prevista. Modificarla puede impedir el inicio de la fuente, alterar tiempos o cambiar la regulación. En estas zonas el valor original se respeta con especial cuidado.

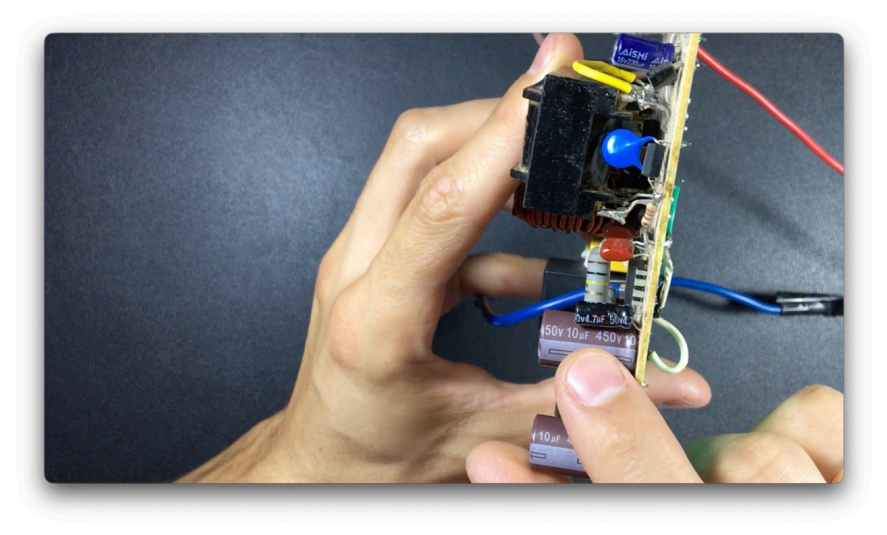

Figura 83. Valores impresos del capacitor para identificar su reemplazo

Reemplazo y seguridad

Antes de reemplazar se descarga el capacitor, se confirma la polaridad y se inspeccionan soldaduras y pistas. Después se mide la tensión de trabajo y, cuando es posible, el rizado bajo carga. Un capacitor del bus puede conservar energía peligrosa aun con el equipo desconectado; la ausencia de alimentación no equivale a ausencia de tensión.

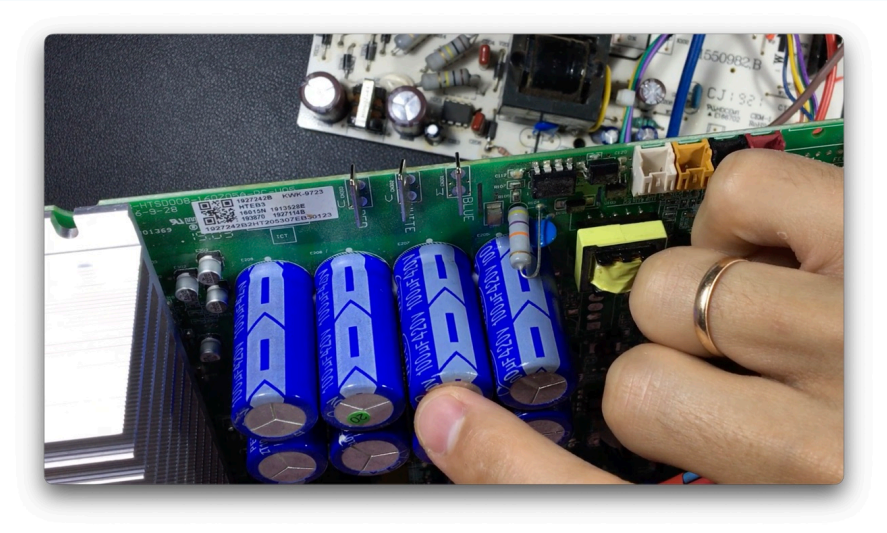

Figura 84. Capacitores de mayor tamaño en la placa exterior

PUNTO TÉCNICO ICIA
Nunca debe elegirse un capacitor sólo por tamaño físico. Capacidad, tensión y polaridad son datos eléctricos esenciales.

ERROR COMÚN
Aumentar la capacidad sin evaluar la corriente de arranque y la función del capacitor puede sobrecargar el rectificador o impedir el arranque de la fuente.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.29

2.29 Puesta a tierra y protección contra sobretensiones

Las placas Inverter incorporan redes relacionadas con protección y referencia a tierra. La conexión de tierra física adquiere importancia por la presencia de filtros, componentes de supresión y etapas de potencia que pueden derivar ruido o corrientes de alta frecuencia. El análisis debe diferenciar tierra de protección, neutro y referencias internas de la electrónica. Aunque en algunos puntos puedan existir relaciones capacitivas o filtros entre ellas, no deben tratarse como conductores equivalentes. Una instalación deficiente puede afectar seguridad y comportamiento eléctrico, por lo que la revisión de la puesta a tierra forma parte del servicio profesional.

En este tema

Tierra de protección	Funcionamiento sin tierra
Descargador de sobretensión	Coordinación de protecciones
Comprobaciones	

Desarrollo técnico

Tierra de protección

La tierra de protección es el tercer conductor de la instalación y se conecta a las partes metálicas accesibles del equipo. Su función principal es la seguridad de las personas: proporciona un camino de baja impedancia para una corriente de falla y facilita la actuación de la protección diferencial o de sobrecorriente. No debe confundirse con neutro ni utilizarse como conductor de trabajo.

Funcionamiento sin tierra

Un equipo puede encender y funcionar sin tierra, pero eso no significa que la instalación sea correcta ni segura. Además de la protección personal, las placas inverter utilizan la referencia de tierra en filtros EMI y redes de supresión. Sin una puesta a tierra adecuada se pierde parte de la capacidad prevista para derivar ruido y ciertos eventos transitorios.

La capacidad de encender sin conductor de protección sólo describe el recorrido normal de alimentación entre línea y neutro. No demuestra que el chasis esté protegido frente a una falla de aislamiento. Tampoco garantiza que las redes de filtrado y supresión dispongan del camino previsto por el fabricante. Funcionamiento, seguridad eléctrica y protección contra sobretensiones deben evaluarse por separado.

Descargador de sobretensión

En algunas placas, dos varistores relacionan línea y neutro con un punto común de protección. Desde allí, un descargador de gas o dispositivo de descarga conduce hacia tierra cuando la sobretensión supera su umbral. En condiciones normales permanece aislado; durante un evento elevado se ioniza internamente y ofrece un trayecto de descarga.

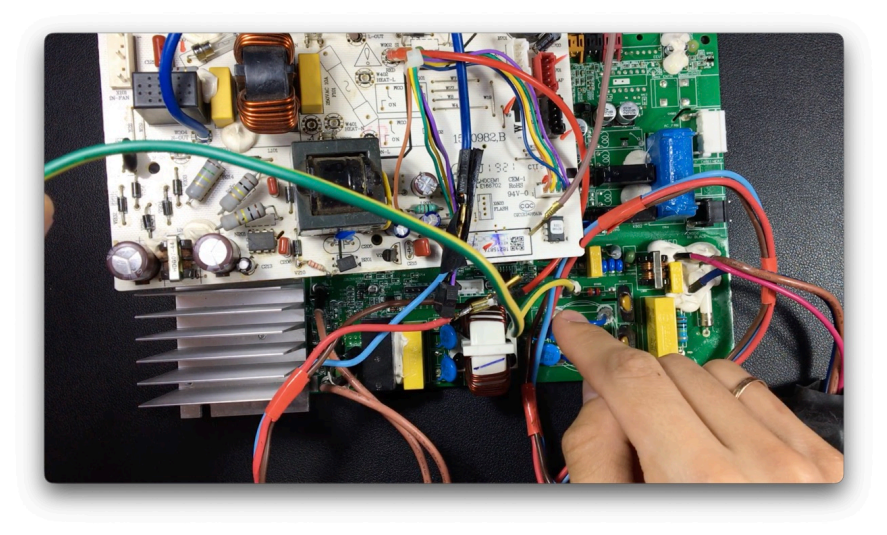

Figura 85. Conexión del conductor de tierra en la placa

Coordinación de protecciones

El descargador no sustituye al fusible, al varistor ni a las protecciones de la instalación. Estos elementos coordinan sus funciones: los varistores limitan picos, el descargador deriva energía hacia tierra y el fusible interrumpe una sobrecorriente sostenida. El resultado depende de la calidad de la puesta a tierra y del estado de cada componente.

Esta red está pensada para eventos transitorios y posee límites de energía. No vuelve invulnerable a la placa ni corrige una tensión de red permanentemente elevada. Una descarga intensa puede deteriorar el varistor, abrir el fusible o carbonizar pistas. Después de una sobretensión se inspecciona todo el conjunto y no se reemplaza únicamente el elemento que quedó visiblemente dañado.

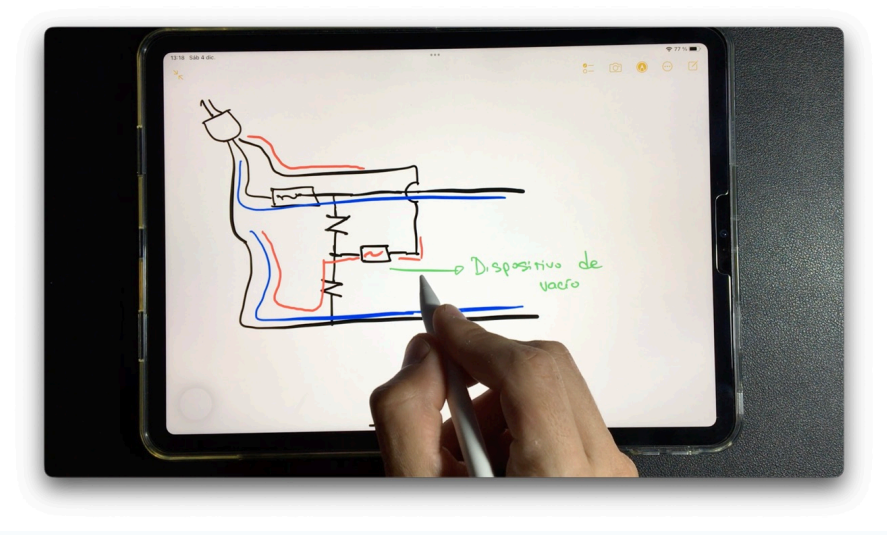

Figura 86. Esquema del descargador de sobretensión conectado a tierra

Comprobaciones

Para revisar el circuito se trabaja con el equipo desenergizado y los capacitores descargados. Se inspeccionan fisuras, carbonización, varistores dañados, fusible abierto y continuidad del conductor de protección. Un descargador puede medir abierto con un multímetro común y aun así requerir una prueba especializada para conocer su tensión de disparo.

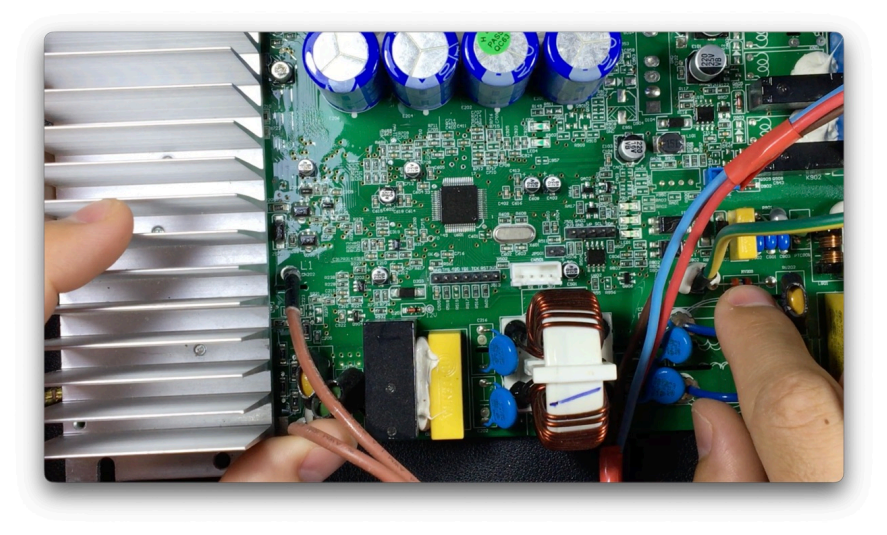

Figura 87. Ubicación del descargador de sobretensión sobre la placa

PUNTO TÉCNICO ICIA
Tierra de protección y neutro cumplen funciones diferentes. No deben intercambiarse durante una reparación o instalación.

ERROR COMÚN
Que el equipo encienda sin tierra no demuestra que la instalación sea segura ni que las protecciones contra transitorios funcionen como fueron diseñadas.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.30

2.30 Identificación del circuito de tierra en placa

El seguimiento visual permite localizar los puntos de conexión a tierra y los componentes vinculados a esa referencia. En muchas placas aparecen cerca de filtros de entrada, disipadores o elementos de supresión. La continuidad de pistas ayuda a identificar qué partes se conectan directamente y cuáles lo hacen a través de componentes. Esta identificación es útil cuando se investiga ruido, disparos de protección o daños relacionados con sobretensiones. Antes de medir resistencia o continuidad debe confirmarse que los capacitores estén descargados y que no exista alimentación. La lectura se interpreta según la topología del circuito, no únicamente por la presencia de un símbolo o color de cable.

En este tema

Ubicación del circuito	Variaciones entre fabricantes
Medición sobre la placa	Lectura funcional
Explicación al cliente	

Desarrollo técnico

Ubicación del circuito

El circuito de protección suele localizarse cerca del conector de entrada. El fusible se reconoce porque está en serie con la alimentación; los varistores aparecen conectados desde línea y neutro hacia la red de supresión; el terminal de tierra se dirige a una pista separada y al chasis. Seguir esas conexiones permite confirmar la topología aunque la serigrafía sea incompleta.

Variaciones entre fabricantes

El descargador se identifica por su encapsulado y por la conexión entre el punto común de los varistores y tierra. Algunas placas incorporan un dispositivo de descarga dedicado; otras emplean una solución más sencilla basada en varistores y capacitores de seguridad. La ausencia de un componente en una marca no implica necesariamente que la placa esté incompleta.

Medición sobre la placa

En el lado de soldaduras se comprueba que el terminal de tierra no esté interrumpido y que las pistas no presenten carbonización. Los varistores deben mostrar una resistencia muy elevada a baja tensión. El fusible debe tener continuidad, pero si está abierto se investiga primero la causa y no se lo puentea.

Lectura funcional

La comparación entre placas enseña a reconocer funciones y no formas. Un fabricante puede concentrar la protección en una zona; otro puede separar sus componentes. El recorrido desde línea y neutro hacia el filtro, la tierra y el rectificador continúa siendo la referencia para identificar el circuito.

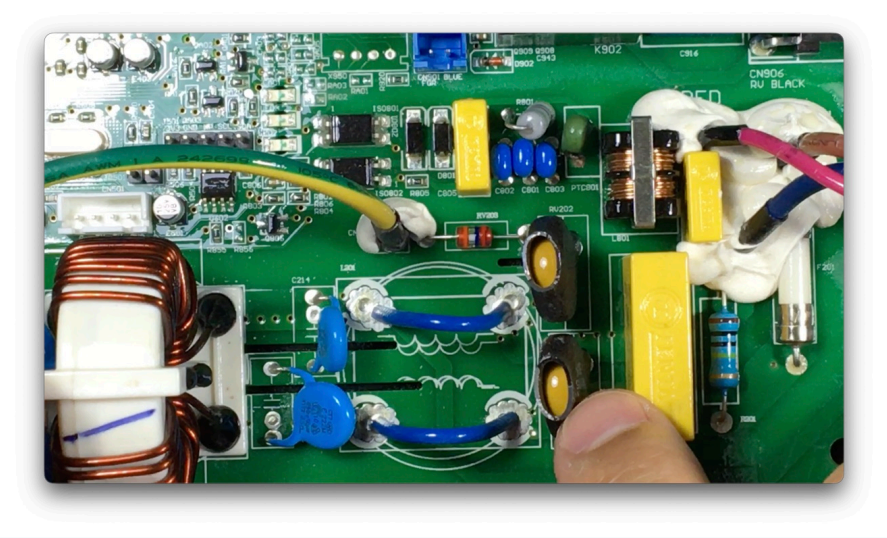

Figura 88. Varistores conectados al descargador de sobretensión y a tierra

Explicación al cliente

Al explicar el sistema al cliente conviene separar funcionamiento y seguridad. El equipo puede operar sin tierra, pero queda sin una parte esencial de la protección prevista. La recomendación profesional es corregir la instalación y verificar la puesta a tierra, no presentar la capacidad de encendido como prueba de que la conexión es adecuada.

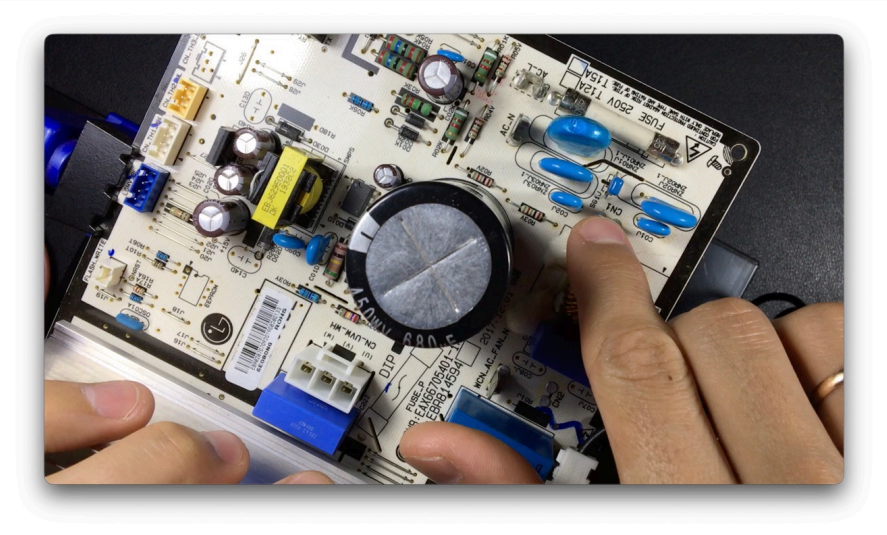

Figura 89. Varistores de protección conectados a tierra en otra placa

PUNTO TÉCNICO ICIA
El seguimiento de pistas es especialmente útil cuando la serigrafía es incompleta o el circuito de tierra no está concentrado en una sola zona.

ERROR COMÚN
Puentear el fusible o unir neutro con tierra dentro del equipo elimina protecciones y puede dejar partes metálicas en una condición peligrosa.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.31

2.31 Seguimiento integral de una placa exterior

Una vez reconocidas las etapas individuales, conviene recorrer una placa exterior completa desde la entrada de red hasta las fuentes, PFC, bus DC y circuitos de potencia. Esta práctica permite relacionar los componentes físicos con la función estudiada previamente. El objetivo no es memorizar la disposición de una marca, sino desarrollar la capacidad de identificar patrones: protecciones próximas a la entrada, rectificación y capacitores de bus, fuentes auxiliares, módulos de potencia y conectores hacia compresor, ventiladores y sensores. Esa lectura funcional es la base de un diagnóstico ordenado cuando no se dispone de esquema eléctrico.

En este tema

Entrada y filtrado	Rectificador y bus DC
Fuente conmutada auxiliar	Rama de potencia
Comparación entre placas	Registro de mediciones

Desarrollo técnico

Entrada y filtrado

El recorrido integral comienza en línea y neutro. La línea atraviesa el fusible y ambas entradas pasan por varistores, capacitores de seguridad y bobinas del filtro EMI. Algunos modelos incorporan un relé o una resistencia de limitación de corriente antes de alimentar el rectificador. La secuencia exacta cambia, pero cada componente puede reconocerse por su conexión.

La primera placa analizada distribuye la protección, el filtro y el rectificador en una zona amplia. Otra placa concentra esos elementos y utiliza menos capacitores en el filtro. Esta comparación demuestra que el tamaño o la cantidad de piezas no define por sí solo la función: lo decisivo es comprobar qué elementos están en serie, cuáles están en paralelo y hacia dónde continúan las pistas.

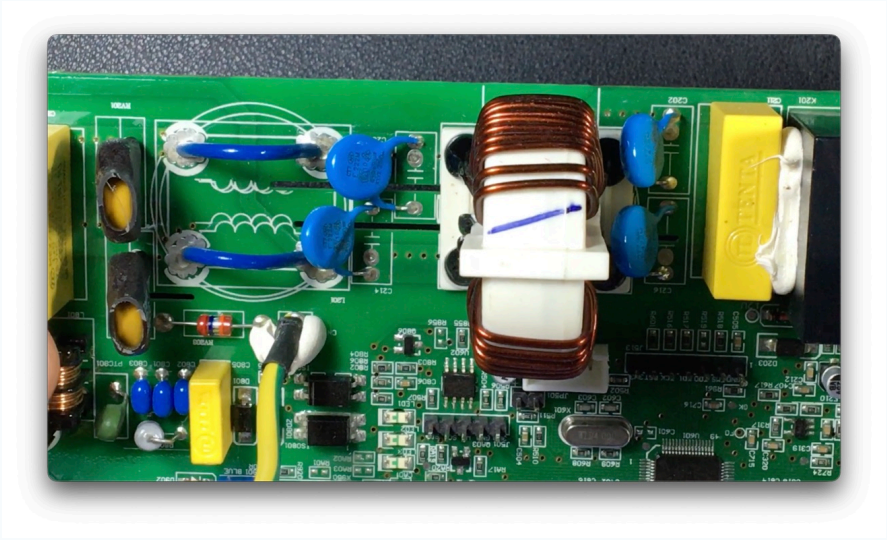

Figura 90. Entrada de alimentación: bobinas toroidales y varistores

Rectificador y bus DC

El puente rectificador recibe AC en dos terminales y entrega positivo y negativo en los otros dos. Los capacitores principales se conectan en paralelo con el bus y almacenan la energía rectificada. Varios capacitores pequeños pueden sumar la capacidad necesaria, mientras que otra placa puede utilizar un solo componente de mayor valor. La medición se realiza entre los polos del bus con instrumentos adecuados para alta tensión.

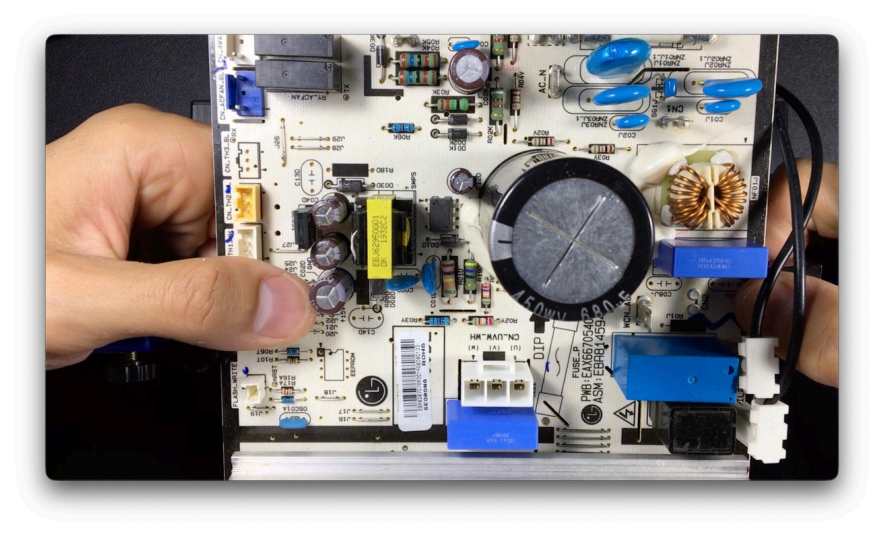

Figura 91. Vista general de componentes de placa exterior de 12.000 BTU

Fuente conmutada auxiliar

En uno de los ejemplos, ocho capacitores de 100 microfaradios forman una capacidad total aproximada de 800 microfaradios. En otra placa se utiliza un único capacitor de 680 microfaradios. Estos valores no son intercambiables por simple semejanza: responden a la potencia, el rizado admisible, el PFC y la estrategia del fabricante. La comparación sirve para reconocer la función, no para copiar componentes entre modelos.

Desde el bus, una derivación alimenta la fuente conmutada auxiliar. El positivo llega al transformador y el negativo pasa por el conmutador. En el secundario aparecen diodos rápidos y capacitores que generan ramas de 5, 12 o 15 V. Los puntos de prueba serigrafiados permiten verificar estas tensiones con respecto a GND sin desmontar toda la unidad.

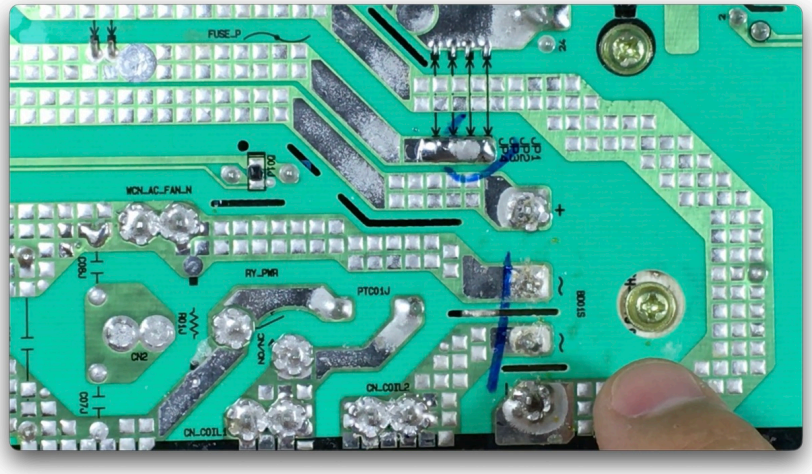

Figura 92. Entrada y terminales del puente rectificador, lado de soldaduras

Rama de potencia

En la placa LG del ejemplo, una salida secundaria atraviesa un diodo rápido y llega a un punto marcado 15 V. Otra rama pasa por su rectificador y por un regulador antes de alcanzar el punto de 5 V. Esta diferencia permite separar una salida directa del transformador de otra tensión regulada posteriormente. Si hay tensión antes del regulador y no después, la búsqueda ya no debe regresar al primario.

Otra parte del bus alimenta el PFC y la etapa de potencia del compresor. Esta bifurcación explica por qué una placa puede tener fuente de control y mostrar códigos, pero fallar al intentar arrancar la carga principal. El diagnóstico debe distinguir la rama que alimenta el microprocesador de la que entrega potencia al motor.

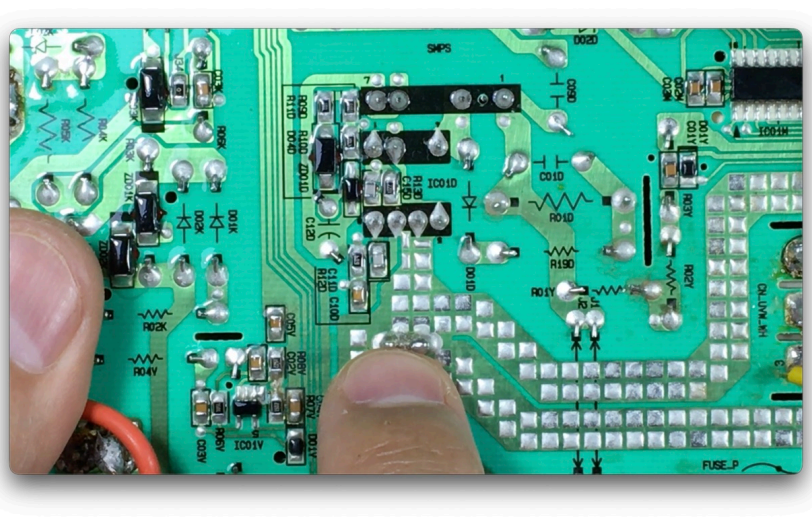

Figura 93. Pines del conmutador y secundario del transformador de ferrita

Comparación entre placas

La lectura funcional se completa comparando diferentes placas. Aunque Good Weather, LG, Carrier u otras marcas distribuyan los componentes de manera distinta, todas necesitan protección, filtrado, rectificación, bus DC, fuente auxiliar y etapa de potencia. Los patrones eléctricos son más confiables que la posición física.

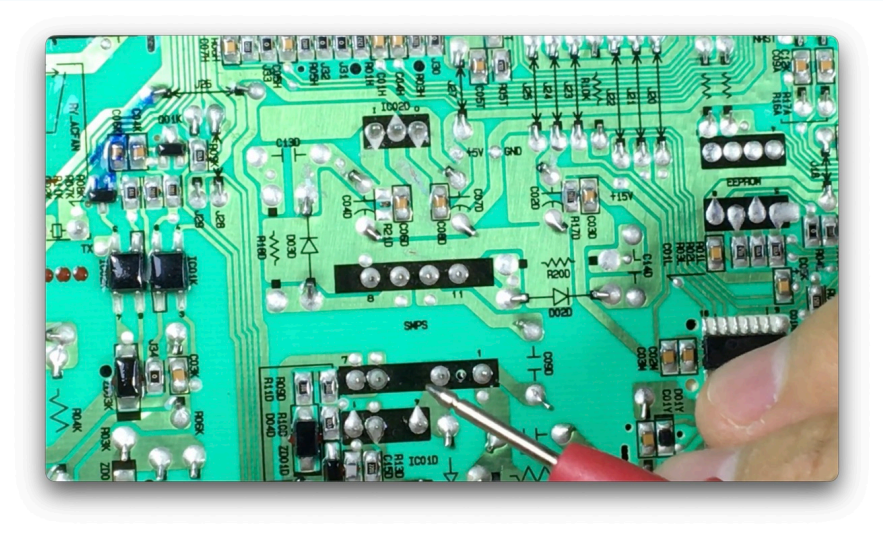

Figura 94. Diodo rectificador y salidas de 15 V y 5 V

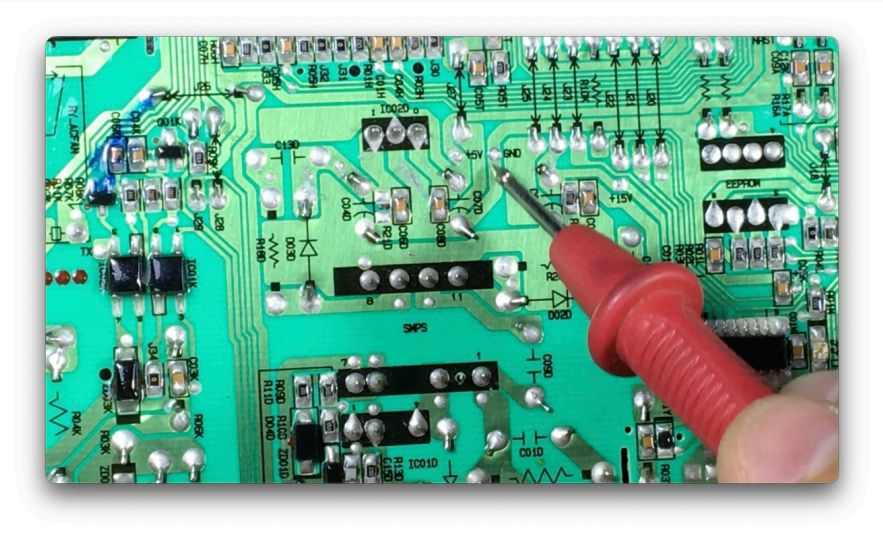

Figura 95. Puntos de medición GND y 5 V

Registro de mediciones

Algunos componentes atraviesan la placa y pueden seguirse desde ambos lados; otros son de montaje superficial y sólo quedan visibles al desmontar. Por eso, antes de retirar la placa conviene aprovechar los puntos de prueba accesibles desde la cara superior. El objetivo es diagnosticar con el menor desmontaje posible y abrir el conjunto únicamente cuando las mediciones indiquen qué zona requiere intervención.

Un método práctico consiste en anotar cada medición sobre el recorrido: tensión de entrada, bus DC, alimentación del controlador y salidas de 5, 12 y 15 V. Cuando un valor desaparece entre dos puntos, se concentra la búsqueda en el bloque comprendido entre ellos. Esto reduce desmontajes y evita reemplazos por ensayo.

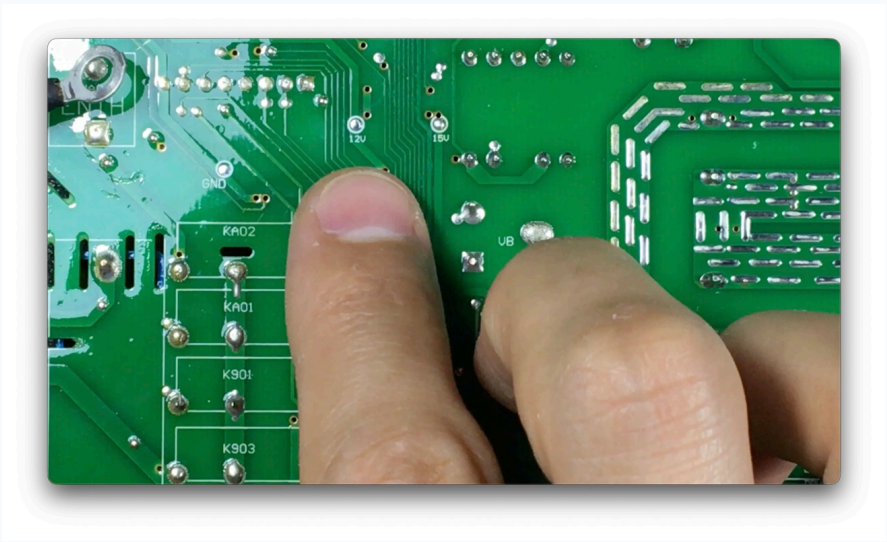

Figura 96. Puntos de medición de 12 V y 15 V



Figura 97. Placa Good Weather: conmutador, optoacoplador y transformador de ferrita

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una placa desconocida se vuelve más comprensible cuando se la divide en bloques y se sigue la energía desde la entrada hacia las cargas.

ERROR COMÚN
Utilizar GND de control como referencia para el bus de alta tensión puede dañar el instrumento y la placa; cada zona posee su propia referencia.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.32

2.32 Corrector del factor de potencia: PFC

El circuito PFC forma parte de la etapa de potencia de muchas placas Inverter y trabaja sobre el bus de corriente continua. Su función está relacionada con la manera en que la placa toma energía de la red y con el nivel de tensión disponible para la etapa Inverter. El PFC puede identificarse como un bloque que incorpora reactor, diodo, transistor de potencia y control electrónico. Su activación puede modificar el valor del bus cuando el equipo entra en funcionamiento. Por esta razón, una tensión DC presente pero anormal bajo carga puede requerir revisar el PFC además del rectificador y los capacitores principales.

En este tema

Qué es el factor de potencia	Cargas inductivas y capacitivas
Función del reactor	PFC pasivo
PFC activo	Síntomas y diagnóstico

Desarrollo técnico

Qué es el factor de potencia

El factor de potencia expresa qué parte de la potencia aparente tomada de la red se convierte en potencia activa útil. Su valor se ubica entre 0 y 1. Un factor cercano a 1 indica que corriente y tensión se relacionan de manera favorable; un valor bajo obliga a la red y a los conductores a transportar más corriente para entregar la misma potencia útil.

La potencia activa es la que efectivamente realiza trabajo y se expresa en vatios. La potencia aparente combina tensión y corriente y se expresa en voltamperios. El cociente entre ambas determina el factor de potencia. Si dos equipos entregan la misma potencia útil, el que posee peor factor de potencia exige más corriente a la instalación, produce mayores pérdidas en cables y somete a más esfuerzo a interruptores y protecciones.

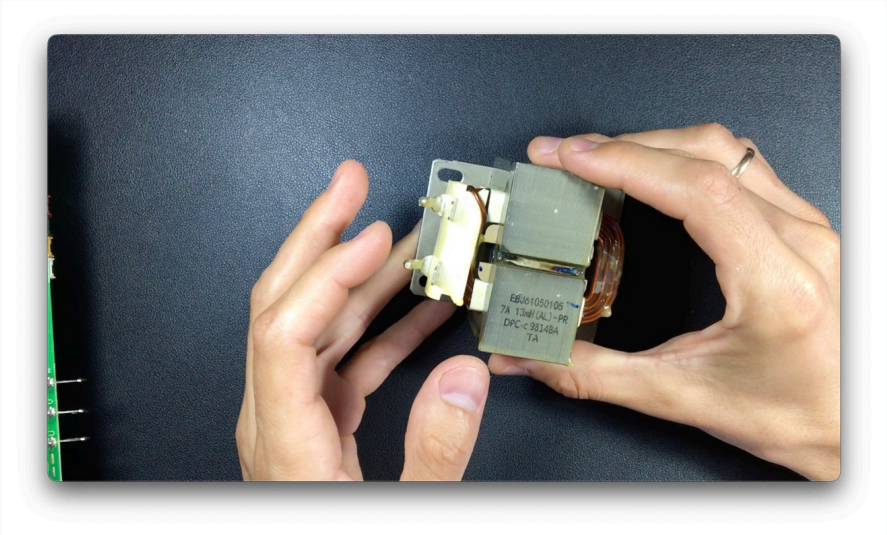

Figura 98. Reactor PFC extraído

Cargas inductivas y capacitivas

Las cargas inductivas hacen que la corriente se atrase respecto de la tensión, mientras que las cargas capacitivas hacen que la corriente se adelante. En instalaciones industriales, bancos de capacitores compensan cargas predominantemente inductivas. En una placa inverter, el rectificador y el gran capacitor del bus producen además una corriente de entrada muy concentrada alrededor de los picos de la onda, lo que también degrada el factor de potencia.

En una explicación básica puede imaginarse que la bobina y el capacitor desplazan el intercambio de energía en sentidos opuestos. Sin embargo, en la entrada rectificada de una placa inverter no existe únicamente un desfase sinusoidal: el capacitor principal se recarga mediante pulsos breves y elevados. El PFC debe atender tanto la componente reactiva como la forma distorsionada de la corriente tomada de la red.



Figura 99. Referencia visual de otro reactor PFC mostrada en una tableta

Función del reactor

El reactor es una bobina de potencia colocada en el recorrido de energía. Puede estar fuera de la placa, cerca del compresor, o montado sobre ella. Su inductancia se opone a cambios bruscos de corriente y colabora con el circuito PFC. No es un transformador: posee un único devanado funcional y deja pasar la corriente hacia la etapa siguiente.

Visualmente, el reactor puede parecer un transformador grande, pero sus terminales forman un solo recorrido. Si no se encuentra cerca del compresor, debe buscarse montado sobre la placa o conectado mediante dos conductores. Su posición y el calibre del devanado muestran que trabaja con la corriente de potencia, no con una pequeña señal de control.

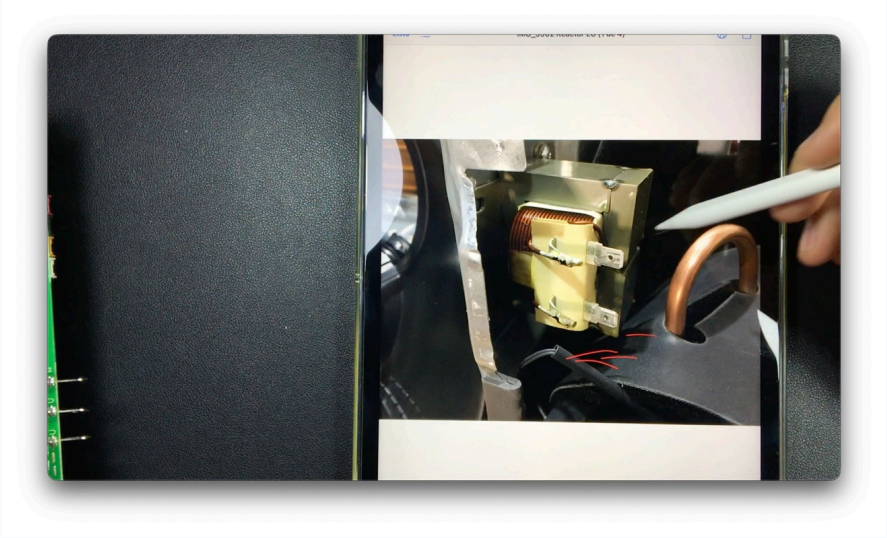

Figura 100. Reactor PFC desconectado

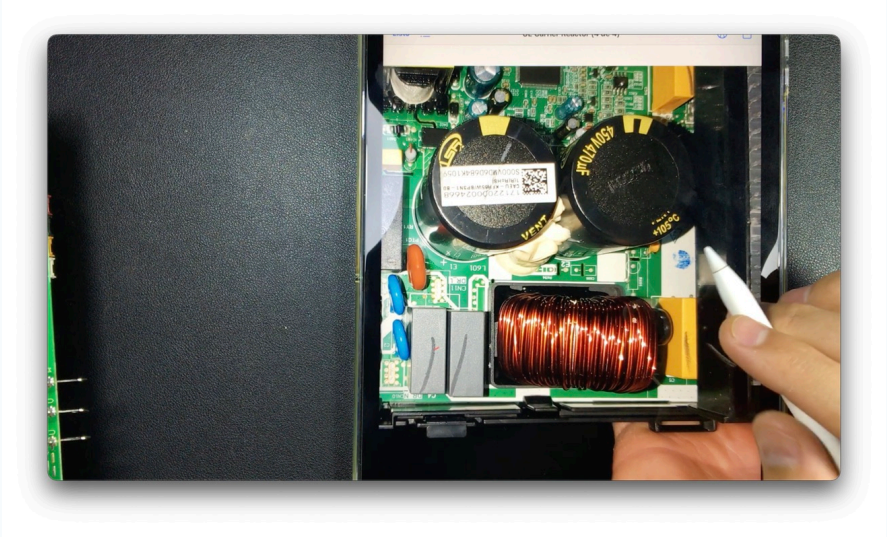

Figura 101. Reactor PFC montado en placa Carrier y capacitores principales

PFC pasivo

En una corrección pasiva, el reactor y otros componentes ofrecen una compensación fija. El resultado mejora el comportamiento de entrada, pero no se adapta con precisión a todas las condiciones de carga. Este enfoque aparece en equipos más simples o como ayuda para reducir el esfuerzo del sistema activo.

La limitación del PFC pasivo aparece cuando cambia la demanda del equipo. Un reactor calculado para una condición determinada no puede ajustar su efecto cuando el compresor acelera, disminuye la potencia o se detiene. Por eso mejora el factor de potencia dentro de un rango, pero no mantiene el mismo resultado en toda la operación. La corrección sigue siendo útil, aunque no sea exacta.

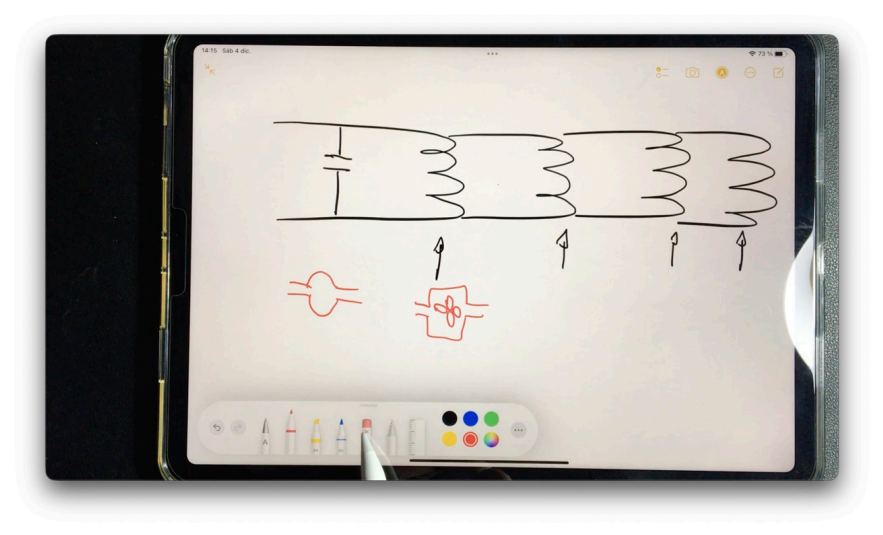

Figura 102. Analogía de reactor y capacitor con motobomba y cisterna

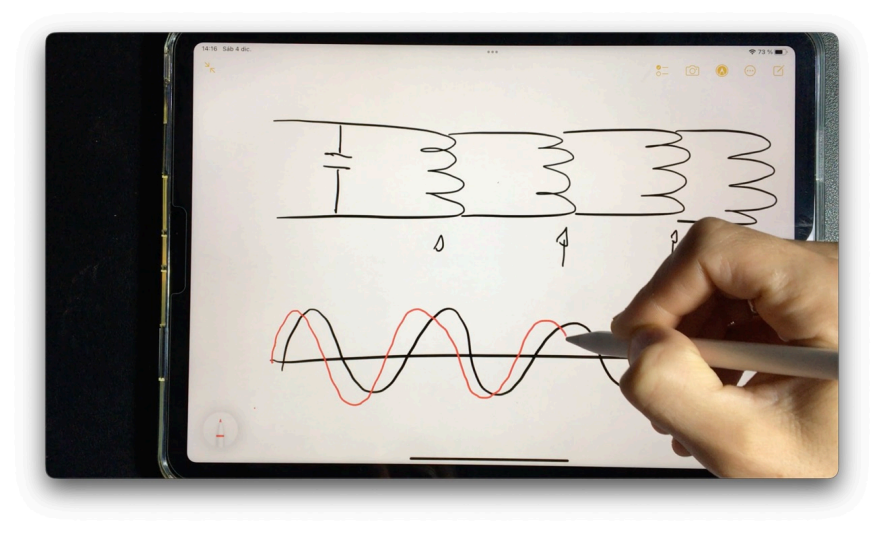

Figura 103. Desfase por efecto de bobinados

PFC activo

El PFC activo incorpora un transistor, un diodo, un controlador y redes de muestreo. Modula la corriente de entrada para que siga mejor la forma de la tensión de red y puede elevar el factor de potencia por encima de 0,9 en diseños correctos. El valor exacto no debe suponerse: se verifica con especificaciones o instrumentos apropiados.

En la demostración se presenta como referencia un factor cercano a 0,98. Para aproximarse a ese valor, el controlador observa la tensión rectificada, el bus y la corriente, y modifica continuamente la orden del MOSFET. El reactor continúa participando, pero ahora su almacenamiento de energía es administrado electrónicamente en lugar de depender sólo de una compensación fija.

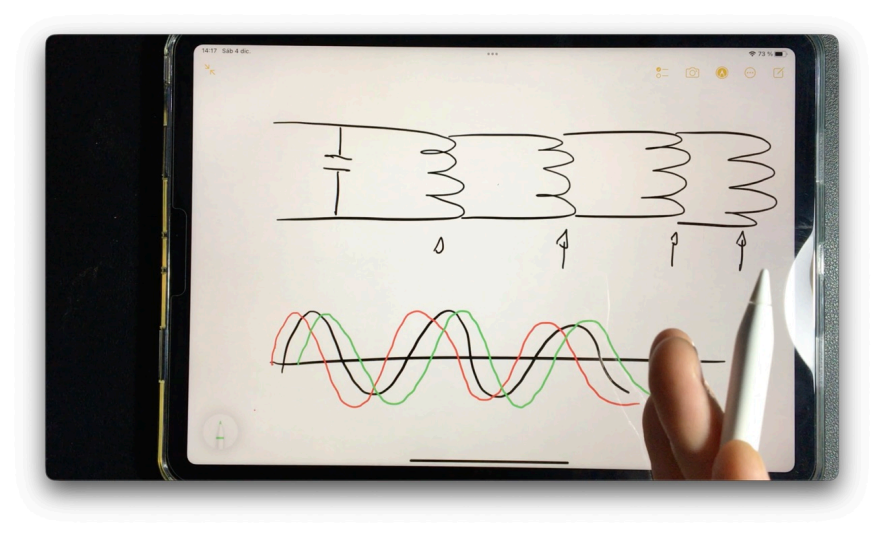

Figura 104. Desfase por efecto de capacitores

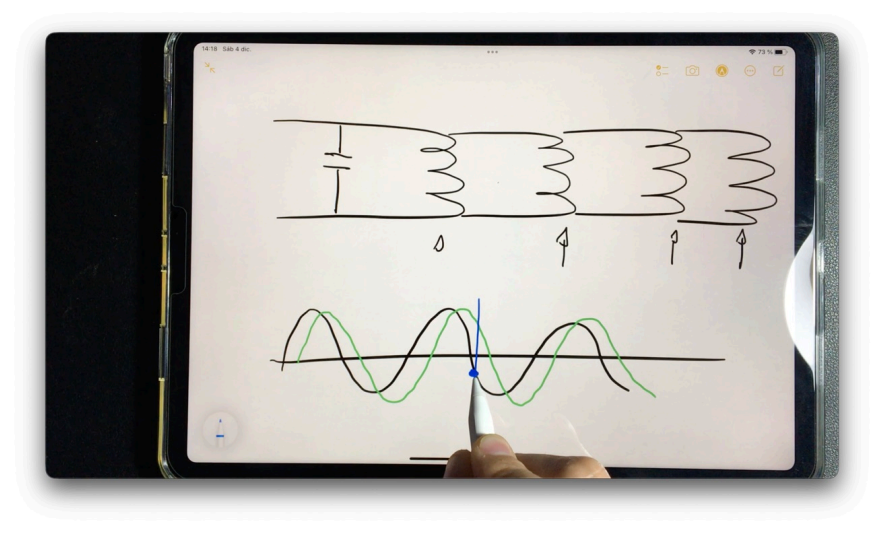

Figura 105. Desfase inductivo y capacitivo y factor de potencia

Síntomas y diagnóstico

Una falla del PFC puede provocar sobrecorriente, bus anormal bajo carga o imposibilidad de arrancar la etapa de potencia. Sin embargo, antes de condenarlo se comprueban entrada, rectificación, capacitor principal y carga. El PFC trabaja sobre un bus ya rectificado; no puede corregir una alimentación que no existe.

Cuando el reactor está abierto, sus terminales o soldaduras están deteriorados, o el PFC activo no conmuta, la fuente auxiliar puede continuar encendiendo la placa. El síntoma aparece con mayor claridad al exigir potencia al compresor. Esta diferencia explica por qué un equipo puede comunicar, mostrar indicadores y aun así detenerse por sobrecorriente o por una condición anormal del bus.

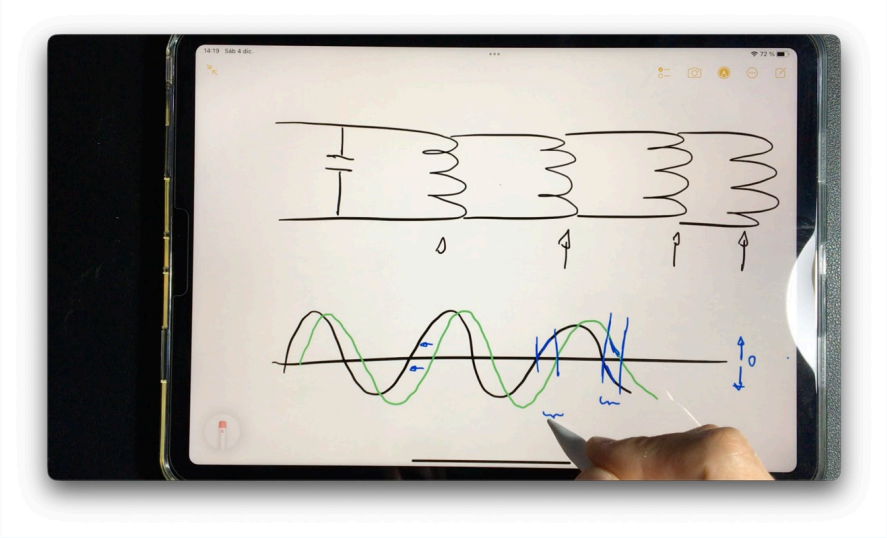

Figura 106. Tramos de desfase y factor de potencia

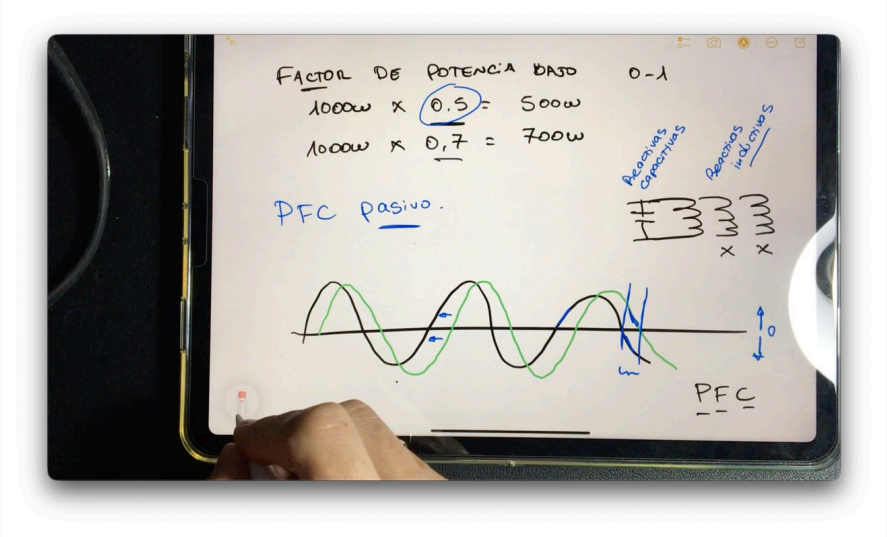

Figura 107. PFC pasivo y mejora del factor de potencia

PUNTO TÉCNICO ICIA
Para diagnosticar PFC primero debe comprobarse que la rectificación básica y el bus DC existan; el PFC trabaja sobre una alimentación que ya fue rectificada.

ERROR COMÚN
Reducir el PFC a una simple bobina impide reconocer el transistor, el diodo y el control activo que intervienen bajo carga.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.33

2.33 Diagrama y funcionamiento del PFC activo

El diagrama simplificado del PFC muestra el reactor en la trayectoria de potencia, un transistor que conmuta esa energía y un diodo que participa en la transferencia hacia el bus. El control regula la conmutación según las condiciones de entrada y demanda. La utilidad del esquema consiste en ubicar eléctricamente cada componente. Si el reactor está abierto, se interrumpe el paso; si un semiconductor está en cortocircuito, pueden aparecer fallas de protección; si el control no conmuta, el comportamiento del bus puede ser distinto al esperado durante la carga. Cada síntoma debe asociarse al papel que desempeña el componente.

En este tema

Componentes principales	Señales de muestreo
Transferencia de energía	Control PWM
Diagnóstico del sistema	

Desarrollo técnico

Componentes principales

El diagrama del PFC comienza con el puente rectificador y continúa por el reactor hacia el bus. En el recorrido aparecen un diodo rápido y un MOSFET de potencia controlado electrónicamente. El capacitor principal recibe la energía resultante y mantiene el bus de continua que utilizarán la fuente auxiliar y el módulo inverter.

Señales de muestreo

El quinto diodo que aparece en el diagrama separa la tensión rectificada sin filtrar del bus almacenado en los capacitores. Gracias a esa separación, el controlador puede observar la forma instantánea de la red y compararla con el nivel del bus. No cumple exactamente la misma función que el diodo de cruce por cero, aunque ambos conservan una muestra anterior al filtrado.

El controlador toma muestras de la tensión rectificada, del bus y de la corriente. Con esa información calcula cuándo debe activar el MOSFET. Las resistencias de alto valor reducen las señales a niveles compatibles con la electrónica. Un quinto diodo puede separar puntos de muestreo para conservar información de la forma de onda antes del filtrado.

Transferencia de energía

Cuando el MOSFET conduce, aumenta la corriente almacenada en el campo magnético del reactor. Cuando se apaga, la energía del reactor continúa a través del diodo hacia el capacitor del bus. La conmutación repetida permite moldear la corriente de entrada y, en topologías elevadoras, mantener el bus por encima del pico rectificado.

Control PWM

Este ciclo ocurre muchas veces dentro de cada semiciclo de la red. El controlador ensancha o reduce los pulsos para que la corriente aumente de manera controlada y acompañe la tensión de entrada. El diodo impide que el capacitor descargue nuevamente hacia el nodo de conmutación. Reactor, MOSFET y diodo forman por lo tanto una única etapa de transferencia de energía.

El sistema modifica el ancho de los pulsos según el punto de la onda y la demanda. No se trata de crear cortocircuitos indiscriminados, sino de controlar la corriente del reactor en ciclos calculados. Esta precisión explica la eficiencia del PFC activo y también el esfuerzo térmico que soportan MOSFET y diodo.

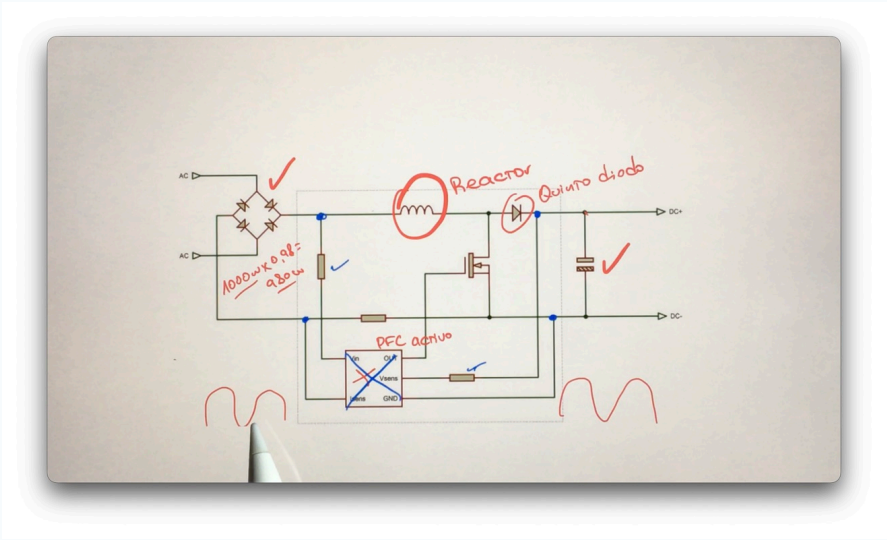

Figura 108. Diagrama PFC activo: reactor, quinto diodo y factor de potencia 0,98

Diagnóstico del sistema

El diagnóstico considera el bloque completo: reactor, diodo, transistor, resistencias de muestreo, alimentación y señal de mando. Un MOSFET sano no garantiza que el PFC funcione si falta PWM; una señal de mando correcta no garantiza transferencia si el reactor está abierto o el diodo está dañado.

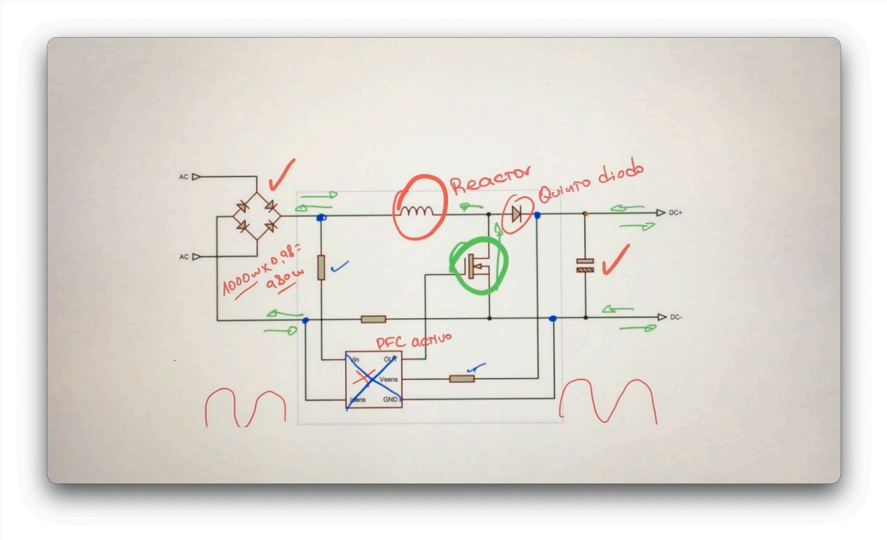

Figura 109. Diagrama PFC activo: MOSFET marcado y flechas del recorrido de electrones

PUNTO TÉCNICO ICIA
El PFC debe interpretarse como un sistema; medir únicamente el transistor sin revisar reactor, diodo y alimentación de control puede dejar la causa real sin detectar.

ERROR COMÚN
Describir la conducción del MOSFET como un cortocircuito permanente es incorrecto: se trata de una conmutación controlada de la corriente del reactor.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.34

2.34 Reactor PFC: funcionamiento y medición

El reactor del PFC es una bobina de potencia y debe presentar continuidad eléctrica. La medición básica se realiza con el equipo desenergizado y permite detectar una interrupción del devanado. Una resistencia muy alta o infinita cuando se espera continuidad indica un problema evidente. La prueba de continuidad no describe por completo el comportamiento magnético del componente bajo carga, pero es un primer control útil. También deben revisarse terminales, soldaduras y pistas, porque una conexión fisurada puede producir un síntoma equivalente a un reactor abierto. El diagnóstico se completa relacionando esta medición con el comportamiento del bus DC.

En este tema

Resistencia del devanado	Continuidad y caída de tensión
Aislamiento respecto del núcleo	Terminales y soldaduras
Criterios de reemplazo	

Desarrollo técnico

Resistencia del devanado

El reactor debe permitir el paso de la corriente continua del circuito con una resistencia muy baja. Con el equipo desconectado se mide entre sus terminales usando la escala de ohmios. En la demostración se observa aproximadamente 0,5 ohmios; parte de esa lectura puede corresponder a puntas y contactos, por lo que conviene compensar o conocer la resistencia propia del instrumento.

Continuidad y caída de tensión

Una lectura abierta indica una interrupción del devanado, de un terminal o de una unión. Una resistencia de varios ohmios puede ser excesiva para un reactor de potencia, aunque la continuidad acústica se active. La interpretación debe compararse con el diseño, la sección del conductor y, si existe, otro componente equivalente.

Aislamiento respecto del núcleo

También se mide entre cada terminal y el núcleo o carcasa metálica. El resultado debe ser OL o una resistencia fuera del rango del multímetro. Cualquier continuidad hacia el cuerpo indica pérdida de aislamiento y hace inseguro el componente. Esta prueba no reemplaza un ensayo de aislamiento con tensión adecuada cuando se sospecha degradación.

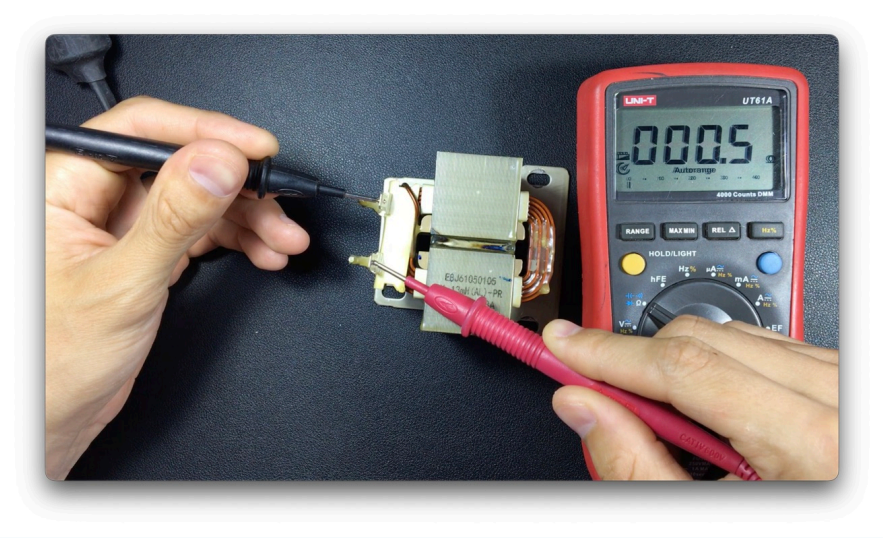

Figura 110. Medición de resistencia del reactor: 0,5 ohmios

Terminales y soldaduras

Muchas fallas se encuentran en conexiones y soldaduras, no en el devanado. La humedad, la corrosión y el calentamiento pueden carbonizar uniones entre el cobre y los terminales. Se inspecciona el papel aislante, se limpian las superficies y se rehacen las soldaduras sólo si puede conservarse el aislamiento original.

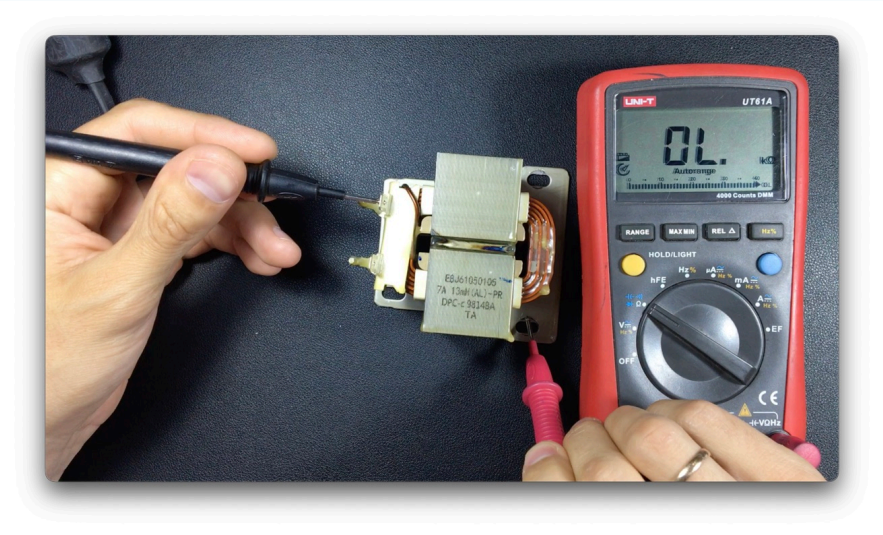

Figura 111. Prueba de aislamiento entre devanado y cuerpo del reactor: OL

Criterios de reemplazo

Para reemplazar se comparan inductancia, corriente admisible, resistencia del devanado, aislamiento y construcción mecánica. La etiqueta de ejemplo indica 7 A y 13 mH. La corriente del repuesto debe ser igual o superior, y la inductancia debe mantenerse cercana al valor diseñado; un componente físicamente parecido puede no ser eléctricamente equivalente.

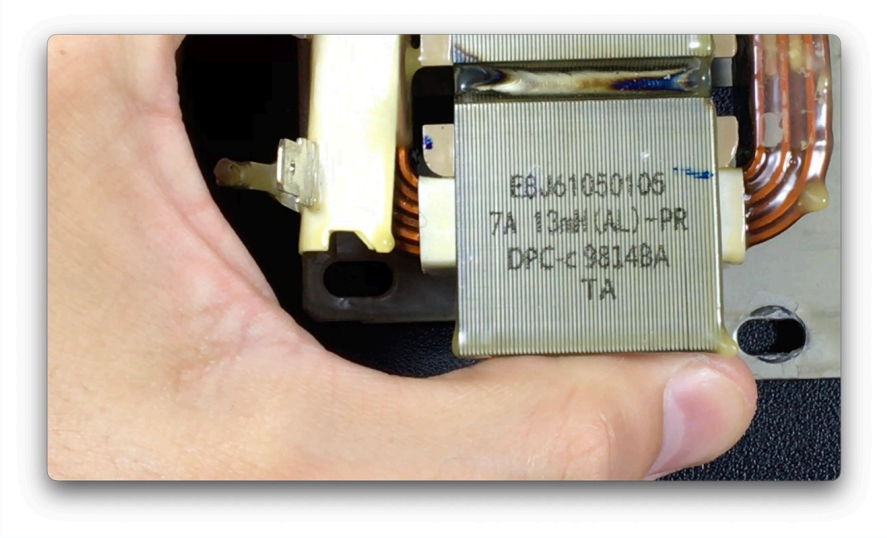

Figura 112. Especificaciones impresas del reactor: 7 A y 13 mH

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una bobina que muestra continuidad no queda automáticamente validada en todas sus condiciones de trabajo, pero una bobina abierta sí constituye una falla clara.

ERROR COMÚN
Conformarse con el aviso sonoro de continuidad puede ocultar una resistencia excesiva en un reactor que conduce corrientes elevadas.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.35

2.35 Medición del diodo y MOSFET del PFC

El diodo y el transistor de potencia del PFC pueden comprobarse inicialmente con el multímetro. El diodo debe mostrar conducción y bloqueo según la polaridad de prueba; el transistor no debe presentar un cortocircuito franco entre sus terminales de potencia. Como ambos componentes están conectados a otros elementos, las mediciones en placa pueden necesitar confirmación con el componente aislado. Antes de reemplazar cualquiera de ellos es conveniente revisar el estado del reactor, el bus, el fusible y el circuito de accionamiento. Las fallas de potencia suelen afectar más de un elemento cuando la energía involucrada es elevada.

En este tema

Ubicación de los componentes	Medición del MOSFET
Medición del diodo	Señal PFC PWM
Disipación térmica	Revisión del conjunto

Desarrollo técnico

Ubicación de los componentes

En el PFC activo, el reactor se encuentra en serie con la trayectoria de potencia. El diodo rápido conduce la energía hacia el bus y el MOSFET conecta el nodo de conmutación con el negativo según la orden del controlador. Seguir las pistas desde el rectificador y el capacitor permite localizar estos componentes, incluso cuando están sujetos a un disipador común.

La serigrafía ayuda a confirmar la identificación: la letra L suele acompañar al reactor o sus conectores, Q identifica normalmente al transistor y D al diodo. En la placa del ejemplo, los terminales L1 y L2 conducen hacia el reactor externo y regresan al nodo donde trabajan el MOSFET y el diodo. Estas marcas orientan, pero siempre deben confirmarse siguiendo pistas y consultando el circuito.

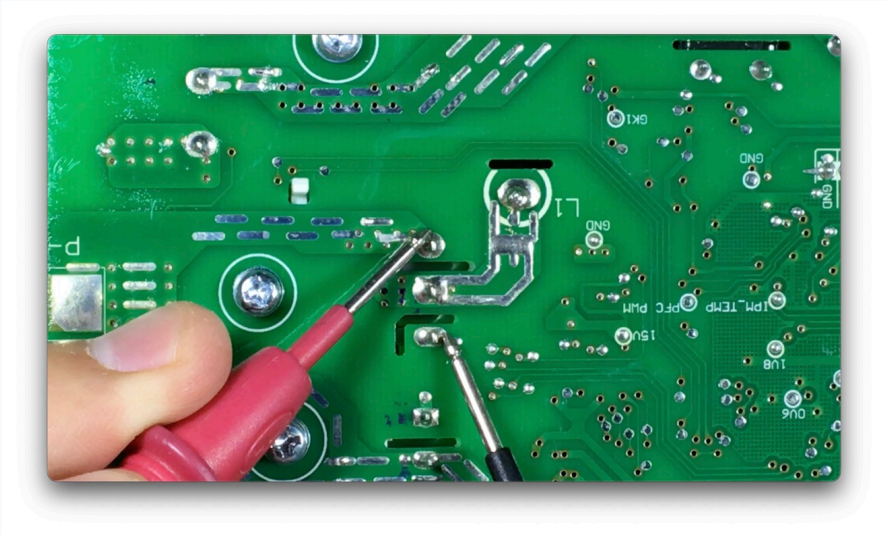

Figura 113. Puntos de prueba del MOSFET PFC en lado de soldaduras

Medición del MOSFET

Con el equipo desenergizado se mide inicialmente la resistencia entre drenador (drain) y fuente (source) del MOSFET. En el ejemplo aparece alrededor de 4,88 megaohmios. Una lectura muy baja o cercana a cero en ambos sentidos sugiere cortocircuito. El valor alto exacto depende del dispositivo y de las redes en paralelo; ante duda se aísla un terminal.

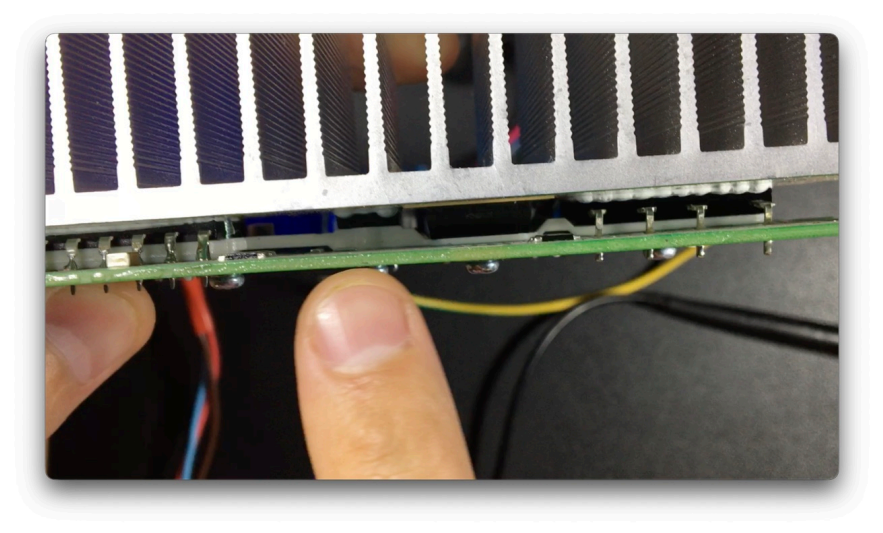

Figura 114. Vista lateral de MOSFET y diodo entre placa y disipador

Medición del diodo

Antes de medir se descarga el bus y se comprueba la ausencia de tensión. Después se compara la lectura en ambos sentidos y se observa si cambia por la carga de capacitores cercanos. Si el resultado no es concluyente, se consulta el pinout y se levanta un terminal. Esta secuencia evita confundir una red externa con un MOSFET averiado.

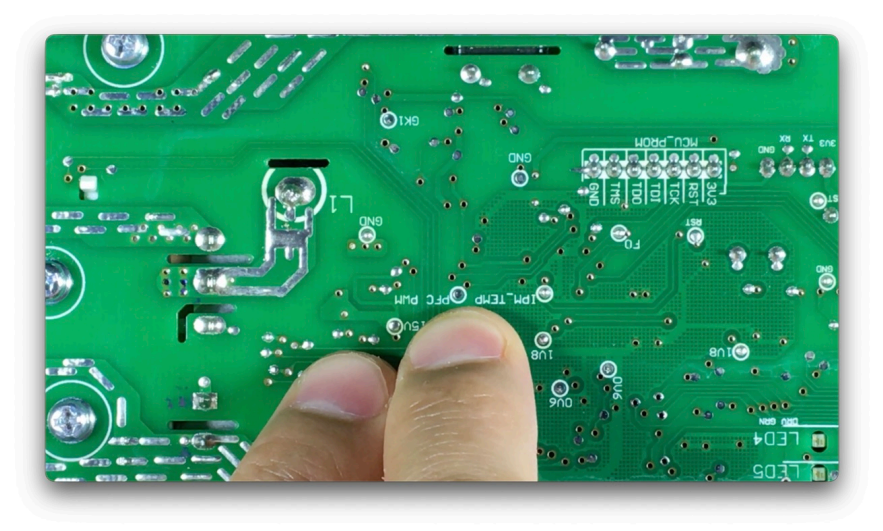

Figura 115. Puntos de inspección PFC PWM e IPM TEMP

Señal PFC PWM

El diodo se comprueba con la función correspondiente del multímetro. En directa debe mostrar una caída compatible con un diodo rápido de potencia; en la demostración se observan aproximadamente 0,38 V. En inversa debe indicar OL. La lectura debe repetirse fuera de circuito si existen caminos paralelos que alteren el resultado.

El punto PFC PWM permite observar la orden de conmutación con osciloscopio. Antes del arranque puede aparecer una referencia relacionada con la red; cuando el compresor exige potencia, se desarrolla una señal PWM cuyo ancho varía. Esta medición se realiza únicamente con referencia, aislamiento, sonda y categoría de seguridad apropiados para el circuito.

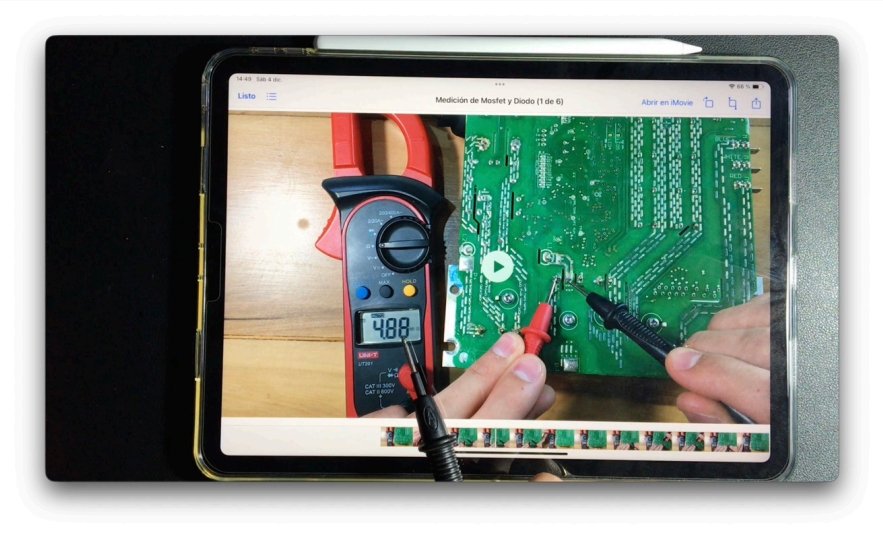

Figura 116. Medición de resistencia del MOSFET: 4,88 megaohmios

Disipación térmica

Con el motor detenido, el punto de control puede mostrar una repetición de aproximadamente 100 Hz en redes de 50 Hz, o 120 Hz en redes de 60 Hz, relacionada con la rectificación. Al comenzar la demanda del compresor aparece la conmutación PWM propia del PFC. Distinguir ambas señales evita interpretar la referencia de red como si fuera la orden activa del MOSFET.

El transistor y el diodo disipan calor y suelen estar unidos al disipador mediante aislantes y compuesto térmico. Al desmontarlos se conserva el aislamiento eléctrico y se renueva el material térmico cuando corresponde. Un montaje incorrecto puede crear un cortocircuito con el disipador o provocar sobretemperatura.

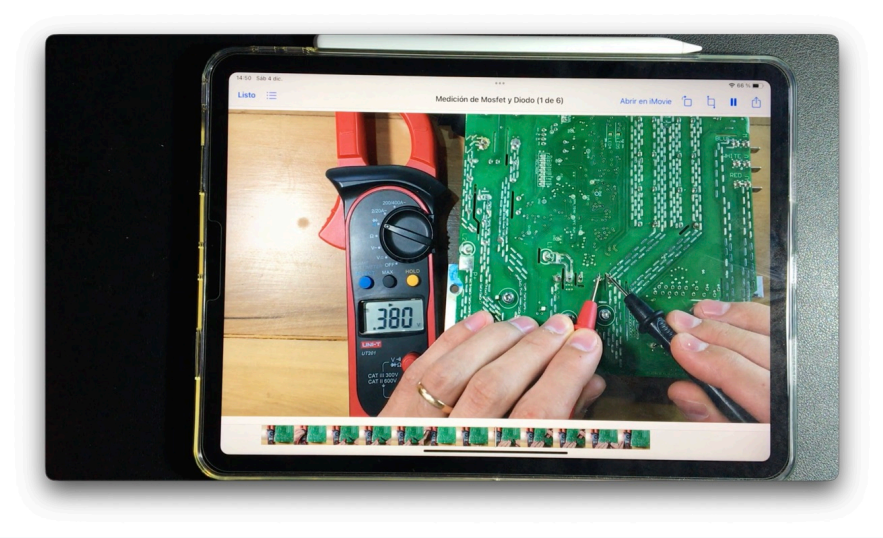

Figura 117. Medición directa del diodo: caída de tensión de 0,38 V

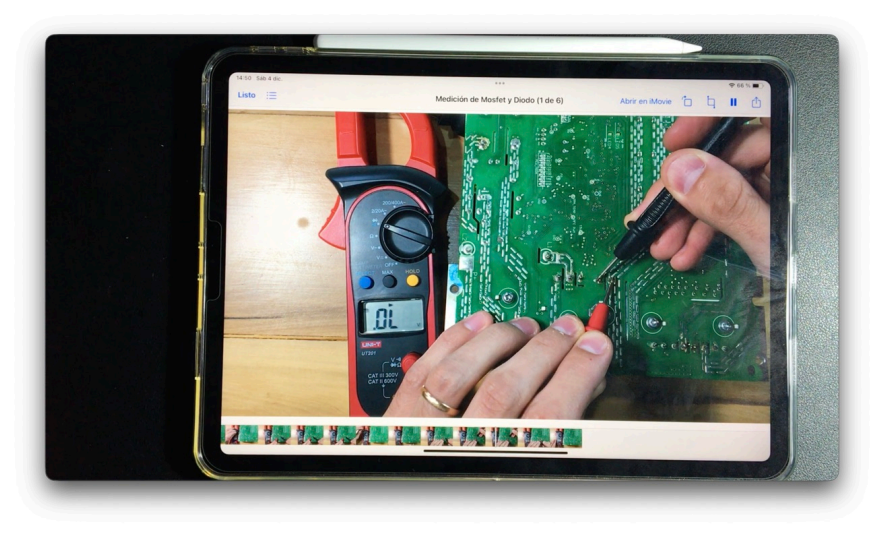

Figura 118. Medición inversa del diodo: OL

Revisión del conjunto

Si un semiconductor está dañado, también se revisan reactor, resistencias fusibles, capacitor del bus, controlador y señales de mando. En equipos sin PFC activo puede existir únicamente un reactor pasivo ubicado antes o después del rectificador. La ausencia de MOSFET y diodo PFC debe confirmarse siguiendo el circuito, no suponerse por la marca.



Figura 119. Señal PWM observada con osciloscopio



Figura 120. Placa Carrier sin disipador: diodo y MOSFET PFC

PUNTO TÉCNICO ICIA
La sustitución de un semiconductor de PFC sin investigar el circuito de mando puede provocar una nueva falla al energizar.

ERROR COMÚN
Medir una señal PWM primaria con un osciloscopio conectado a tierra sin aislamiento adecuado puede causar un cortocircuito peligroso.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 2.36

2.36 Del bus DC al accionamiento del motor

Después de la rectificación y, cuando corresponde, del PFC, la placa dispone de un bus de corriente continua de alta tensión. Esa energía se entrega al módulo de potencia encargado de crear las señales que alimentan el compresor Inverter. El cambio conceptual respecto de un equipo convencional es importante: el compresor no queda conectado directamente a una frecuencia fija de red. La placa construye electrónicamente la alimentación del motor y puede modificarla según la demanda. Por eso, diagnosticar un compresor Inverter requiere evaluar tanto el motor como la etapa que genera sus tres salidas.

En este tema

Rectificación y PFC	Dos caminos desde el bus
Control e IPM	Diferencia con un equipo convencional
Diagnóstico por etapas	Síntesis del recorrido

Desarrollo técnico

Rectificación y PFC

El recorrido general comienza con la corriente alterna de la red. Las protecciones y el filtro preparan la entrada, el puente la rectifica y el capacitor forma el bus DC. Cuando existe PFC, este bloque mejora la corriente tomada de la red y acondiciona el bus para la etapa de potencia.

Dos caminos desde el bus

Desde el bus aparecen dos caminos principales. La fuente conmutada auxiliar reduce la alta tensión y genera 5, 12 o 15 V para microprocesador, sensores, relés y controladores. En paralelo, el bus alimenta el IPM o módulo inverter, que maneja la energía necesaria para el compresor.

Esta división permite comprender dos familias de fallas. Si la fuente auxiliar no funciona, faltan las tensiones de control y la placa puede quedar completamente apagada. Si la fuente auxiliar está correcta pero falla el PFC o el IPM, el equipo puede encender, comunicar y mostrar códigos sin conseguir que el compresor arranque.

Control e IPM

El microprocesador no entrega potencia al motor. Analiza temperaturas, órdenes y protecciones, y envía señales de mando al IPM. El módulo de potencia convierte el bus DC en tres salidas conmutadas cuya secuencia y frecuencia determinan el campo giratorio del motor. El mismo principio puede aplicarse al ventilador mediante otra etapa inverter.

Diferencia con un equipo convencional

En un equipo convencional, la red de 50 o 60 Hz alimenta el compresor a través de contactores o relés; el control sólo conecta o desconecta. En inverter, la red se rectifica primero y la electrónica reconstruye una alimentación variable. Por eso, encontrar 220 V AC en la entrada no demuestra que el compresor reciba energía adecuada.

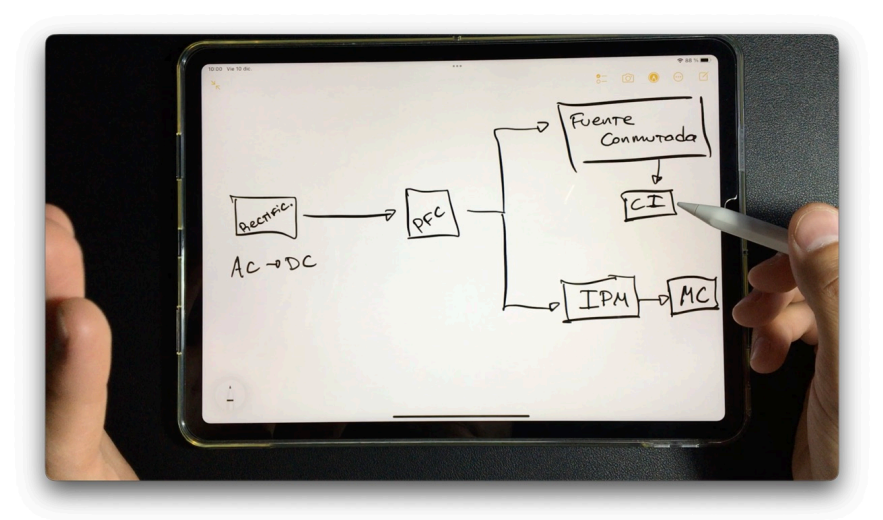

Figura 121. Diagrama inverter: rectificación, PFC, fuente conmutada, IPM y compresor

Diagnóstico por etapas

El ventilador también puede seguir dos configuraciones. En un modelo convencional recibe corriente alterna conmutada por relés o triacs; en un modelo inverter dispone de su propio módulo de potencia y señales de control. Antes de medir debe identificarse qué arquitectura utiliza el equipo, porque los puntos de prueba y las formas de onda no son equivalentes.

El diagnóstico debe separar fuente de control, PFC, IPM y motor. Una placa puede encender y comunicar porque dispone de 5 V, pero no generar las tres salidas del compresor. También puede existir un IPM correcto y un motor defectuoso. Medir cada bloque según su función evita atribuir todos los síntomas a un único componente.

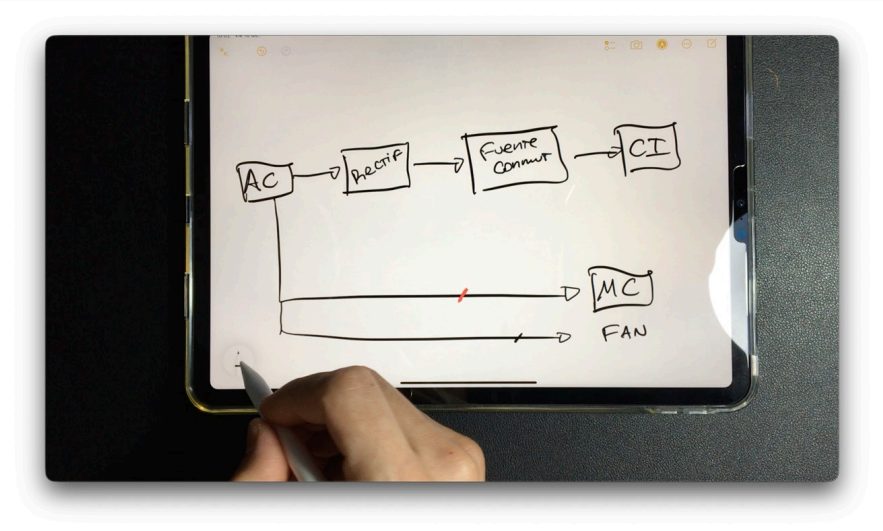

Figura 122. Diagrama convencional: fuente de control y alimentación de CA para ventilador y compresor

Síntesis del recorrido

Este recorrido cierra el Módulo 2 y prepara el estudio de los motores inverter. La energía entra como alterna, se transforma en continua, se acondiciona, se reduce para el control y se vuelve a conmutar para las cargas. Comprender estas conversiones permite leer la placa como una cadena lógica de etapas.

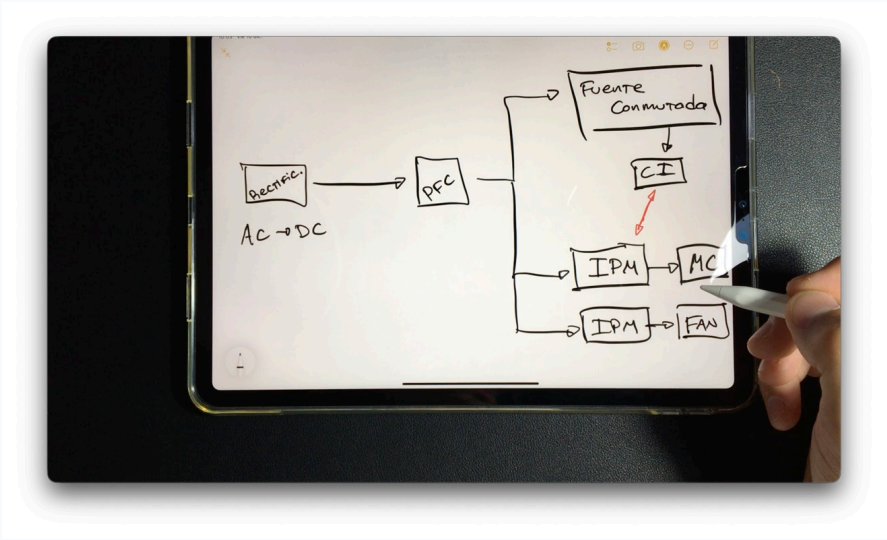

Figura 123. Diagrama inverter: circuito integrado, IPM, ventilador, compresor y PFC

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una falla de compresor y una falla de módulo de potencia pueden producir síntomas similares; deben evaluarse como elementos separados.

ERROR COMÚN
Condenar el compresor porque no arranca, sin comprobar fuente, PFC e IPM, confunde la carga con la etapa que debe alimentarla.

NOTAS DEL ALUMNO

CAPÍTULO 3

Motores, IPM, ventiladores, sensores y comunicación

Explica cómo la electrónica convierte las órdenes de control en movimiento y cómo verificar cada respuesta. Reúne motores, IPM, ventiladores, válvula de expansión, sensores NTC, control infrarrojo y comunicación entre unidades.

31 temas · 3.37 a 3.67

Cómo estudiar este capítulo

Este capítulo explica las etapas que convierten las órdenes del control en movimiento y las señales que permiten verificar el resultado. El recorrido une teoría, seguimiento sobre la placa y mediciones aplicables al diagnóstico.

El texto fue desarrollado a partir de las transcripciones de las clases 37 a 67. Las imágenes del campus se integran como apoyo visual. Los valores registrados en una placa se presentan como ejemplos y deben compararse con la documentación del modelo que se está reparando.

SEGURIDAD
El bus DC, los IPM y algunos circuitos de comunicación están referidos a tensiones peligrosas. Toda medición energizada exige capacitación, aislamiento, instrumentos apropiados y verificación de la referencia eléctrica.

El objetivo es comprender la función de cada señal antes de decidir qué componente está fallando.

Índice del capítulo

Capítulo 3 · Motores, IPM, ventiladores, sensores y comunicación · 31 temas técnicos

3.37	Motores AC: monofásicos y trifásicos	143
3.38	Motores: funcionamiento graficado	146
3.39	IPM: seguimiento de pistas	150
3.40	IPM: funcionamiento	153
3.41	IPM: medición sin voltaje	157
3.42	IPM: circuito completo	161
3.43	IPM: medición con voltaje	164
3.44	Compresor inverter: medición	169
3.45	IPM: prueba de funcionamiento	172
3.46	IPM: capacitores de alimentación de 15 V	175
3.47	Ventilador forzador AC	179
3.48	Ventilador forzador AC: circuito en tarjeta	182
3.49	Sensor de efecto Hall	185
3.50	Sensor Hall: medición con osciloscopio	188
3.51	Ventilador inverter BLDC	190
3.52	Ventilador BLDC: criterios de reemplazo	195
3.53	Ventilador BLDC: circuito en tarjeta	197
3.54	Ventilador inverter U-V-W	200
3.55	Ventilador U-V-W con sensores Hall	203
3.56	Válvula de expansión electrónica	205
3.57	Sensores de temperatura: funcionamiento	210
3.58	Sensores NTC exclusivos en inverter	212
3.59	Sensores NTC: circuito básico	215
3.60	Sensores NTC: circuito en tarjeta	217
3.61	Sensores NTC: seguimiento en placa inverter	220
3.62	Sensores NTC: medición con voltaje	224
3.63	Control remoto y receptor infrarrojo	226
3.64	Receptor infrarrojo: medición con osciloscopio	229
3.65	Señal de comunicación: medición con osciloscopio	231
3.66	Señal de comunicación: circuito en tarjeta	235
3.67	Señal de comunicación: funcionamiento	242

CAPÍTULO 3

Motores, IPM, ventiladores, sensores y comunicación

Explica cómo la electrónica convierte las órdenes de control en movimiento y cómo verificar cada respuesta. Reúne motores, IPM, ventiladores, válvula de expansión, sensores NTC, control infrarrojo y comunicación entre unidades.

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

3.37	Motores AC: monofásicos y trifásicos
3.38	Motores: funcionamiento graficado
3.39	IPM: seguimiento de pistas
3.40	IPM: funcionamiento
3.41	IPM: medición sin voltaje
3.42	IPM: circuito completo
3.43	IPM: medición con voltaje
3.44	Compresor inverter: medición
3.45	IPM: prueba de funcionamiento
3.46	IPM: capacitores de alimentación de 15 V
3.47	Ventilador forzador AC
3.48	Ventilador forzador AC: circuito en tarjeta
3.49	Sensor de efecto Hall
3.50	Sensor Hall: medición con osciloscopio
3.51	Ventilador inverter BLDC
3.52	Ventilador BLDC: criterios de reemplazo
3.53	Ventilador BLDC: circuito en tarjeta
3.54	Ventilador inverter U-V-W
3.55	Ventilador U-V-W con sensores Hall
3.56	Válvula de expansión electrónica
3.57	Sensores de temperatura: funcionamiento
3.58	Sensores NTC exclusivos en inverter
3.59	Sensores NTC: circuito básico
3.60	Sensores NTC: circuito en tarjeta
3.61	Sensores NTC: seguimiento en placa inverter
3.62	Sensores NTC: medición con voltaje
3.63	Control remoto y receptor infrarrojo
3.64	Receptor infrarrojo: medición con osciloscopio
3.65	Señal de comunicación: medición con osciloscopio
3.66	Señal de comunicación: circuito en tarjeta
3.67	Señal de comunicación: funcionamiento

TEMA 3.37

3.37 Motores AC: monofásicos y trifásicos

El funcionamiento de un motor de corriente alterna permite comprender cómo un campo magnético variable produce movimiento. En un sistema Inverter, la electrónica utiliza el mismo principio electromagnético, pero controla la secuencia y frecuencia de las corrientes aplicadas al motor. Esta capacidad de modificar la alimentación permite cambiar las revoluciones del compresor. El control electrónico ajusta su funcionamiento de acuerdo con temperaturas y condiciones de operación, evitando depender únicamente de ciclos de encendido y apagado. La comprensión del motor ayuda a interpretar posteriormente las tres salidas U, V y W.

En este tema

Motor monofásico	Desfase por capacitor
Motor trifásico inverter	Diagnóstico comparativo

Desarrollo técnico

Motor monofásico

Un motor de corriente alterna transforma energía eléctrica en movimiento mediante la interacción entre campos magnéticos. En un motor monofásico convencional, la alimentación por sí sola no produce un campo giratorio suficiente para iniciar el movimiento. Por ese motivo se utilizan un devanado de trabajo, un devanado auxiliar de arranque y un capacitor que desplaza la corriente de una de las ramas.

Desfase por capacitor

Los tres terminales habituales se identifican como común, marcha y arranque. Entre común y marcha se mide el devanado principal; entre común y arranque aparece el devanado auxiliar, que normalmente presenta mayor resistencia. La medición entre marcha y arranque equivale aproximadamente a la suma de ambos devanados. Estas relaciones ayudan a identificar cables cuando la información del fabricante no está disponible.

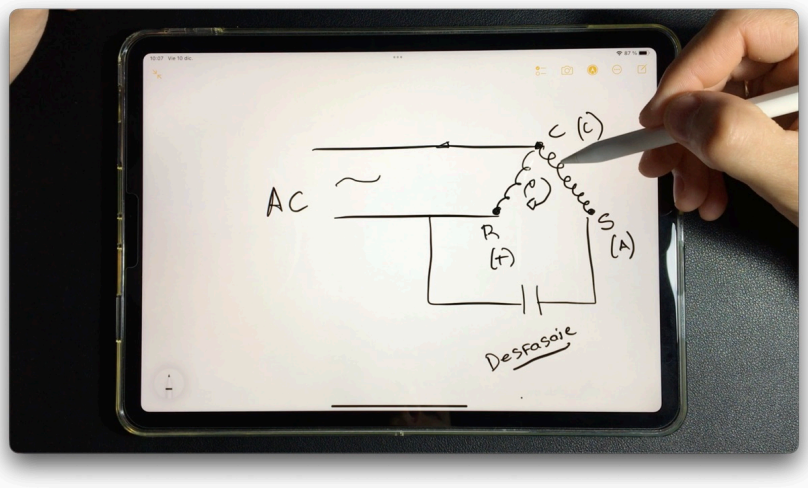

Figura 124. Compresor convencional: común, arranque, trabajo y capacitor

Motor trifásico inverter

El capacitor no aumenta la frecuencia de la red. Su función es crear un desfase entre las corrientes de los devanados para producir un campo magnético giratorio y desarrollar par de arranque. Si pierde capacidad, el motor puede zumbar, arrancar con dificultad, consumir más corriente o detenerse bajo carga. La capacidad y la tensión nominal del repuesto deben respetar la especificación del equipo.

El compresor inverter utiliza otra arquitectura. Sus tres devanados son simétricos y se conectan a las salidas U, V y W del módulo de potencia. Entre cada par debe encontrarse una resistencia semejante. La placa rectifica la red, forma un bus de continua y el IPM reconstruye una alimentación trifásica de frecuencia y amplitud variables.

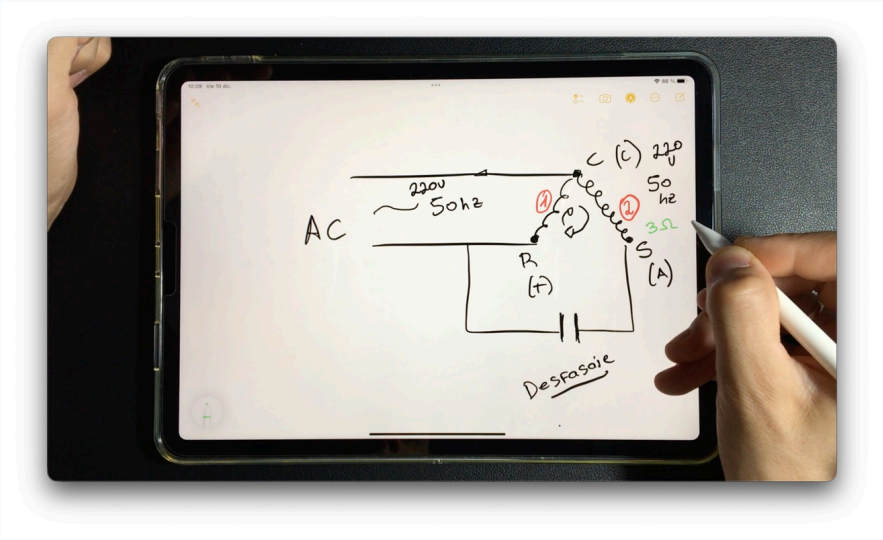

Figura 125. Desfase entre bobinados y giro del motor

Diagnóstico comparativo

La variación de frecuencia permite modificar la velocidad del compresor y adaptar la capacidad frigorífica a la demanda. El microcontrolador calcula la consigna y el IPM conmuta sus semiconductores de potencia para crear la secuencia de fases. Por eso, el motor no debe conectarse directamente a la red monofásica ni evaluarse como si fuera un compresor convencional.

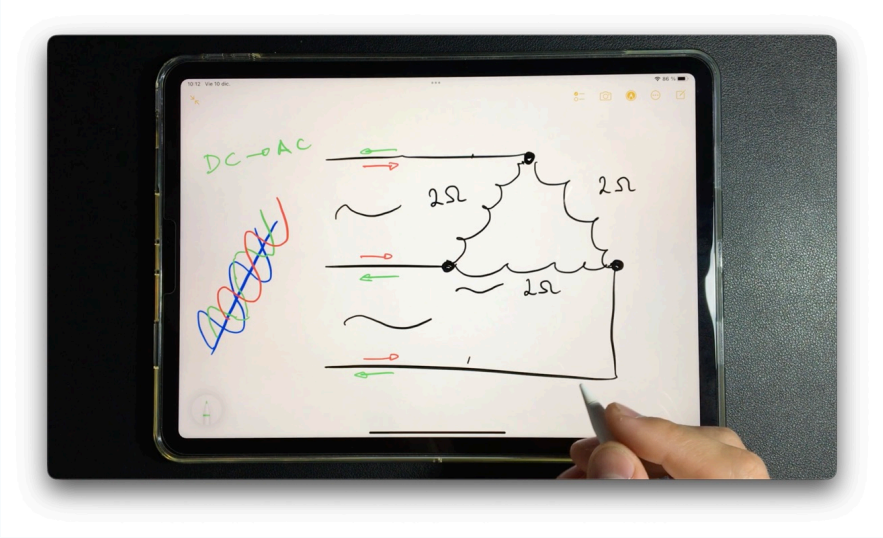

Figura 126. Motor inverter: conexión triángulo y ejemplo de resistencia

PUNTO TÉCNICO ICIA
La velocidad del motor Inverter depende de la alimentación creada por la placa, no directamente de los 50/60 Hz de la red.

ERROR COMÚN
Conectar un compresor inverter directamente a la red monofásica puede destruir sus devanados y no constituye una prueba válida.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.38

3.38 Motores: funcionamiento graficado

La etapa de potencia genera tres señales identificadas normalmente como U, V y W. La conmutación de los semiconductores se organiza para crear un sistema trifásico controlado, capaz de producir un campo giratorio en el compresor. La placa modifica frecuencia y modulación para adaptar el esfuerzo del motor. Esto explica por qué no es apropiado interpretar las salidas como tres fases convencionales fijas. El multímetro puede ofrecer valores orientativos, pero el osciloscopio permite observar mejor la naturaleza pulsante de la señal. Cualquier medición debe realizarse con sondas y procedimientos compatibles con la tensión presente.

En este tema

Campo magnético giratorio	Secuencia trifásica
Conexiones del motor	Fuerza contraelectromotriz

Desarrollo técnico

Campo magnético giratorio

El principio básico puede visualizarse como una sucesión de electroimanes. Cuando una bobina recibe corriente, establece polos magnéticos; al invertir el sentido de la corriente, también se invierte su polaridad. Si varias bobinas se energizan en una secuencia ordenada, el campo resultante parece desplazarse alrededor del estator y arrastra al rotor.

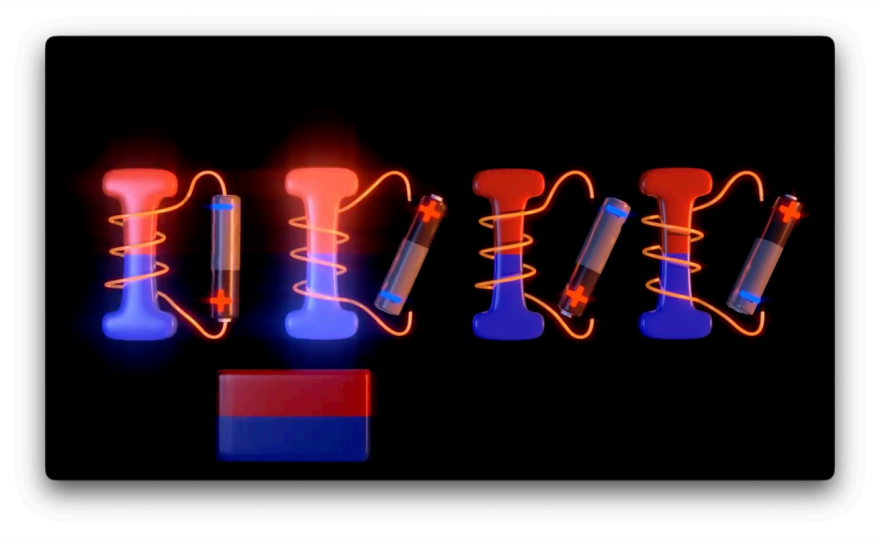

Figura 127. Electroimanes: polaridad y sentido de la corriente

Secuencia trifásica

En un sistema trifásico, las fases U, V y W no alcanzan sus máximos al mismo tiempo. El desfase temporal entre ellas produce un campo giratorio continuo. El IPM reproduce este comportamiento a partir del bus DC mediante pulsos PWM. Aunque la forma de onda instantánea no sea una senoide perfecta, su componente fundamental entrega al motor una alimentación trifásica útil.



Figura 128. Motor trifásico: bobinados y tres conexiones

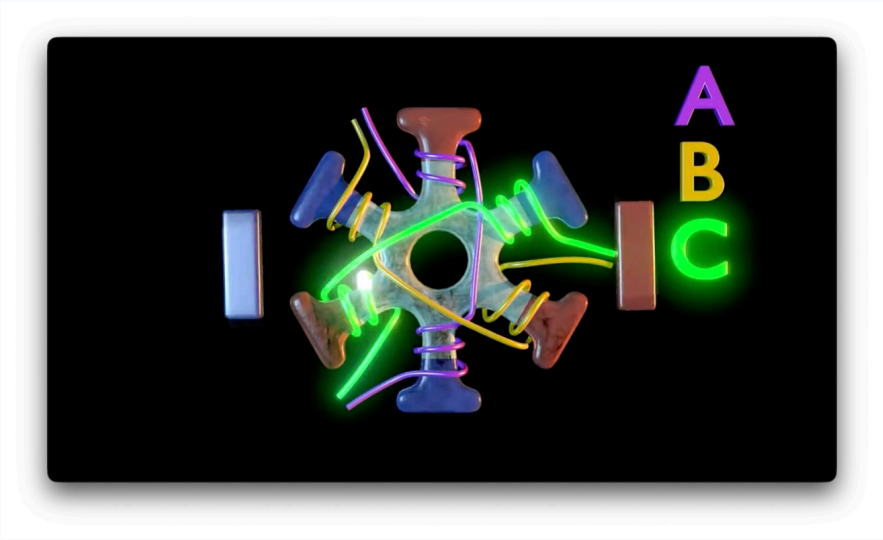

Figura 129. Conexión triángulo: fases A, B y C

Conexiones del motor

Las conexiones estrella y triángulo modifican la tensión aplicada a cada devanado y la relación entre corriente y par. No deben cambiarse por conveniencia sin conocer el diseño del motor. En compresores herméticos inverter, la conexión interna suele venir definida de fábrica y el técnico sólo dispone de los tres terminales externos.

Mientras el rotor gira, los devanados también generan fuerza contraelectromotriz. La tensión inducida en una fase que momentáneamente no está siendo impulsada contiene información sobre posición y velocidad. Algunos controles utilizan esa respuesta para estimar el movimiento del rotor sin sensores físicos; otros incorporan sensores Hall.

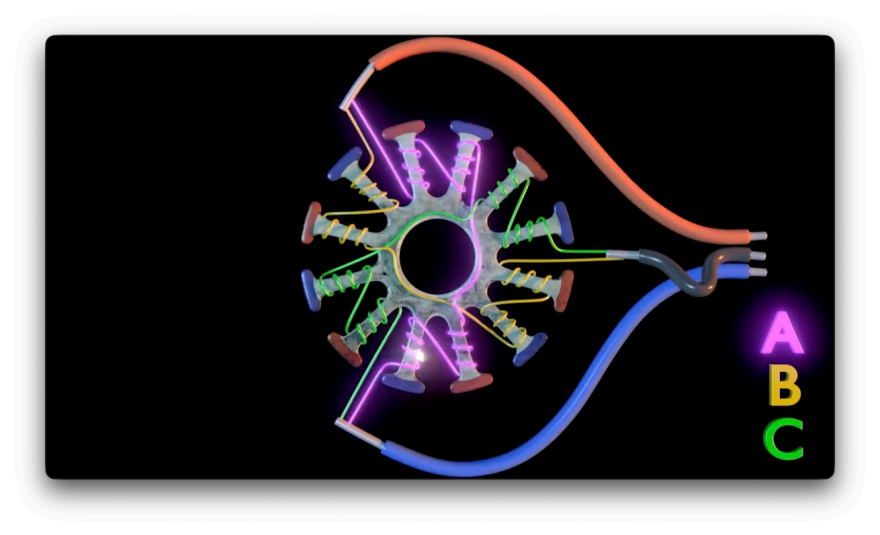

Figura 130. Conexión triángulo: dos bobinas por grupo

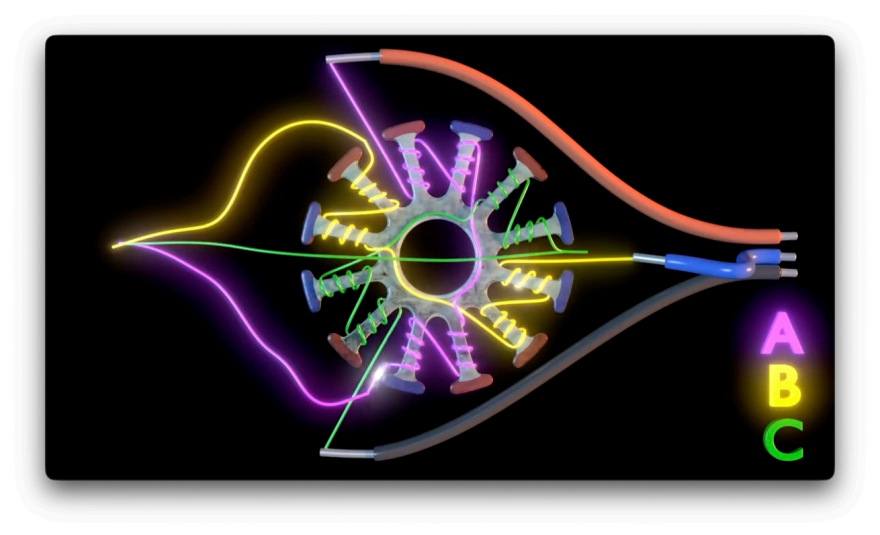

Figura 131. Conexión estrella: bobinados y punto común

Fuerza contraelectromotriz

La lectura gráfica ayuda a distinguir dos velocidades: la conmutación rápida de los transistores y la frecuencia fundamental que determina el giro. Una señal puede mostrar pulsos de cientos de hertz o varios kilohertz y, al mismo tiempo, representar una frecuencia efectiva del motor mucho menor. Confundir ambas escalas conduce a diagnósticos incorrectos.

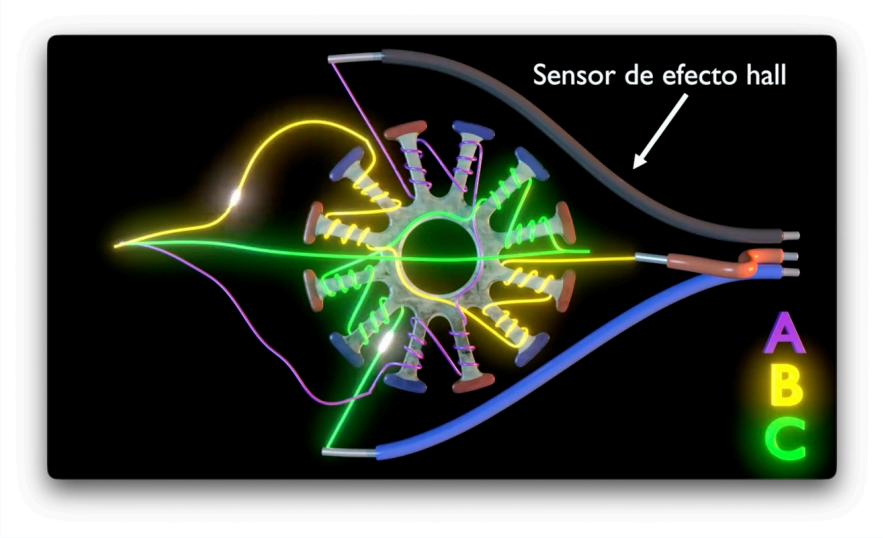

Figura 132. Conexión estrella: posición del rotor y fuerza contraelectromotriz

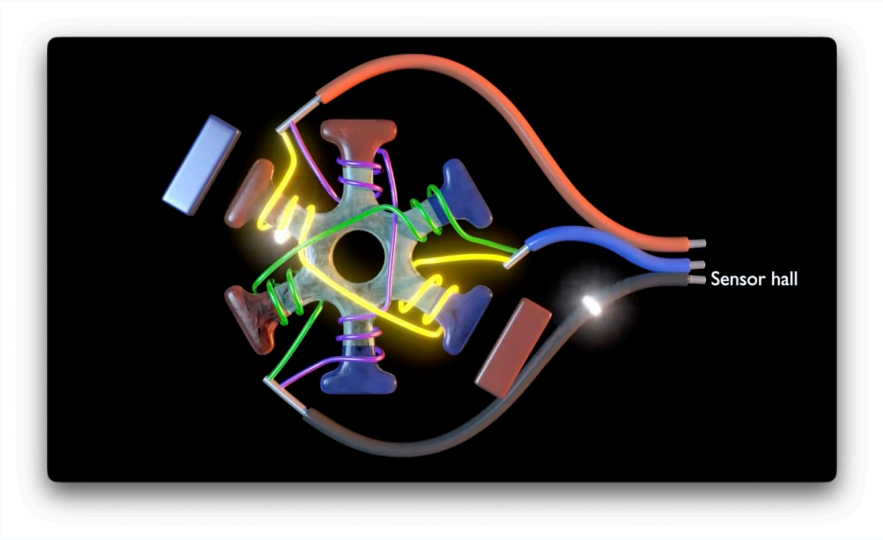

Figura 133. Conexión triángulo: posición del rotor y fuerza contraelectromotriz

PUNTO TÉCNICO ICIA
U, V y W son salidas electrónicas del Inverter; no deben tratarse como una red trifásica convencional de frecuencia fija.

ERROR COMÚN
Confundir la portadora PWM con la frecuencia fundamental del motor conduce a interpretar mal la velocidad y las formas de onda.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.39

3.39 IPM: seguimiento de pistas

El IPM es el módulo de potencia que integra los semiconductores utilizados para conmutar el bus DC hacia el motor. Suele encontrarse unido a un disipador debido a la energía que maneja y se reconoce por sus conexiones al bus, a las salidas U-V-W y al circuito de control. Identificarlo correctamente permite separar la zona de potencia de las etapas de señal. El módulo recibe alta tensión de continua y, además, alimentaciones y órdenes de control de menor tensión. Por esta razón, una avería aparente del IPM también puede originarse en la ausencia de sus tensiones auxiliares o señales de mando.

En este tema

Ubicación del IPM	Pines de potencia
Pines de control	Disipación y montaje

Desarrollo técnico

Ubicación del IPM

El módulo IPM se encuentra en la trayectoria de potencia después del rectificador, el PFC cuando existe y los capacitores del bus. Recibe un positivo y un negativo de alta tensión continua, y entrega tres salidas identificadas como U, V y W. Las pistas de potencia son anchas porque transportan la corriente del compresor.

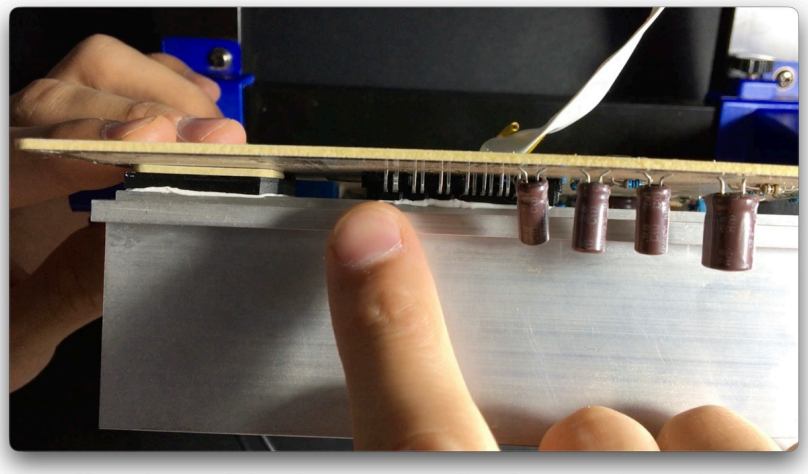

Figura 134. Ubicación del IPM entre la placa y el disipador

Pines de potencia

Los pines delgados pertenecen al control. Por ellos llegan las órdenes del microprocesador o del circuito driver, la alimentación auxiliar, las señales de protección y, según el modelo, información de temperatura o falla. La distribución exacta cambia entre fabricantes; el código completo del módulo y su hoja de datos son indispensables antes de medir o reemplazar.

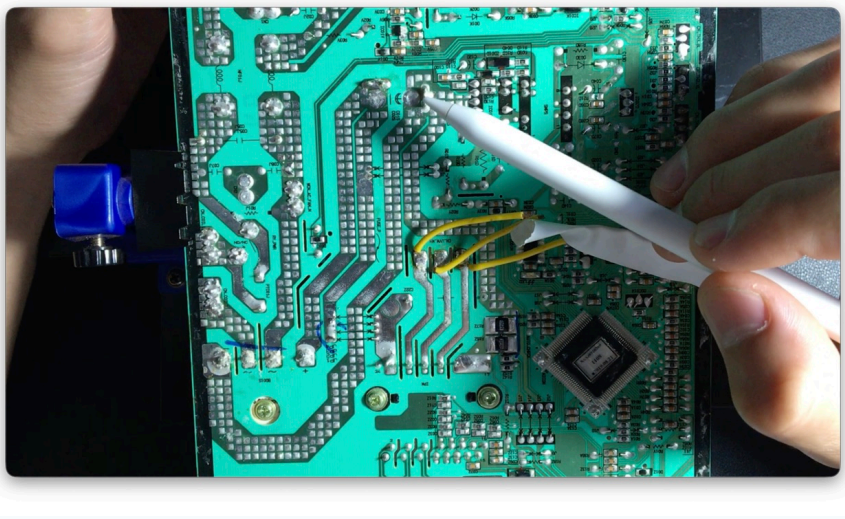

Figura 135. Punto de conexión del capacitor en el lado de soldaduras

Pines de control

El seguimiento comienza en los capacitores principales. La continuidad permite localizar qué terminal del IPM está unido al positivo y cuál al negativo del bus. Desde las salidas U, V y W se siguen las pistas hasta el conector del compresor. Esta reconstrucción física evita depender únicamente de la posición del encapsulado.

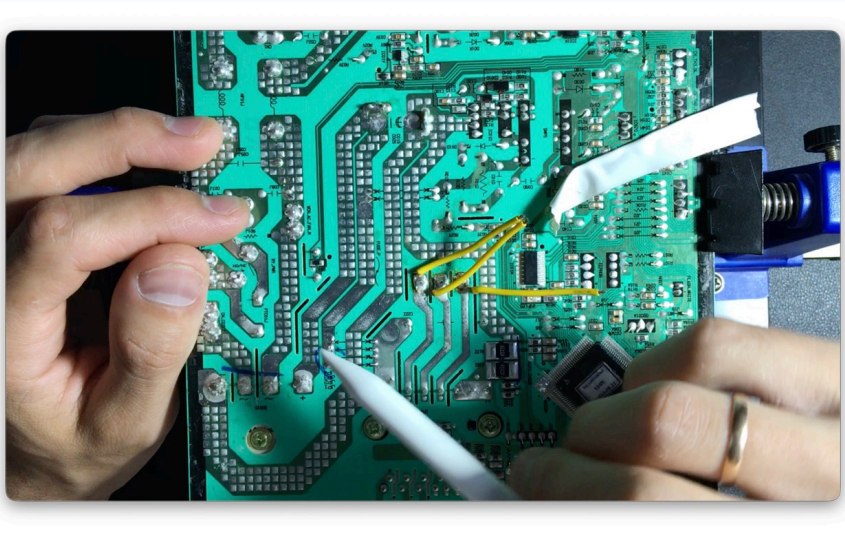

Figura 136. Seguimiento de la conexión entre rectificador y capacitor

Disipación y montaje

El IPM suele fijarse a un disipador porque los transistores generan calor durante la conmutación. Entre el módulo y el metal puede existir una lámina aislante y compuesto térmico. Al desmontarlo se debe conservar el aislamiento eléctrico y renovar el material térmico de manera uniforme, sin dejar tornillos flojos ni rebabas que perforen la lámina.

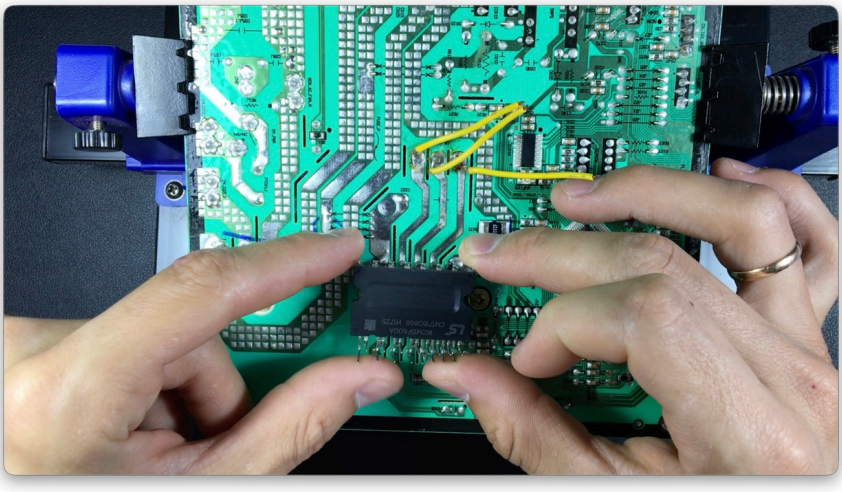

Figura 137. Ubicación del IPM en la cara opuesta de la placa

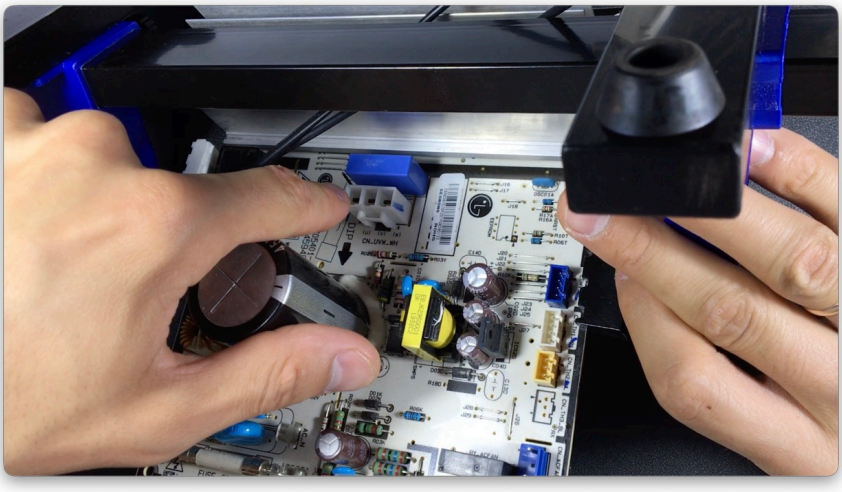

Figura 138. Conector de salida hacia el compresor

PUNTO TÉCNICO ICIA
Antes de condenar un IPM debe verificarse que reciba bus DC, alimentación de control y órdenes adecuadas.

ERROR COMÚN
Identificar pines del IPM únicamente por su posición física, sin seguir pistas ni consultar el datasheet, puede aplicar alta tensión a una entrada de control.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.40

3.40 IPM: funcionamiento

El módulo IPM combina interruptores electrónicos organizados para manejar las tres fases del motor. La conmutación coordinada conecta cada salida al positivo o al negativo del bus durante intervalos controlados, generando una señal modulada que el motor interpreta como una alimentación trifásica variable. Además de los dispositivos de potencia, muchos módulos incorporan funciones de protección y supervisión. El diagnóstico debe considerar que el IPM puede bloquearse ante condiciones anormales de corriente, tensión o temperatura. Por ello, la ausencia de salida no prueba por sí sola que los semiconductores estén dañados.

En este tema

Las seis llaves de potencia	Secuencia U-V-W
Diodos de recirculación	Drivers y protecciones

Desarrollo técnico

Las seis llaves de potencia

El IPM contiene seis interruptores electrónicos organizados en tres pares. Cada fase posee un transistor superior conectado al positivo del bus y otro inferior conectado al negativo. Los dispositivos pueden ser IGBT o MOSFET según la potencia y el diseño, pero el principio de conmutación trifásica se mantiene.

El control nunca debe activar al mismo tiempo los dos transistores de una misma rama. Esa condición uniría directamente los polos del bus. Entre el apagado de uno y el encendido del otro se introduce un tiempo muerto. Los circuitos driver y las protecciones internas colaboran para mantener esta secuencia segura.

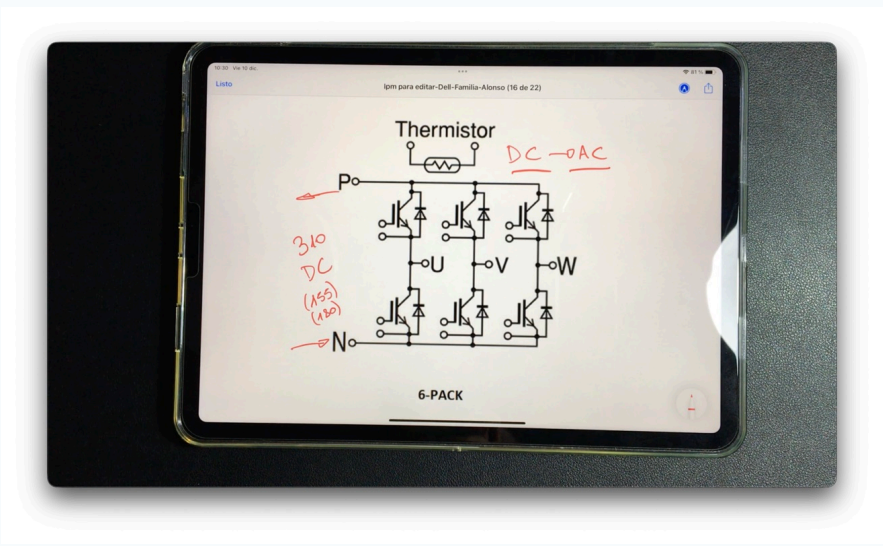

Figura 139. IPM: entrada de continua y salida trifásica

Secuencia U-V-W

Para hacer circular corriente entre dos devanados, el controlador activa un dispositivo superior de una fase y uno inferior de otra. La tercera fase puede quedar libre o utilizarse para observar la fuerza contraelectromotriz. Después cambia la combinación y el campo magnético avanza. La repetición ordenada de estos estados produce el giro del motor.

La corriente debe circular en ambos sentidos por cada devanado. Por eso la secuencia alterna qué fase se conecta al positivo y cuál al negativo. No se trata de tres tensiones continuas independientes, sino de tres nodos conmutados cuya diferencia instantánea alimenta al motor.

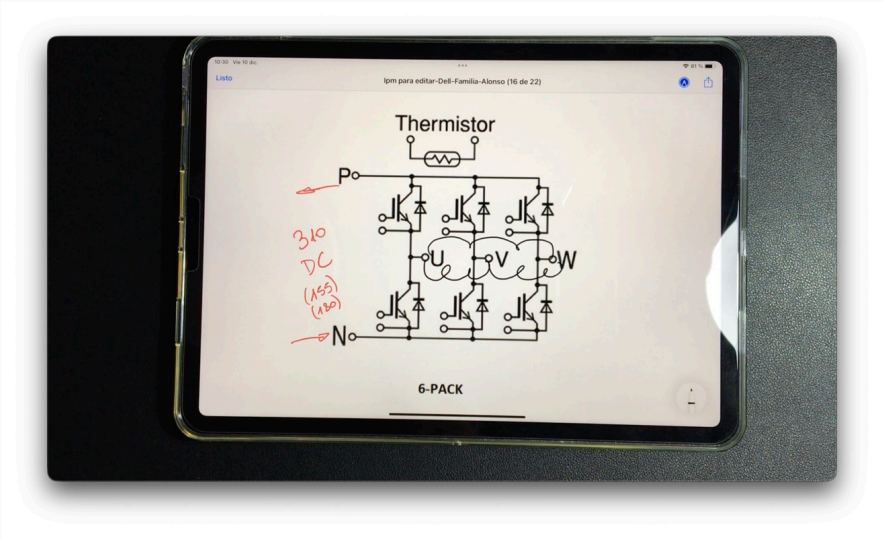

Figura 140. Conexión de los bobinados a las salidas U, V y W

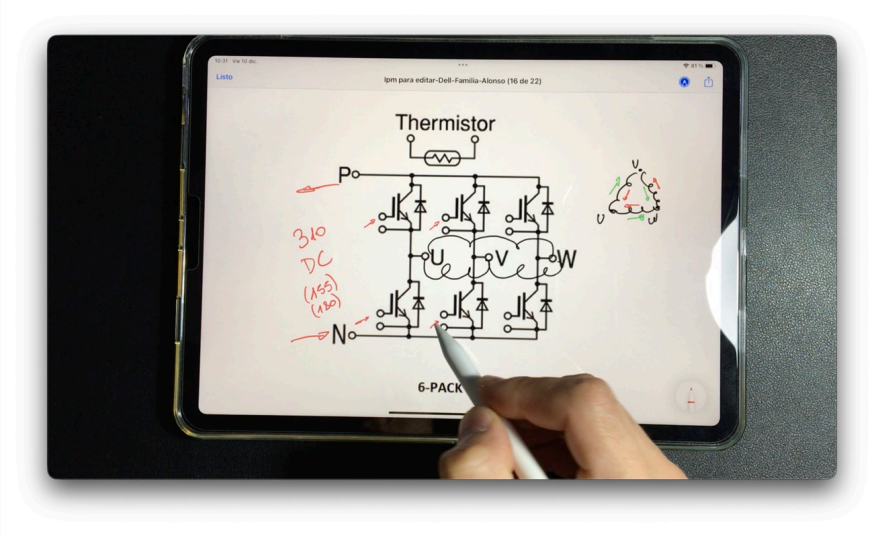

Figura 141. Puntos de detección en el diagrama del IPM

Diodos de recirculación

Junto a cada transistor aparece un diodo en antiparalelo. Cuando se interrumpe la corriente de una carga inductiva, el campo magnético intenta mantenerla. Los diodos ofrecen un camino de recirculación y limitan sobretensiones que podrían destruir los semiconductores. En muchos IPM estos diodos están integrados y también permiten una comprobación estática inicial.

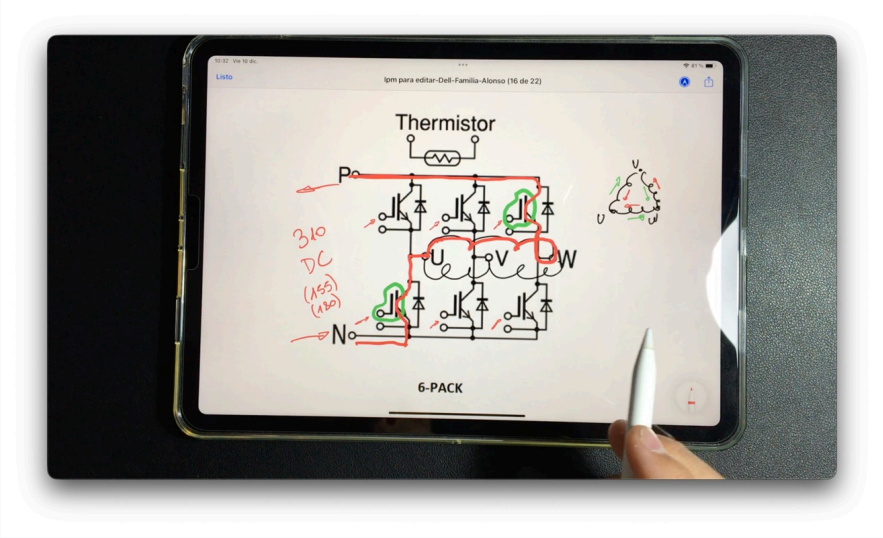

Figura 142. Recorrido de corriente durante la activación de los IGBT

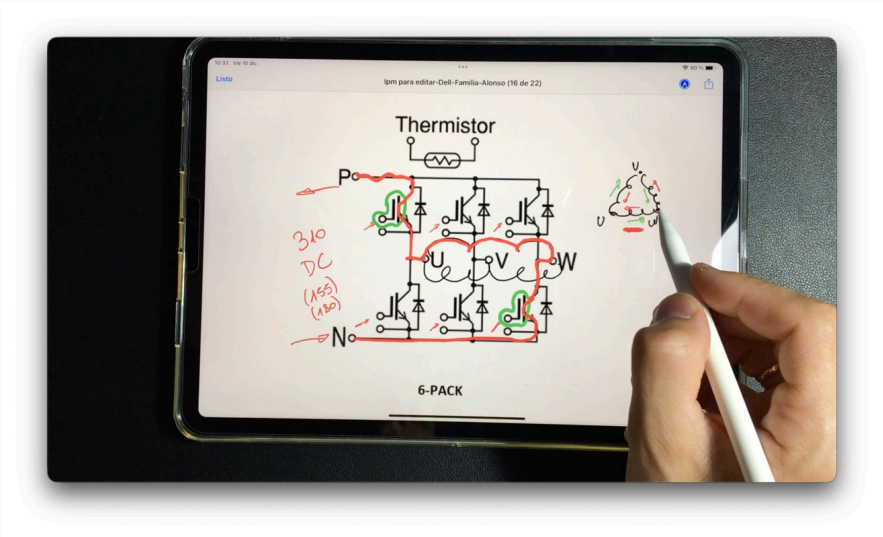

Figura 143. Inversión de corriente en el bobinado

Drivers y protecciones

Los pines de mando reciben señales de baja tensión, pero gobiernan una etapa conectada a cientos de voltios. El driver de los transistores superiores necesita elevar temporalmente su referencia; por eso suelen existir capacitores bootstrap y una alimentación auxiliar de aproximadamente 15 V. Una falla en esta alimentación puede simular un IPM defectuoso.

El módulo también puede incorporar detección de sobrecorriente, sobretemperatura y subtensión. Ante una condición anormal comunica la falla al microprocesador o bloquea las salidas. El diagnóstico debe separar si la protección responde a un problema externo, a una alimentación inestable o a un daño real dentro del módulo.

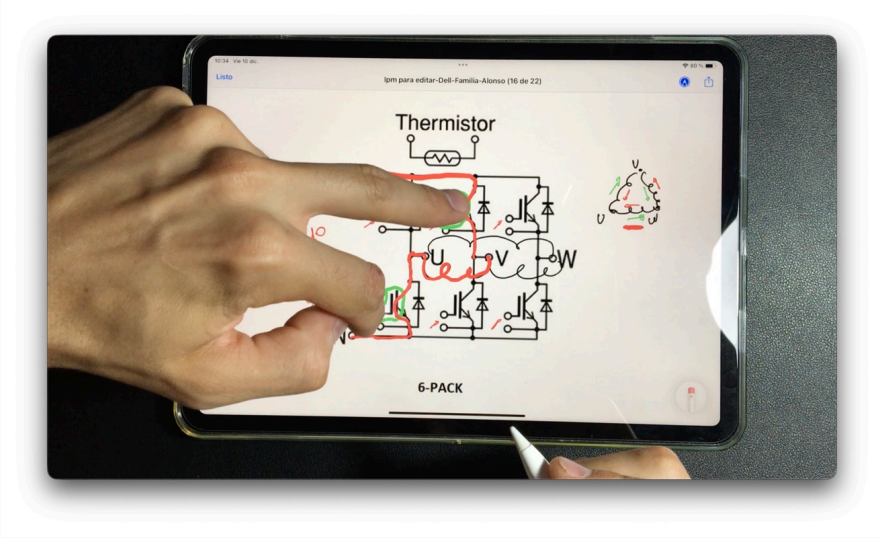

Figura 144. Activación de otro par de IGBT

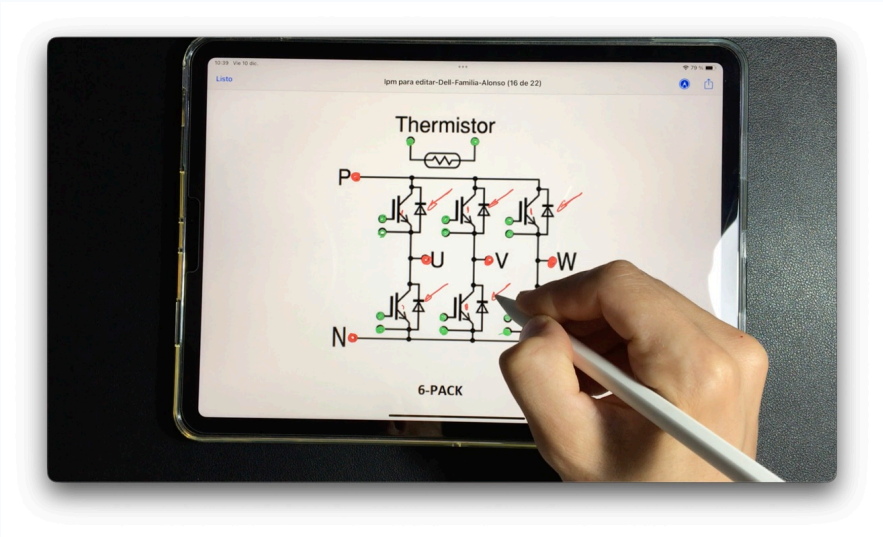

Figura 145. Diodos de rueda libre en antiparalelo

PUNTO TÉCNICO ICIA
Un módulo que deja de entregar U-V-W puede estar protegiéndose. El código de error y las condiciones de carga ayudan a diferenciar protección de daño físico.

ERROR COMÚN
Los transistores superior e inferior de una misma rama nunca deben conducir simultáneamente; esa condición cortocircuita el bus.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.41

3.41 IPM: medición sin voltaje

Con el equipo desenergizado y el bus descargado pueden realizarse comprobaciones comparativas entre las salidas U, V y W y los terminales del bus. La finalidad es detectar cortocircuitos o diferencias importantes entre ramas que deberían presentar un comportamiento similar. La prueba se realiza normalmente con función de diodo o resistencia, siguiendo una secuencia coherente y repitiendo las mediciones con polaridad invertida. La simetría entre las tres fases es un criterio valioso. Si una rama se comporta de manera claramente distinta, puede existir daño en el módulo o en componentes directamente conectados a esa salida.

En este tema

Seguridad y preparación	Identificación de terminales
Prueba en modo diodo	Alcance de la medición

Desarrollo técnico

Seguridad y preparación

La prueba sin tensión busca detectar cortocircuitos evidentes y comparar las seis ramas de potencia. Antes de comenzar, se desconecta el equipo, se descarga el bus y se confirma con el multímetro que no quede tensión. Los capacitores principales pueden conservar energía peligrosa aun después de retirar la alimentación.

Primero se identifican los terminales positivo y negativo del bus siguiendo continuidad desde los capacitores. Luego se localizan U, V y W. Si la serigrafía no es visible, las pistas hacia el conector del compresor ayudan a reconocer las tres salidas.

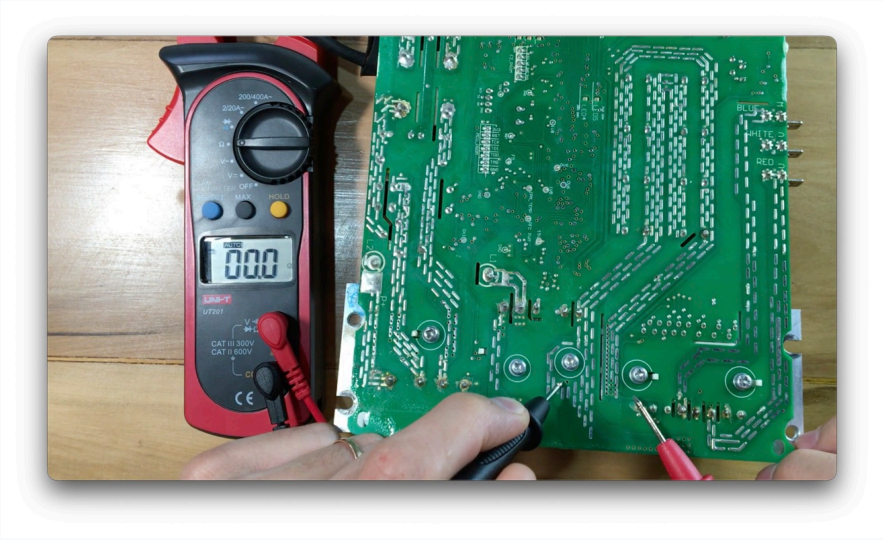

Figura 146. Continuidad entre el capacitor y la entrada del IPM: 0 Ω

Identificación de terminales

Con el multímetro en función diodo se mide entre el positivo del bus y cada fase, y entre cada fase y el negativo. Después se invierten las puntas. En un módulo sano suelen observarse tres lecturas semejantes para el grupo superior y tres para el inferior; en el sentido contrario debe aparecer bloqueo.

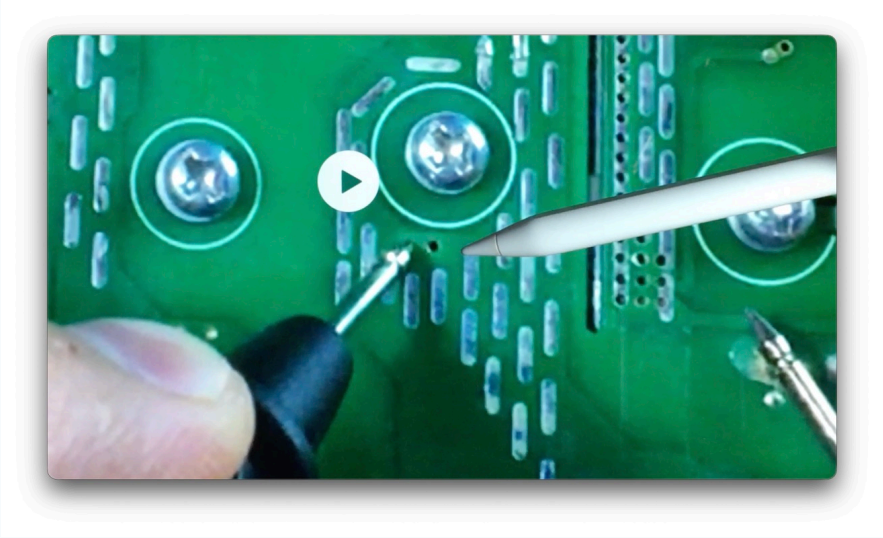

Figura 147. Vía de la placa utilizada como punto de prueba

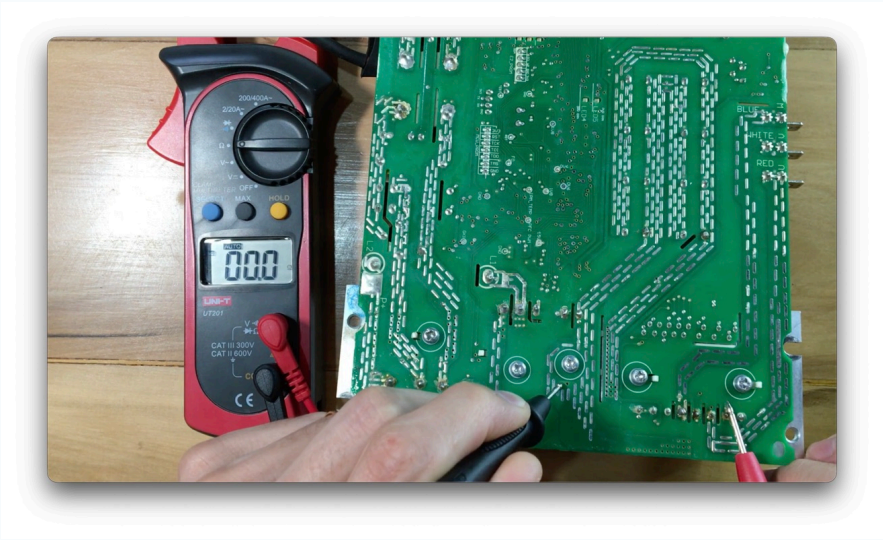

Figura 148. Continuidad hacia la segunda entrada del IPM: 0 Ω

Prueba en modo diodo

En el ejemplo de clase, varias uniones presentan una caída cercana a 0,426 V y OL en inversa. Ese número no es una especificación universal: depende del semiconductor, del instrumento, de la temperatura y de los caminos conectados en placa. La simetría entre U, V y W es más útil que memorizar una única lectura.

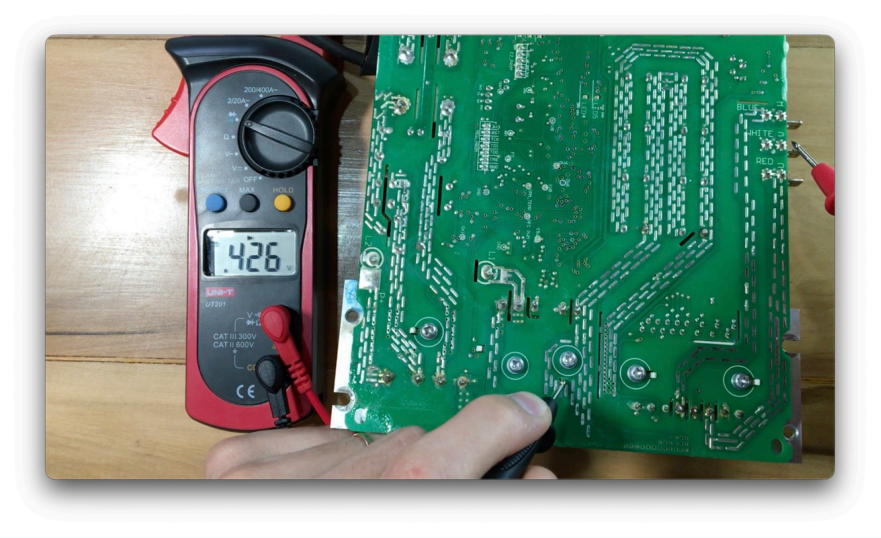

Figura 149. Diodo interno en directa: lectura de 0,426 V

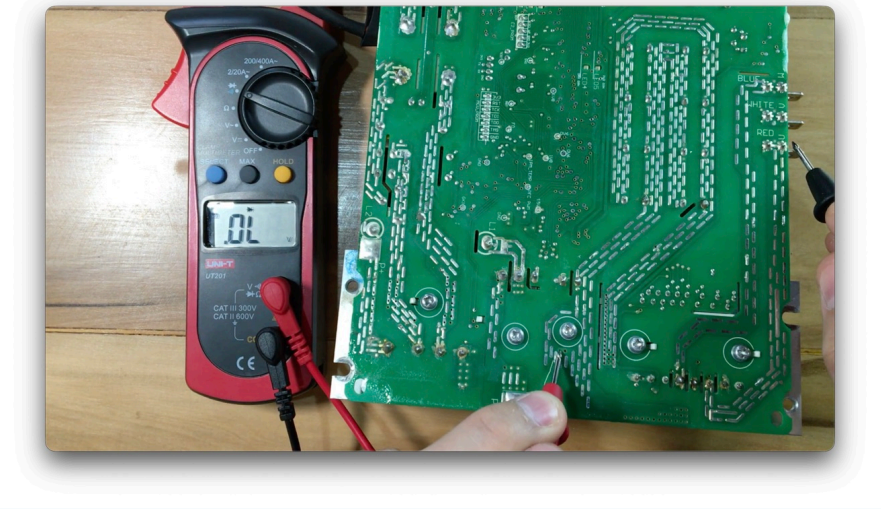

Figura 150. Diodo interno en inversa: lectura OL

Alcance de la medición

Una lectura cercana a cero en ambos sentidos señala un posible cortocircuito. Una rama abierta o muy distinta de las otras también requiere investigación. Si existen componentes en paralelo, se aísla el módulo o se consulta el circuito antes de condenarlo.

Esta prueba observa principalmente los diodos antiparalelo y permite descubrir daños graves. No comprueba la excitación de las compuertas, el aislamiento bajo tensión, el comportamiento térmico ni la conmutación dinámica. Un IPM puede superar la prueba estática y fallar al trabajar con carga.

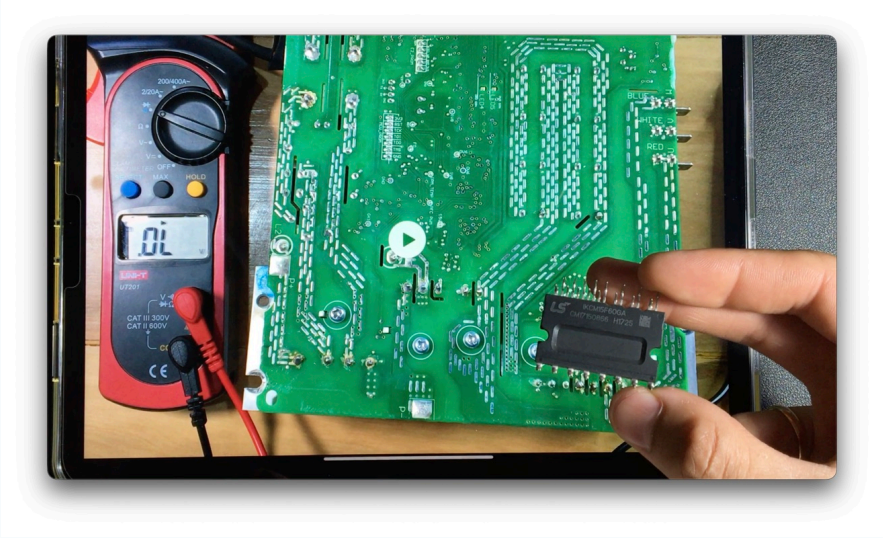

Figura 151. Ubicación y montaje del IPM en la placa

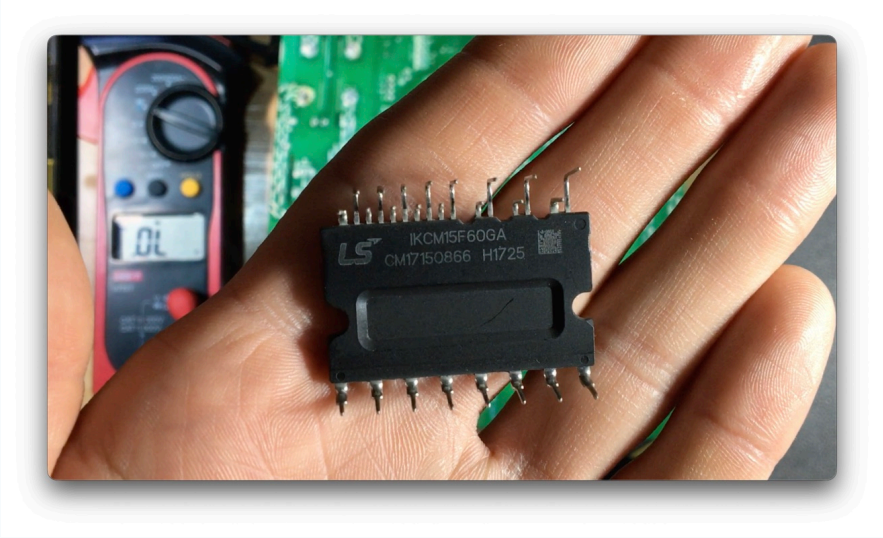

Figura 152. Identificación del módulo: IKCM15F60GA

PUNTO TÉCNICO ICIA
Las tres ramas del IPM deben compararse entre sí. La diferencia entre fases suele ser más informativa que un valor aislado.

ERROR COMÚN
Que las seis lecturas de diodo sean semejantes no demuestra que el IPM conmute correctamente bajo carga.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.42

3.42 IPM: circuito completo

El análisis interno del IPM permite comprender la relación entre el bus DC, los interruptores superiores e inferiores y las salidas trifásicas. Cada fase se forma a partir de una rama de conmutación y el conjunto se coordina desde la electrónica de control. Esta estructura explica los trayectos que aparecen al medir con multímetro sin tensión y ayuda a interpretar por qué se encuentran uniones similares en U, V y W. También permite localizar los terminales relacionados con alimentación de control y protección. Conocer la arquitectura interna evita realizar pruebas por memoria sin entender qué trayecto eléctrico se está comprobando.

En este tema

Etapa trifásica	Alimentación de drivers
Señales auxiliares	Criterios de reemplazo

Desarrollo técnico

Etapa trifásica

El diagrama completo reúne la etapa de potencia, los drivers y las protecciones. Las seis llaves forman tres medias ramas y se conectan al bus DC. Las salidas centrales son U, V y W; las entradas de mando determinan qué transistor conduce en cada instante.

Alimentación de drivers

La alimentación de aproximadamente 15 V permite que los drivers controlen las compuertas. Los transistores superiores requieren circuitos de elevación o bootstrap porque su referencia se desplaza con la fase. Los capacitores asociados deben cargarse y conservar una tensión suficiente durante la conmutación.

Señales auxiliares

Los pines adicionales pueden incluir detección de corriente, temperatura, estado de falla y masa lógica. En algunos módulos varias funciones están integradas; en otros se implementan con componentes externos. Dos encapsulados parecidos no necesariamente comparten pinout ni lógica de protección.

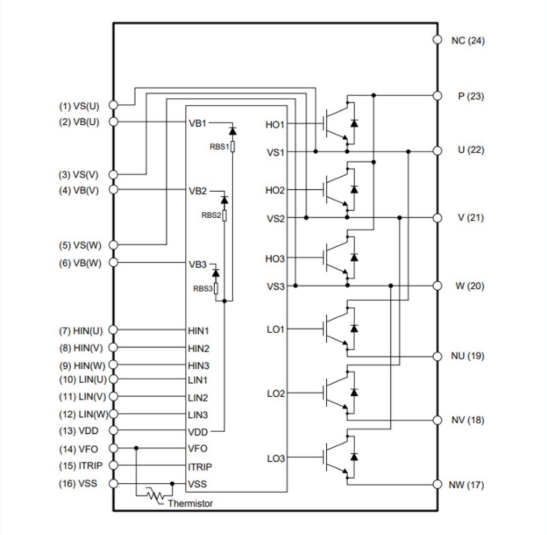

Figura 153. Diagrama interno completo del IPM

Criterios de reemplazo

La sustitución debe verificarse por código, tensión, corriente, potencia, control, encapsulado y distribución de terminales. Adaptar un módulo sólo porque coincide físicamente puede aplicar alta tensión a una entrada lógica o dejar una protección sin conexión.

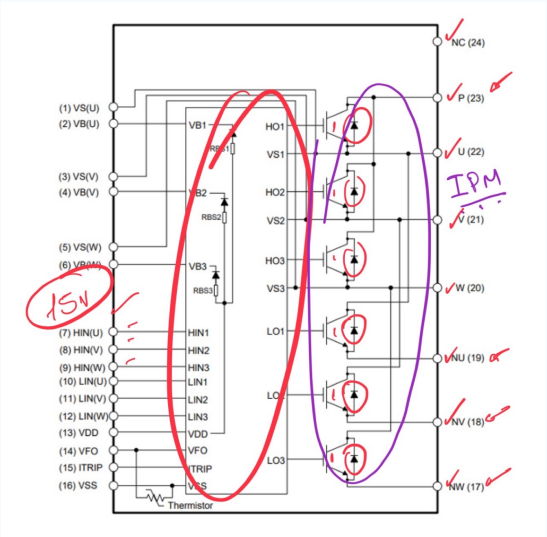

Figura 154. IGBT y alimentación de control de 15 V

PUNTO TÉCNICO ICIA
La interpretación de una medición mejora cuando se sabe qué semiconductor interno forma el trayecto entre el punto probado y el bus.

ERROR COMÚN
Un módulo físicamente parecido no es necesariamente equivalente: pinout, lógica de control y protecciones pueden ser diferentes.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.43

3.43 IPM: medición con voltaje

La salida del IPM es una señal conmutada de alta velocidad. Mediante modulación, la energía aplicada al motor produce un comportamiento equivalente al de una señal alterna cuya frecuencia y amplitud efectiva pueden variar. El osciloscopio permite observar pulsos que el multímetro no puede representar. Para comparar fases se seleccionan pares de salida y se analiza la regularidad de la forma de onda. Cambios en la demanda del equipo deben reflejarse en la modulación. Esta prueba sólo debe efectuarse con un instrumento y sondas apropiados para la tensión y el tipo de referencia eléctrica del circuito.

En este tema

Forma de onda PWM	Medición entre fases
Portadora y fundamental	Interpretación dinámica

Desarrollo técnico

Forma de onda PWM

Con el equipo energizado, el IPM entrega pulsos PWM en U, V y W. Cada terminal conmuta entre regiones próximas a los polos del bus. Lo que hace funcionar al motor es la diferencia entre fases, no la tensión de una fase medida contra una masa arbitraria.

El osciloscopio permite observar entre U-V, V-W y W-U. Las tres mediciones deben presentar patrones comparables y una secuencia coherente. La conexión exige sondas y aislamiento adecuados para la categoría de tensión; un osciloscopio con tierra de protección puede producir un cortocircuito si se conecta directamente a una fase flotante.

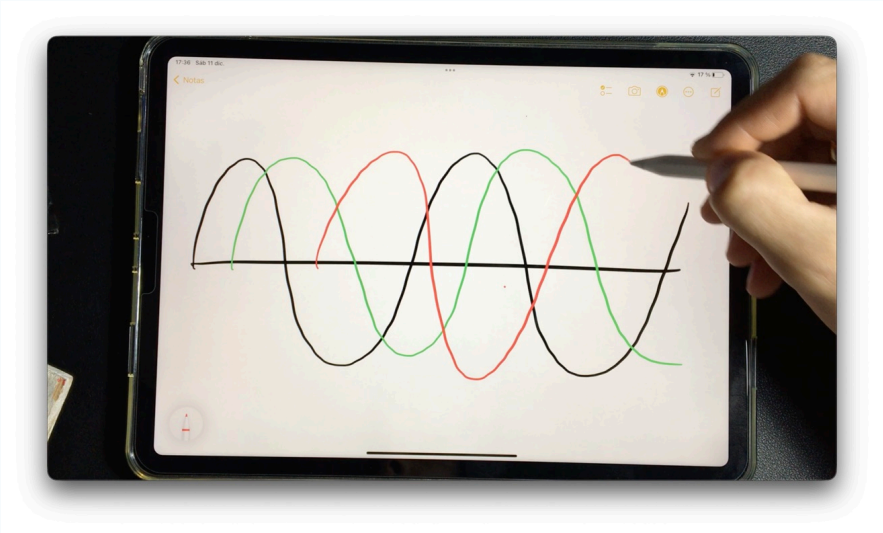

Figura 155. Representación de las tres ondas sinusoidales

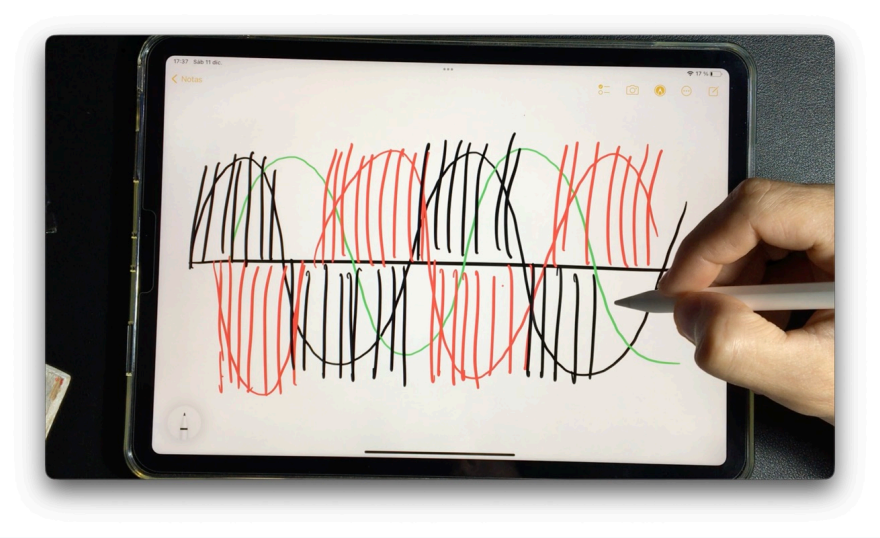

Figura 156. Representación de la salida trifásica mediante pulsos PWM

Medición entre fases

La portadora PWM es mucho más rápida que el giro eléctrico del motor. Lecturas como 331 Hz, 404 Hz, 626 Hz, 859 Hz o 1,1 kHz pueden corresponder a detalles de la conmutación o a la configuración automática del instrumento. No deben interpretarse automáticamente como frecuencia mecánica del compresor.

Cuando se afirma que un compresor trabaja, por ejemplo, entre 15 y 120 Hz, se describe la frecuencia fundamental que establece la velocidad del campo giratorio. La portadora puede estar en otra banda y cambiar según el diseño. Para separarlas es necesario ajustar base de tiempo, disparo y ancho de banda.

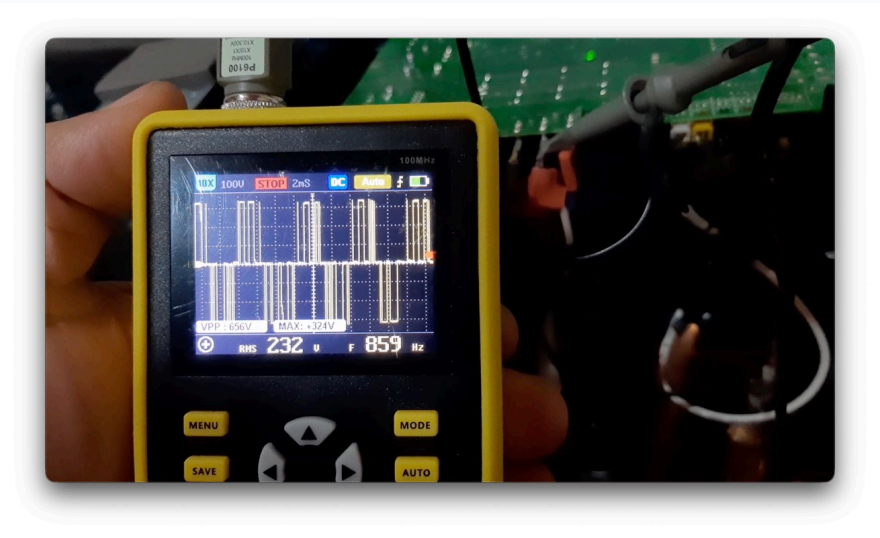

Figura 157. Osciloscopio portátil: lectura indicada de 859 Hz

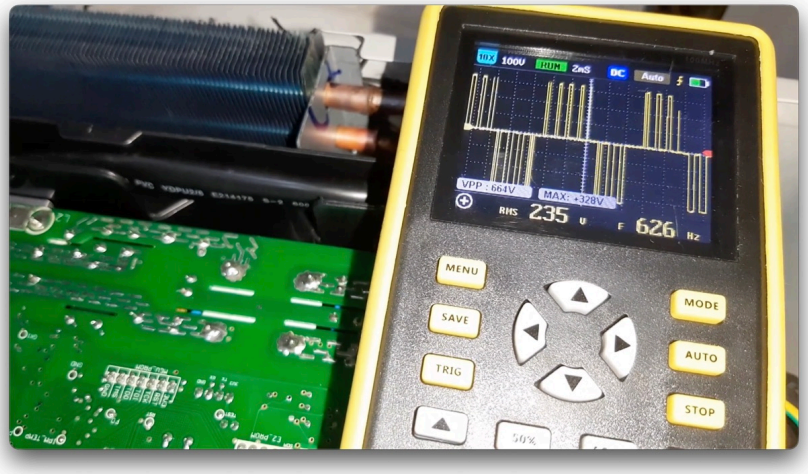

Figura 158. Medición sobre la placa: lectura indicada de 626 Hz

Portadora y fundamental

Un multímetro convencional calcula una lectura promedio o RMS bajo supuestos que no siempre se cumplen con PWM. Puede mostrar tensiones variables y útiles para comparación, pero no describe la forma de onda. El osciloscopio revela simetría, presencia de pulsos, tiempo muerto y cambios de modulación.

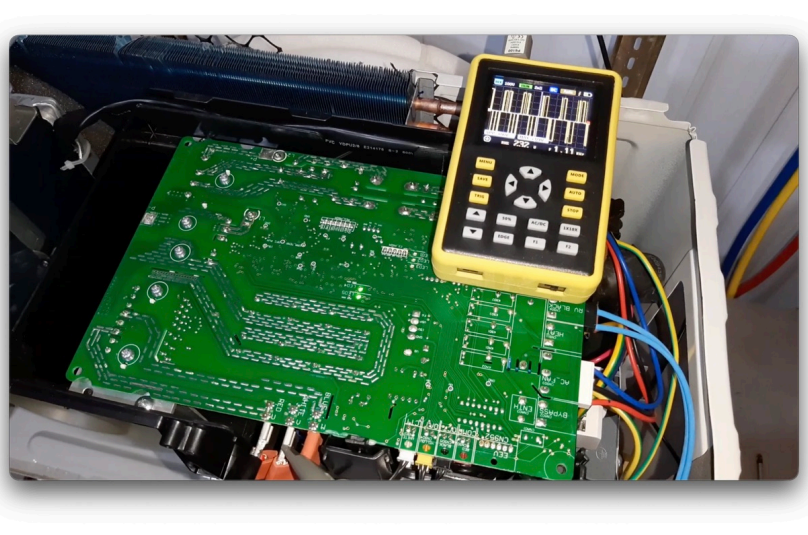

Figura 159. Vista general de la placa: lectura indicada de 1,1 kHz

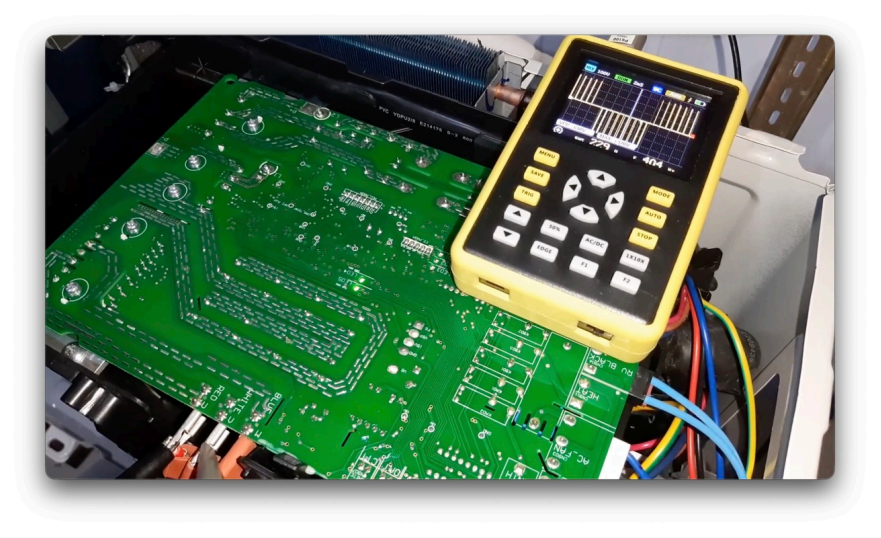

Figura 160. Conexiones de medición V-W: lectura indicada de 404 Hz

Interpretación dinámica

Al aumentar la velocidad solicitada, la secuencia fundamental se repite con mayor frecuencia y el control puede modificar también el ciclo útil. Las transiciones aparecen más próximas en el tiempo. La interpretación correcta relaciona la orden del equipo, la frecuencia fundamental y la respuesta de corriente del motor.

La comprobación dinámica no se reduce a buscar cualquier pulso. Se comparan las tres parejas de fases, se verifica que ninguna rama quede fija y se observa si la salida se mantiene al aplicar carga. Una forma aparentemente correcta durante un instante puede desaparecer cuando actúa una protección.

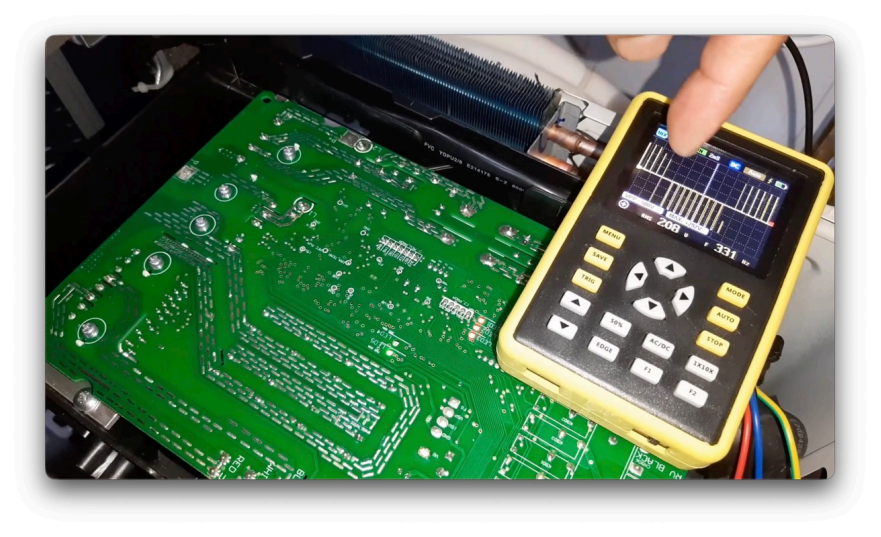

Figura 161. Detalle de los pulsos: lectura indicada de 331 Hz

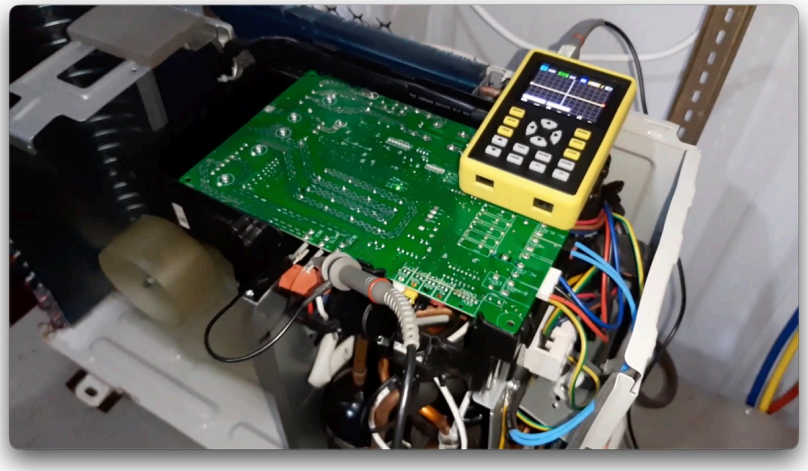

Figura 162. Equipo en funcionamiento: placa, osciloscopio y ventilador

PUNTO TÉCNICO ICIA
Nunca debe conectarse la masa de un osciloscopio convencional a un punto de potencia sin conocer la referencia y el aislamiento del instrumento.

ERROR COMÚN
Conectar la masa de un osciloscopio puesto a tierra directamente a una fase U, V o W puede causar un cortocircuito peligroso.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.44

3.44 Compresor inverter: medición

El compresor trifásico puede comprobarse inicialmente midiendo la resistencia entre sus terminales. Las tres combinaciones de bobinados deben presentar valores coherentes entre sí. Una diferencia marcada puede indicar un problema en el motor o en sus conexiones. También debe verificarse que no exista continuidad indebida entre los terminales del bobinado y la carcasa. Estas pruebas se realizan con el compresor desconectado de la placa para evitar que el IPM altere la lectura. El resultado permite separar una falla eléctrica evidente del motor de un problema en la etapa electrónica que lo alimenta.

En este tema

Equilibrio de devanados	Valores de ejemplo
Aislamiento a carcasa	Diagnóstico integral

Desarrollo técnico

Equilibrio de devanados

El compresor inverter presenta tres terminales asociados a tres devanados equivalentes. Con el equipo desconectado se mide la resistencia entre cada par. U-V, V-W y W-U deben resultar muy semejantes; una diferencia significativa puede indicar un devanado abierto, parcialmente cortocircuitado o una mala conexión.

Valores de ejemplo

En la demostración se observan valores aproximados entre 1,7 y 2,2 ohmios para un compresor de 12.000 BTU/h. Son valores de ejemplo. La resistencia real cambia con potencia, temperatura, calibre del conductor y diseño. En resistencias tan bajas conviene descontar las puntas del multímetro o utilizar una medición de cuatro hilos.

Aislamiento a carcasa

También se mide desde cada terminal hacia la carcasa. El multímetro debe indicar circuito abierto, pero esta comprobación utiliza una tensión baja y no detecta todos los defectos de aislamiento. Si existe sospecha, se utiliza un medidor de aislamiento con el procedimiento y la tensión de prueba permitidos por el fabricante.

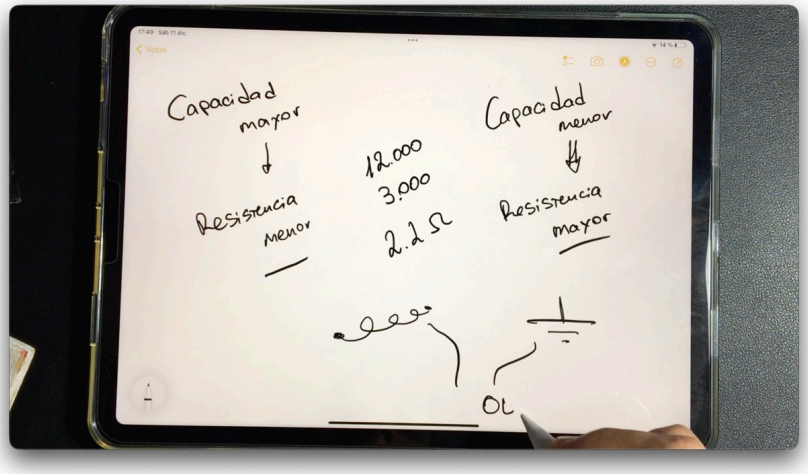

Figura 163. Resistencia de bobinados: ejemplo estimativo de 2,2 Ω para 12.000 BTU/h

Diagnóstico integral

Un resultado eléctrico correcto no garantiza que el compresor esté mecánicamente libre. El diagnóstico integra resistencia de devanados, aislamiento, corriente de arranque, equilibrio de fases, presión del sistema y respuesta del IPM. Separar placa y carga evita reemplazos costosos sin evidencia.



Figura 164. Medición entre dos pines del compresor inverter: 1,7 Ω

PUNTO TÉCNICO ICIA
Para evaluar las resistencias del compresor, las tres mediciones entre U-V, V-W y U-W deben compararse entre sí.

ERROR COMÚN
Tomar 1,7 a 2,2 ohmios como regla universal ignora la potencia, la temperatura y el diseño específico del compresor.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.45

3.45 IPM: prueba de funcionamiento

Cuando el motor no arranca, la investigación debe determinar si el IPM genera una salida y si el compresor puede responder a ella. La medición dinámica con osciloscopio proporciona información sobre la presencia y equilibrio de las señales U-V-W durante el intento de arranque. Un motor bloqueado o con falla puede hacer que la placa interrumpa rápidamente la salida por protección. Por el contrario, una ausencia total de intento puede orientar hacia alimentación, control o IPM. El diagnóstico debe combinar resistencia de bobinados, estado del módulo, código de error y comportamiento durante el arranque.

En este tema

Preparación de la prueba	Comparación de fases
Protección sin carga	Conclusión diagnóstica

Desarrollo técnico

Preparación de la prueba

Para observar la salida del IPM sin el compresor se desconecta el conector U-V-W y se prepara el osciloscopio con el método de aislamiento adecuado. Al ordenar el arranque, algunas placas generan pulsos durante un intervalo breve y luego se protegen porque no detectan la corriente o la respuesta inductiva esperada.

Comparación de fases

Se registran las parejas U-V, V-W y W-U, y cuando el procedimiento lo requiere se invierte la polaridad de las puntas para comparar ambos sentidos. Las seis observaciones deben ser coherentes con una etapa trifásica. Una pareja ausente o fija orienta hacia una rama específica, su driver o la señal de control.

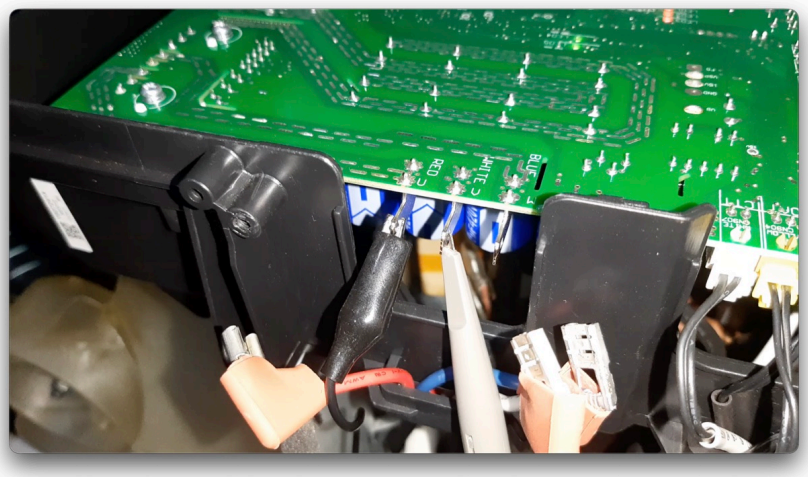

Figura 165. Medición en la salida V con el compresor desconectado

Protección sin carga

La ausencia de carga cambia la forma de onda. Sin inductancia ni fuerza contraelectromotriz, el control puede abortar el intento y mostrar un código. Por eso esta prueba sirve como evidencia de que existe conmutación, pero no sustituye la evaluación bajo carga ni demuestra que el módulo entregue corriente correctamente.

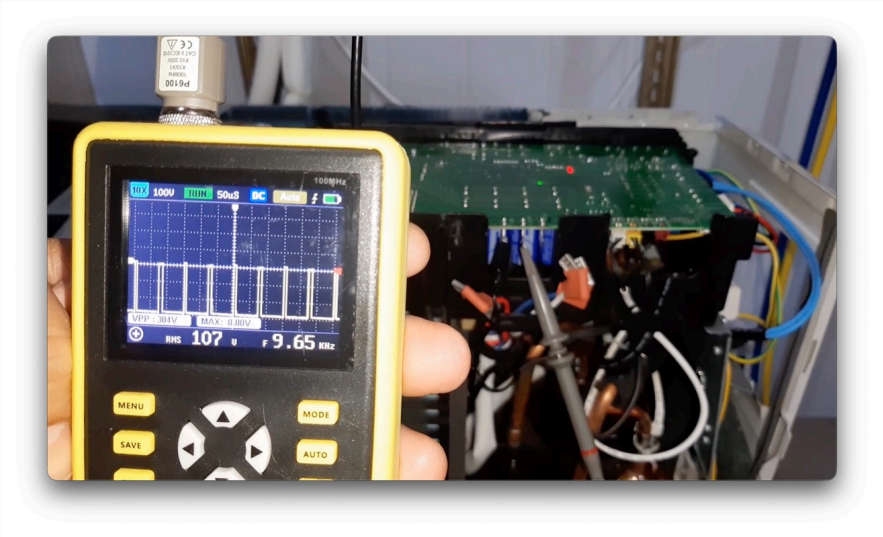

Figura 166. Pulsos descendentes y señal de error en la placa

Conclusión diagnóstica

El diagnóstico más sólido combina prueba estática del IPM, medición del compresor, verificación de 15 V, observación de mando y prueba dinámica. Condenar la placa o el compresor por una sola forma de onda puede confundir una protección normal con una avería.



Figura 167. Salida del IPM en 0 V con el compresor desconectado

PUNTO TÉCNICO ICIA
La duración del intento de arranque es información útil: algunas placas entregan señal sólo durante un instante antes de entrar en protección.

ERROR COMÚN
Una salida breve sin compresor sólo confirma actividad inicial; no demuestra que el IPM entregue corriente correctamente bajo carga.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.46

3.46 IPM: capacitores de alimentación de 15 V

Además del bus de alta tensión, la etapa de potencia requiere alimentaciones auxiliares para sus circuitos de mando. El análisis de la etapa permite seguir el recorrido de una alimentación cercana a 15 V utilizada en la excitación de los dispositivos de potencia. La ausencia de esa tensión puede impedir que el IPM conmute aun cuando el bus DC sea correcto. Por eso, ante una falla de compresor es importante comprobar no sólo la alta tensión, sino también las fuentes auxiliares, diodos, capacitores y pistas asociadas al mando. Esta verificación evita reemplazar un módulo sano cuando el problema se encuentra en su alimentación de control.

En este tema

- Función de los 15 V
- Seguimiento de la pista
- Capacitores cercanos al IPM
- Medición durante el arranque

Desarrollo técnico

Función de los 15 V

La etapa de control del IPM suele alimentarse con una rama auxiliar cercana a 15 V. Esta tensión energiza los drivers y permite cargar los capacitores asociados a los transistores superiores. Si cae durante el arranque, el módulo puede bloquearse por subtensión aunque los seis semiconductores de potencia estén sanos.

El recorrido se inicia en la fuente conmutada auxiliar. Desde el rectificador secundario y su capacitor, la pista atraviesa conectores, resistencias, diodos o vías hasta llegar al IPM. En placas de doble cara se requiere continuidad y buena iluminación, porque la trayectoria puede desaparecer debajo del disipador y reaparecer en la cara opuesta.

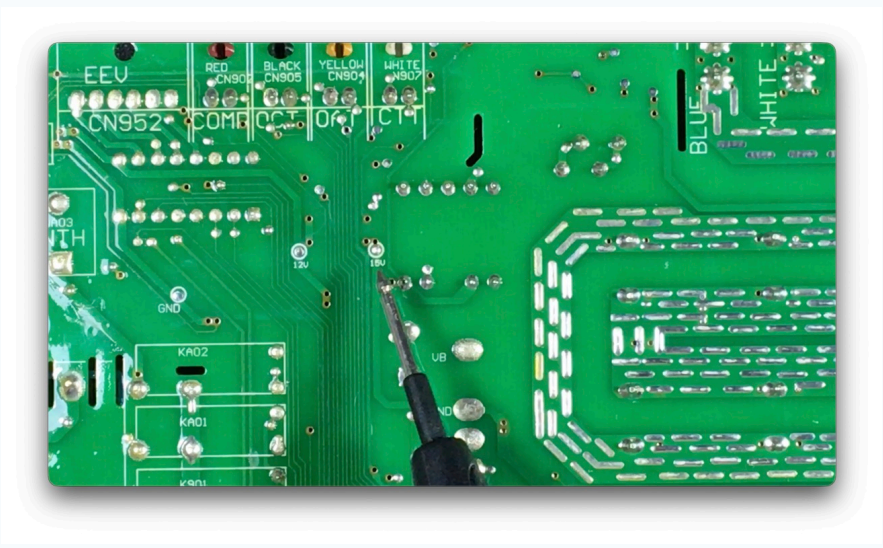

Figura 168. Alimentación de 15 V y capacitores del control del IPM

Seguimiento de la pista

Los capacitores SMD próximos al módulo filtran y sostienen la alimentación de los drivers. El calor del disipador y los ciclos térmicos pueden reducir su capacidad o aumentar su ESR. El defecto no siempre produce un capacitor hinchado y puede manifestarse únicamente cuando el compresor intenta arrancar.



Figura 169. Placa Good Weather: capacitores SMD de la línea de 15 V

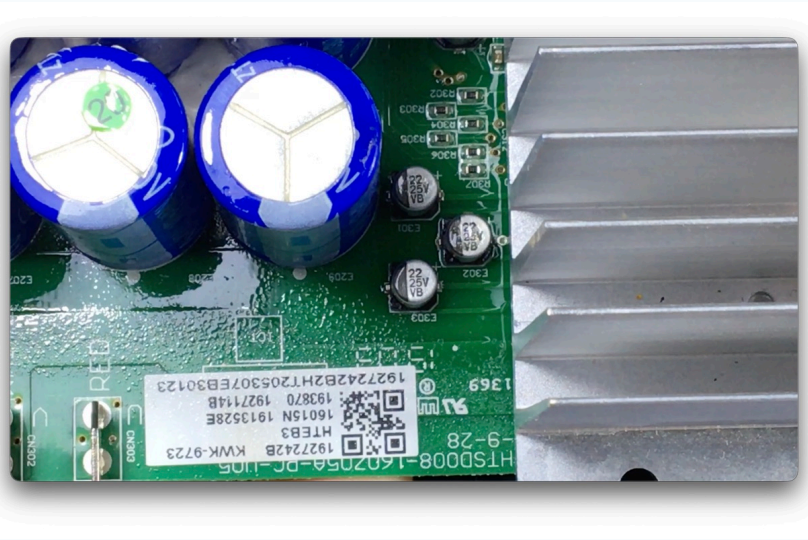

Figura 170. Ubicación de los capacitores SMD entre el disipador y los capacitores principales

Capacitores cercanos al IPM

La medición sin tensión incluye capacitancia, ESR cuando el método es válido y comparación entre componentes equivalentes. En placa, resistencias y semiconductores en paralelo pueden alterar la lectura. Si el resultado es dudoso se levanta un terminal o se reemplaza con un componente de especificación adecuada.

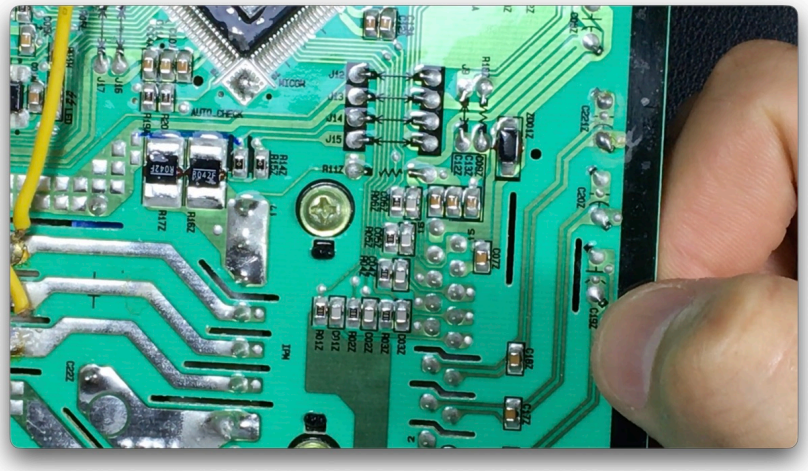

Figura 171. Placa LG: capacitores de 15 V junto al IPM, lado de soldaduras

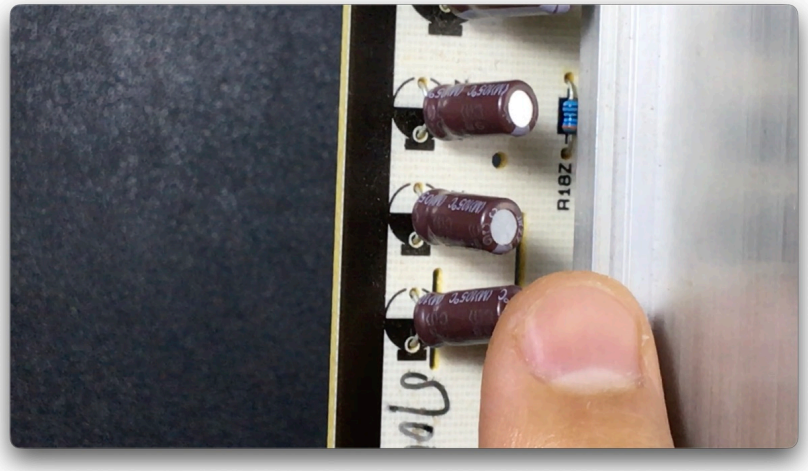

Figura 172. Placa LG: tres capacitores de la alimentación auxiliar

Medición durante el arranque

La comprobación decisiva consiste en observar los 15 V durante el intento de arranque. Una tensión correcta en reposo que desciende al ordenar el compresor señala una fuente débil, un capacitor degradado, una sobrecarga o un problema del propio módulo. Registrar mínimo y forma de onda aporta más información que una lectura instantánea.

La ubicación varía entre Good Weather, LG, Carrier, Midea y otros fabricantes. En algunos modelos los capacitores quedan debajo del disipador y no son visibles hasta desmontar. No debe perforarse, puentearse ni alimentar el pin suponiendo su función; primero se confirma el circuito y el pinout.

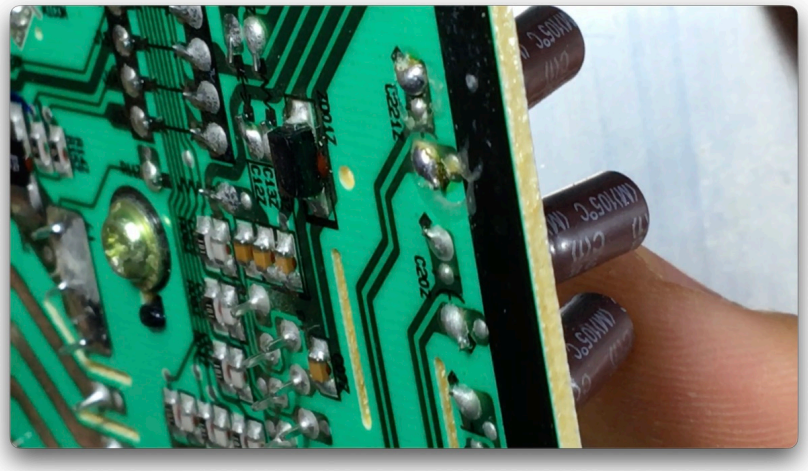

Figura 173. Vista lateral de los capacitores de 15 V en la placa LG

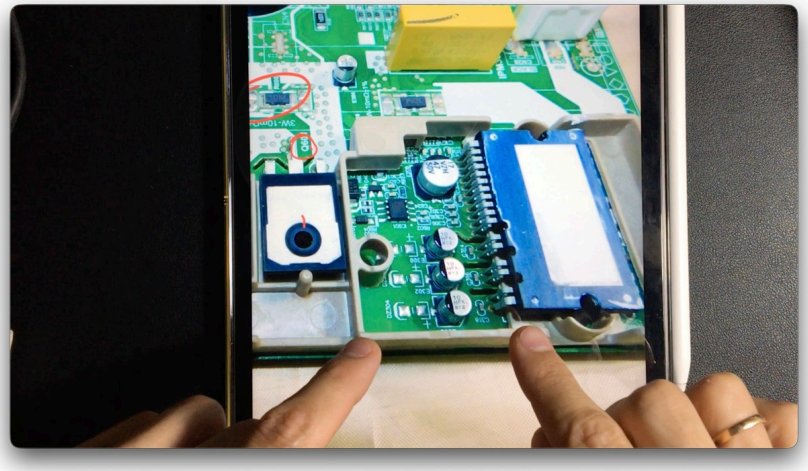

Figura 174. Placa Carrier: capacitores SMD junto al IPM, debajo del disipador

PUNTO TÉCNICO ICIA
Bus DC correcto + ausencia de alimentación de mando = el IPM puede permanecer inactivo sin estar necesariamente dañado.

ERROR COMÚN
Cambiar el IPM sin verificar la alimentación de 15 V puede dejar intacta la causa real de la falla.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.47

3.47 Ventilador forzador AC

Los equipos Inverter pueden utilizar diferentes tecnologías de ventilador. Pueden distinguirse ventiladores AC controlados desde la placa, ventiladores DC con electrónica integrada y motores trifásicos U-V-W gobernados por una etapa de potencia. Cada tipo requiere una estrategia de diagnóstico diferente. La cantidad de cables, las tensiones presentes y la existencia de señales de realimentación ayudan a identificarlo. Antes de sustituir un ventilador debe determinarse su arquitectura, porque dos motores físicamente parecidos pueden necesitar alimentaciones y señales incompatibles.

En este tema

Tipos de ventilador	Control por ángulo de fase
Cruce por cero y triac	Lecturas y fallas

Desarrollo técnico

Tipos de ventilador

En los equipos inverter pueden coexistir tres arquitecturas de ventilador: motor AC controlado por la placa, motor BLDC con electrónica integrada y motor trifásico U-V-W con IPM externo. Identificar el tipo por cableado, etiqueta y circuito es el primer paso, porque las tensiones y pruebas son completamente diferentes.

El ventilador AC conserva la frecuencia de la red y suele utilizar un capacitor de desfase. La placa modifica la potencia mediante control de ángulo de fase: un triac comienza a conducir después de un retardo calculado en cada semiciclo. Cuanto antes se dispara, mayor es el valor eficaz aplicado al motor.



Figura 175. Ventilador AC: etiqueta y datos técnicos

Control por ángulo de fase

En una red de 50 Hz, cada ciclo dura 20 ms y cada semiciclo 10 ms. El detector de cruce por cero informa al microcontrolador cuándo inicia cada semiciclo. A partir de esa referencia se genera el retardo y se envía un pulso al optotriac.

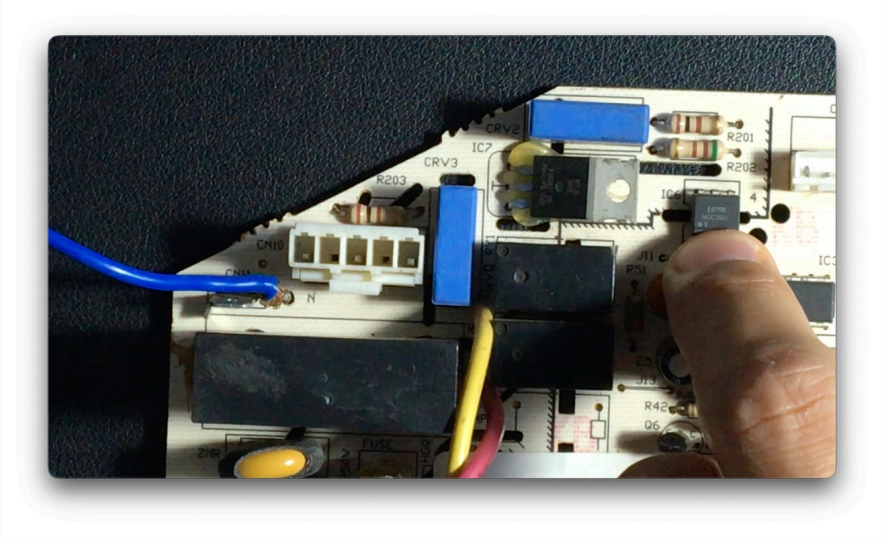

Figura 176. Control de velocidad por ángulo de fase: optotriac y TRIAC

Cruce por cero y triac

El optotriac aísla la lógica de baja tensión de la red. Su salida dispara el triac de potencia, que permanece conduciendo hasta que la corriente cae por debajo de su nivel de mantenimiento cerca del siguiente cruce. El proceso se repite en ambos sentidos de la alterna.

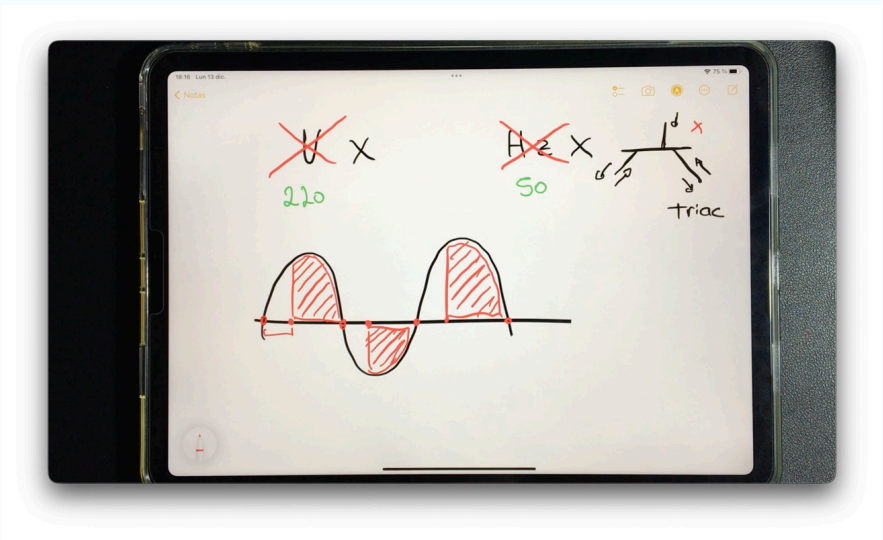

Figura 177. Recorte de la onda de 50 Hz para regular la velocidad

Lecturas y fallas

Las diferentes velocidades no se obtienen cambiando la frecuencia de 50 o 60 Hz, sino recortando una porción de cada semiciclo. Un multímetro puede mostrar valores como 167, 185 o 205 V, pero la lectura depende del instrumento y de la forma de onda. El osciloscopio permite observar el ángulo de conducción real.

El capacitor del motor continúa siendo necesario para producir el desfase entre devanados. Una falla del capacitor, del triac, del opto, del cruce por cero o del motor puede generar síntomas parecidos. El diagnóstico debe comprobar cada bloque y no asumir que toda pérdida de velocidad proviene de la placa.

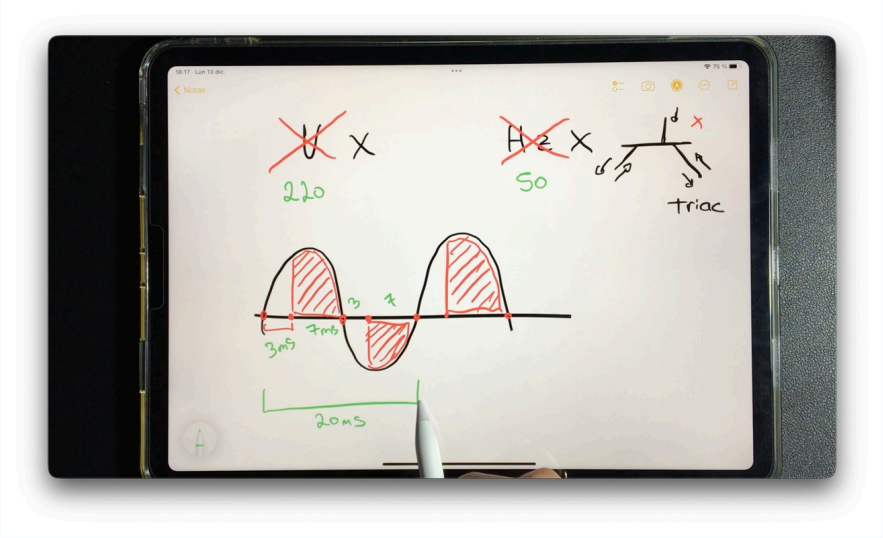

Figura 178. Ejemplo gráfico: ciclo de 20 ms, retardo de 3 ms y conducción de 7 ms

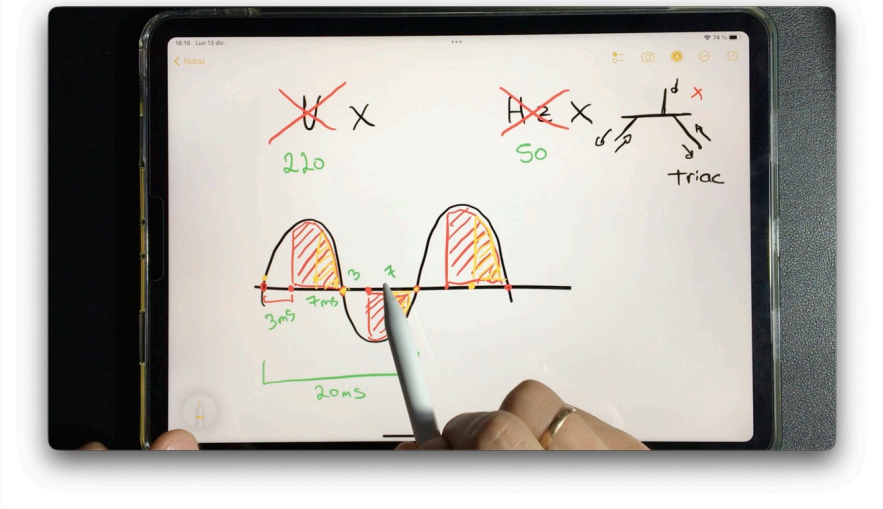

Figura 179. Menor tiempo de conducción y reducción de velocidad

PUNTO TÉCNICO ICIA
El número de cables es una pista, pero la identificación definitiva debe basarse en las funciones de cada conductor y en las tensiones de trabajo.

ERROR COMÚN
El control por triac modifica el ángulo de conducción, no la frecuencia de la red.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.48

3.48 Ventilador forzador AC: circuito en tarjeta

En un ventilador AC la placa puede regular la energía aplicada al motor mediante dispositivos de conmutación y sincronización con la red. La velocidad deja de depender exclusivamente de una conexión fija y pasa a ser controlada electrónicamente. La etapa de mando debe evaluarse verificando alimentación, elemento de conmutación y orden de control. Si el motor funciona al alimentarlo correctamente pero no desde la placa, el problema puede encontrarse en el circuito de accionamiento. Si la placa entrega la señal prevista y el motor no responde, la investigación se desplaza hacia el propio ventilador o su capacitor cuando corresponda.

En este tema

Recorrido en placa	Capacitor de marcha
Optotriac y triac	Realimentación de velocidad

Desarrollo técnico

Recorrido en placa

El seguimiento en tarjeta comienza en el conector del ventilador. Una pista conduce la alimentación y otra regresa hacia el triac de potencia. Cerca del triac aparecen el optotriac, resistencias de compuerta, redes RC y componentes de protección. La serigrafía ayuda, pero la continuidad confirma el recorrido.

El capacitor de marcha puede estar en la placa o montado externamente. Se mide desconectado y descargado, comparando capacidad y tensión nominal con la etiqueta. Una pérdida de capacidad reduce el par y puede hacer que el motor arranque sólo al impulsarlo manualmente.

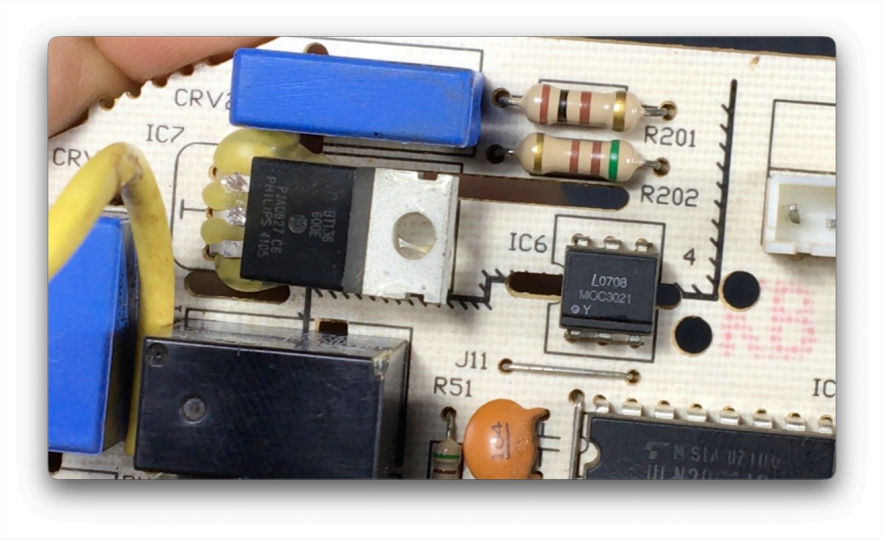

Figura 180. Optotriac MOC3021 en el control del ventilador AC

Capacitor de marcha

El LED interno del optotriac se comprueba como un diodo. La salida no se evalúa igual que un relé: requiere una corriente de activación y trabaja con alterna. Un MOC3021, por ejemplo, es de disparo aleatorio; no debe reemplazarse automáticamente por un optotriac de cruce por cero si el circuito necesita control de fase.



Figura 181. Medición del optotriac: lectura de resistencia alta

Optotriac y triac

El triac se inspecciona por cortocircuito entre sus terminales principales y por estado de compuerta. Una lectura estática normal no garantiza disparo bajo tensión, de modo que también se verifica si llega la orden desde el opto y si aparece tensión recortada en la salida.

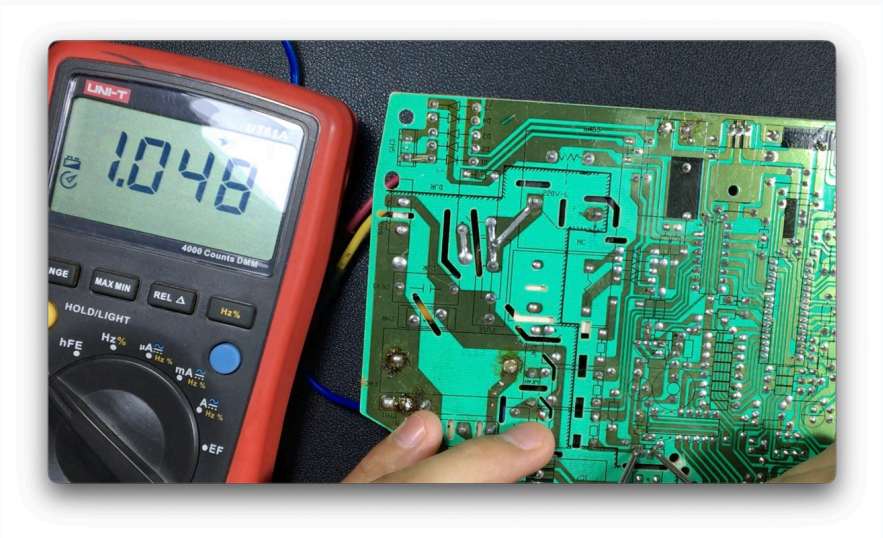

Figura 182. Medición de tensión en el LED del optoacoplador

Realimentación de velocidad

Algunos motores añaden cables de sensor Hall para informar velocidad. Si el motor recibe potencia pero la placa no detecta pulsos, puede arrancar al máximo, detenerse o generar un error. El diagnóstico debe separar la etapa de potencia de la realimentación de velocidad.

Las tensiones promedio mostradas en clase sirven para comparar escalones del mismo equipo. No son límites universales. Un multímetro True RMS y otro de respuesta promedio pueden indicar valores distintos sobre una onda recortada aunque el motor funcione correctamente.

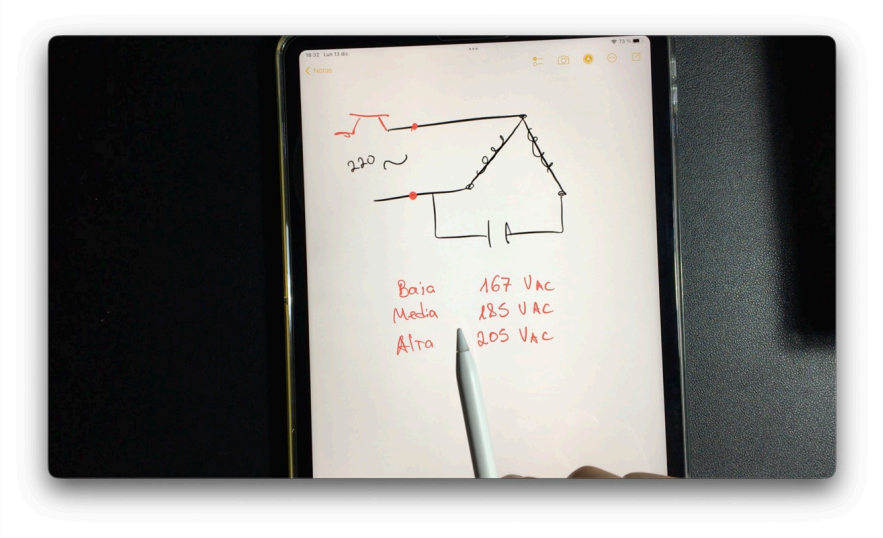

Figura 183. Tensión RMS: ejemplos estimativos de 167 V, 185 V y 205 V

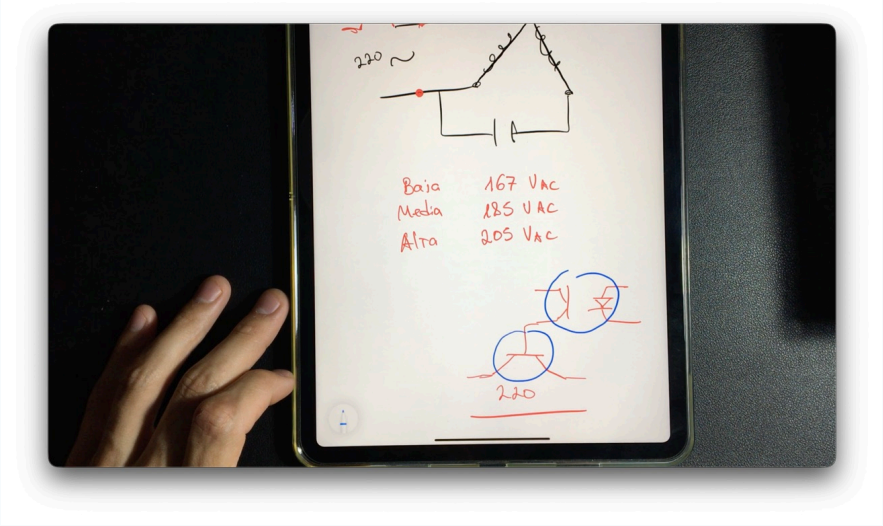

Figura 184. Diagrama de disparo del TRIAC mediante optotriac

PUNTO TÉCNICO ICIA
Para separar placa de motor, se comprueba qué orden entrega la placa y si el ventilador puede responder a una alimentación correcta.

ERROR COMÚN
Un MOC3021 no debe sustituirse automáticamente por cualquier optotriac; el tipo de disparo forma parte del diseño.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.49

3.49 Sensor de efecto Hall

Algunos ventiladores incorporan un sensor Hall que informa a la placa que el rotor está girando. La señal de realimentación permite comparar la orden de velocidad con la respuesta real del motor y detectar bloqueos o ausencia de movimiento. El sensor necesita alimentación y produce pulsos al girar el ventilador. En una prueba básica pueden observarse cambios de tensión o utilizarse indicadores conectados de forma controlada. Si la placa ordena movimiento pero no recibe pulsos de retorno, puede generar un código de error aunque la alimentación principal del motor esté presente.

En este tema

Principio Hall	Identificación de cables
Prueba de banco	Pulsos de velocidad

Desarrollo técnico

Principio Hall

El sensor Hall detecta el paso de los polos magnéticos del rotor y genera pulsos eléctricos. En un ventilador suele utilizar tres conductores: alimentación, masa y salida. La tensión de alimentación frecuente es 5 V, pero debe verificarse en la placa o la documentación.

Identificación de cables

Los colores no son universales. Para identificar los cables se sigue la continuidad desde el conector: la masa suele llegar al GND de control, la alimentación a un regulador o pista de 5 V y la señal a una resistencia de polarización y al microcontrolador. Aplicar tensión por color puede destruir el sensor.

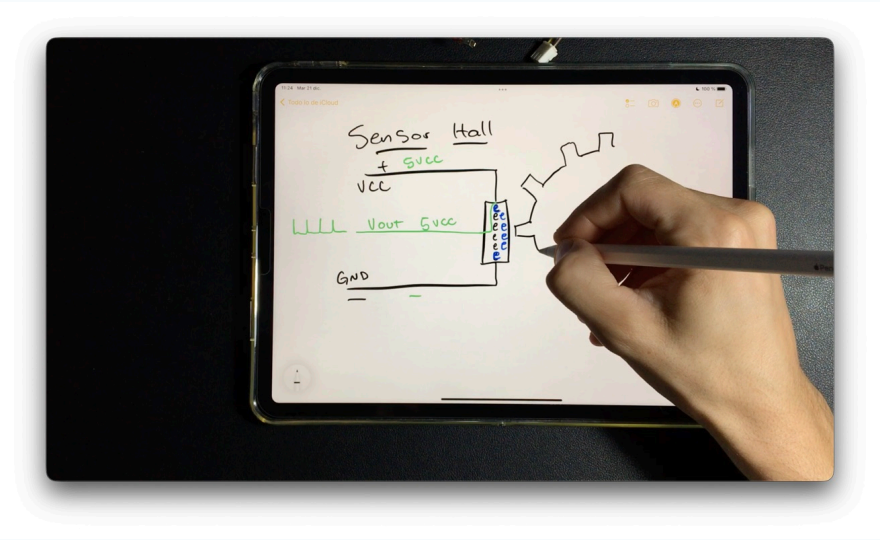

Figura 185. Sensor Hall: campo magnético y pulsos de salida en el esquema

Prueba de banco

La prueba de banco se realiza con una fuente limitada en corriente. Se alimenta el sensor y se observa la salida con osciloscopio, multímetro o un LED acompañado por su resistencia cuando el circuito lo permite. Al girar lentamente el rotor, la salida debe alternar entre niveles lógicos.

Muchos ventiladores producen varios pulsos por vuelta; en el ejemplo se consideran aproximadamente tres, pero la cantidad depende de polos e imanes. La frecuencia de los pulsos aumenta con las revoluciones. El microcontrolador convierte esa frecuencia en una estimación de velocidad.

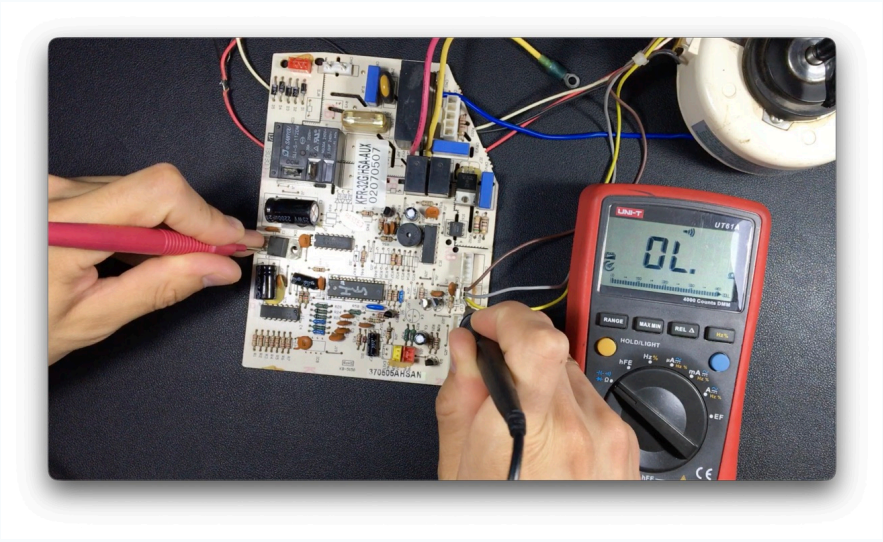

Figura 186. Identificación de la alimentación de 5 V del sensor Hall

Pulsos de velocidad

Si falta la realimentación, la placa puede interpretar que el ventilador está detenido. Algunas rutinas aplican primero máxima potencia y luego se protegen. Antes de sustituir el motor se revisan alimentación del sensor, cableado, conector, resistencia de pull-up y entrada del procesador.

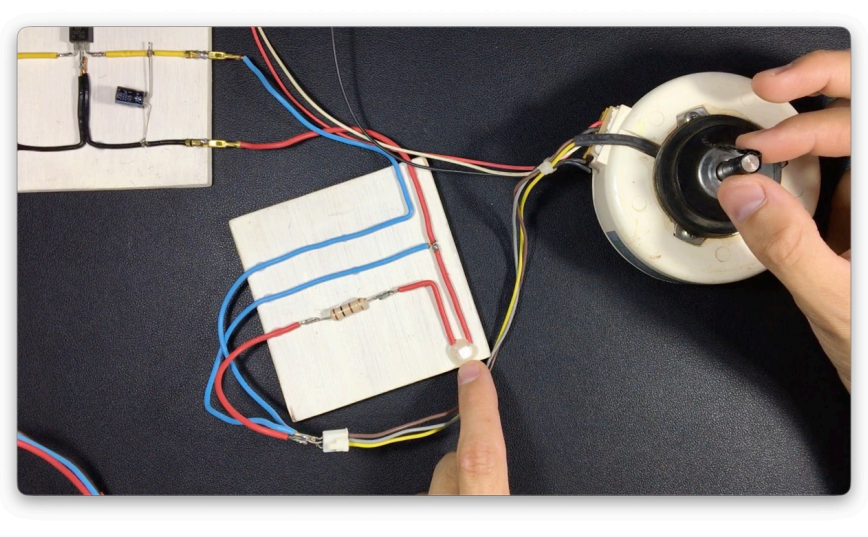

Figura 187. Prueba del sensor Hall: LED encendido al girar manualmente el ventilador

PUNTO TÉCNICO ICIA
En un sistema con realimentación, no basta con que exista tensión en el motor: la placa también espera una señal que confirme el giro.

ERROR COMÚN
Los colores de los cables Hall no son universales; aplicar 5 V por suposición puede destruir el sensor.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.50

3.50 Sensor Hall: medición con osciloscopio

El osciloscopio permite observar directamente los pulsos generados por el sensor Hall. A medida que el rotor gira, la señal cambia entre niveles definidos y forma una secuencia periódica relacionada con la velocidad. Esta prueba ayuda a diferenciar una señal débil o ausente de un problema en el circuito que la recibe. La sonda debe conectarse entre el punto de señal y la referencia correcta de la electrónica. Al variar la velocidad, la frecuencia de los pulsos debe modificarse de manera coherente con el giro del ventilador.

En este tema

Conexión del osciloscopio	Ajuste de la base de tiempo
Interpretación de amplitud	

Desarrollo técnico

Conexión del osciloscopio

La medición con osciloscopio se efectúa entre la salida Hall y la masa de control, manteniendo el ventilador conectado. En reposo puede observarse un nivel alto o bajo; al girar aparecen pulsos rectangulares. El valor alto suele aproximarse a 5 V, aunque en el ejemplo puede encontrarse entre 2,7 y 3 V por la electrónica de la placa.

Ajuste de la base de tiempo

La base de tiempo debe ajustarse a la velocidad. Si la pantalla muestra una banda compacta, se amplía el intervalo entre pulsos; si sólo aparece una transición, se reduce. El disparo estable permite medir frecuencia y ciclo útil sin confundir ruido con conmutación real.

Interpretación de amplitud

La presencia de pulsos confirma que el sensor y el recorrido básico de señal están activos. Una amplitud baja, bordes deformados o interrupciones pueden indicar mala alimentación, resistencia de polarización alterada, conector defectuoso o interferencia. La comparación con la velocidad ordenada completa el diagnóstico.

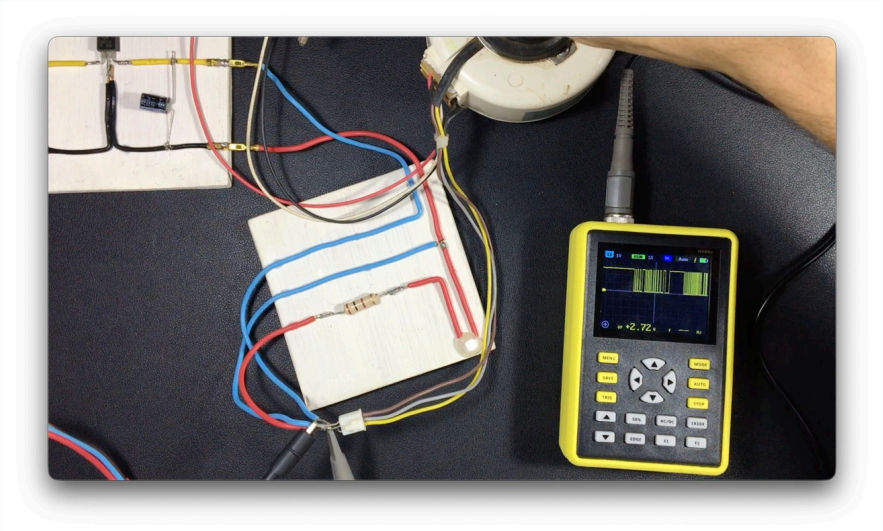

Figura 188. Pulso de salida del sensor Hall observado con osciloscopio

PUNTO TÉCNICO ICIA
La frecuencia de la señal Hall es una forma directa de confirmar que la realimentación cambia con la velocidad del motor.

ERROR COMÚN
Una amplitud Hall inferior a 5 V no prueba por sí sola una falla; debe compararse con la alimentación y el circuito de polarización.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.51

3.51 Ventilador inverter BLDC

Los ventiladores DC utilizados en equipos Inverter pueden incluir electrónica de potencia y control dentro del propio motor. La placa principal les entrega una alimentación de continua y señales de mando, mientras el ventilador devuelve información sobre su funcionamiento. Esta arquitectura cambia el diagnóstico: no debe aplicarse tensión indiscriminadamente a cables cuya función no se conoce. Es necesario identificar positivo, negativo, alimentación auxiliar, orden de velocidad y señal de retorno cuando existan. Una falla puede estar en la placa, en la electrónica interna del ventilador o en el cableado entre ambos.

En este tema

Arquitectura BLDC	Alimentaciones y señales
Pruebas estáticas	Comando y realimentación
Reparación o reemplazo	

Desarrollo técnico

Arquitectura BLDC

El ventilador BLDC integra dentro del motor la etapa electrónica que crea las tres fases. La placa principal no entrega U, V y W: suministra energía continua, una tensión auxiliar y señales de mando. Esta diferencia explica por qué el conector puede tener cinco o más conductores.



Figura 189. Placa interna del ventilador BLDC con módulo de potencia integrado

Alimentaciones y señales

Una configuración habitual incluye positivo y negativo del bus de alta tensión, alimentación auxiliar cercana a 15 V, señal de comando y señal de realimentación. Los colores y posiciones varían. La etiqueta, el diagrama y el seguimiento de la placa deben confirmar cada pin antes de conectar.

El bus puede estar alrededor de 310 V DC en equipos alimentados con 220 V y permanecer presente aunque el ventilador esté detenido. Los 15 V energizan la electrónica interna y la señal de comando define la velocidad o habilitación. La realimentación informa si el rotor respondió.



Figura 190. Etiqueta del ventilador BLDC

Pruebas estáticas

Dentro del motor existen seis transistores y un control semejante a un pequeño IPM. Con el equipo desconectado pueden compararse lecturas de diodo o resistencia desde los terminales de bus hacia las ramas internas, siempre que el pinout esté confirmado. Un cortocircuito franco orienta hacia la electrónica del motor.

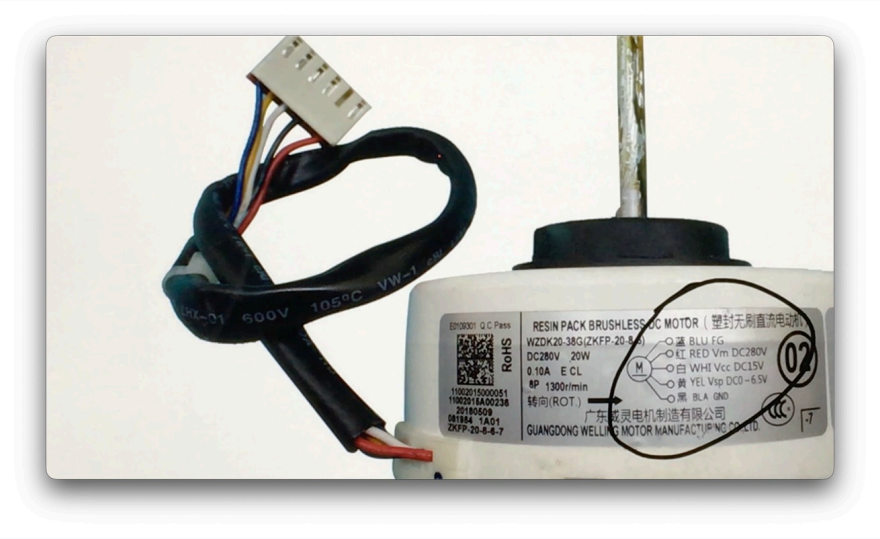

Figura 191. Etiqueta ampliada e identificación de los cinco cables

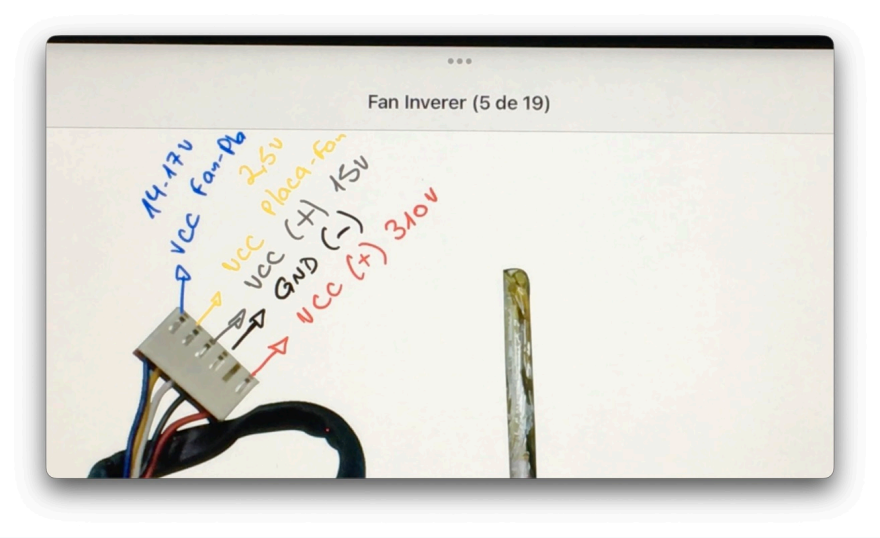

Figura 192. Conector de cinco cables y anotaciones de sus conexiones

Comando y realimentación

La orden puede ser una tensión analógica, PWM o un protocolo definido por el fabricante. Medir una señal sin conocer su naturaleza puede llevar a aplicarle una alimentación incorrecta. El osciloscopio permite observar amplitud, frecuencia y ciclo útil mientras se cambia la velocidad solicitada.

La salida de realimentación puede ser Hall o una señal procesada. Si el ventilador gira pero la placa no recibe pulsos, el equipo puede detenerlo. Si existe comando y alimentación pero no hay giro, se investiga la electrónica integrada, el rotor trabado y el estado de los devanados.

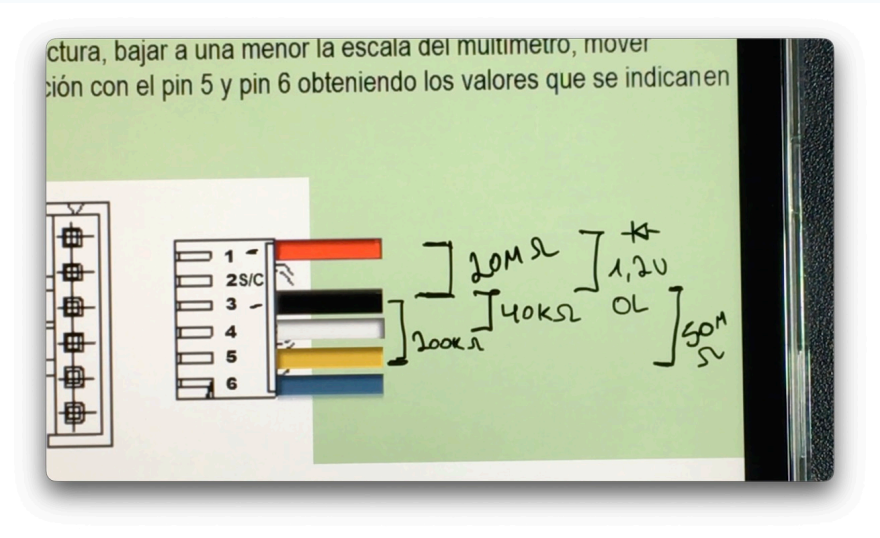

Figura 193. Resistencias de referencia y puntos de medición del ventilador BLDC

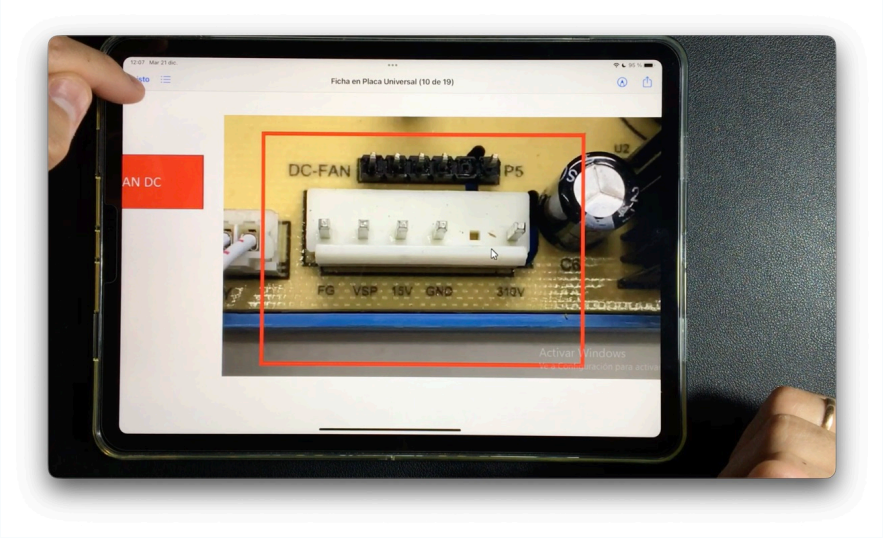

Figura 194. Conector para ventilador BLDC en una placa universal

Reparación o reemplazo

La reparación interna es posible en algunos modelos, pero el balance mecánico, el encapsulado y la seguridad limitan las intervenciones. Cuando no se dispone de datos o repuestos confiables, el reemplazo completo suele ofrecer mayor previsibilidad que una adaptación improvisada.

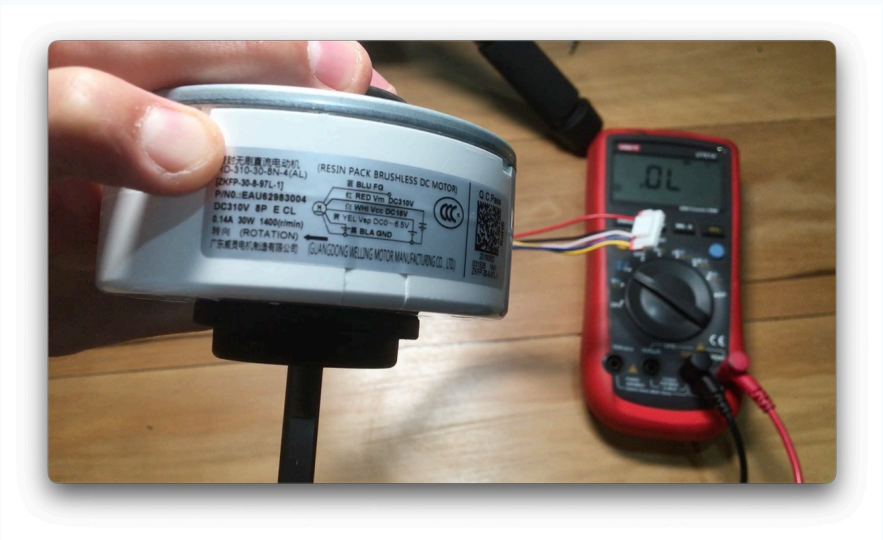

Figura 195. Ventilador BLDC: etiqueta y diagrama de conexiones



Figura 196. Medición del ventilador BLDC con multímetro

PUNTO TÉCNICO ICIA
La identificación de pines debe realizarse antes de efectuar puentes o inyecciones externas; una conexión incorrecta puede dañar la electrónica integrada.

ERROR COMÚN
El bus de alta tensión puede permanecer presente en el conector del ventilador aunque el motor esté detenido.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.52

3.52 Ventilador BLDC: criterios de reemplazo

La elección de un ventilador de reemplazo debe considerar tensión de trabajo, tipo de motor, cantidad y función de conductores, sentido de giro, dimensiones y compatibilidad con las señales de control. La coincidencia mecánica no garantiza compatibilidad eléctrica. En sistemas con realimentación, la placa puede rechazar un motor que gira correctamente si la señal de retorno no es la esperada. Por ello, el reemplazo debe reproducir tanto la alimentación como la interfaz de control del original. Cuando no se dispone del mismo modelo, la adaptación requiere conocer con precisión el pinout y el comportamiento de cada señal.

En este tema

Compatibilidad eléctrica	Compatibilidad mecánica
Verificación final	

Desarrollo técnico

Compatibilidad eléctrica

El reemplazo de un ventilador BLDC exige comparar tensión de bus, tensión auxiliar, potencia en watts, velocidad nominal, sentido de giro y dimensiones mecánicas. También se verifican diámetro y longitud del eje, posición de soportes y compatibilidad con la turbina o hélice.

Compatibilidad mecánica

El conector físico no garantiza compatibilidad. Dos motores pueden usar la misma ficha y distribuir de manera distinta el bus, los 15 V, comando y retorno. Antes de energizar se identifica cada pin y se adapta el cableado sólo con documentación segura.

Verificación final

La potencia del repuesto debe ser suficiente sin superar las capacidades de la placa. Una velocidad o sentido incorrectos reduce el caudal y altera presiones y temperaturas. Después del reemplazo se verifica arranque, regulación, realimentación, ruido, vibración y consumo.

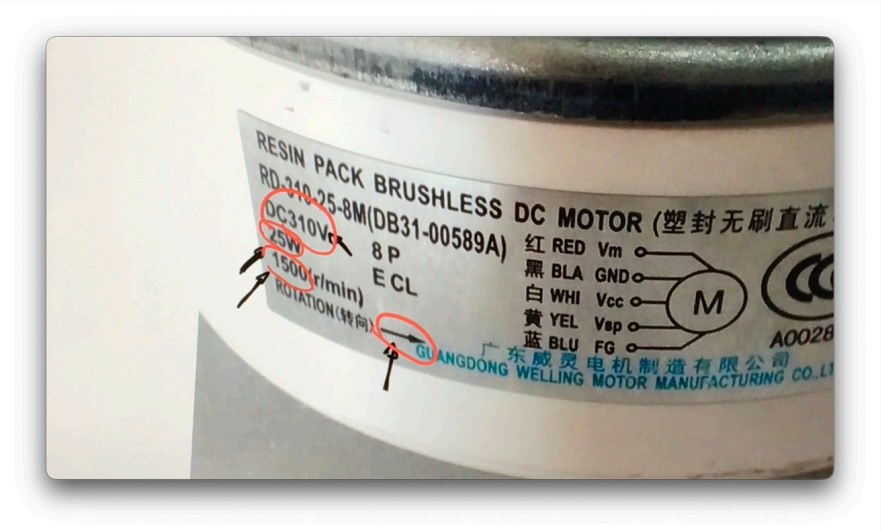

Figura 197. Datos para el reemplazo: tensión, potencia, RPM y sentido de giro

PUNTO TÉCNICO ICIA
Un ventilador compatible debe serlo mecánica y eléctricamente; la señal de retorno es tan importante como la tensión de alimentación.

ERROR COMÚN
Que el conector encaje no significa que el pinout sea compatible.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.53

3.53 Ventilador BLDC: circuito en tarjeta

Un conector de ventilador DC puede disponer de varias líneas funcionales. Entre ellas pueden encontrarse la alimentación principal de alta tensión continua, una alimentación auxiliar de bajo voltaje, la orden enviada desde la placa y la señal de respuesta del ventilador. El diagnóstico se realiza midiendo cada función respecto de su referencia, primero con el equipo apagado cuando corresponda y luego durante una orden de ventilación. Si la alimentación principal y auxiliar existen, pero la orden no aparece, se investiga la placa. Si la orden está presente y no hay respuesta, el ventilador o su realimentación se convierten en sospechosos principales.

En este tema

Conector y bus DC	Rama de 15 V
Optoacopladores	Diagnóstico por estados

Desarrollo técnico

Conector y bus DC

En la placa principal, el conector del ventilador conduce varias funciones diferentes. En el ejemplo LG se utiliza una ficha de siete posiciones, algunas sin uso. Las pistas más anchas suelen corresponder al bus y las delgadas al mando y la realimentación, pero esta observación debe confirmarse eléctricamente.

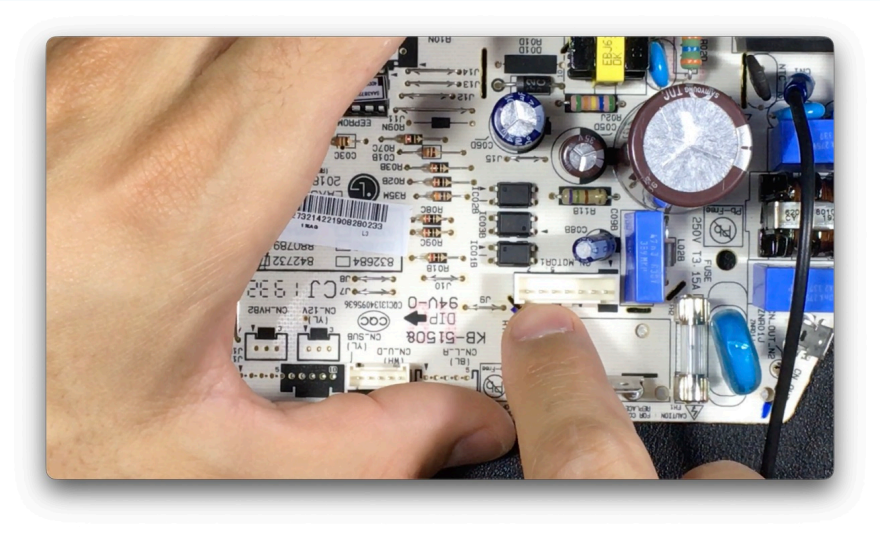

Figura 198. Placa LG interior: conector del ventilador

Rama de 15 V

El positivo y el negativo provienen del capacitor principal de alta tensión. La rama de 15 V se origina en la fuente conmutada y posee filtrado propio. Si falta cualquiera de estas alimentaciones, el motor no puede trabajar aunque la señal de comando sea correcta.

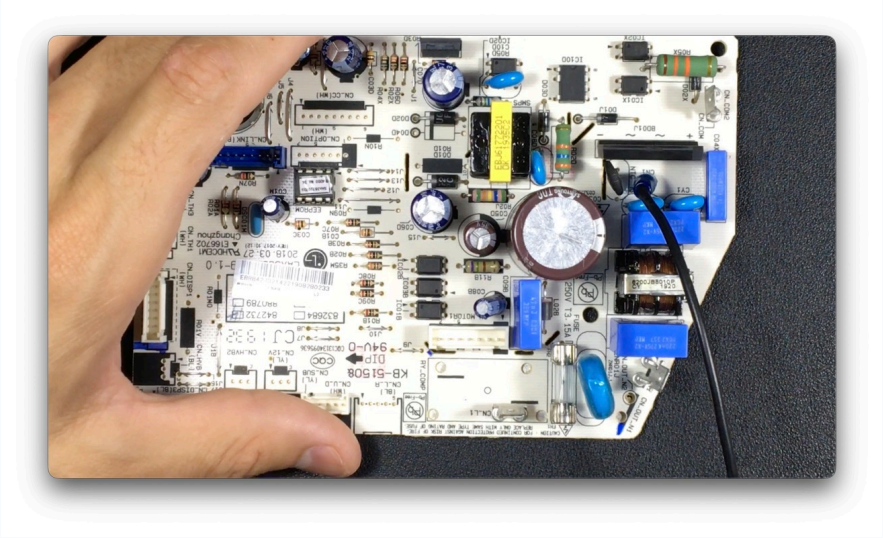

Figura 199. Vista general del conector y el capacitor en la placa LG

Optoacopladores

El mando y la respuesta pueden atravesar optoacopladores para separar referencias. Se revisan resistencias limitadoras, pull-up, capacitores y continuidad de las vías. Un opto abierto puede impedir el arranque; uno en cortocircuito puede mantener una orden fija o bloquear la información de retorno.

La prueba debe registrar qué señales existen con el ventilador detenido, durante el arranque y a diferentes velocidades. Comparar sólo una tensión en reposo puede ocultar una caída de 15 V o un comando que aparece durante unos segundos.

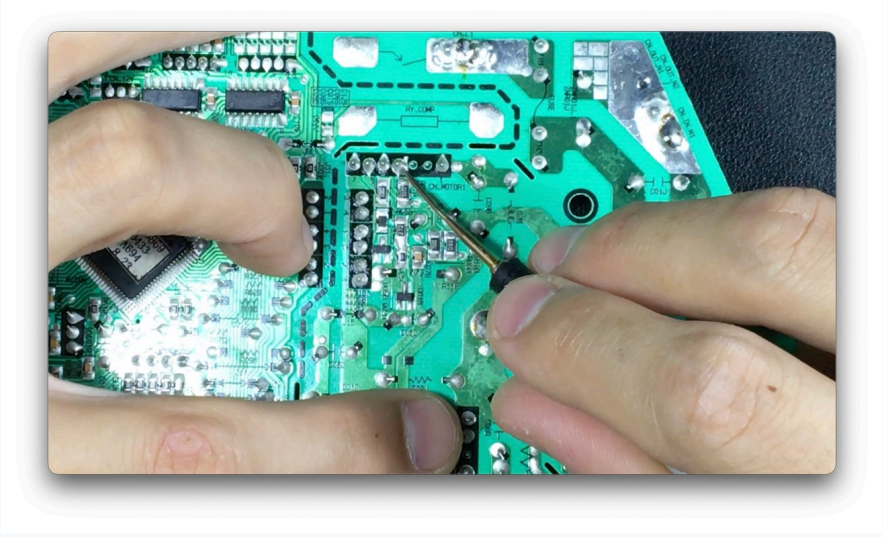

Figura 200. Seguimiento de conexiones del ventilador por el lado de soldaduras

Diagnóstico por estados

El código de falla no identifica necesariamente el componente exacto. Puede originarse en el motor, la alimentación, el enlace de mando, la realimentación o el microcontrolador. El seguimiento por bloques permite decidir si la avería está en la placa o dentro del ventilador.

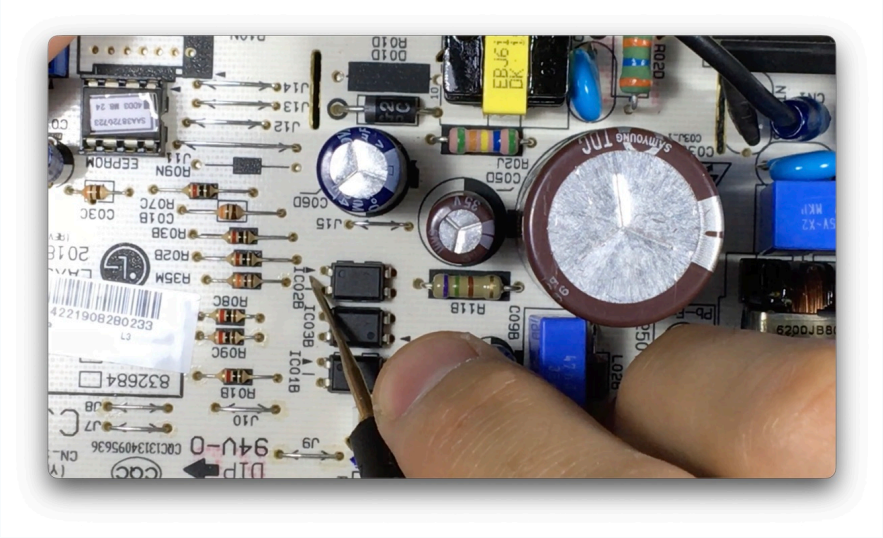

Figura 201. Optoacoplador de la señal de control de velocidad

PUNTO TÉCNICO ICIA
La secuencia correcta es comprobar alimentación -> orden -> respuesta. Ese orden evita culpar al ventilador cuando la placa nunca le pidió que arrancara.

ERROR COMÚN
Condenar el motor sin comprobar bus, 15 V, comando y realimentación puede llevar a un reemplazo innecesario.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.54

3.54 Ventilador inverter U-V-W

Otro tipo de ventilador utiliza tres conductores de potencia U, V y W y recibe una alimentación trifásica generada electrónicamente, de forma comparable al principio utilizado para el compresor Inverter. La etapa de potencia puede estar en la placa principal o asociada al sistema de ventilación. La medición de resistencia entre fases permite realizar una primera evaluación del motor. Durante el funcionamiento, la presencia de señales equilibradas en las tres salidas es un dato importante. Debido a que se trata de conmutación electrónica, la interpretación con osciloscopio resulta más informativa que una lectura simple de tensión.

En este tema

Motor trifásico externo	Medición de devanados
IPM del ventilador	Detección de posición

Desarrollo técnico

Motor trifásico externo

El ventilador U-V-W posee únicamente los devanados trifásicos dentro del motor; su IPM y control están en la placa principal. Los tres cables de potencia se conectan a una etapa semejante a la del compresor, aunque dimensionada para menor corriente.

Medición de devanados

Con la placa desconectada se mide la resistencia entre U-V, V-W y W-U. Las tres lecturas deben ser semejantes. En el ejemplo aparece alrededor de 97,1 ohmios, pero el valor depende del motor. Lo importante es el equilibrio y la ausencia de continuidad hacia la carcasa.



Figura 202. Ventilador Carrier U-V-W: etiqueta e IPM en la placa exterior

IPM del ventilador

En la placa se localiza un segundo grupo de seis interruptores o un pequeño módulo junto a su disipador. También aparecen capacitores de 15 V y componentes de driver. La prueba estática compara los diodos de las tres ramas como en el IPM del compresor.

Algunos controles estiman la posición del rotor mediante fuerza contraelectromotriz en la fase libre. En ese caso no se necesitan cables Hall. Durante el arranque, cuando todavía no existe suficiente tensión inducida, el controlador aplica una secuencia inicial y después pasa a control realimentado.

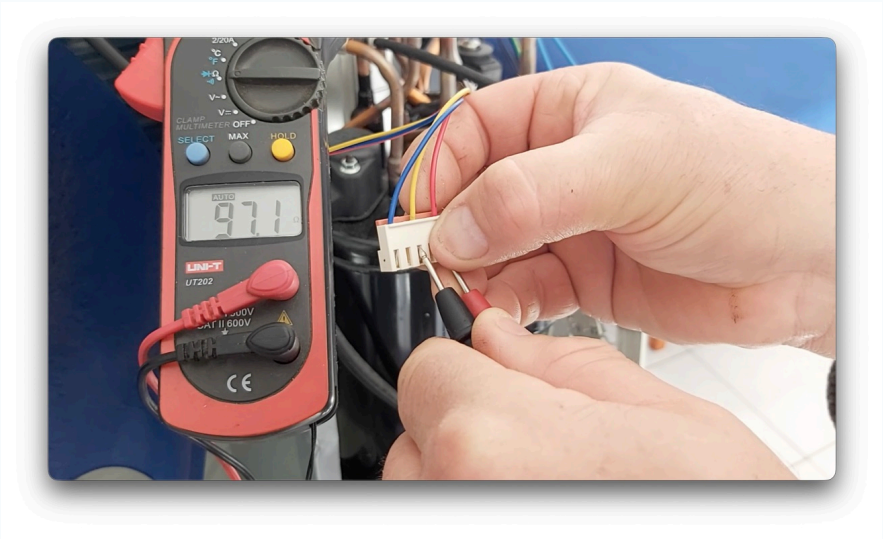

Figura 203. Medición entre fases del ventilador Carrier: lectura de 97,1 Ω en el ejemplo

Detección de posición

No puede conectarse este motor directamente a una placa universal que sólo entrega corriente alterna. Para adaptar sería necesario reemplazar también la electrónica de control por un driver trifásico compatible. Una conexión incorrecta puede destruir motor y placa.



Figura 204. Placa Carrier: IPM del ventilador y conexiones con el microprocesador

PUNTO TÉCNICO ICIA
Las tres fases deben mostrar un comportamiento comparable. Una rama claramente diferente puede orientar hacia motor, cableado o etapa de potencia.

ERROR COMÚN
Un ventilador U-V-W no puede conectarse directamente a una salida de corriente alterna convencional.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.55

3.55 Ventilador U-V-W con sensores Hall

Algunos ventiladores trifásicos agregan conductores destinados a un sensor Hall o a otras señales de realimentación. De esta manera, la placa no sólo genera U-V-W, sino que recibe confirmación de giro y velocidad. El diagnóstico combina entonces dos análisis: el circuito de potencia y el circuito de información. Un motor puede tener bobinados correctos y recibir señal de potencia, pero aun así generar error si la placa no detecta la realimentación. Identificar los tres cables de fase y los conductores auxiliares evita confundir ambas funciones durante la medición.

En este tema

Seis conductores	Medición de fases
Comprobación Hall	

Desarrollo técnico

Seis conductores

Algunos ventiladores U-V-W añaden tres conductores para sensores Hall. Los cables de potencia alimentan los devanados y los de señal aportan alimentación, masa y pulsos de posición. Esta configuración permite al controlador conocer el rotor incluso a muy baja velocidad.

Medición de fases

Las tres resistencias de fase se comprueban como en el motor anterior. Después se identifica el grupo Hall por seguimiento del conector, sin confiar sólo en colores. La alimentación se verifica con la placa y los pulsos se observan mientras se gira el rotor.

Comprobación Hall

La ausencia de pulsos puede impedir el arranque aunque los devanados y el IPM estén sanos. También puede faltar una sola transición por daño de un sensor. El diagnóstico compara las señales, el cableado y la alimentación antes de reemplazar el conjunto.

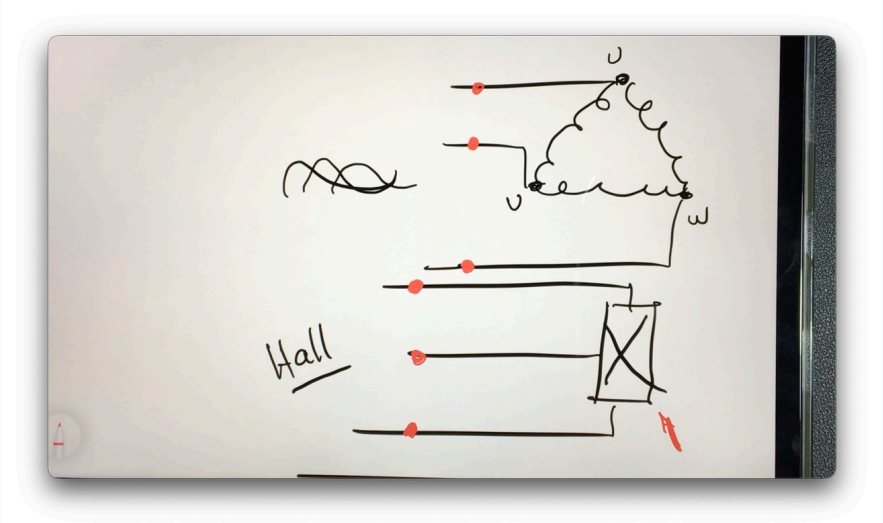

Figura 205. Ventilador de seis cables: fases U-V-W y conexiones del sensor Hall

PUNTO TÉCNICO ICIA
Cuando hay seis o más conductores, debe separarse el grupo de potencia del grupo de sensores antes de comenzar las pruebas.

ERROR COMÚN
Medir sólo los devanados no descarta una falla en los sensores Hall o en su alimentación.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.56

3.56 Válvula de expansión electrónica

La válvula de expansión electrónica regula el paso de refrigerante mediante un motor accionado por impulsos eléctricos. A diferencia de un dispositivo de expansión fijo, su apertura puede modificarse continuamente según las decisiones del control electrónico. La placa activa bobinas en una secuencia determinada para desplazar el mecanismo por pasos. Por eso, la comprobación incluye medir la continuidad y comparar resistencias entre las bobinas, además de verificar el cableado y la orden de la placa. El número de conductores y la disposición del conector dependen del diseño, pero el principio general es el de un motor paso a paso que posiciona la aguja de la válvula.

En este tema

Motor paso a paso	Bobinas y cableado
Diagnóstico mecánico	Prueba del driver
Reemplazo y soldadura	Puesta en servicio

Desarrollo técnico

Motor paso a paso

La válvula de expansión electrónica regula el caudal de refrigerante mediante un motor paso a paso. A diferencia de una electroválvula simple, no trabaja sólo abierta o cerrada: el controlador avanza o retrocede el eje en pequeños pasos para ajustar la sección de paso según temperaturas, presiones y demanda.

El actuador posee varias bobinas energizadas en una secuencia. En una versión de seis cables pueden existir dos comunes y cuatro extremos de bobina. La distribución exacta se verifica con el diagrama y con mediciones de resistencia. Las combinaciones correspondientes deben presentar valores semejantes; una bobina abierta altera el movimiento.

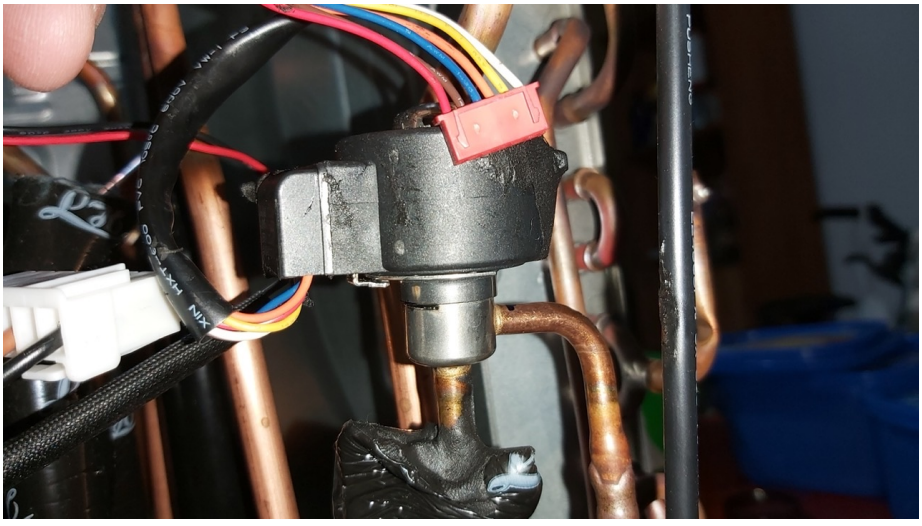

Figura 206. Válvula de expansión electrónica instalada en el equipo

Bobinas y cableado

El cabezal eléctrico puede retirarse del cuerpo de la válvula en muchos modelos. Separarlo permite comprobar si el motor produce pasos sin calentar el circuito frigorífico. Sin embargo, el movimiento del actuador no demuestra que la aguja interna se desplace libremente dentro del cuerpo.

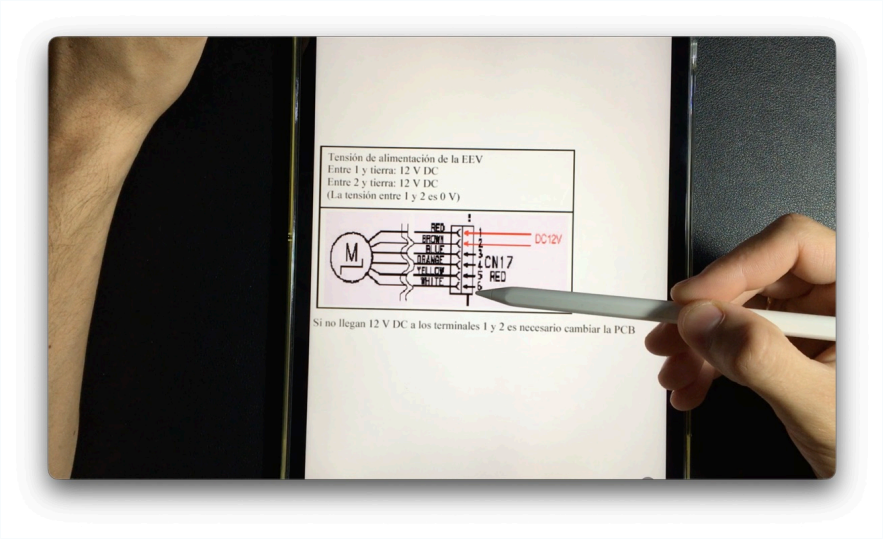

Figura 207. Motor paso a paso de 12 V e identificación de sus seis cables

Diagnóstico mecánico

Una válvula trabada puede no generar un código específico. El equipo puede interpretar temperaturas y presiones anormales como falta de refrigerante, restricción o protección del compresor. El diagnóstico combina resistencia de bobinas, secuencia de mando, respuesta mecánica, presión, temperatura y sobrecalentamiento.

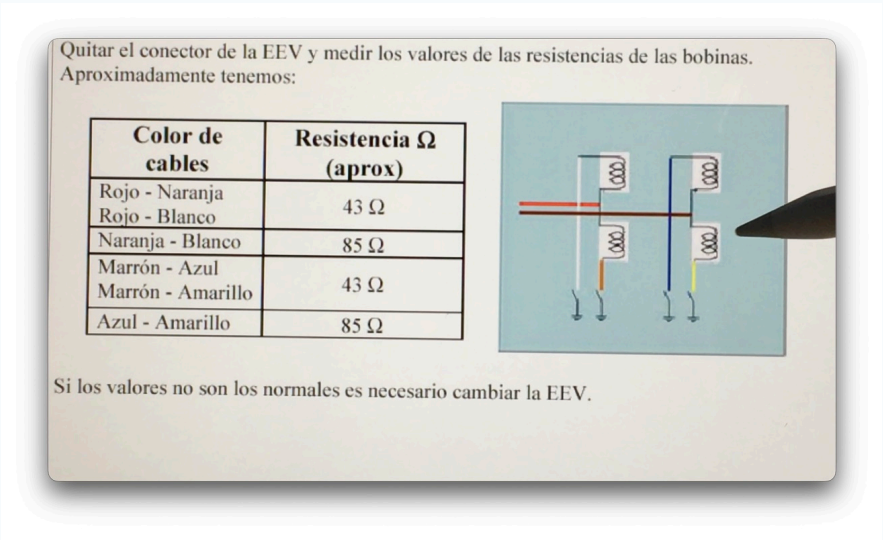

Figura 208. Valores de resistencia de los cuatro bobinados

Prueba del driver

Para comprobar la orden de la placa se observan los pulsos en cada bobina durante apertura y cierre. Un probador o placa universal compatible también puede accionar el motor paso a paso. Si las bobinas responden al probador pero no al equipo, se revisan driver, cableado y alimentación de la placa.

Antes de reemplazar debe verificarse suciedad, humedad o partículas que puedan inmovilizar la aguja. La reparación del sistema frigorífico exige limpieza, vacío correcto y control de contaminación. Instalar una válvula nueva sin eliminar residuos puede repetir la falla.

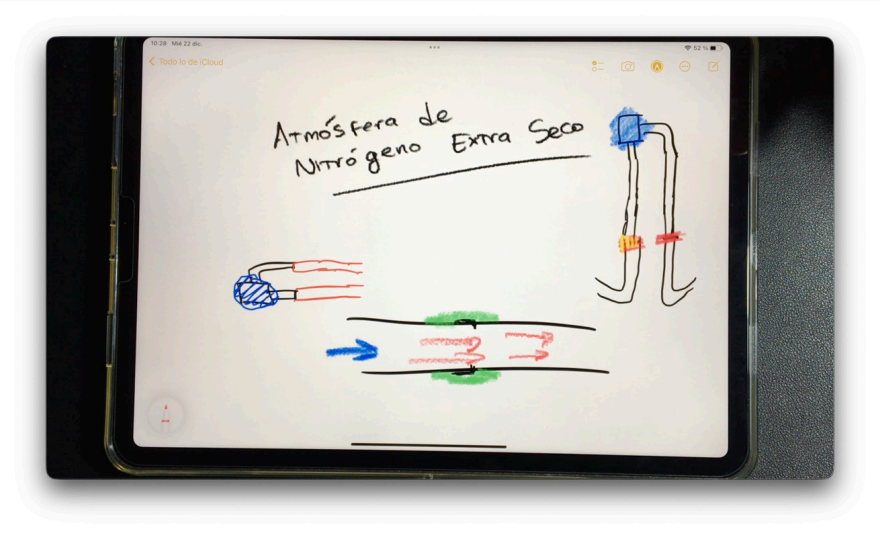

Figura 209. Protección térmica y nitrógeno seco durante la soldadura

Reemplazo y soldadura

La válvula se encuentra muy cerca de las uniones a soldar y es sensible al calor. Se retira el cabezal cuando el fabricante lo permite, se protege el cuerpo con paños húmedos o disipadores térmicos y se trabaja el menor tiempo posible. El exceso de temperatura puede deformar sellos o alterar el mecanismo.

Durante la soldadura se hace circular nitrógeno seco a bajo caudal para reducir la formación de óxido en el interior de la tubería. Las escamas internas pueden desplazarse hasta la válvula y obstruirla. El nitrógeno no reemplaza la ventilación ni las normas de seguridad del trabajo con gases y llama.

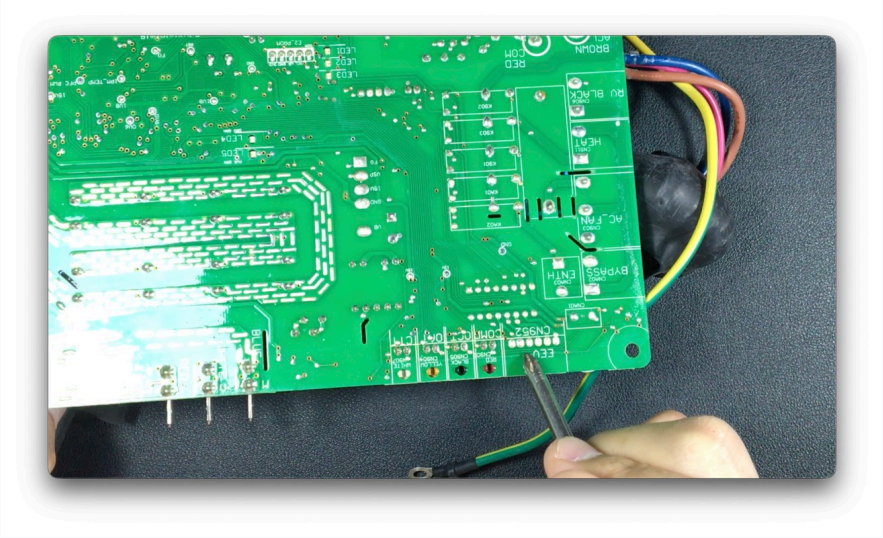

Figura 210. Conector de la válvula en la placa Good Weather

Puesta en servicio

Después del montaje se comprueba estanqueidad, se realiza vacío y se verifica el recorrido de la válvula desde una posición de referencia. Algunos controles cierran completamente al iniciar para contar pasos y luego abren una cantidad calculada. Un montaje invertido o un actuador incompatible modifica la regulación.

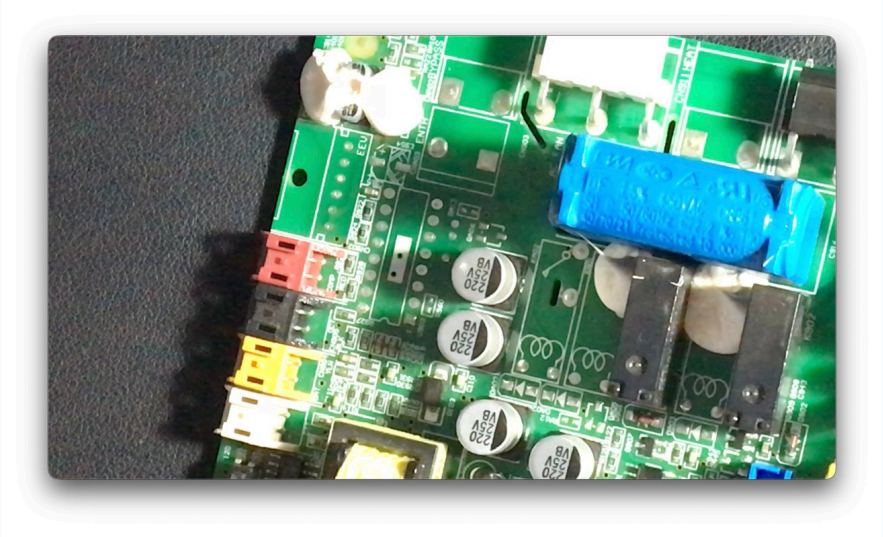

Figura 211. Cara opuesta de la placa: ubicación del circuito de control

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una válvula que no responde puede deberse a bobinas abiertas, mecanismo trabado, cableado defectuoso o ausencia de secuencia desde la placa.

ERROR COMÚN
Soldar la válvula sin retirar o proteger el cabezal y sin nitrógeno puede dañar el mecanismo y generar óxido interno.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.57

3.57 Sensores de temperatura: funcionamiento

Los equipos Inverter utilizan sensores de temperatura de tipo NTC en diferentes puntos del sistema. Su resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura, y la placa interpreta ese cambio para conocer las condiciones del equipo. La comprobación básica consiste en medir resistencia con el sensor desconectado y observar si el valor cambia de manera progresiva al modificar su temperatura. Un sensor abierto, en cortocircuito o con comportamiento errático puede producir códigos de error o decisiones de control incorrectas. El valor nominal debe interpretarse en relación con la temperatura a la que se realiza la medición.

En este tema

Comportamiento NTC	Valor nominal
Prueba térmica	NTC y PTC
Criterios de reemplazo	

Desarrollo técnico

Comportamiento NTC

Los sensores de temperatura utilizados en aire acondicionado suelen ser termistores NTC. Su resistencia disminuye cuando la temperatura aumenta. El microcontrolador no mide grados directamente: observa una tensión producida por la resistencia del sensor y la convierte mediante una tabla o curva almacenada.

Valor nominal

El valor nominal se especifica a una temperatura de referencia, normalmente 25 °C. Un sensor de 10 kΩ debe aproximarse a 10.000 ohmios en esas condiciones. La letra k representa mil ohmios. La tolerancia, la temperatura real y el calentamiento de las manos explican pequeñas diferencias.

Prueba térmica

Para comprobarlo se mide resistencia y temperatura al mismo tiempo, y se compara con la tabla del fabricante. Al calentar suavemente un NTC, la resistencia debe descender de forma continua; al enfriarlo debe aumentar. Saltos, interrupciones o valores muy alejados indican daño o mala conexión.

NTC y PTC

Un PTC se comporta de manera opuesta: aumenta su resistencia con la temperatura. Puede utilizarse como protección o elemento de arranque en otros equipos. Confundir NTC y PTC lleva a interpretar al revés la respuesta del sensor y a instalar un repuesto incompatible.



Figura 212. Medición de resistencia del sensor con multímetro

Criterios de reemplazo

Dos sensores con igual resistencia a 25 °C pueden tener curvas diferentes. Por eso el reemplazo no se decide sólo por el valor nominal. También se comparan coeficiente beta, tolerancia, encapsulado, rango térmico y función dentro del equipo.

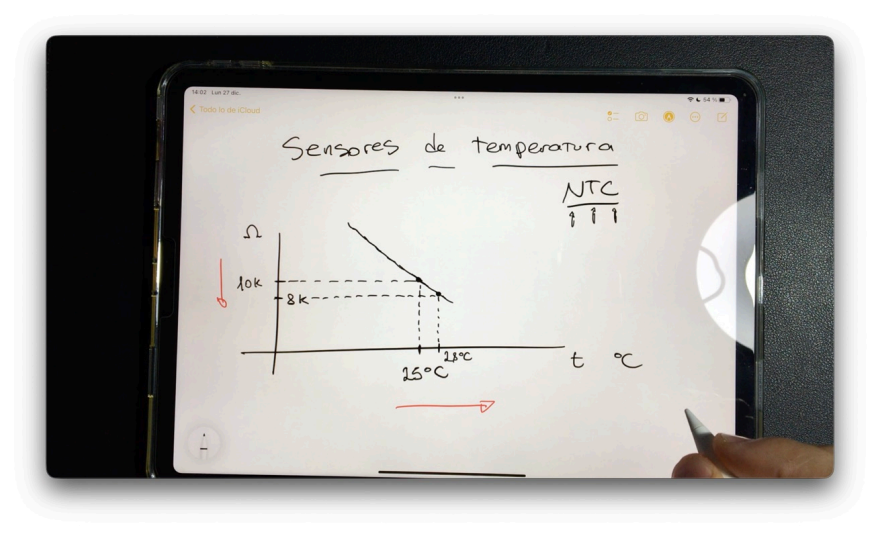

Figura 213. Curva NTC: relación entre resistencia y temperatura

PUNTO TÉCNICO ICIA
La resistencia de un NTC carece de significado si no se considera la temperatura del sensor durante la prueba.

ERROR COMÚN
Reemplazar un NTC sólo por coincidir en ohmios a 25 °C ignora que las curvas beta pueden ser diferentes.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.58

3.58 Sensores NTC exclusivos en inverter

El control Inverter supervisa varias temperaturas, entre ellas ambiente interior, intercambiadores, ambiente exterior y zonas relacionadas con el compresor o la descarga. La cantidad exacta depende del modelo, pero la finalidad es proporcionar al microprocesador información para regular compresor, ventiladores y válvula de expansión. Los sensores pueden tener valores nominales diferentes incluso dentro del mismo equipo. Por esa razón, no conviene intercambiarlos únicamente porque compartan forma o conector. La identificación debe realizarse por ubicación, referencia y comportamiento eléctrico. Un sensor incorrecto puede entregar una lectura plausible pero desviar completamente la estrategia de control.

En este tema

Sensores interiores	Sensores exteriores
Sensor de descarga	Diagnóstico por coherencia

Desarrollo técnico

Sensores interiores

Un equipo convencional suele utilizar sensores de ambiente y serpentín. El inverter necesita más información para modular compresor, ventiladores y válvula electrónica. Es habitual encontrar sensores de ambiente interior, caño interior, ambiente exterior, serpentín exterior y descarga del compresor.

El sensor de ambiente interior permite calcular la diferencia respecto de la consigna. El sensor de caño interior evita congelamiento en frío y controla temperaturas en calefacción. Sus lecturas influyen en la velocidad del ventilador y en la capacidad solicitada al compresor.

Sensores exteriores

En la unidad exterior, el sensor de ambiente ayuda a adaptar límites de funcionamiento. El sensor del intercambiador participa en deshielo, protección y control de condensación. Una lectura falsa puede reducir capacidad o detener el equipo sin que exista una avería frigorífica real.

Sensor de descarga

El sensor de descarga trabaja a temperaturas más altas y puede tener un valor nominal diferente, por ejemplo 200 kΩ en ciertos modelos. Ese número no es universal. Su encapsulado y curva están diseñados para un rango que un sensor de ambiente común puede no soportar.

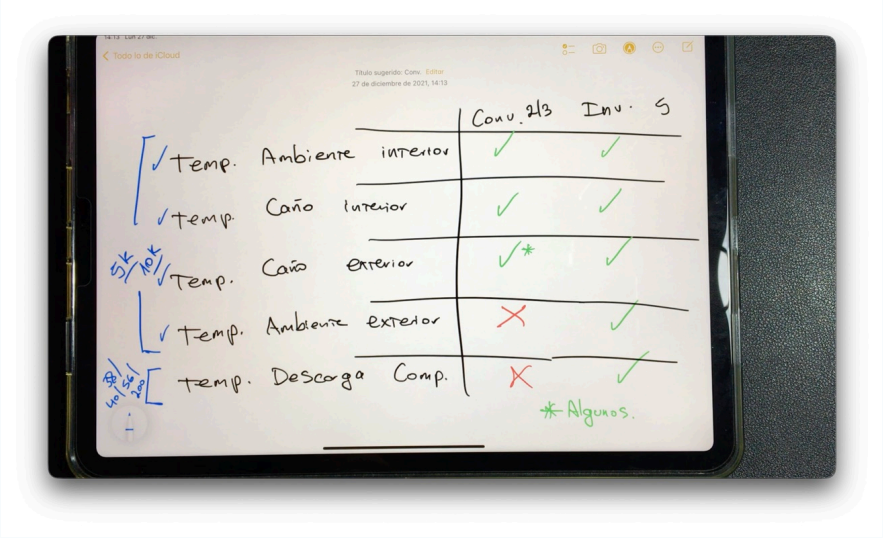

Figura 214. Comparación de sensores en equipos convencionales e Inverter

Diagnóstico por coherencia

Cuando aparece un código de sensor se comprueban el termistor, el cableado y el circuito de placa. Cuando no hay código pero el funcionamiento es extraño, se compara la temperatura interpretada por el equipo con una medición independiente. Un sensor desviado puede permanecer dentro del rango eléctrico y engañar al control.

El diagnóstico debe considerar el lugar de montaje. Un sensor mal sujeto al caño, aislado incorrectamente o expuesto al flujo de aire puede medir una temperatura distinta a la prevista aunque su resistencia sea correcta.



Figura 215. Sensor de descarga y su fijación metálica a la tubería

PUNTO TÉCNICO ICIA
Dos NTC físicamente iguales pueden tener curvas diferentes; la compatibilidad debe comprobarse eléctricamente, no sólo visualmente.

ERROR COMÚN
El sensor de descarga no debe sustituirse por uno de ambiente: su rango y su curva pueden ser completamente distintos.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.59

3.59 Sensores NTC: circuito básico

La placa no mide directamente la resistencia del NTC. Habitualmente lo integra en un divisor de tensión junto con una resistencia fija. Al cambiar la resistencia del sensor, cambia el voltaje del punto que llega al microcontrolador. Este principio permite diagnosticar tanto el sensor como el circuito de lectura. Si el NTC tiene una resistencia coherente pero la tensión en la entrada de la placa no corresponde, deben revisarse la resistencia asociada, pistas, conectores y alimentación del divisor. Comprender esta conversión resistencia-tensión evita atribuir todas las fallas de temperatura al sensor externo.

En este tema

Divisor resistivo	Sentido de la tensión
Filtrado	Fallas abiertas y desviaciones

Desarrollo técnico

Divisor resistivo

La placa convierte la resistencia del NTC en tensión mediante un divisor. El sensor se conecta en serie con una resistencia de precisión entre una alimentación, a menudo 5 V, y masa. El punto intermedio llega a una entrada analógica del microcontrolador.

Sentido de la tensión

Si el NTC está colocado hacia masa, al calentarse disminuye su resistencia y también puede disminuir la tensión del punto medio. Si está colocado hacia la alimentación, la relación se invierte. Por eso la tendencia debe deducirse del esquema y no memorizarse sin contexto.

Filtrado

Una resistencia fija alterada cambia la temperatura calculada aun cuando el sensor esté sano. Un capacitor pequeño suele filtrar ruido y estabilizar la lectura; si queda en cortocircuito puede llevar la entrada a cero, y si presenta fuga puede desplazar el valor.

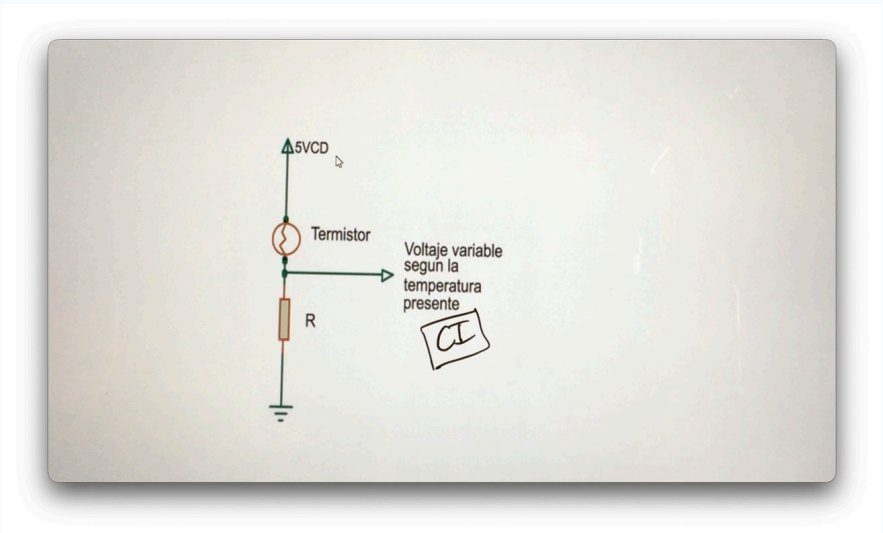

Figura 216. Diagrama básico del circuito de un sensor NTC

Fallas abiertas y desviaciones

Las fallas abiertas y los cortocircuitos llevan la entrada cerca de uno de los extremos de alimentación y suelen generar un código. Las desviaciones intermedias son más difíciles: producen una tensión plausible, pero representan una temperatura equivocada. La comparación con tabla y tensión esperada permite descubrirlas.

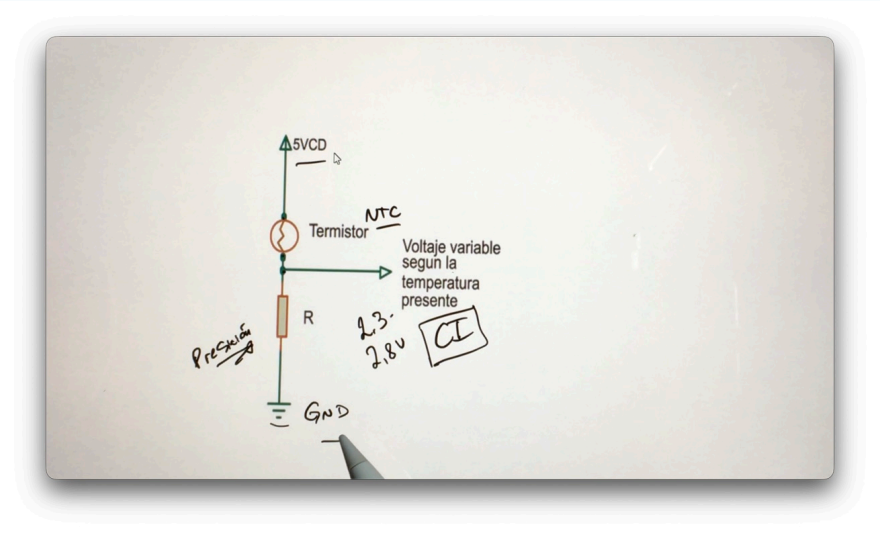

Figura 217. Masa y señal variable en el circuito NTC

PUNTO TÉCNICO ICIA
La prueba completa de un sensor incluye dos niveles: resistencia del NTC y tensión que el circuito entrega al microprocesador.

ERROR COMÚN
Una tensión intermedia plausible no garantiza una temperatura correcta si la resistencia de precisión se ha desviado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.60

3.60 Sensores NTC: circuito en tarjeta

Desde el conector del sensor es posible seguir las pistas hacia resistencias, filtros y la entrada del circuito de control. Esta práctica permite identificar daños en soldaduras, componentes abiertos o interrupciones que impiden que la información llegue al microprocesador. El seguimiento se realiza con la placa desenergizada para continuidad y con tensión cuando se necesita verificar el divisor. Los puntos de masa o referencia deben localizarse correctamente. Una señal fija cercana a los límites de alimentación puede indicar sensor abierto, cortocircuitado o problema en el circuito de acondicionamiento, según la topología utilizada.

En este tema

Seguimiento desde el conector	Medición sin tensión
Medición energizada	Temperatura interpretada

Desarrollo técnico

Seguimiento desde el conector

El seguimiento comienza en el conector del sensor. Una pista conduce hacia la resistencia de precisión, otra hacia masa o alimentación y un capacitor une el nodo a la referencia correspondiente. Desde el punto medio se sigue una pista delgada hasta el microcontrolador.

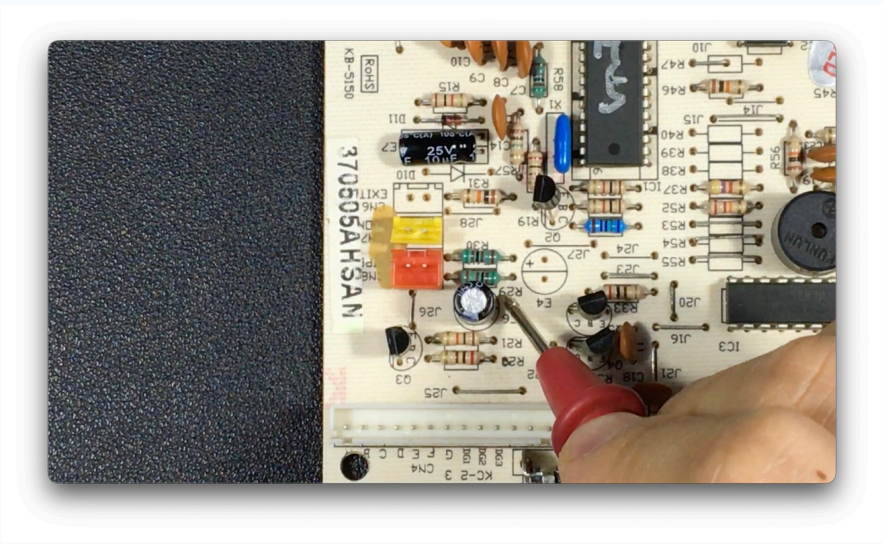

Figura 218. Resistencias de precisión, capacitor y conector del sensor

Medición sin tensión

Con el equipo desconectado se comprueba continuidad, soldaduras, vías y valores de los componentes. La corrosión o una pista interrumpida puede simular un sensor abierto. En placas de doble cara, una vía deteriorada puede ocultarse bajo el conector o el barniz.

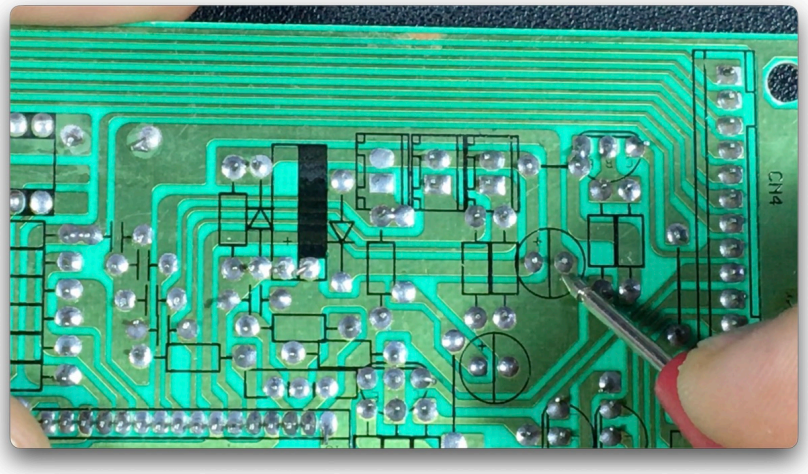

Figura 219. Circuito del sensor por el lado de las soldaduras

Medición energizada

Con el sensor desconectado, la tensión del nodo suele acercarse a un extremo, por ejemplo 5 V. Al conectar un NTC a temperatura ambiente aparece un valor intermedio. Un nodo fijo en 0 V o en la alimentación orienta hacia corto, circuito abierto o componente asociado.

Una desviación moderada puede no generar alarma. Si la placa interpreta que el ambiente ya alcanzó la consigna, puede impedir el arranque del compresor. También puede ejecutar deshielo o protección antes de tiempo. Leer la temperatura reportada en modo de servicio ayuda a relacionar el síntoma con la entrada analógica.

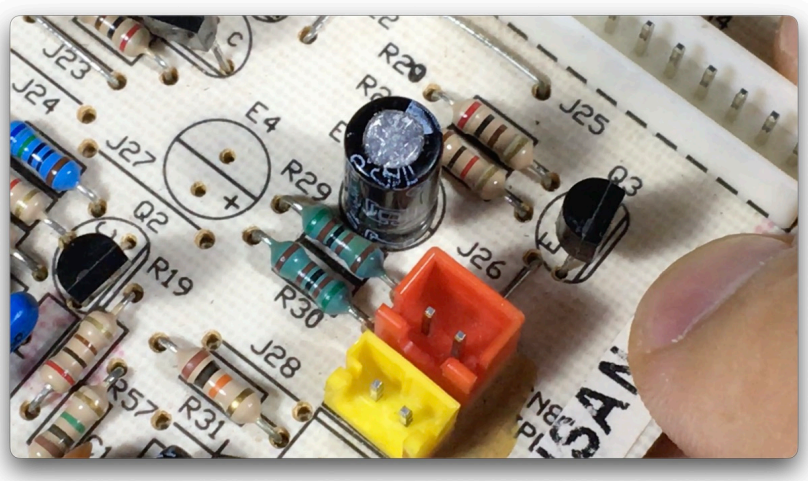

Figura 220. Detalle de la resistencia de precisión

Temperatura interpretada

No se debe reemplazar el microcontrolador antes de comprobar la red externa. Resistencias de precisión, capacitores, conectores y vías son más accesibles y pueden explicar la mayoría de los desvíos. La sustitución de componentes exige conservar valor, tolerancia y estabilidad térmica.

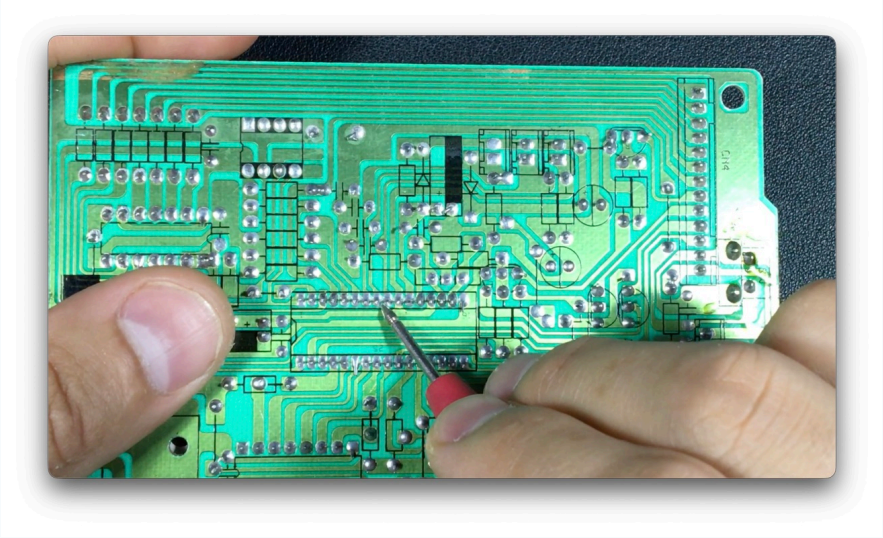

Figura 221. Recorrido del circuito del sensor hasta el microprocesador

PUNTO TÉCNICO ICIA
No debe reemplazarse un NTC sin comprobar que su señal realmente llega a la placa y que el divisor recibe alimentación.

ERROR COMÚN
Cambiar el microcontrolador antes de revisar divisor, capacitor, conector y vías suele atacar el bloque menos probable.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.61

3.61 Sensores NTC: seguimiento en placa inverter

temperatura Además del NTC, la entrada de temperatura puede incluir resistencias, capacitores y componentes de protección o filtrado. Estos elementos estabilizan la señal y la adaptan a la entrada del microcontrolador. Cuando un código de sensor persiste después de comprobar o sustituir el NTC, la investigación debe continuar dentro de la placa. El valor de las resistencias asociadas, la continuidad de pistas y la presencia de tensión de referencia permiten determinar si el error se origina en el circuito de lectura. El análisis por etapas evita reemplazar repetidamente sensores que están en buen estado.

En este tema

Componentes SMD	Vías y doble cara
Comparación de canales	Diferencias entre placas

Desarrollo técnico

Componentes SMD

En placas inverter, los componentes del sensor pueden ser SMD de tamaño muy reducido. La lupa o el microscopio permiten leer códigos, detectar fisuras y seguir pistas que cambian de cara. La continuidad se mide con puntas finas para no puentear terminales cercanos.

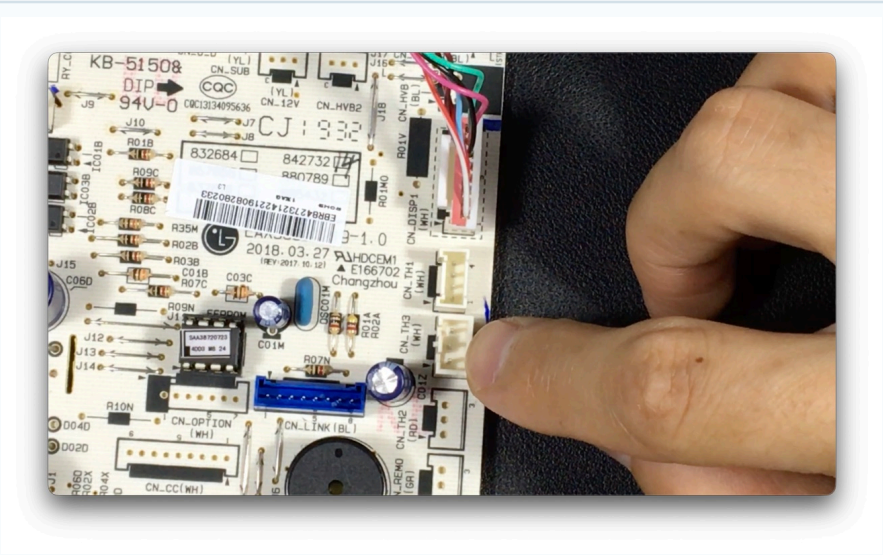

Figura 222. Conexión del sensor en la placa Inverter

Vías y doble cara

Las vías conectan las dos caras de la placa. Una apariencia exterior correcta no garantiza continuidad interna después de corrosión o ciclos térmicos. Se mide desde el pin del conector hasta cada componente y desde allí hasta el punto de entrada al procesador.

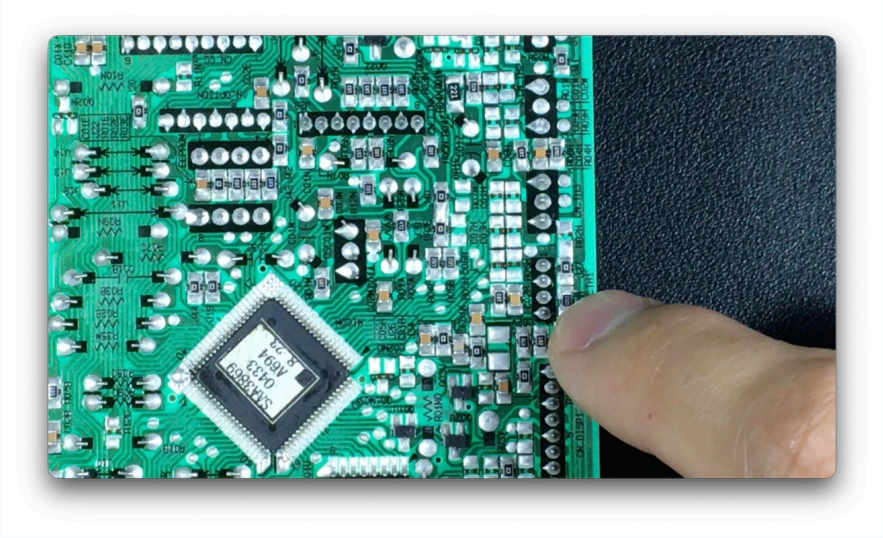

Figura 223. Componentes del circuito del sensor

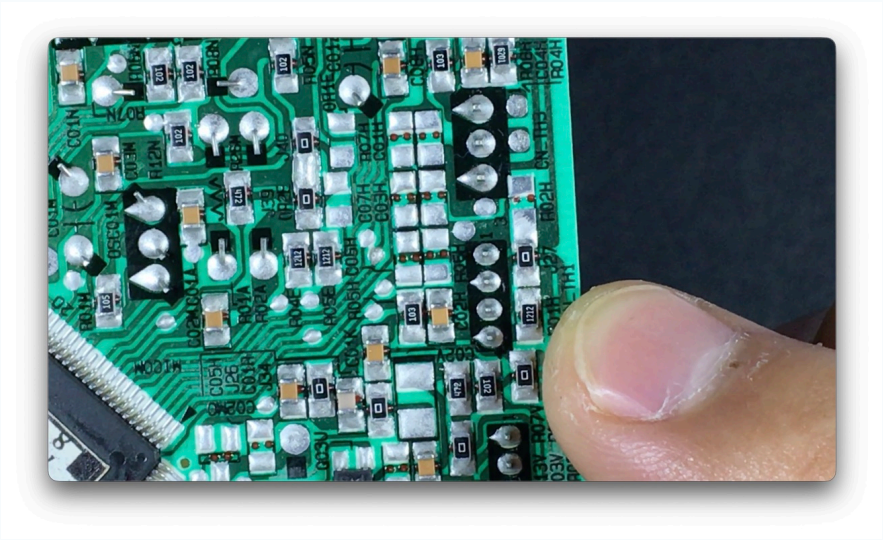

Figura 224. Pistas del sensor por el lado de las soldaduras

Comparación de canales

Comparar varios canales de sensores es útil porque suelen repetir la misma topología. Una resistencia o capacitor con valor diferente puede ser intencional si el sensor tiene otra curva, especialmente el de descarga. La comparación debe considerar la función de cada canal.

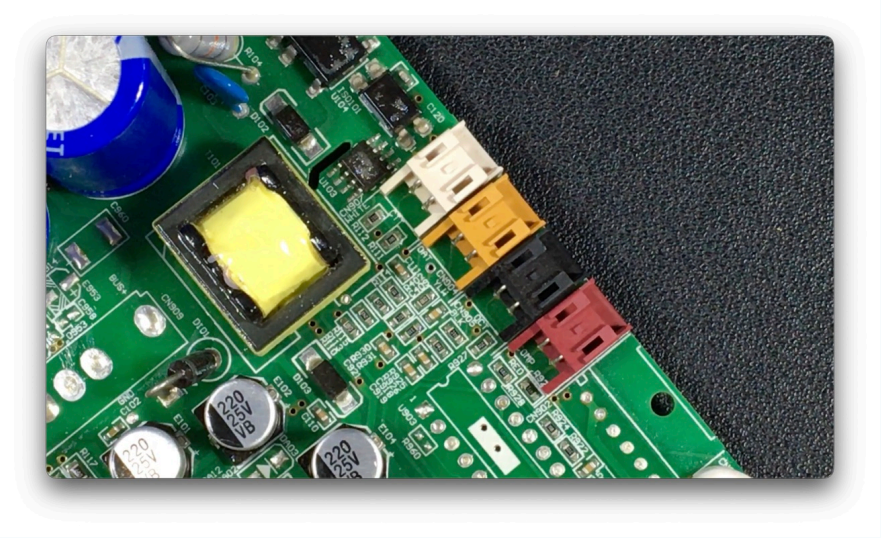

Figura 225. Conexiones de sensores en una segunda tarjeta

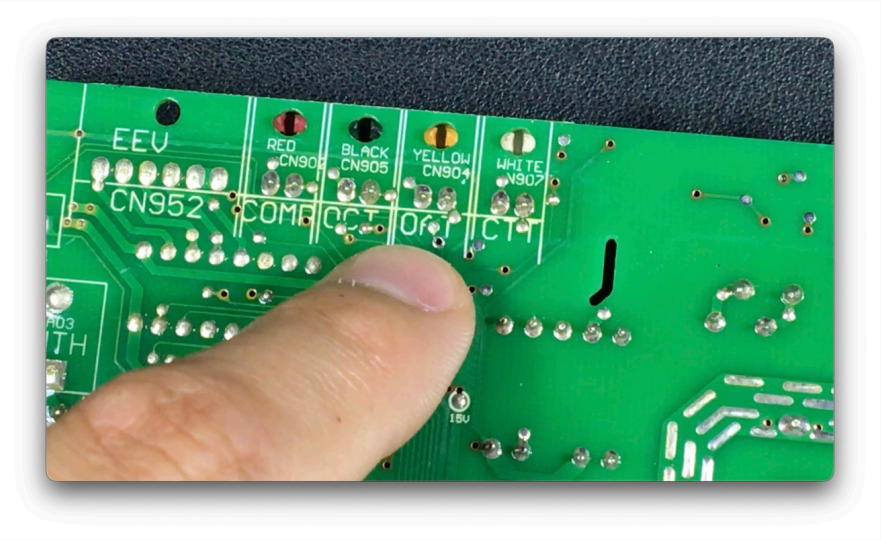

Figura 226. Pistas finas del circuito de sensores

Diferencias entre placas

En placas LG y genéricas puede cambiar el orden del divisor, la tensión de referencia y el filtrado. El método permanece: identificar alimentación, masa, nodo analógico y componentes asociados. Copiar una lectura de otro modelo sin reconstruir el circuito puede inducir error.

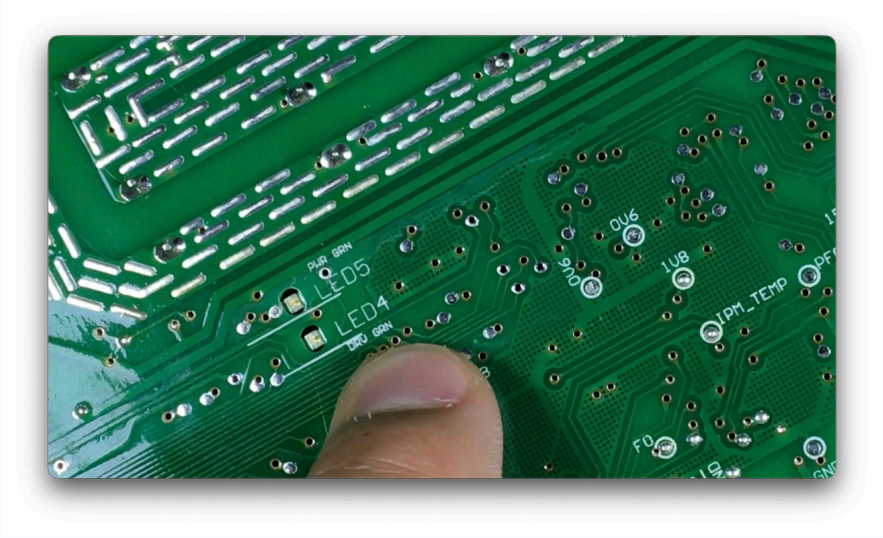

Figura 227. Circuito del sensor: señal de 1,8 V y paso entre caras

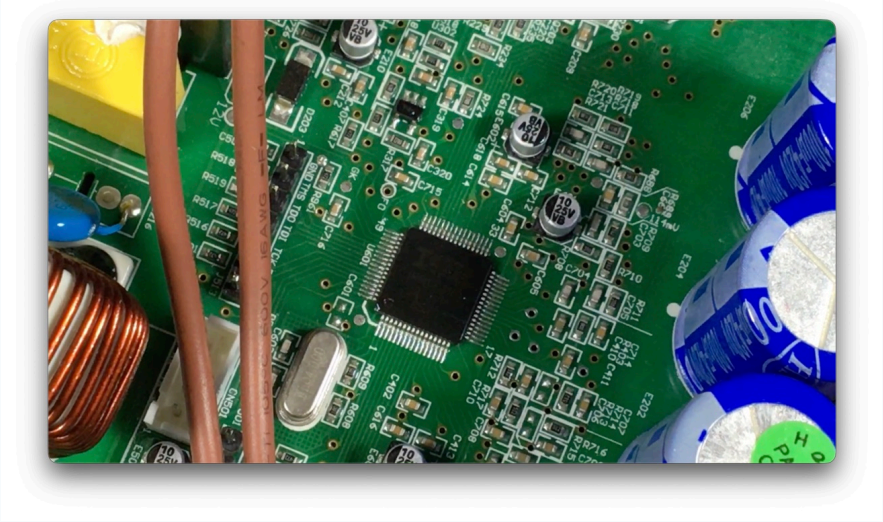

Figura 228. Recorrido de la pista del sensor hasta el microprocesador

PUNTO TÉCNICO ICIA
Un código asociado a temperatura describe una señal inválida; no demuestra automáticamente que el NTC sea el único componente defectuoso.

ERROR COMÚN
Comparar componentes de dos canales sin considerar que usan sensores distintos puede convertir una diferencia de diseño en una falsa avería.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.62

3.62 Sensores NTC: medición con voltaje

Con la placa energizada puede medirse la tensión presente en los puntos de entrada de los sensores. En condiciones normales pueden observarse valores dentro de un rango intermedio de la alimentación, lo que indica que el divisor está trabajando y que el microcontrolador recibe una señal analógica. Al calentar o enfriar el NTC, esa tensión debe variar en forma coherente con el circuito. Una tensión fija en cero o cercana al máximo puede orientar hacia cortocircuito, apertura o una falla de alimentación. Esta prueba debe realizarse con cuidado para no provocar cortos entre pines cercanos del conector.

En este tema

Referencia de medición	Respuesta al calor
Rangos según diseño	Conversión tensión-resistencia

Desarrollo técnico

Referencia de medición

La medición energizada se realiza con referencia en la masa de control y punta sobre el nodo del sensor. Con el conector abierto puede observarse una tensión cercana a 5 V; al conectar el sensor a temperatura ambiente, el ejemplo desciende aproximadamente a 2 V.

Respuesta al calor

Al calentar el NTC, su resistencia disminuye. En la topología mostrada, la tensión del nodo también baja. Si el divisor está invertido, la tensión subirá. La dirección de cambio debe coincidir con el esquema y ser suave, sin saltos ni interrupciones.

Rangos según diseño

En sistemas de 5 V, valores intermedios como 1,5 a 4 V pueden ser normales según temperatura y curva. Otras placas trabajan con referencias cercanas a 1,2, 3,3 V u otros niveles. Los límites correctos provienen del diseño, no de una regla única.

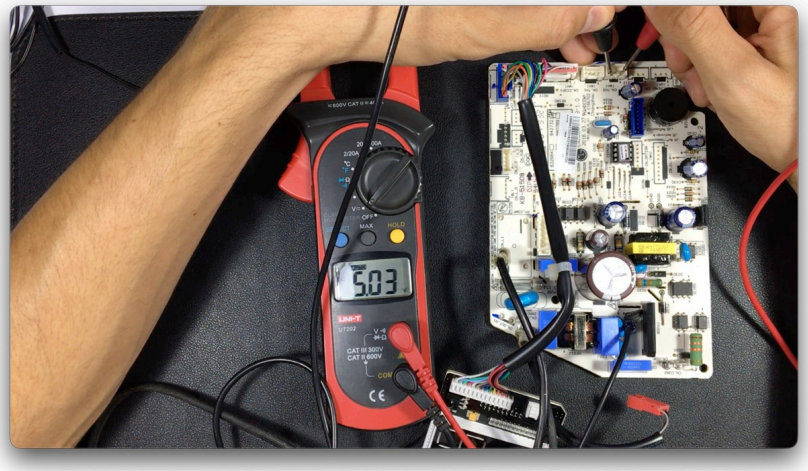

Figura 229. Medición de 5 V en el conector del sensor de una placa LG

Conversión tensión-resistencia

La tensión se convierte a resistencia usando el divisor y luego se compara con la tabla NTC. Esta verificación distingue si la placa recibe una señal coherente. Si la resistencia medida directamente es correcta pero la tensión no, se investigan resistencia fija, alimentación, capacitor, pista y entrada analógica.

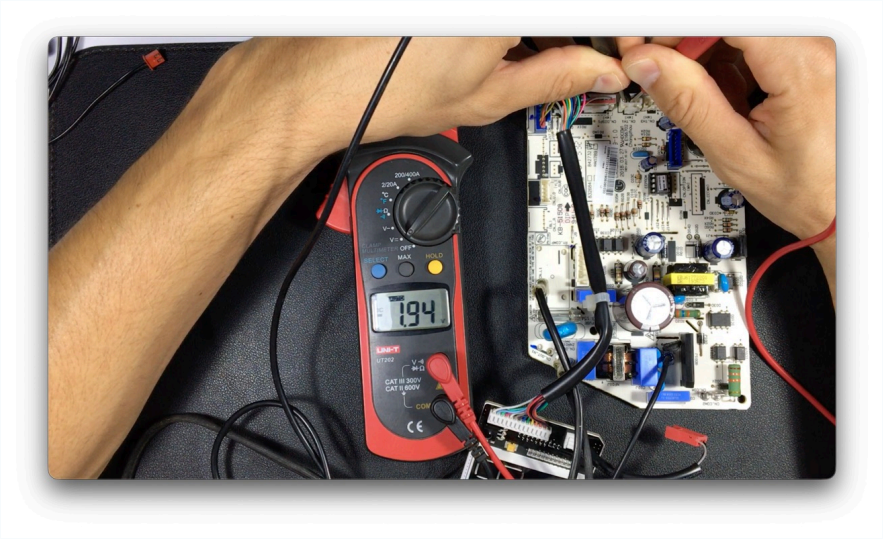

Figura 230. Sensor conectado: lectura de 1,94 V en el divisor de tensión

PUNTO TÉCNICO ICIA
La tensión del sensor no es un valor universal; lo importante es que se encuentre dentro del rango previsto y responda al cambio de temperatura.

ERROR COMÚN
No deben aplicarse los rangos de una placa de 5 V a un diseño que utiliza 3,3 V o 1,2 V.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.63

3.63 Control remoto y receptor infrarrojo

El control remoto transmite datos mediante luz infrarroja modulada. En la unidad interior, un receptor convierte esa señal óptica en pulsos eléctricos que el microcontrolador interpreta como órdenes de temperatura, modo, velocidad y otras funciones. El receptor necesita alimentación, referencia y una salida de señal. Por eso, cuando el equipo no responde al control, el diagnóstico puede dividirse en tres partes: comprobar que el control emite, verificar que el receptor esté alimentado y confirmar que genere pulsos al recibir una orden. Esta separación evita reemplazar el control remoto sin investigar la placa.

En este tema

Emisor infrarrojo	Fallas del control
Pines del receptor	Validación del comando

Desarrollo técnico

Emisor infrarrojo

El control remoto emite una secuencia de luz infrarroja codificada. El LED emisor puede probarse con algunas cámaras, que muestran destellos invisibles al ojo. Sin embargo, ciertos teléfonos filtran intensamente el infrarrojo; que la cámara no lo muestre no demuestra por sí solo que el control esté dañado.

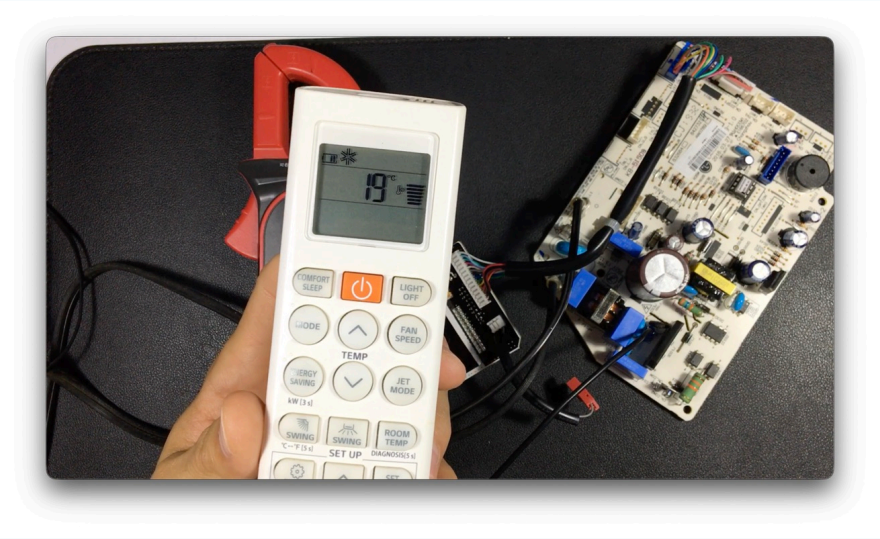

Figura 231. Control remoto y placa del equipo

Fallas del control

Los golpes dañan con frecuencia el LED, las soldaduras, el cristal resonador o los contactos de las pilas. Se revisa alimentación, corrosión y continuidad antes de reemplazar componentes. Un LED compatible puede sustituirse respetando polaridad, longitud de onda y corriente.

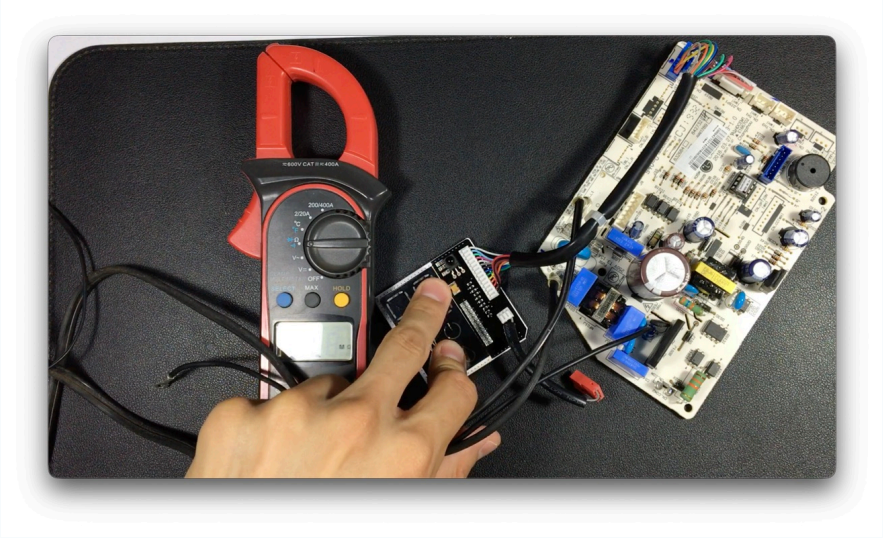

Figura 232. Ubicación del receptor infrarrojo en la placa

Pines del receptor

El receptor de la unidad interior integra filtro, amplificador y demodulador. Normalmente posee tres pines: alimentación, masa y salida digital. La distribución no es universal. La masa se identifica por continuidad, la alimentación siguiendo la pista al regulador y la salida hacia el microcontrolador.

Cuando recibe una señal compatible o no compatible, el módulo suele producir pulsos. El microcontrolador decide después si el código corresponde al equipo. Por eso la presencia de actividad en la salida comprueba el receptor, pero no asegura que el comando sea válido.



Figura 233. Prueba del LED infrarrojo con la cámara del teléfono

Validación del comando

También se revisan el conector entre la placa display y la principal, la alimentación de 5 V y los capacitores de filtrado. Una falla de cableado puede dejar el receptor sano pero aislado del procesador.

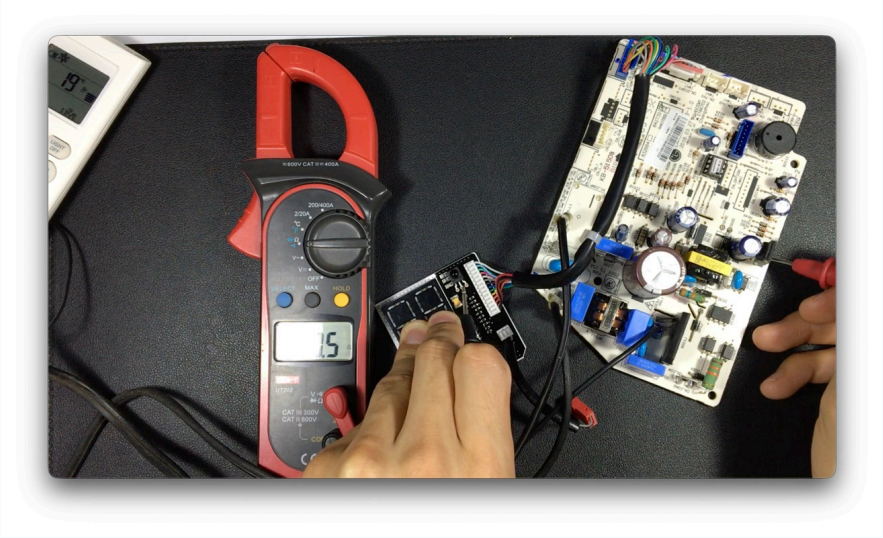

Figura 234. Conexión del regulador 7805 e identificación del positivo

PUNTO TÉCNICO ICIA
La cámara de un teléfono puede ayudar a comprobar si el emisor infrarrojo del control produce luz, pero la señal eléctrica del receptor se verifica en la placa.

ERROR COMÚN
Que una cámara no muestre el LED infrarrojo no prueba que el control remoto esté averiado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.64

3.64 Receptor infrarrojo: medición con osciloscopio

El osciloscopio permite observar los pulsos que salen del receptor infrarrojo cuando se presiona una tecla del control. Para realizar la prueba se identifican primero positivo, negativo y señal del receptor. Una alimentación correcta sin actividad en la salida puede indicar falla del receptor o ausencia de emisión desde el control. Si los pulsos aparecen pero el equipo no ejecuta la orden, la investigación continúa hacia el microcontrolador o la lógica asociada. La forma de onda no necesita interpretarse bit por bit para confirmar que existe comunicación entre control y receptor.

En este tema

Nivel de reposo	Tramas infrarrojas
Ajuste del instrumento	Límites de la prueba

Desarrollo técnico

Nivel de reposo

El osciloscopio se conecta entre salida y masa del receptor infrarrojo. En reposo, muchos módulos mantienen la salida cerca de 5 V. Al recibir, aparecen pulsos que descienden hacia cero; otros modelos pueden invertir la lógica.

Tramas infrarrojas

Para generar una trama repetitiva puede mantenerse presionado un botón del control. Incluso un control de televisor puede provocar pulsos, aunque el aire acondicionado ignore el código. Esta prueba separa la recepción física de la interpretación del protocolo.



Figura 235. Preparación del banco para medir la señal del control remoto

Ajuste del instrumento

La base de tiempo se ajusta para ver primero la trama completa y luego los pulsos individuales. Una señal que no alcanza niveles lógicos, presenta ruido o desaparece al conectar puede indicar alimentación débil, receptor defectuoso o carga excesiva en la entrada del microcontrolador.



Figura 236. Señal del control remoto observada con osciloscopio

Límites de la prueba

Si existe una trama limpia y la placa no responde a su propio control, se comparan pilas, frecuencia portadora, código del control, teclado y estado del procesador. El osciloscopio demuestra actividad, pero no decodifica por sí solo el contenido.



Figura 237. Otro registro de la señal del control remoto

PUNTO TÉCNICO ICIA
La prueba más útil es comparar estado en reposo con actividad al presionar una tecla; la presencia de pulsos demuestra que el receptor está entregando información.

ERROR COMÚN
Ver pulsos en el receptor confirma actividad óptica, pero no que el código sea válido para el equipo.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.65

3.65 Señal de comunicación: medición con osciloscopio

En un sistema split Inverter, las unidades interior y exterior intercambian información para coordinar temperaturas, demanda, compresor, ventiladores y protecciones. La comunicación es bidireccional: cada unidad debe poder transmitir y recibir datos. La señal suele compartir el cableado de interconexión con referencias de alimentación, por lo que las mediciones pueden mostrar una tensión variable en lugar de un nivel lógico simple. Cuando existe un error de comunicación, deben revisarse alimentación de ambas placas, cableado, polaridad o terminales de interconexión y circuito de transmisión/recepción antes de concluir que una placa completa está dañada.

En este tema

Enlace interior-exterior	Lectura con multímetro
Observación con osciloscopio	Aislamiento de la falla

Desarrollo técnico

Enlace interior-exterior

La unidad interior y la exterior intercambian información por un conductor de señal además de línea y neutro. En muchos equipos la comunicación es bidireccional y alternada: cada placa transmite durante una ventana y luego espera la respuesta.

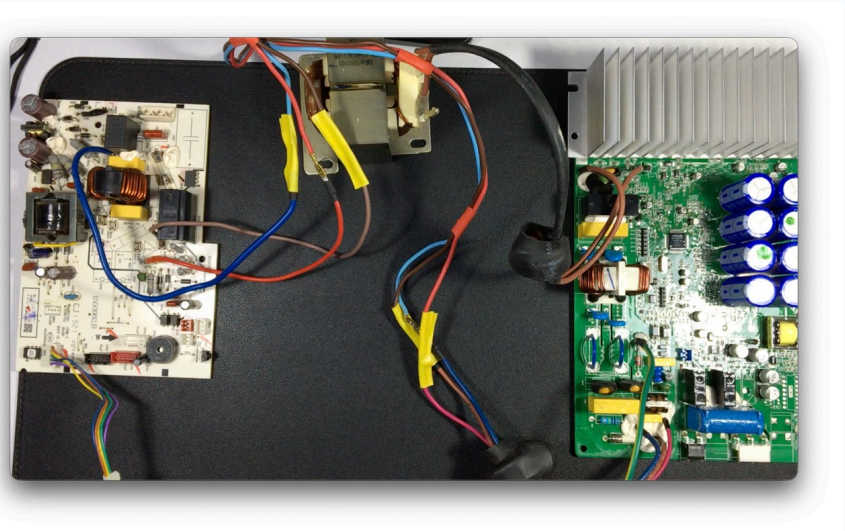

Figura 238. Banco de prueba con dos placas interconectadas y reactor

Lectura con multímetro

Un multímetro conectado entre señal y neutro puede mostrar un valor promedio cercano a 15 V que varía hacia 2 V y 22 o 24 V. Esa lectura es el promedio de pulsos, no una fuente continua estable. El osciloscopio permite distinguir los paquetes y sus niveles.

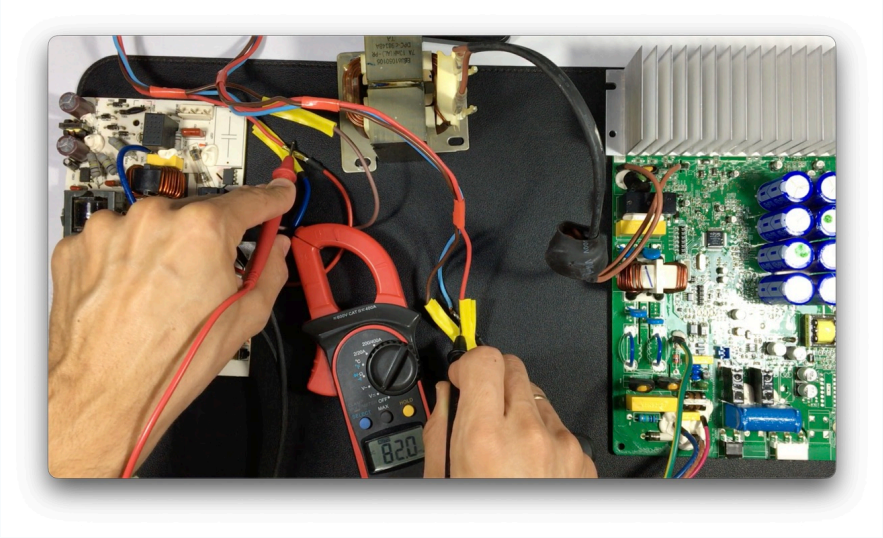

Figura 239. Medición de la señal de comunicación con multímetro

Observación con osciloscopio

Cuando se observan grupos de pulsos en ambos sentidos, existe actividad de ambas placas. Si sólo aparece la transmisión de una unidad y no la respuesta, la búsqueda se concentra en la otra placa, el cableado o su circuito de recepción. La interpretación requiere conocer qué unidad inicia el intercambio.

La ausencia total de señal puede deberse a falta de alimentación, procesador detenido, optoacoplador dañado, resistencia abierta o conductor interrumpido. Antes de condenar una placa se verifica continuidad, polaridad de terminales y referencia de medición.



Figura 240. Señal de comunicación entre placas en el osciloscopio

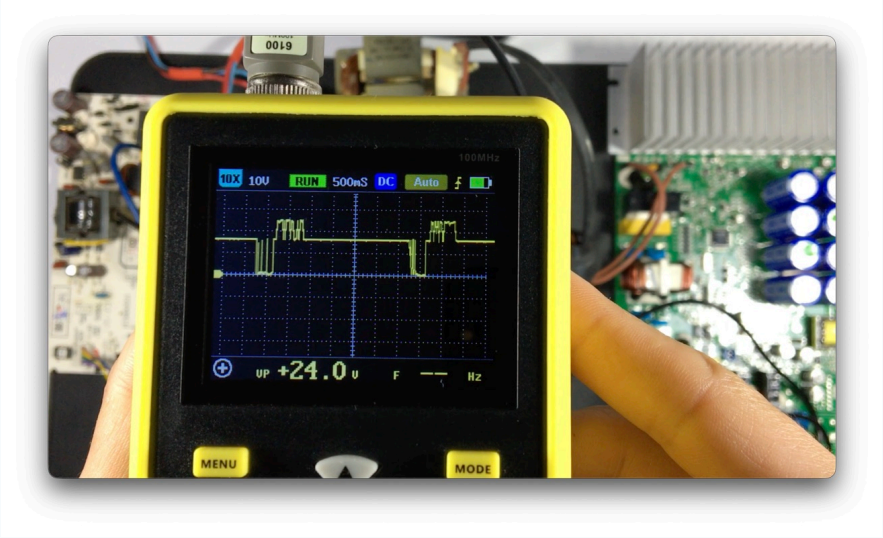

Figura 241. Detalle de la señal de comunicación entre las placas

Aislamiento de la falla

Los niveles y protocolos cambian entre fabricantes. Algunas plataformas emplean tensiones diferentes o comunicación digital de baja tensión. Los valores de la clase sirven para el sistema mostrado y no deben trasladarse automáticamente a cualquier equipo.

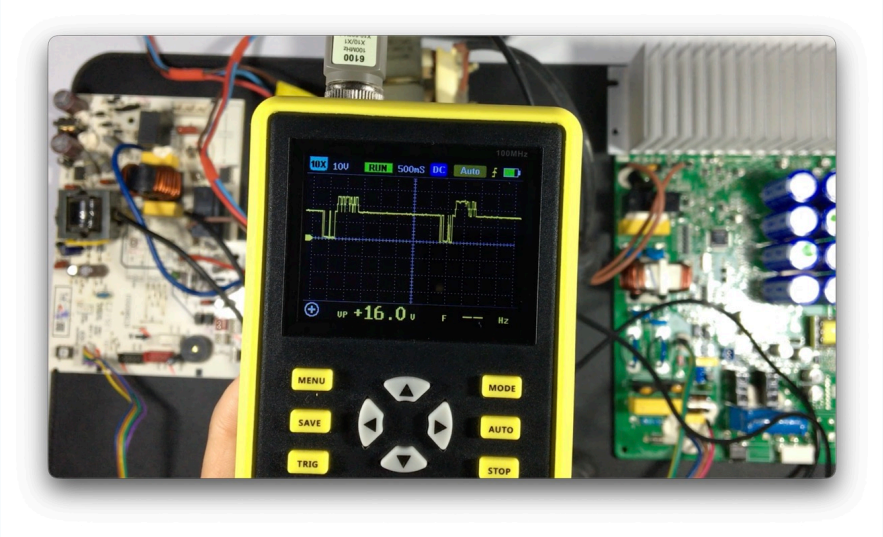

Figura 242. Segundo registro de la señal de comunicación

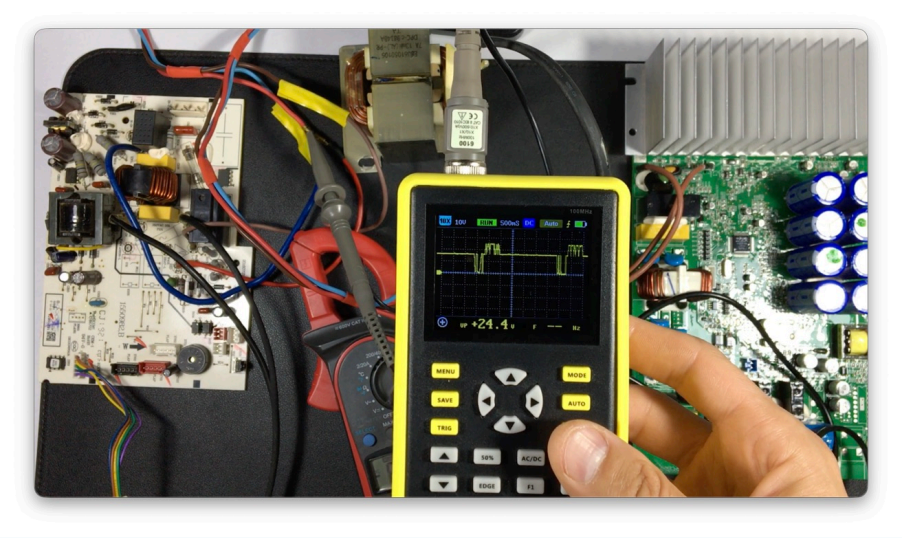

Figura 243. Tercer registro de la señal de comunicación

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una falla de comunicación puede originarse en cualquiera de las dos unidades o en el cable que las une; diagnosticar sólo un extremo deja el circuito incompleto.

ERROR COMÚN
La tensión promedio del multímetro no reemplaza la observación de los paquetes de comunicación.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.66

3.66 Señal de comunicación: circuito en tarjeta

Los optoacopladores permiten aislar la electrónica de control de una línea de comunicación que puede trabajar con tensiones superiores a los niveles lógicos del microprocesador. La información se transmite por luz internamente y la señal se reconstruye en el lado seguro. El circuito puede utilizar optos separados para transmitir y recibir, junto con resistencias, diodos y transistores. La comprobación se realiza siguiendo el camino de la señal desde el terminal de comunicación hacia los optoacopladores y desde ellos hasta la lógica. Un opto abierto o un componente asociado puede interrumpir un solo sentido de la comunicación.

En este tema

Dos optoacopladores	Red de línea
Prueba de los optos	Pistas y vías
Transmisión y recepción	

Desarrollo técnico

Dos optoacopladores

El circuito de comunicación suele utilizar dos optoacopladores orientados en sentidos opuestos. Uno transmite desde el microcontrolador hacia la línea y el otro detecta los pulsos que regresan. La barrera óptica protege la lógica y permite manejar una señal referida a la red.

Desde el terminal S se sigue la pista a través de resistencias de alto valor, diodos, capacitores y elementos de protección. Parte de la red limita corriente y da forma a los pulsos. Un PTC o componente fusible puede abrirse después de una sobretensión y dejar la comunicación inactiva.

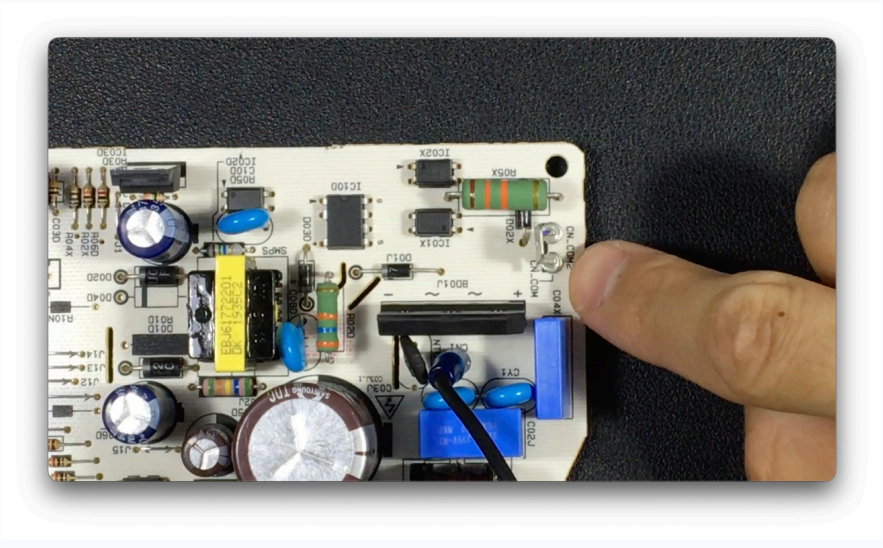

Figura 244. Conexión de comunicación, optoacopladores y resistencia

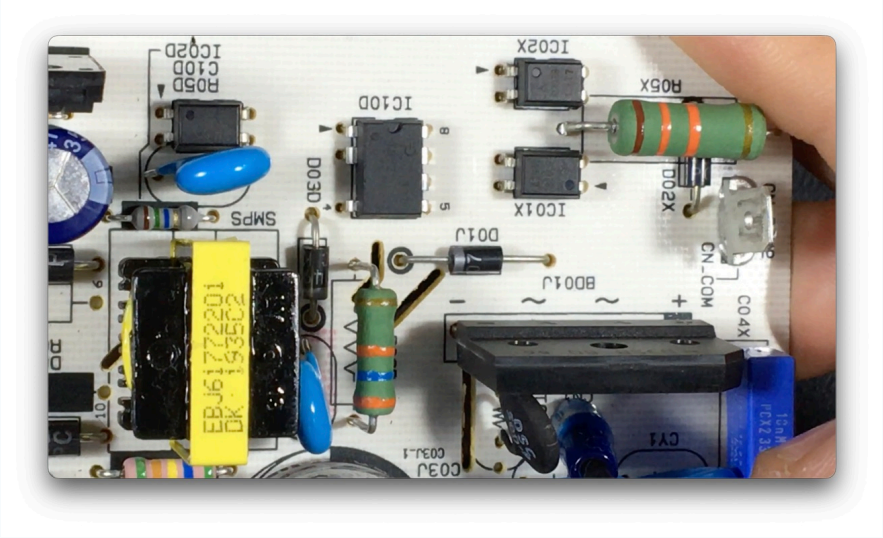

Figura 245. Detalle de los dos optoacopladores y la conexión de comunicación

Red de línea

El opto transmisor recibe una orden lógica mediante su LED. Del lado de línea, su fototransistor modifica la corriente del circuito. El receptor trabaja de forma inversa: los cambios de la línea activan su LED y el fototransistor entrega niveles seguros al microcontrolador.

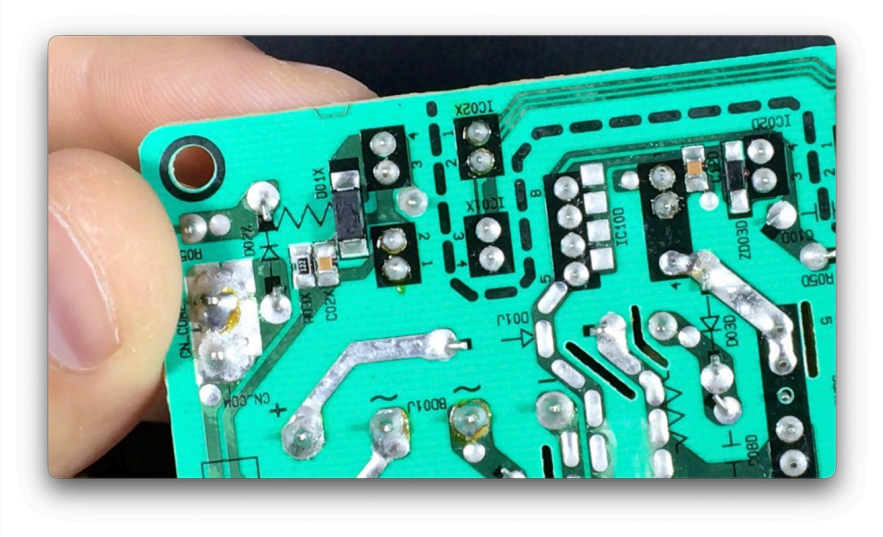

Figura 246. Separación del circuito y pistas finas del lado de soldaduras

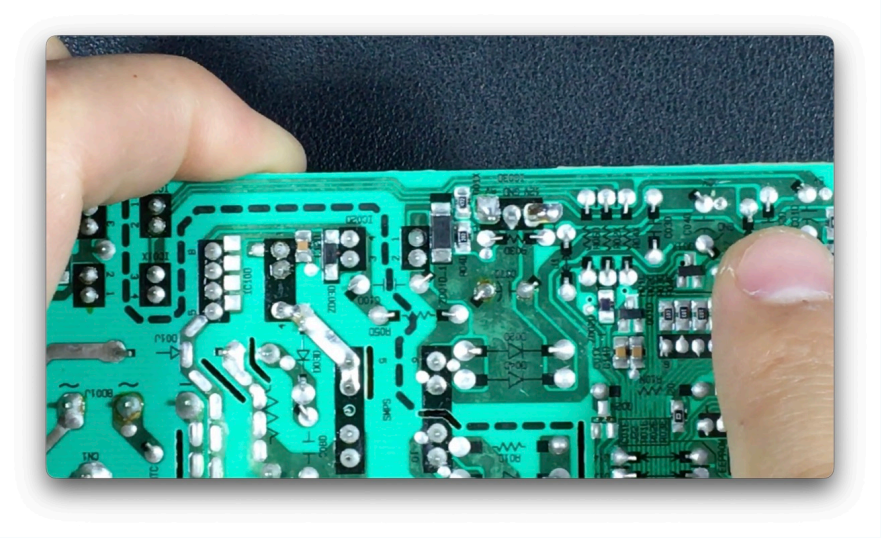

Figura 247. Recorrido de las pistas finas de comunicación

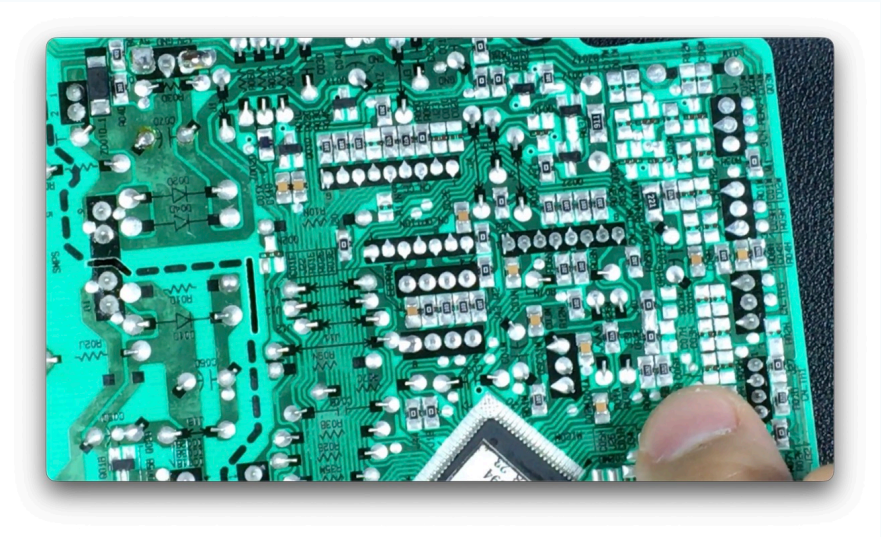

Figura 248. Conexión de las pistas de comunicación al microprocesador

Prueba de los optos

Los optoacopladores se prueban separando LED y fototransistor. La función diodo comprueba el LED; una fuente limitada permite observar el cambio de conducción del receptor. Las mediciones en placa pueden estar afectadas por resistencias paralelas.

Un PC817 puede resultar compatible con ciertos diseños, pero no es un reemplazo universal. Se comparan aislamiento, tensión, corriente, CTR, velocidad, encapsulado y pinout. En comunicación, una respuesta demasiado lenta o un CTR insuficiente puede deformar los pulsos.

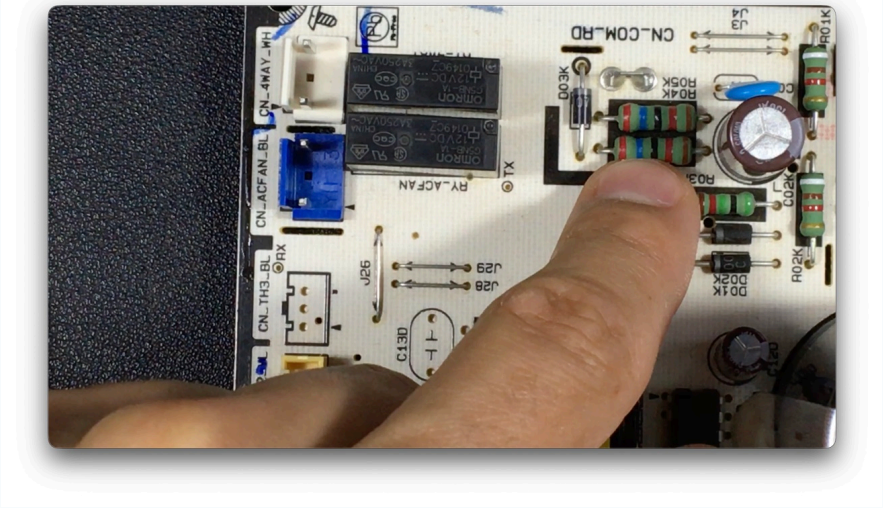

Figura 249. Resistencias del circuito de comunicación en la placa exterior

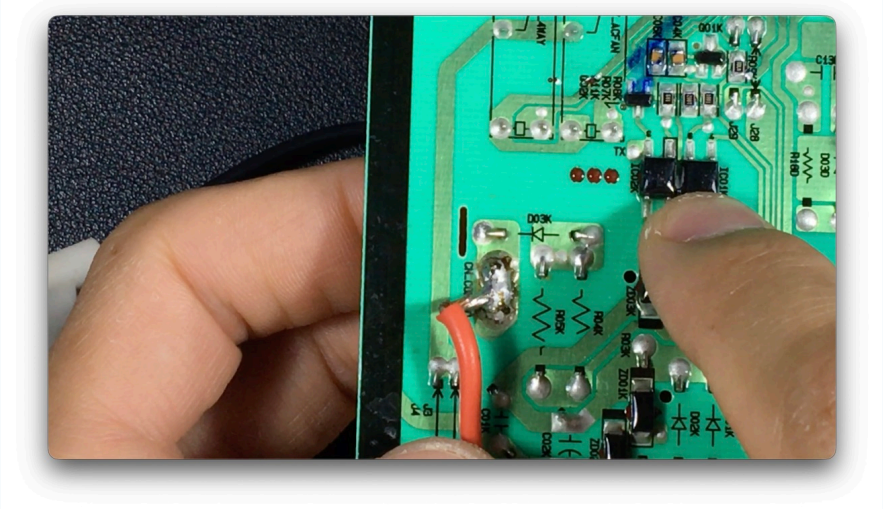

Figura 250. Optoacopladores de montaje superficial en la placa exterior

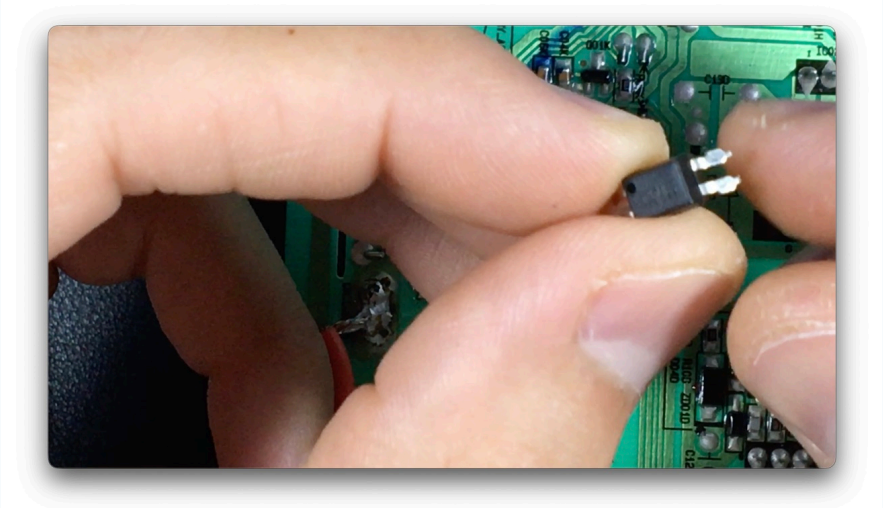

Figura 251. Terminales del optoacoplador adaptados para montaje superficial

Pistas y vías

Las pistas del circuito suelen ser delgadas y atraviesan vías. La humedad, insectos o carbonización pueden interrumpirlas. Se comprueba continuidad desde el terminal hasta el opto y desde el opto hasta el procesador en ambas placas.

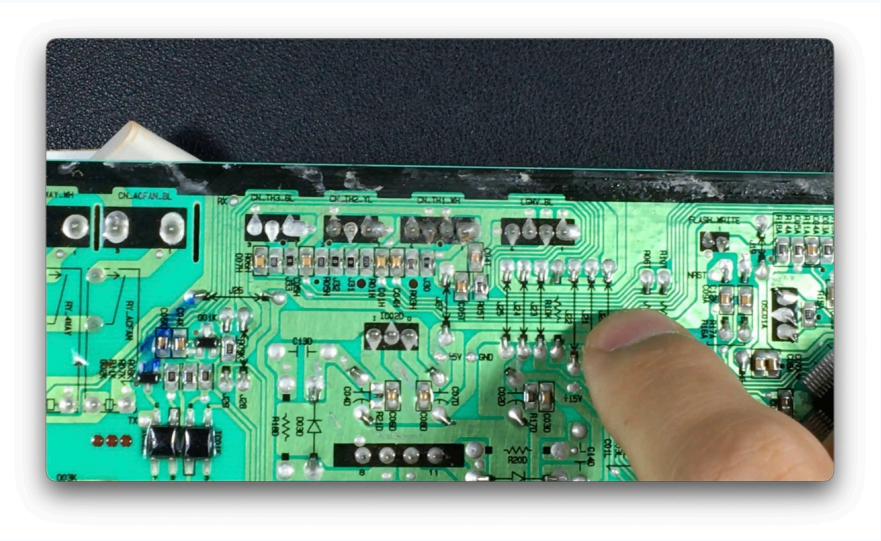

Figura 252. Recorrido de las pistas finas en la placa exterior

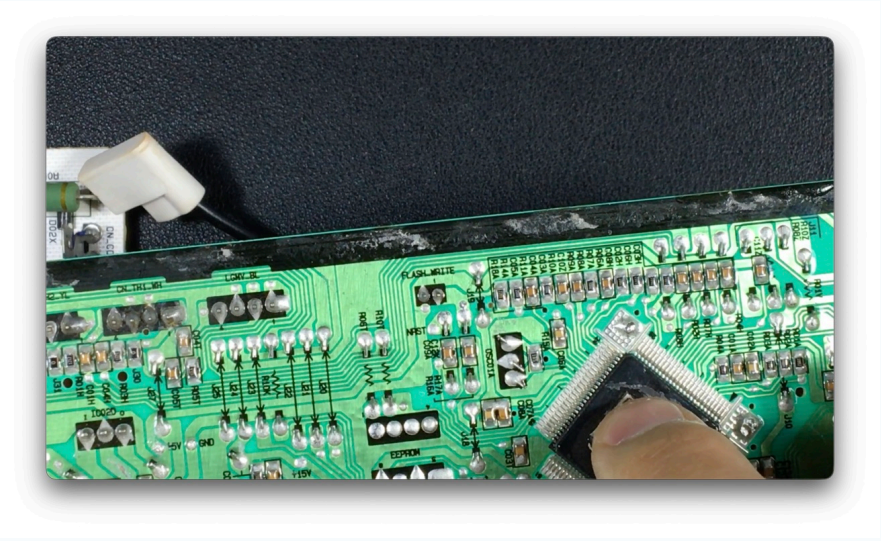

Figura 253. Llegada de las pistas al microprocesador de la unidad exterior

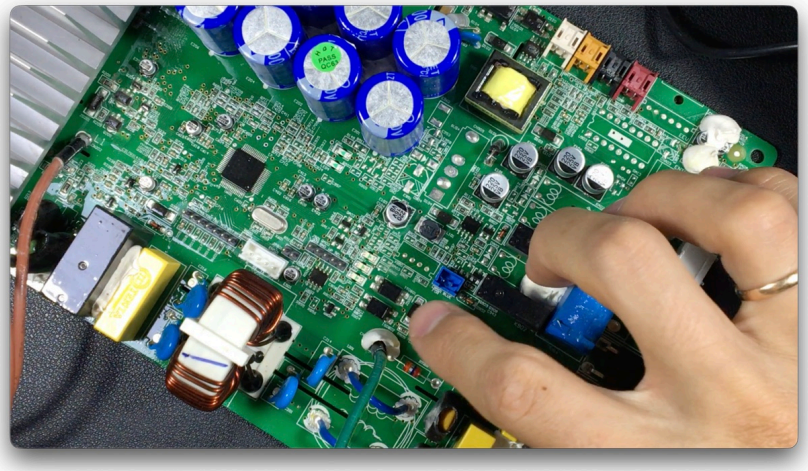

Figura 254. Optoacopladores SMD en la entrada de comunicación Good Weather

Transmisión y recepción

En equipos recientes los optos pueden ser SMD y estar mezclados con otros encapsulados similares. La serigrafía, el código y el recorrido de pistas permiten diferenciarlos. Reemplazar por apariencia sin identificar la función agrega una falla nueva.

El diagnóstico compara transmisión y recepción. Si el LED del transmisor recibe orden pero la línea no cambia, se investiga el lado de potencia. Si la línea cambia pero el procesador no recibe, se revisan opto receptor, pull-up y entrada lógica.

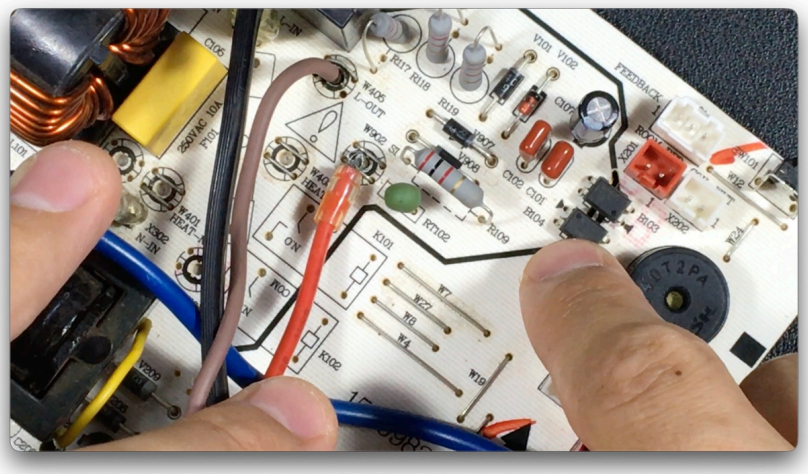

Figura 255. Optoacopladores y resistencia de comunicación en la placa interior

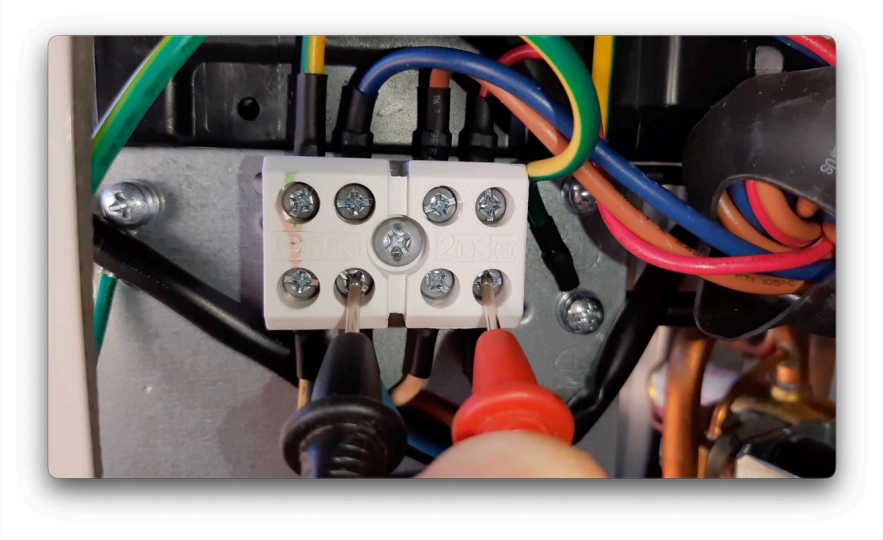

Figura 256. Conexión de las puntas entre comunicación y neutro



Figura 257. Lectura variable de tensión continua: ejemplo de 15 V

PUNTO TÉCNICO ICIA
Cuando la comunicación es bidireccional, conviene identificar por separado el camino de transmisión y el de recepción.

ERROR COMÚN
Reemplazar cualquier opto por un PC817 sin comparar velocidad, CTR y pinout puede deformar o bloquear la comunicación.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 3.67

3.67 Señal de comunicación: funcionamiento

El multímetro puede mostrar una tensión que cambia constantemente en el terminal de comunicación porque está promediando una señal pulsante. Esa variación puede ser un indicio de actividad, pero no describe la forma real de los datos. El osciloscopio permite observar mejor los pulsos y comparar la presencia de actividad en ambos extremos del cable. Antes de medir debe definirse la referencia correcta y conocer el nivel de tensión involucrado. Una señal presente en la bornera pero ausente después del circuito de aislamiento orienta hacia la placa; una señal que no llega a la bornera puede relacionarse con cableado o con la otra unidad.

En este tema

Ventanas de comunicación	Polarización de la línea
Lectura de paquetes	Diagnóstico por dirección
Variantes de protocolo	

Desarrollo técnico

Ventanas de comunicación

La comunicación bidireccional se organiza en intervalos. Una unidad coloca un paquete de datos en la línea, libera el canal y espera. La otra valida el mensaje y responde. Si la respuesta no llega dentro del tiempo previsto, el sistema repite el intento y finalmente genera un código de comunicación.

Polarización de la línea

En ciertos diseños, la línea obtiene una polarización desde la red mediante rectificación y resistencias limitadoras. Los optoacopladores modifican la corriente para representar unos y ceros. El uso de una tensión relativamente alta mejora el margen frente al ruido en el cable largo, aunque la corriente disponible es pequeña.

La forma observada depende de la referencia. Un multímetro integra los pulsos y muestra una tensión cambiante; el osciloscopio revela paquetes, pausas y niveles. Para trabajar con una señal referida a la red se utilizan sonda diferencial, aislamiento y categoría adecuados.

Lectura de paquetes

La secuencia permite aislar fallas. Si la interior transmite y no hay respuesta exterior, se comprueba alimentación exterior, conductor S y receptor de esa placa. Si la exterior responde pero la interior no interpreta, se revisa el camino de recepción interior. La simple presencia de tensión no garantiza que los datos sean válidos.

Diagnóstico por dirección

El cableado debe respetar sección, material, longitud, puesta a tierra y recorrido indicados por el fabricante. Separar la señal de fuentes intensas de interferencia puede ser necesario, pero no se deben inventar conexiones coaxiales ni cambios de terminales sin documentación.

Algunos equipos utilizan líneas de 30 a 50 V; otros emplean protocolos digitales de baja tensión o topologías más complejas. No existe una única expectativa de 15 o 24 V. Antes de diagnosticar se identifica la plataforma y se consulta el manual de servicio.

Variantes de protocolo

La comunicación es el resultado de alimentación, procesador, transmisión, cable y recepción en ambas unidades. El método ordenado registra alimentación de cada placa, actividad de salida, forma de onda en el cable y llegada al receptor. Sólo después se decide qué bloque está interrumpiendo el diálogo.

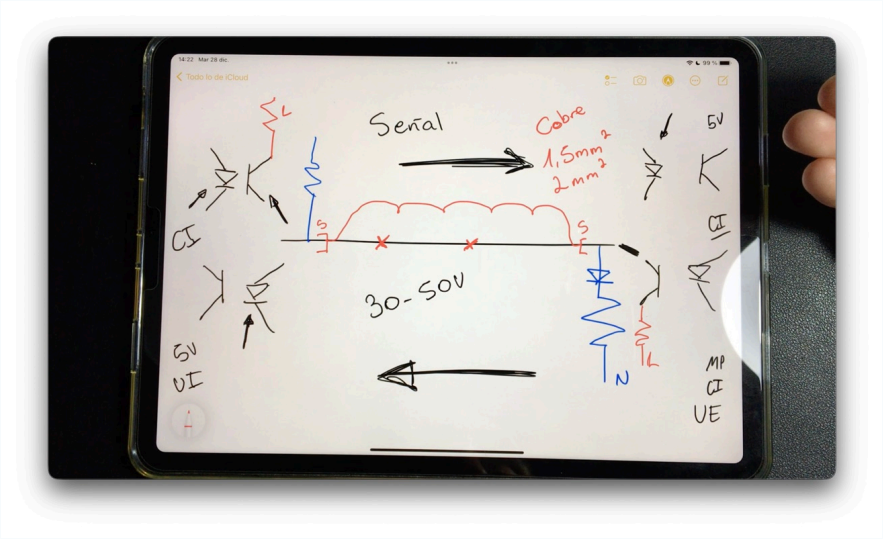

Figura 258. Comunicación entre placas mediante dos optoacopladores

PUNTO TÉCNICO ICIA
En comunicación, una lectura variable de multímetro es orientativa; la forma de onda con osciloscopio aporta una evidencia más directa de actividad.

ERROR COMÚN
Los niveles de 15 o 24 V del ejemplo no son universales; cada protocolo debe diagnosticarse con su documentación.

NOTAS DEL ALUMNO

CAPÍTULO 4

Herramientas, mediciones y diagnóstico práctico

Traslada la teoría al trabajo de taller: uso del osciloscopio, soldadura, reparación de placas, mediciones estáticas y energizadas, diagnóstico asistido, refrigerante, conectividad y soluciones universales.

33 temas · 4.68 a 4.100

Cómo estudiar este capítulo

Este capítulo traslada los principios electrónicos al trabajo práctico. Comienza con instrumentos y reparación de placas, continúa con mediciones sobre unidades interiores y exteriores, y finaliza con diagnóstico asistido, refrigerante, conectividad y soluciones universales.

El desarrollo fue construido a partir de las transcripciones completas de las clases 68 a 100. Las imágenes del campus acompañan el punto técnico correspondiente y las lecturas citadas se presentan como ejemplos del equipo utilizado en la demostración.

SEGURIDAD

mediciones con tensión, bus DC, IPM y procedimientos frigoríficos. Toda intervención exige capacitación, descarga comprobada de capacitores, instrumentos adecuados, elementos de protección y respeto por la documentación del fabricante.

El objetivo es relacionar cada lectura con el bloque que la produce y evitar el reemplazo de componentes por suposición.

Índice del capítulo

Capítulo 4 · Herramientas, mediciones y diagnóstico práctico

4.68	Osciloscopio portátil: configuración y uso	250
4.69	Osciloscopio portátil: segundo modelo	254
4.70	Compra de herramientas y repuestos en AliExpress	257
4.71	Soldadura con estaño: práctica	260
4.72	Reparación de pistas	264
4.73	Reemplazo de componentes SMD	266
4.74	Aislamiento y protección de la reparación	269
4.75	Mediciones en equipos: preparación y puntos de prueba	272
4.76	Entrada de energía en la unidad exterior	275
4.77	Medición del puente de diodos en la unidad exterior	277
4.78	Medición del IPM sin energía	279
4.79	Medición del motocompresor desde la tarjeta	281
4.80	Medición de voltajes con el equipo en funcionamiento	283
4.81	Medición de la alimentación de 15 V del IPM	286
4.82	Medición de la señal de comunicación	288
4.83	Medición del IPM con tensión	290
4.84	Comportamiento del equipo inverter durante el apagado	292

Índice del capítulo · continuación

Capítulo 4 · Herramientas, mediciones y diagnóstico práctico

4.85	Comportamiento del IPM sin motocompresor	294
4.86	Medición de sensores	296
4.87	Mediciones en la unidad interior	298
4.88	Medición del ventilador DC en la unidad interior	301
4.89	Medición de la alimentación del ventilador DC	303
4.90	Verificación de voltajes en la unidad interior	305
4.91	Diagnóstico con LG ThinQ	307
4.92	Diagnóstico inteligente LG y SIMS 2	309
4.93	Presiones de trabajo en sistemas inverter	312
4.94	Carga de refrigerante en sistemas inverter	314
4.95	Recuperación del refrigerante en la unidad exterior	316
4.96	Herramientas para reparación electrónica	319
4.97	Conexión inteligente por Wi-Fi	325
4.98	Tarjeta universal para la unidad interior	327
4.99	Tarjeta universal para la unidad exterior	329
4.100	ElectroDroid para cálculos y códigos electrónicos	331

CAPÍTULO 4

Herramientas, mediciones y diagnóstico práctico

Traslada la teoría al trabajo de taller: uso del osciloscopio, soldadura, reparación de placas, mediciones estáticas y energizadas, diagnóstico asistido, refrigerante, conectividad y soluciones universales.

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

4.68	Osciloscopio portátil: configuración y uso
4.69	Osciloscopio portátil: segundo modelo
4.70	Compra de herramientas y repuestos en AliExpress
4.71	Soldadura con estaño: práctica
4.72	Reparación de pistas
4.73	Reemplazo de componentes SMD
4.74	Aislamiento y protección de la reparación
4.75	Mediciones en equipos: preparación y puntos de prueba
4.76	Entrada de energía en la unidad exterior
4.77	Medición del puente de diodos en la unidad exterior
4.78	Medición del IPM sin energía
4.79	Medición del motocompresor desde la tarjeta
4.80	Medición de voltajes con el equipo en funcionamiento
4.81	Medición de la alimentación de 15 V del IPM
4.82	Medición de la señal de comunicación
4.83	Medición del IPM con tensión
4.84	Comportamiento del equipo inverter durante el apagado

Contenido del capítulo · continuación

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

4.85	Comportamiento del IPM sin motocompresor
4.86	Medición de sensores
4.87	Mediciones en la unidad interior
4.88	Medición del ventilador DC en la unidad interior
4.89	Medición de la alimentación del ventilador DC
4.90	Verificación de voltajes en la unidad interior
4.91	Diagnóstico con LG ThinQ
4.92	Diagnóstico inteligente LG y SIMS 2
4.93	Presiones de trabajo en sistemas inverter
4.94	Carga de refrigerante en sistemas inverter
4.95	Recuperación del refrigerante en la unidad exterior
4.96	Herramientas para reparación electrónica
4.97	Conexión inteligente por Wi-Fi
4.98	Tarjeta universal para la unidad interior
4.99	Tarjeta universal para la unidad exterior
4.100	ElectroDroid para cálculos y códigos electrónicos

TEMA 4.68

4.68 Osciloscopio portátil: configuración y uso

El osciloscopio portátil permite observar señales que un multímetro sólo presenta como valores medios. Para aprovecharlo es necesario configurar correctamente la sonda, la escala vertical, la base de tiempo y el tipo de acoplamiento.

El osciloscopio portátil se presenta como una herramienta especialmente útil para observar señales que el multímetro no puede mostrar: salida U-V-W, pulsos de sensores, comunicación, control de ventiladores y otras formas de onda. Para obtener una lectura útil deben configurarse escala vertical, base de tiempo, acoplamiento y factor de la sonda. El técnico también debe conocer los límites eléctricos del instrumento y la forma en que está aislado. Una medición visualmente correcta no es segura si la referencia de la sonda se conecta a un punto incompatible con la arquitectura del osciloscopio.

En este tema

Accesorios y sonda	Atenuación 1x y 10x
Escalas de tensión y tiempo	Acoplamiento AC y DC
Funciones de apoyo	

Desarrollo técnico

Accesorios y sonda

El osciloscopio portátil se entrega normalmente con estuche, cable de carga, sonda y accesorios de sujeción. Antes de utilizarlo se revisan el estado del instrumento, la batería, el conector de entrada y la integridad del aislamiento de la sonda. La funda exterior protege contra golpes y evita contactos accidentales con la carcasa, pero no convierte al equipo en un instrumento aislado para medir cualquier punto de alta tensión.



Figura 259. Osciloscopio portátil y sonda de prueba

Atenuación 1x y 10x

La sonda se conecta mediante el acople de bayoneta y puede incorporar una punta con gancho retráctil. Este accesorio facilita mantener el contacto mientras se observa la pantalla, aunque debe fijarse con el circuito desenergizado cuando el punto resulta difícil de alcanzar. Una conexión inestable produce ruido, interrupciones y formas de onda que pueden confundirse con una falla real.

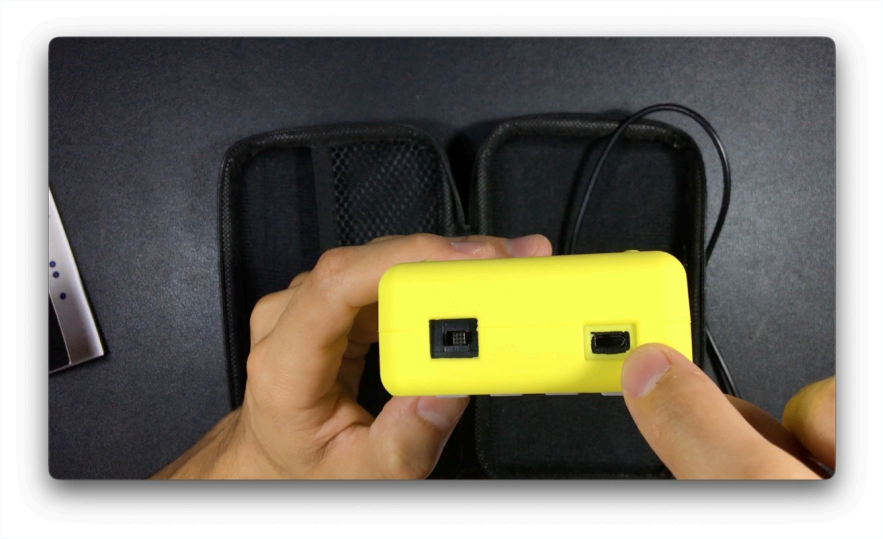

Figura 260. Puerto de carga del osciloscopio

Escalas de tensión y tiempo

El selector 1x/10x modifica la atenuación de la sonda. En 10x, la señal que llega a la entrada se reduce y el osciloscopio debe compensar esa relación para mostrar la amplitud correcta. Por eso la posición física de la sonda y el valor configurado en el menú deben coincidir. Si uno queda en 1x y el otro en 10x, el error de lectura será de un factor de diez.

La escala vertical determina cuántos voltios representa cada división. La base de tiempo establece cuánto tiempo ocupa cada división horizontal y permite pasar de una vista general de la señal a la observación de pulsos individuales. El ajuste no cambia el circuito medido: cambia la manera en que la información se distribuye en la pantalla.



Figura 261. Punta de prueba con gancho retráctil

Acoplamiento AC y DC

El acoplamiento DC muestra la componente continua y las variaciones superpuestas. El acoplamiento AC bloquea la componente continua para destacar la parte variable. Esta selección no indica si la corriente del circuito es alterna o continua; define qué componente de la señal llega al amplificador vertical del instrumento.



Figura 262. Detalle del gancho extendido

Funciones de apoyo

Las funciones AUTO, STOP y SAVE ayudan a trabajar con la captura. AUTO busca una visualización estable, STOP congela la adquisición y SAVE conserva la imagen en los modelos que admiten esa función. Las lecturas máxima, pico a pico y RMS describen aspectos distintos; RMS representa el valor eficaz y no debe confundirse con el promedio aritmético.



Figura 263. Selector de atenuación ×1 y ×10



Figura 264. Menú de configuración en pantalla

PUNTO TÉCNICO ICIA
La atenuación configurada en el instrumento debe coincidir con la posición 1x o 10x de la sonda; de lo contrario, la amplitud indicada será incorrecta.

ERROR COMÚN
La posición 10x no convierte al osciloscopio en un instrumento aislado ni autoriza a medir directamente red, bus DC o salidas del IPM.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.69

4.69 Osciloscopio portátil: segundo modelo

Los osciloscopios portátiles pueden presentar controles y menús diferentes, pero todos exigen reconocer la entrada, la sonda, las escalas y los límites eléctricos antes de medir.

Los modelos portátiles difieren en ancho de banda, tensión admitida, resolución y facilidad de uso. Para el trabajo de climatización Inverter interesa que el instrumento permita visualizar con claridad las señales habituales del equipo y que pueda utilizarse de forma práctica en servicio de campo. Al comparar instrumentos con capacidades distintas, una especificación superior no siempre resulta necesaria para todas las pruebas. La selección debe relacionarse con el tipo de diagnóstico que se realizará, el nivel de tensión y la necesidad de movilidad. La seguridad eléctrica tiene prioridad sobre la cantidad de funciones disponibles.

En este tema

Características del segundo modelo	Sonda y ancho de banda
Controles y ajustes	Cuidados del instrumento

Desarrollo técnico

Características del segundo modelo

El segundo modelo presentado permite comprobar que el método de trabajo no depende de una única marca. La disposición de botones y menús cambia, pero siempre deben identificarse entrada, masa, atenuación, escala vertical, base de tiempo, disparo y límites de tensión.

Sonda y ancho de banda

La sonda posee su propio ancho de banda y una relación de atenuación seleccionable. El dato impreso en ella no debe confundirse con el ancho de banda real del conjunto: la medición queda limitada por el elemento de menor capacidad entre osciloscopio, sonda y accesorio utilizado.



Figura 265. Segundo modelo de osciloscopio portátil

Controles y ajustes

Al preparar una lectura se selecciona el acoplamiento, se hace coincidir la relación 1x/10x y se ajustan voltios por división y tiempo por división. El modo automático puede servir como punto de partida, pero una señal de conmutación requiere después un ajuste manual para observar amplitud, repetición y estabilidad.



Figura 266. Ancho de banda indicado en la sonda

Cuidados del instrumento

El instrumento se conserva en su estuche, con la sonda sin dobleces y los conectores protegidos. Antes de medir se revisa la carga de batería y se confirma que la tensión y la referencia del circuito sean compatibles con las especificaciones del equipo.

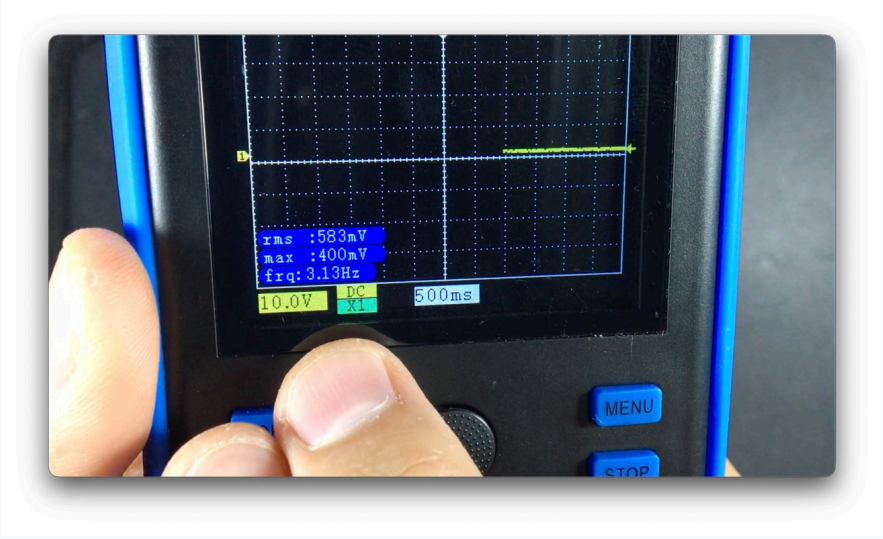

Figura 267. Configuración DC, ×1 y escala de tensión

PUNTO TÉCNICO ICIA
Antes de medir, se comprueban el ancho de banda, la tensión máxima de entrada, la sonda y la referencia eléctrica admitida por el equipo.

ERROR COMÚN
No debe conectarse la masa de un osciloscopio referida a tierra sobre un punto flotante o de alta tensión sin el aislamiento adecuado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.70

4.70 Compra de herramientas y repuestos en AliExpress

Comprar herramientas por Internet requiere evaluar el producto, el vendedor, las especificaciones, el transporte y el costo final; una fotografía o un precio atractivo no bastan para decidir.

La selección de herramientas y repuestos debe realizarse con criterio práctico, evitando kits extensos que incluyen elementos que rara vez se utilizarán. Para electrónica resultan relevantes multímetro, osciloscopio, soldador, desoldador, pinzas, elementos de protección y componentes de reemplazo frecuentes. Las compras por internet pueden ampliar la disponibilidad de repuestos, pero el técnico debe verificar especificaciones, tiempos de entrega y compatibilidad. El precio por sí solo no determina la conveniencia. Un componente incorrecto puede generar una segunda falla o dificultar el diagnóstico. La organización de un pequeño stock debe basarse en los equipos que se atienden habitualmente.

En este tema

Búsqueda del producto	Evaluación del vendedor
Características y valoraciones	Casilla y reenvío
Costo total de la compra	

Desarrollo técnico

Búsqueda del producto

AliExpress permite adquirir osciloscopios portátiles, componentes y herramientas que no siempre se consiguen localmente. La búsqueda se realiza con términos concretos y se comparan varias publicaciones del mismo producto. El precio visible no es el único criterio: se revisan variante seleccionada, accesorios incluidos, tensión, encapsulado, cantidad y características técnicas.

Evaluación del vendedor

Una publicación con muchas ventas y valoraciones aporta antecedentes, pero no garantiza por sí sola que el artículo sea adecuado. Conviene leer comentarios recientes, observar fotografías de compradores y verificar si la tienda pertenece al fabricante o a un distribuidor reconocido. También se comprueba que el modelo de la descripción coincida con el de las imágenes.

Características y valoraciones

En repuestos electrónicos se revisan código completo, encapsulado, corriente, tensión, potencia y cantidad. Una diferencia mínima en el sufijo puede representar otro componente. Comprar paquetes económicos sin confirmar especificaciones puede dejar un stock numeroso de piezas inutilizables para la reparación prevista.

Casilla y reenvío

Cuando el vendedor no realiza envíos directos al país, puede utilizarse una casilla internacional. La empresa de reenvío asigna una dirección y un identificador de cliente en otro país; el vendedor entrega allí y la casilla completa el trayecto. La dirección debe copiarse exactamente para que el depósito pueda reconocer al destinatario.

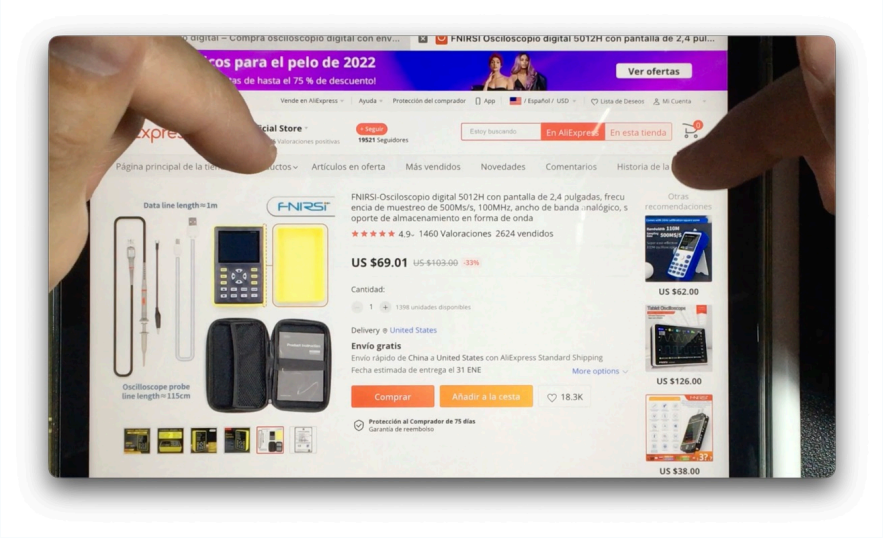

Figura 268. Publicación de un osciloscopio en AliExpress

Costo total de la compra

El tiempo total incluye preparación del vendedor, transporte hasta la casilla, procesamiento y envío internacional. También pueden existir impuestos, límites de importación o restricciones para baterías y aerosoles. Antes de pagar se calcula el costo completo y se confirma que el servicio acepte el tipo de artículo.

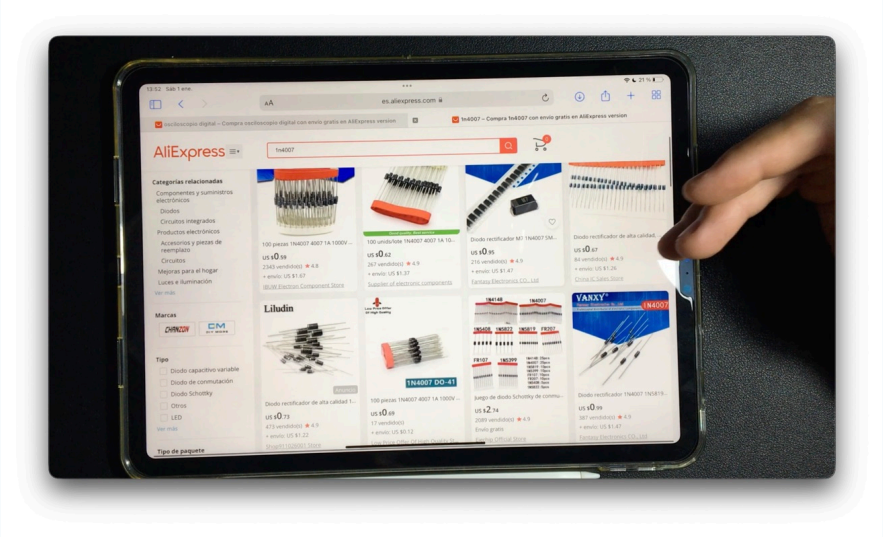

Figura 269. Búsqueda de diodos y componentes electrónicos

PUNTO TÉCNICO ICIA
El costo real incluye producto, envío, reenvío e importación. También se verifica que la casilla acepte el artículo y que la dirección esté copiada sin errores.

ERROR COMÚN
Una buena valoración no garantiza compatibilidad técnica ni cubre los gastos y restricciones de importación.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.71

4.71 Soldadura con estaño: práctica

Una soldadura confiable depende de la preparación de la superficie, la transferencia controlada de calor y la inmovilidad de la unión mientras el estaño solidifica.

Una reparación confiable requiere una unión mecánica y eléctrica correcta. La zona debe estar limpia, el soldador a temperatura adecuada y la cantidad de estaño debe ser suficiente para formar una unión continua sin puentes hacia terminales vecinos. La técnica correcta exige calentar la unión y no simplemente derretir estaño sobre una superficie fría. Una soldadura opaca, agrietada o con forma irregular puede indicar mala transferencia térmica o contaminación. También es importante evitar tiempos excesivos de calentamiento que dañen pistas, encapsulados o conectores. La práctica sobre placas descartadas permite adquirir control antes de intervenir una placa costosa.

En este tema

Preparación del puesto	Extracción del componente
Limpieza de la zona	Formación de la soldadura
Terminación y protección	

Desarrollo técnico

Preparación del puesto

La práctica comienza sujetando la placa para trabajar con ambas manos y mantener estable la zona. El soldador debe tener la punta limpia y estañada. Antes de retirar un componente se identifica su posición, polaridad y función, y se verifica que el circuito esté desenergizado y sin carga almacenada.

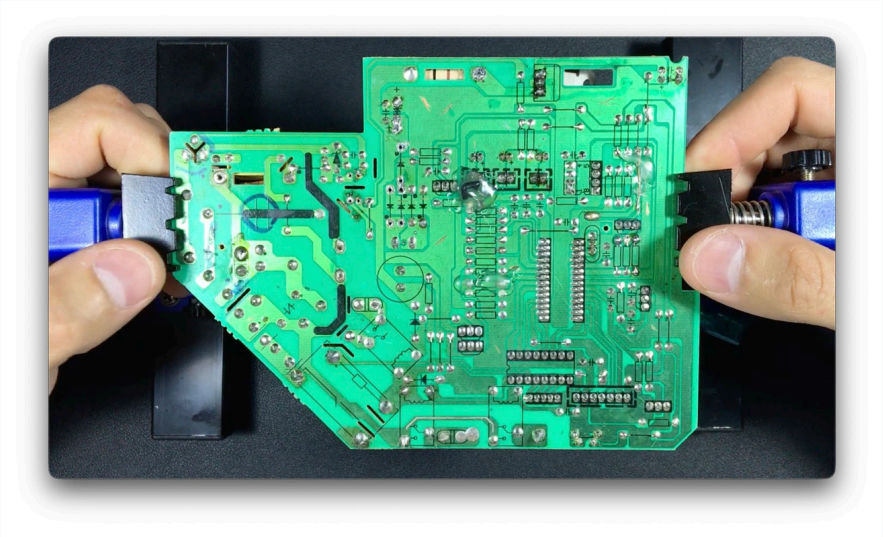

Figura 270. Placa sujeta en el soporte de trabajo

Extracción del componente

Para desoldar puede agregarse una pequeña cantidad de estaño nuevo. El material fresco mejora la transferencia térmica y ayuda a fundir una unión envejecida. Una vez líquida, la soldadura se retira con bomba de vacío o malla de cobre, sin tirar del terminal mientras permanezca adherido a la isla.

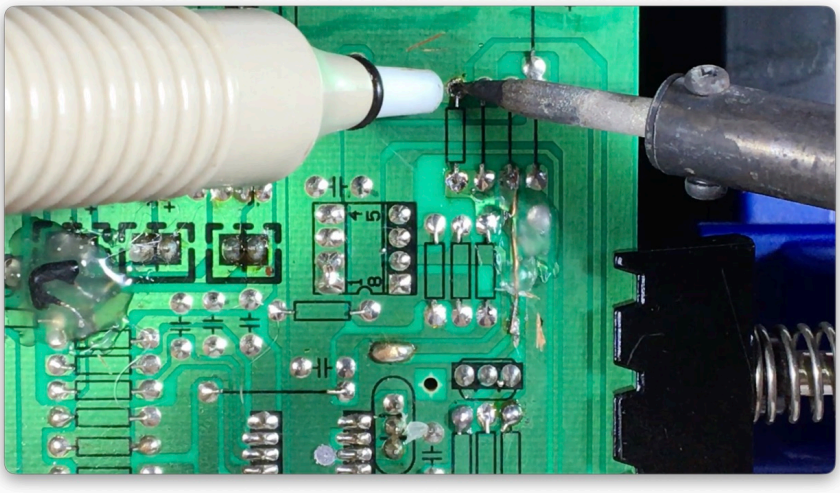

Figura 271. Extracción de estaño con bomba de vacío

Limpieza de la zona

La malla desoldante se apoya sobre la unión y se calienta desde arriba. Absorbe los restos y deja la superficie preparada para el repuesto. El calor se aplica el tiempo indispensable; mantenerlo demasiado puede levantar pistas, deformar conectores o dañar componentes cercanos.

El componente nuevo se presenta con sus terminales en la posición correcta y se fija para que no se mueva. La punta del soldador toca simultáneamente terminal e isla; el estaño se aporta sobre las superficies calentadas y debe extenderse alrededor de ambas. Una unión voluminosa no es necesariamente mejor y puede ocultar un contacto deficiente.

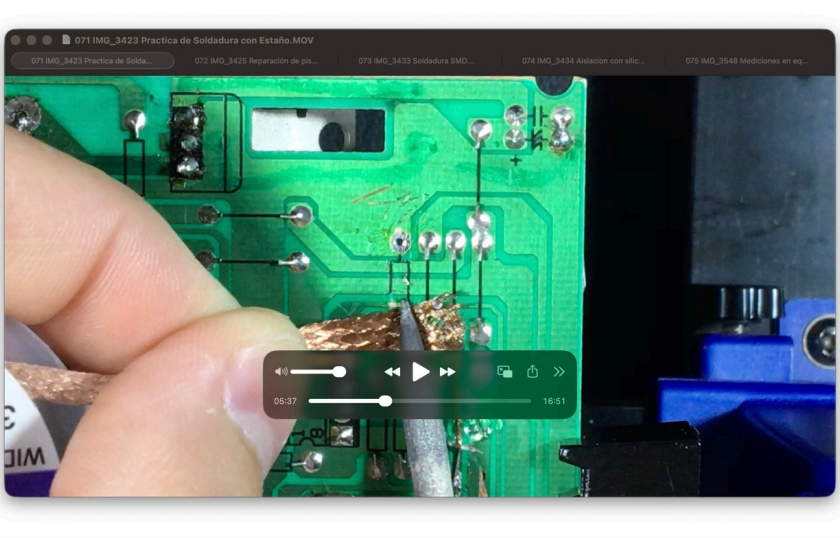

Figura 272. Limpieza con malla de cobre

Formación de la soldadura

Durante la solidificación no se mueve el componente. Después se cortan los sobrantes, se inspecciona la forma de la unión y se comprueba que no existan puentes hacia pistas vecinas. La zona se limpia para poder observar grietas, residuos o daños producidos durante la intervención.

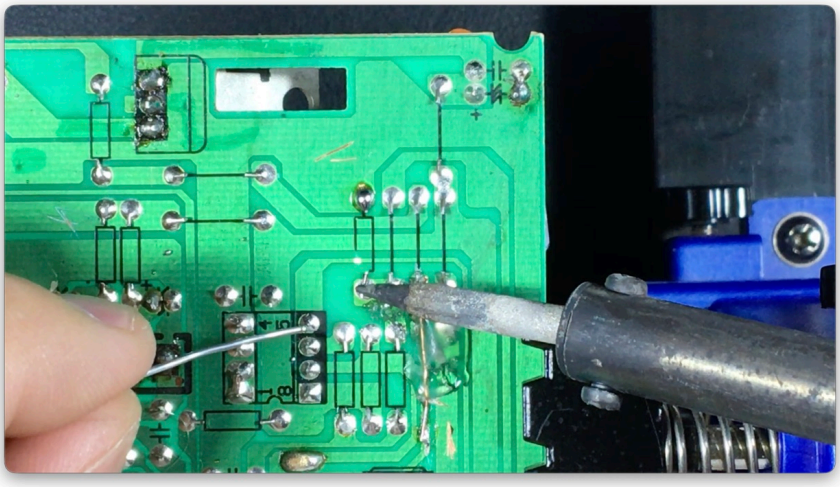

Figura 273. Soldadura del componente instalado

Terminación y protección

La terminación incluye devolver protección mecánica y ambiental cuando corresponde. El material debe ser compatible con electrónica y no interferir con disipadores, conectores o puntos que podrían necesitar una medición futura.

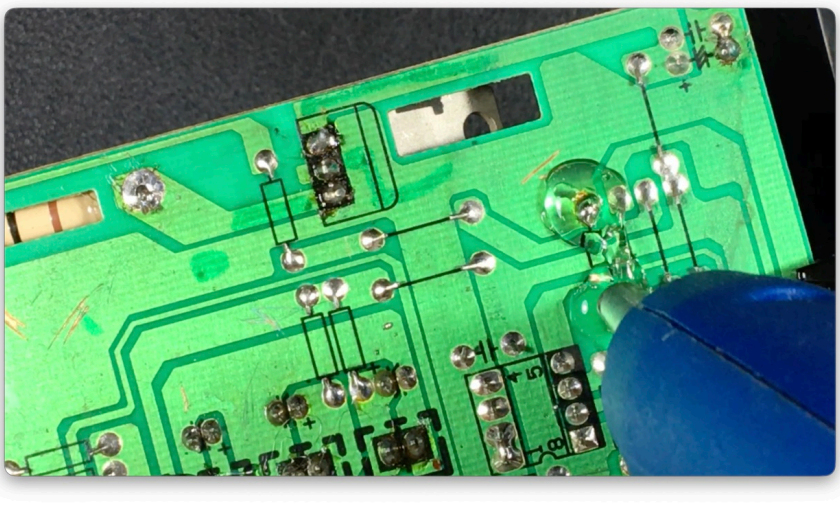

Figura 274. Aplicación de adhesivo termofusible

PUNTO TÉCNICO ICIA
El terminal y la isla se calientan juntos. El estaño debe mojar ambas superficies y la unión debe permanecer inmóvil durante el enfriamiento.

ERROR COMÚN
Tirar de un componente antes de retirar completamente el estaño puede levantar la isla de cobre y cortar la pista.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.72

4.72 Reparación de pistas

Una pista dañada debe restituir la continuidad y conservar resistencia mecánica. El puente conductor se prepara, suelda y verifica sin crear contactos con pistas vecinas.

Cuando una pista se interrumpe, puede restaurarse la continuidad mediante un puente conductor correctamente dimensionado y fijado. Antes de realizarlo debe eliminarse material quemado o inestable y localizar puntos sanos a ambos lados de la zona dañada. El puente no debe apoyarse sobre partes carbonizadas que puedan conducir de forma imprevisible. Después de soldar se comprueba continuidad y se verifica que no existan cortocircuitos con pistas cercanas. La reparación debe seguir el trayecto original del circuito y respetar la corriente que circulará por él; no todas las pistas admiten un conductor del mismo calibre.

En este tema

Identificación de la pista dañada	Preparación del cobre
Colocación del puente	Comprobación final

Desarrollo técnico

Identificación de la pista dañada

Una pista interrumpida puede reconocerse visualmente y confirmarse con continuidad. Antes de reparar se determina desde dónde hasta dónde debía conducir y si transporta señal, alimentación o corriente elevada. Esa función define la sección y el recorrido del puente.

Preparación del cobre

El barniz se retira con cuidado a ambos lados del corte hasta exponer cobre sano. No se debe profundizar ni raspar una superficie mayor de la necesaria. Las zonas expuestas se limpian y se estañan por separado para facilitar la unión posterior.

Colocación del puente

El conductor se corta a la medida, se pela y se preestaña. Se coloca siguiendo un recorrido corto, sin tensión mecánica y sin cruzar puntos peligrosos. Al apoyarlo sobre las áreas estañadas suele bastar con recalentar; agregar exceso de material aumenta el riesgo de puentes.

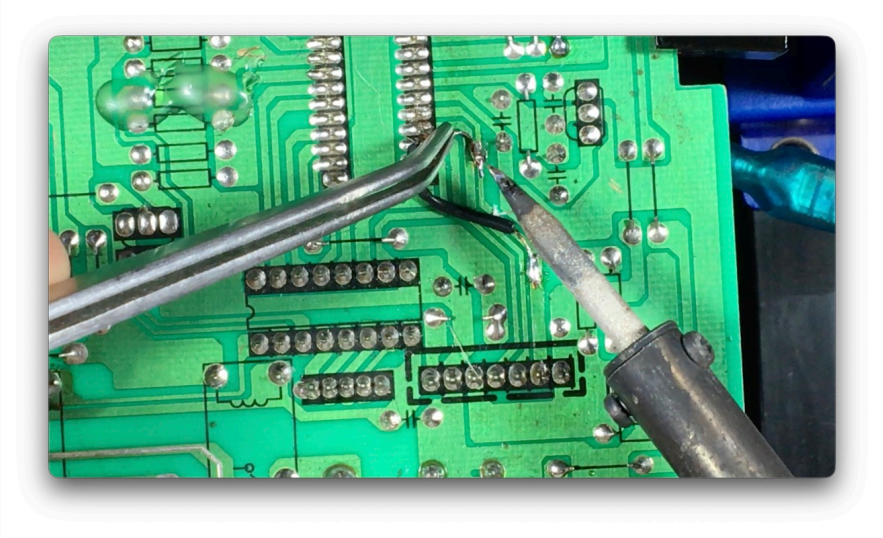

Figura 275. Puente conductor sobre una pista interrumpida

Comprobación final

Después de soldar se mide continuidad de extremo a extremo y aislamiento respecto de pistas vecinas. El cable se fija para que vibraciones o movimientos no carguen la soldadura y finalmente se repone la protección de la zona.

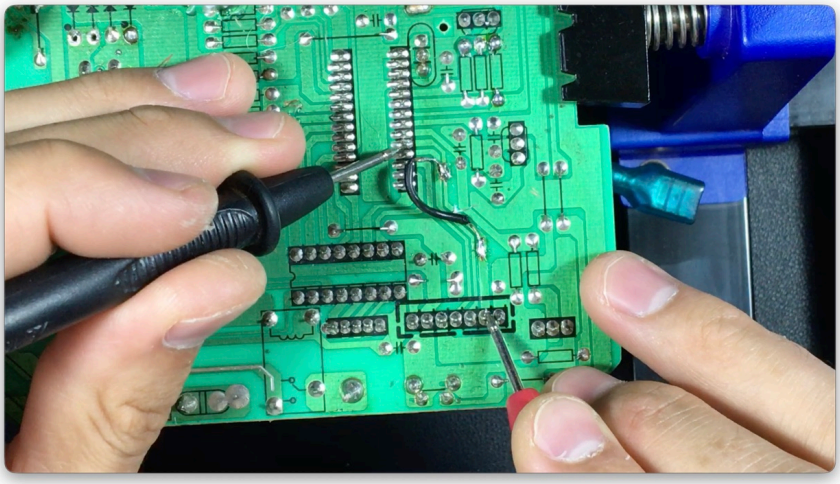

Figura 276. Comprobación de continuidad después de reparar

PUNTO TÉCNICO ICIA
Después del puente se mide continuidad y se inspecciona que no existan contactos accidentales con pistas cercanas.

ERROR COMÚN
Un puente largo, sin fijación o con sección insuficiente puede calentarse, vibrar o tocar otra zona del circuito.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.73

4.73 Reemplazo de componentes SMD

El reemplazo de componentes SMD exige identificar el valor correcto, controlar el calor y trabajar con ampliación para no levantar islas ni formar puentes de estaño.

Los componentes de montaje superficial requieren mayor control por su tamaño y la proximidad entre terminales. El uso de flux, pinzas adecuadas y una punta de soldador apropiada facilita posicionar el componente y formar uniones limpias. Durante el reemplazo debe cuidarse la orientación de componentes polarizados y evitar desplazar piezas vecinas. Después de soldar se inspecciona visualmente y, cuando corresponde, se comprueba continuidad o ausencia de cortocircuitos. La práctica debe priorizar precisión sobre velocidad, porque un puente microscópico de estaño puede provocar una falla difícil de localizar.

En este tema

Identificación del componente SMD	Extracción y limpieza
Colocación del repuesto	Soldadura y verificación

Desarrollo técnico

Identificación del componente SMD

Los componentes SMD ocupan poca superficie y suelen identificarse mediante códigos. Antes de retirarlos se fotografía la ubicación, se determina el valor y se confirma la orientación cuando existe polaridad. Una lupa o microscopio reduce el riesgo de confundir encapsulados similares.

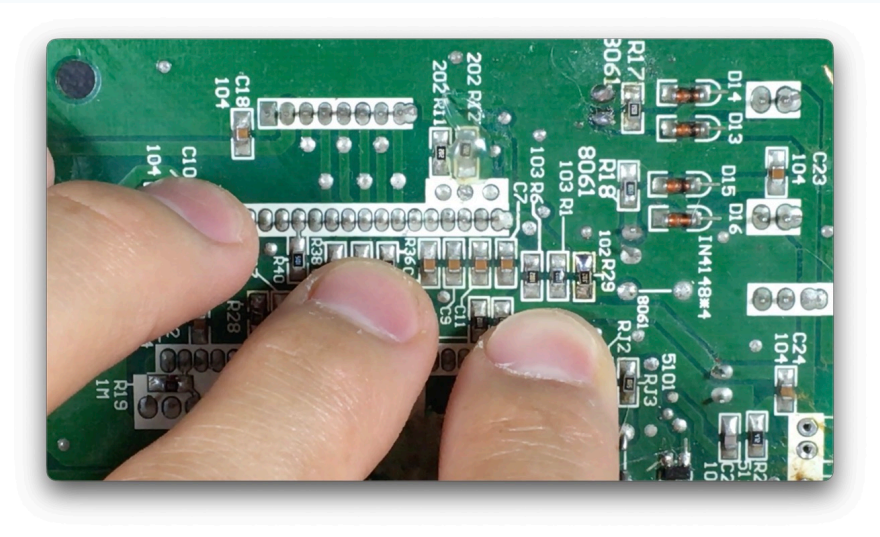

Figura 277. Componentes SMD en la placa electrónica

Extracción y limpieza

La extracción se realiza calentando las terminales de forma controlada. Según el componente pueden utilizarse dos puntas, aire caliente o aporte de estaño para mantener ambos lados fundidos. No se fuerza la pieza: si todavía ofrece resistencia, alguna conexión continúa adherida.

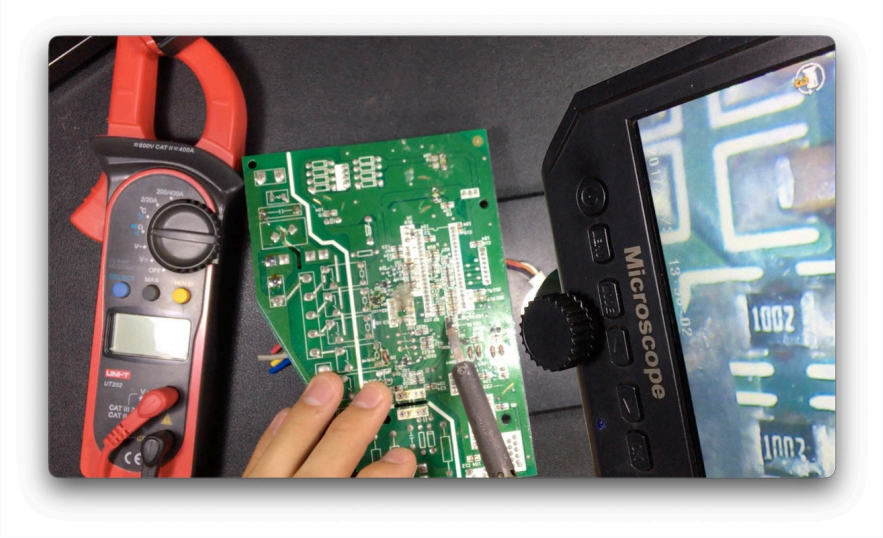

Figura 278. Resistencia ampliada con el microscopio

Colocación del repuesto

Después de retirar el componente se limpian las islas con malla desoldante. En esta zona no conviene usar una succión brusca que pueda desplazar piezas cercanas. La superficie debe quedar plana, sin restos que impidan apoyar correctamente el repuesto.

El componente nuevo se coloca con pinzas y se fija primero en una terminal. Tras verificar alineación, se suelda el resto. El aporte debe ser suficiente para formar una unión continua, pero no tanto como para cubrir códigos, unir terminales o impedir la inspección.



Figura 279. Tamaño real del componente SMD

Soldadura y verificación

La reparación termina con una revisión ampliada, continuidad cuando corresponda y medición del valor. En resistencias SMD, el código permite conocer el valor nominal, pero la medición confirma el estado real y puede verse afectada por componentes conectados en paralelo.

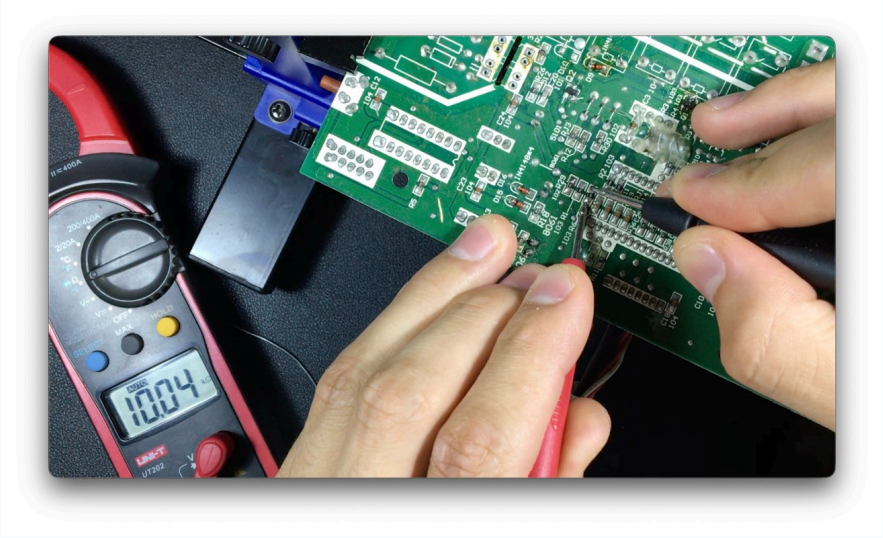

Figura 280. Verificación de una resistencia de 10 kΩ

PUNTO TÉCNICO ICIA
El código del componente orienta el valor nominal, pero la compatibilidad también depende del encapsulado, la potencia, la tolerancia y la función en el circuito.

ERROR COMÚN
Aplicar calor durante demasiado tiempo puede despegar las islas y dañar componentes vecinos.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.74

4.74 Aislamiento y protección de la reparación

La reparación no termina cuando el circuito vuelve a funcionar: la zona intervenida debe quedar limpia, aislada y protegida con un material compatible con electrónica.

Después de una reparación puede ser necesario restituir la protección superficial de la placa, especialmente cuando se retiró barniz o se trabajó sobre pistas expuestas. El recubrimiento ayuda a aislar el cobre y a protegerlo frente a humedad y contaminación. La protección se aplica sólo después de confirmar eléctricamente que la reparación funciona. Cubrir una zona antes de terminar las pruebas dificulta una corrección posterior. También deben evitarse conectores, disipadores y superficies que no deban recibir recubrimiento. El acabado final debe proteger sin ocultar una reparación defectuosa.

En este tema

Protección original de la placa	Limpieza de la intervención
Selección del material	Aplicación y terminación

Desarrollo técnico

Protección original de la placa

Las placas suelen incluir barniz o recubrimiento que limita humedad, suciedad y corrosión. Al desoldar, raspar o limpiar se elimina parte de esa protección y la zona queda más expuesta que antes de la intervención.

Limpieza de la intervención

La reparación se verifica eléctricamente antes de cubrirla. Luego se retiran residuos de flux y suciedad, se deja secar la superficie y se comprueba que no sea necesario volver a medir o reajustar el componente.

Selección del material

El material elegido debe estar especificado para electrónica. No todas las siliconas, adhesivos o recubrimientos tienen el mismo comportamiento: algunos liberan sustancias corrosivas, se ablandan con temperatura o forman una barrera que perjudica la disipación.

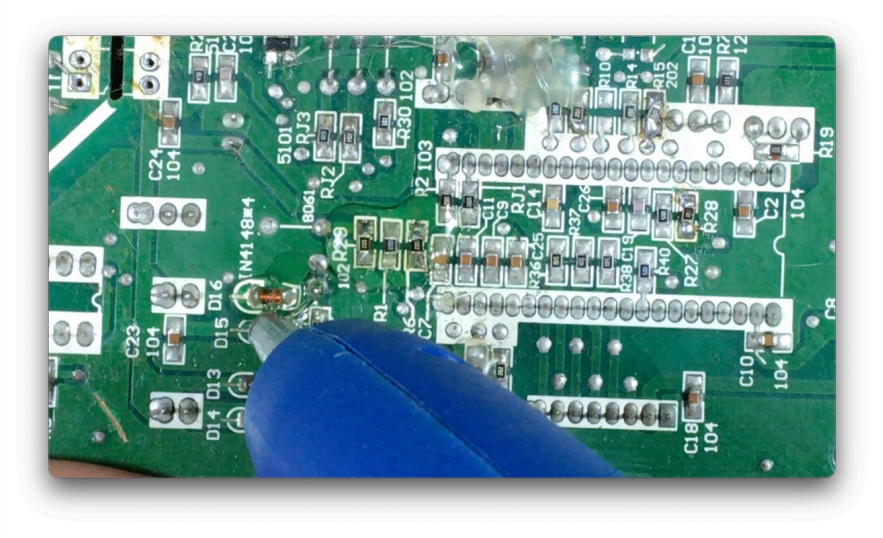

Figura 281. Protección de la zona reparada

Aplicación y terminación

La aplicación debe cubrir la intervención sin invadir conectores, disipadores, relés o puntos de prueba. Una terminación prolija protege el trabajo y también permite reconocer en el futuro qué zona fue reparada.



Figura 282. Pistola aplicadora y barras de adhesivo

PUNTO TÉCNICO ICIA
La reparación se prueba antes de recubrir. La superficie debe quedar limpia y seca, y el material de protección debe ser apto para electrónica.

ERROR COMÚN
No cualquier silicona o adhesivo es apto para electrónica; algunos productos son corrosivos o dificultan la disipación térmica.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.75

4.75 Mediciones en equipos: preparación y puntos de prueba

Antes de medir una placa instalada se identifican sus bloques, conectores, referencias y puntos de prueba. Esta preparación reduce errores y evita desmontajes innecesarios.

El diagnóstico sobre el equipo instalado permite comprobar numerosos componentes desde la placa sin desmontar inmediatamente cada elemento. La estrategia comienza con el equipo desenergizado para continuidad, resistencias y comprobaciones de semiconductores; las pruebas con tensión se reservan para puntos definidos. Trabajar desde los conectores y pistas de la placa permite evaluar cableado, reactor, compresor, ventilador y etapas de potencia en su conjunto. Si una lectura es anormal, se desconecta el componente para separar la falla. Este procedimiento reduce desmontajes innecesarios y mantiene una secuencia lógica desde la alimentación hacia las cargas.

En este tema

Acceso a la placa exterior	Identificación de conexiones
Fuente y etapa de potencia	Puntos de prueba
Preparación segura	

Desarrollo técnico

Acceso a la placa exterior

Con la unidad exterior parcialmente abierta se identifica la placa sin desmontarla por completo. El primer paso consiste en reconocer alimentación, conexiones del compresor, reactor, ventilador, sensores y comunicación. Las etiquetas de la placa orientan, pero siempre se siguen las pistas y el diagrama del modelo.

Identificación de conexiones

Las salidas U, V y W conducen hacia el motocompresor. Otras bornas corresponden a línea, neutro, reactor y enlace con la unidad interior. Confundirlas puede producir una medición sin sentido o un daño, por lo que se registra la ubicación antes de conectar instrumentos.

Fuente y etapa de potencia

En el sector de potencia se localizan puente rectificador, capacitor del bus, PFC cuando existe e IPM. La fuente auxiliar incluye conmutador, transformador y rectificación secundaria. Esta división permite decidir si la falla está en la preparación de energía, el control o el accionamiento de las cargas.

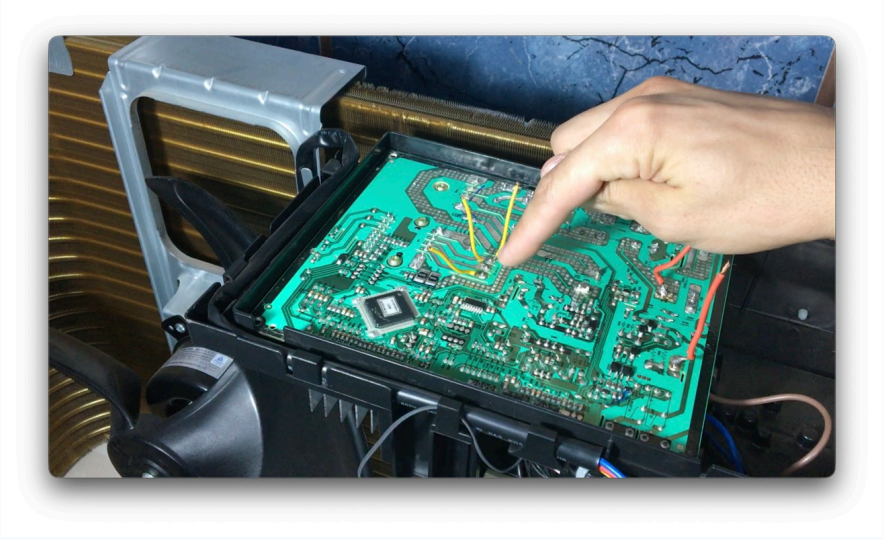

Figura 283. Acceso a los puntos de prueba de la unidad exterior

Puntos de prueba

Los puntos marcados de 5 V y 15 V facilitan comprobar las alimentaciones lógicas y de mando. También se localizan conectores de sensores, optoacopladores de comunicación y puerto de diagnóstico. Cada punto debe medirse contra su referencia correspondiente.

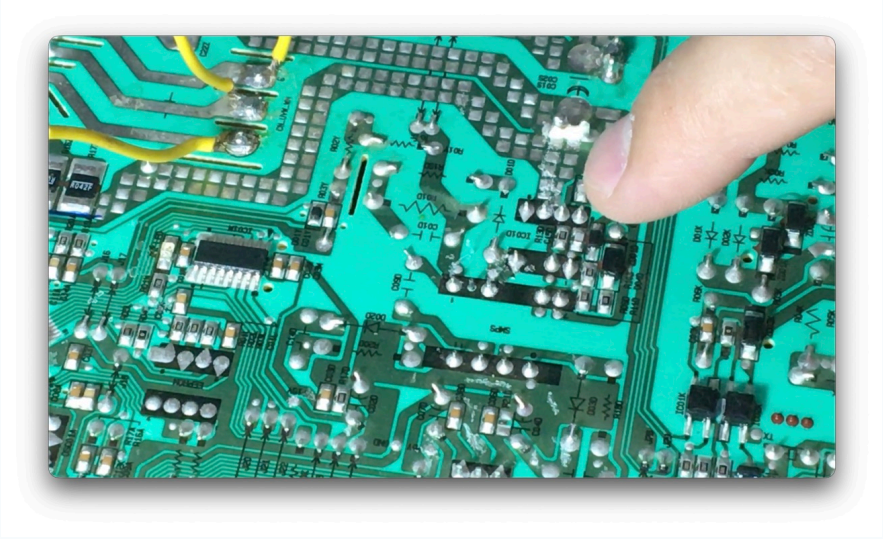

Figura 284. Localización de puntos de prueba

Preparación segura

Si el barniz impide el contacto, se utilizan puntas finas o se prepara un acceso con el equipo desenergizado. No se improvisan cables sobre una placa activa. El bus DC se descarga y se verifica antes de tocar, soldar o sujetar cualquier conexión auxiliar.

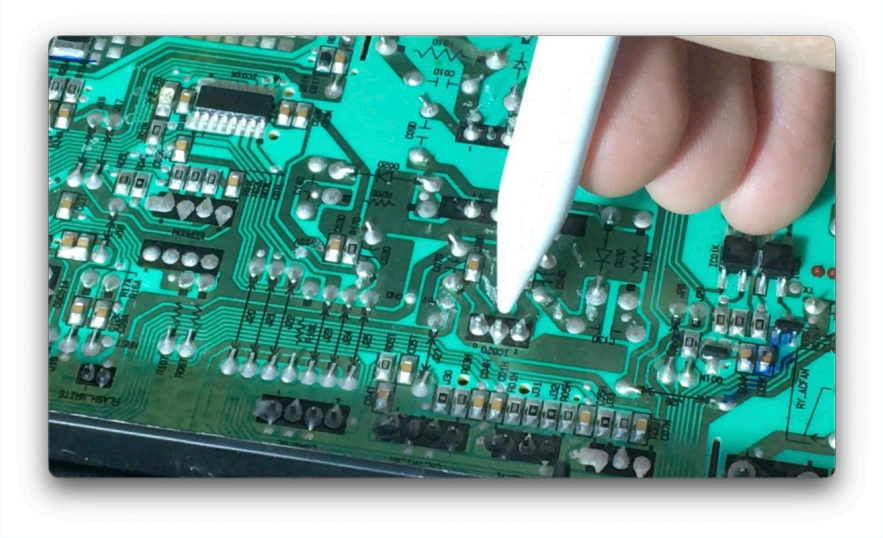

Figura 285. Identificación de otros puntos de medición

PUNTO TÉCNICO ICIA
Cada medición necesita una referencia definida. La masa de control y el negativo del bus no deben suponerse equivalentes.

ERROR COMÚN
Preparar cables o raspar barniz sobre una placa energizada expone al técnico a tensión peligrosa y puede provocar un cortocircuito.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.76

4.76 Entrada de energía en la unidad exterior

El diagnóstico de la unidad exterior comienza siguiendo la energía desde la entrada, a través de las protecciones, hasta el rectificador y el bus de continua.

La prueba debe interpretarse considerando que algunos caminos atraviesan bobinas o elementos que presentan baja resistencia normal. No se busca que todos los puntos tengan cero ohmios, sino confirmar que el trayecto esperado no está abierto. Cuando la continuidad se pierde, se acota la zona midiendo antes y después de cada componente.

En este tema

Recorrido de línea y neutro	Protecciones de entrada
Continuidad y resistencia	Comprobación de la PTC

Desarrollo técnico

Recorrido de línea y neutro

La entrada de energía se sigue desde línea y neutro con el equipo desconectado. Se identifican bornera, fusible, filtro, PTC o limitador de corriente, relé y pistas que llegan al puente rectificador.

Protecciones de entrada

La continuidad permite comprobar si el recorrido está interrumpido. Un fusible abierto no se reemplaza sin buscar la causa; un conector recalentado, una pista dañada o una PTC abierta también pueden impedir que el bus reciba alimentación.

Continuidad y resistencia

Comprobación de la PTC

La PTC limita la corriente inicial de carga de los capacitores y luego puede quedar puenteada por un relé. Su resistencia se interpreta en frío y según el diseño. Medirla sin conocer los caminos paralelos de la placa puede producir valores engañosos.

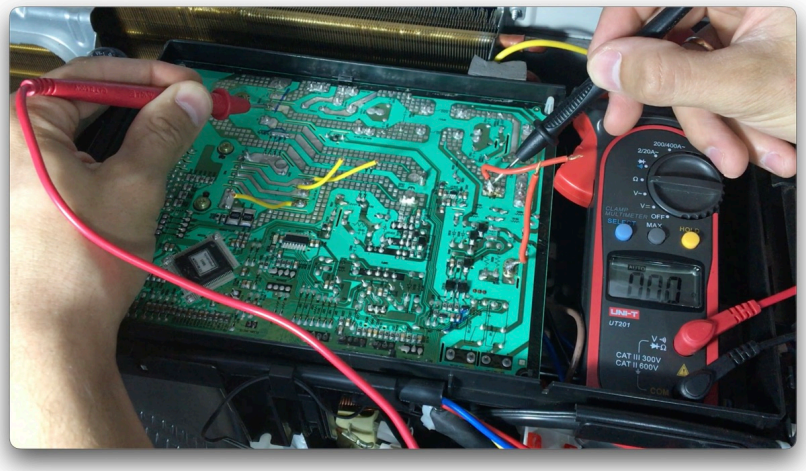

Figura 286. Comprobación del recorrido de entrada de alimentación

PUNTO TÉCNICO ICIA
Con el equipo desenergizado se comprueba continuidad desde la entrada hasta el rectificador y se verifica la descarga del bus antes de tocar la placa.

ERROR COMÚN
La ausencia de tensión de red no demuestra que el capacitor principal esté descargado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.77

4.77 Medición del puente de diodos en la unidad exterior

El puente de diodos se comprueba comparando las uniones internas en ambos sentidos. La interpretación debe considerar los caminos paralelos que existen cuando se mide sobre la placa.

Desde la propia placa pueden repetirse las comprobaciones del puente rectificador, utilizando la entrada AC y los terminales del bus. La comparación de los cuatro trayectos permite detectar una rama en cortocircuito o abierta sin retirar inicialmente el componente. Antes de medir deben descargarse los capacitores. Si las lecturas están influenciadas por otros elementos, se confirma aislando el puente. Esta prueba resulta especialmente útil cuando el fusible se abre o cuando el bus DC no aparece pese a existir tensión de red en la entrada.

En este tema

Identificación del puente	Modo diodo
Comparación de lecturas	Interpretación en placa

Desarrollo técnico

Identificación del puente

El puente rectificador puede comprobarse desde sus terminales de alterna y los polos positivo y negativo. La función diodo del multímetro permite observar la conducción de cada unión interna.

Modo diodo

La medición se repite invirtiendo las puntas. En un sentido aparece una caída y en el opuesto una condición abierta. Las cuatro ramas deben mostrar resultados comparables, aunque el valor exacto depende del componente y del circuito asociado.

Comparación de lecturas

Interpretación en placa

Cuando se mide en placa, capacitores, resistencias y semiconductores pueden alterar la lectura. Si una rama se diferencia claramente o existe un corto, se confirma descargando el bus y aislando el puente antes de condenarlo.

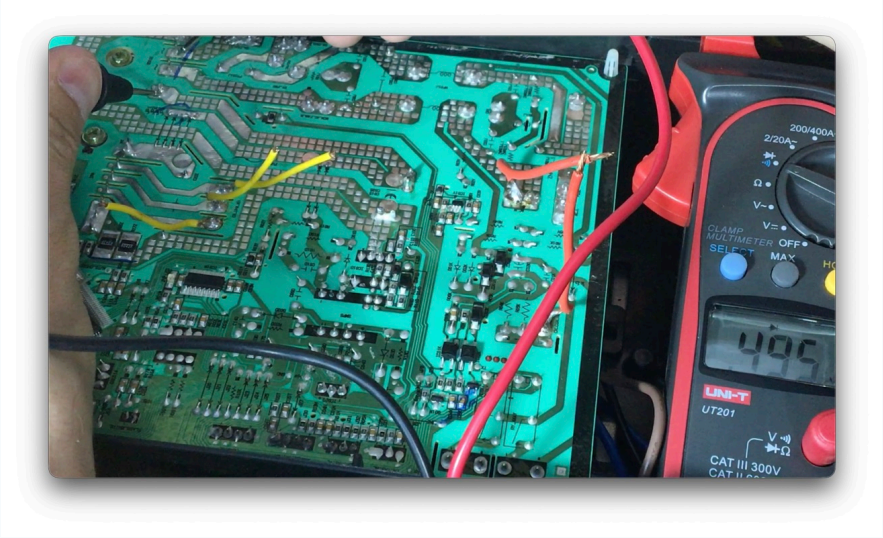

Figura 287. Prueba del puente de diodos en la unidad exterior

PUNTO TÉCNICO ICIA
Las cuatro uniones del puente deben mostrar un comportamiento comparable; una lectura en placa se confirma aislando el componente cuando los caminos paralelos generan dudas.

ERROR COMÚN
La función de resistencia o diodo nunca se utiliza con la placa energizada.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.78

4.78 Medición del IPM sin energía

Las pruebas estáticas del IPM permiten buscar cortocircuitos o diferencias entre sus ramas antes de energizar, pero no sustituyen una comprobación dinámica bajo condiciones controladas.

El IPM puede evaluarse desde sus conexiones al bus y a U-V-W sin desmontarlo. Se realizan mediciones comparativas entre las tres fases y los polos positivo y negativo, buscando simetría y ausencia de cortocircuitos francos. Esta prueba permite detectar daños evidentes, pero no confirma por sí sola el funcionamiento dinámico. Un módulo puede superar la prueba estática y fallar bajo carga o no recibir sus señales de mando. Por ello, el resultado debe combinarse con medición del compresor, alimentación de control, códigos de error y, cuando sea seguro, observación de la salida durante el intento de arranque.

En este tema

Descarga del bus DC	Identificación de terminales
Pruebas estáticas del IPM	Comparación entre ramas

Desarrollo técnico

Descarga del bus DC

Antes de comprobar el IPM se desconecta el equipo y se mide la tensión del bus hasta confirmar su descarga. El módulo se localiza siguiendo positivo, negativo y salidas U, V y W.

Identificación de terminales

En modo diodo se comparan las uniones entre cada salida y los dos polos del bus. Las tres fases deben presentar un patrón semejante. Un cortocircuito franco o una diferencia marcada orienta hacia daño interno.

Pruebas estáticas del IPM

Las lecturas sobre la placa pueden verse afectadas por resistencias, diodos y bobinados conectados. Cuando existen dudas se separa el compresor o se aísla el terminal correspondiente para distinguir el módulo de la carga.

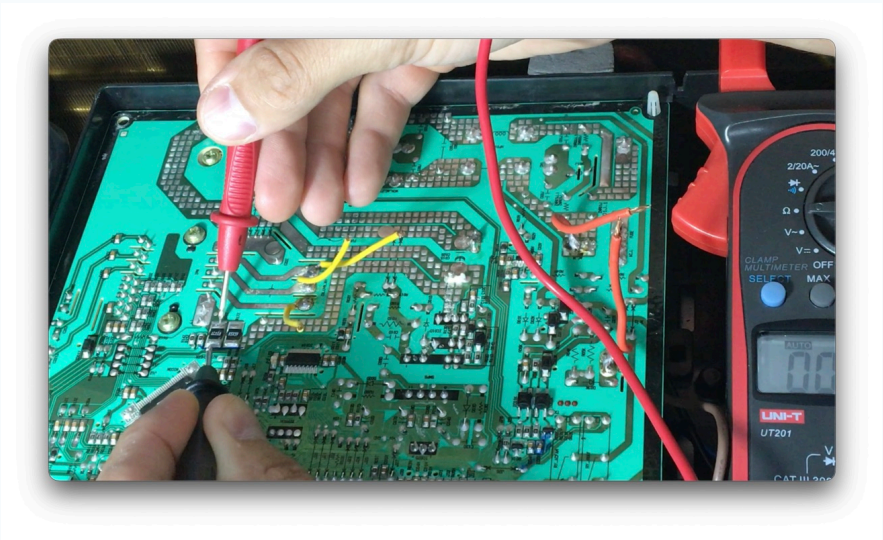

Figura 288. Comprobación del IPM con el equipo desenergizado

Comparación entre ramas

Una prueba estática correcta no demuestra que los transistores conmuten bajo tensión. El resultado sirve para descartar cortos evidentes y decidir si es seguro continuar con otras comprobaciones.

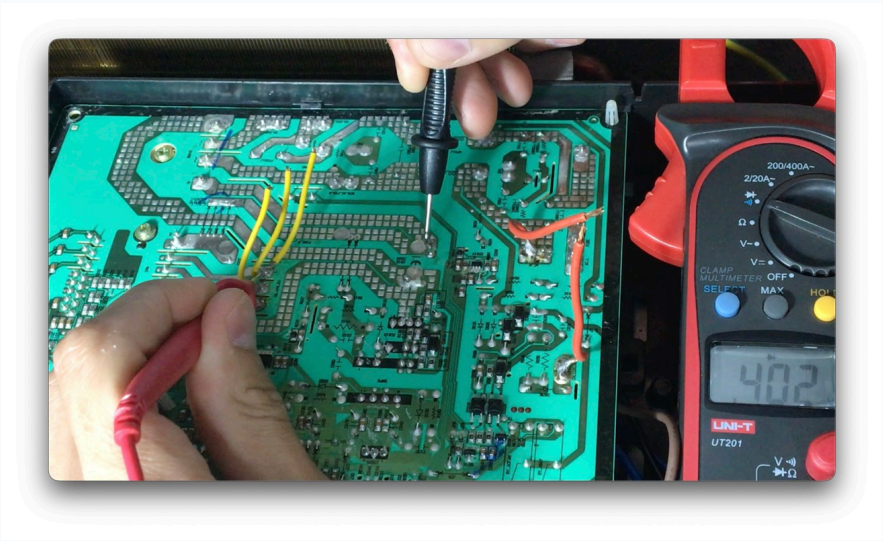

Figura 289. Puntos de medición en el sector del IPM

PUNTO TÉCNICO ICIA
Las mediciones estáticas sirven para comparar ramas del IPM y detectar cortocircuitos, no para afirmar por sí solas que el módulo conmuta correctamente.

ERROR COMÚN
Medir el IPM sin descargar el bus puede dañar el instrumento y causar una descarga eléctrica grave.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.79

4.79 Medición del motocompresor desde la tarjeta

El motocompresor inverter puede evaluarse desde los terminales de la tarjeta comparando las resistencias entre U, V y W y verificando el aislamiento respecto de la carcasa.

Los conectores de la placa permiten medir continuidad del reactor, resistencias del compresor y características básicas del ventilador sin acceder físicamente a cada componente. Si los valores son normales desde la placa, también se está comprobando parte del cableado intermedio. Cuando aparece una anomalía, el siguiente paso es desconectar el componente y medirlo directamente. Si el valor se normaliza, el problema puede estar en la placa o en otro camino asociado; si permanece incorrecto, el componente o su cableado es el principal sospechoso. Esta comparación entre conectado y aislado es una herramienta diagnóstica muy eficaz.

En este tema

Terminales U, V y W	Medición entre devanados
Equilibrio de resistencias	Aislamiento a carcasa

Desarrollo técnico

Terminales U, V y W

Las conexiones del compresor llegan a U, V y W de la tarjeta. Con el equipo desenergizado y el bus descargado, es posible medir los devanados desde ese conector sin acceder físicamente al compresor.

Medición entre devanados

Se comparan U-V, U-W y V-W. Las tres resistencias deben ser cercanas porque los devanados son simétricos. Valores muy diferentes orientan hacia conexión defectuosa, cable dañado o problema interno del motor.

Equilibrio de resistencias

También se comprueba que ninguna fase tenga continuidad hacia la carcasa. Esta prueba básica no detecta todos los problemas de aislamiento; cuando el procedimiento lo requiere se utiliza un instrumento adecuado y se respetan las indicaciones del fabricante.

Aislamiento a carcasa

Una resistencia equilibrada confirma únicamente la condición eléctrica estática. El rotor todavía podría estar bloqueado o el compresor fallar bajo carga, por lo que el resultado se integra con corriente, señales del IPM y comportamiento frigorífico.

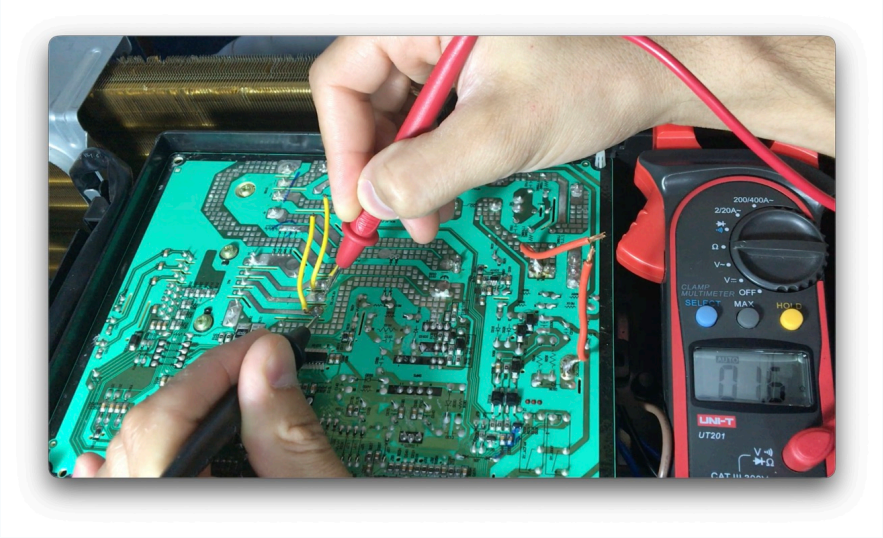

Figura 290. Medición del compresor desde sus conexiones en la placa

PUNTO TÉCNICO ICIA
Las tres resistencias entre U, V y W deben ser semejantes; además, ninguna fase debe presentar continuidad hacia la carcasa.

ERROR COMÚN
Un compresor inverter no debe conectarse directamente a la red monofásica para probarlo.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.80

4.80 Medición de voltajes con el equipo en funcionamiento

Con el equipo en funcionamiento se comprueban la alimentación de entrada, el bus DC, las fuentes auxiliares y las señales de potencia, siempre con referencias e instrumentos adecuados.

Una placa energizada permite verificar tensiones que no existen en reposo: bus DC, fuentes auxiliares, comunicación, alimentación de ventiladores y señales de control. Estas pruebas deben planificarse con puntos de test seguros y con el instrumento configurado antes de encender el equipo. El técnico debe saber qué referencia utilizar y qué rango de tensión espera encontrar. La ausencia de un valor debe llevar a revisar la etapa que lo genera; una tensión presente que cae al conectar la carga puede indicar sobreconsumo o incapacidad de la fuente. El método busca observar el comportamiento del circuito y no simplemente registrar números.

En este tema

Tensión de entrada	Bus de continua
Alimentaciones auxiliares	Salidas PWM del IPM
Interpretación del instrumento	

Desarrollo técnico

Tensión de entrada

Con el equipo energizado se verifica primero la tensión entre línea y neutro. Una alimentación baja o inestable puede explicar códigos y detenciones sin que la placa esté averiada. La lectura se registra mientras el equipo intenta arrancar, porque la caída puede aparecer sólo bajo carga.

Bus de continua

A continuación se mide el bus de continua en los capacitores principales. Su valor depende de la red y de la presencia del PFC. La punta y la referencia se colocan en puntos identificados, manteniendo distancia de seguridad.

Alimentaciones auxiliares

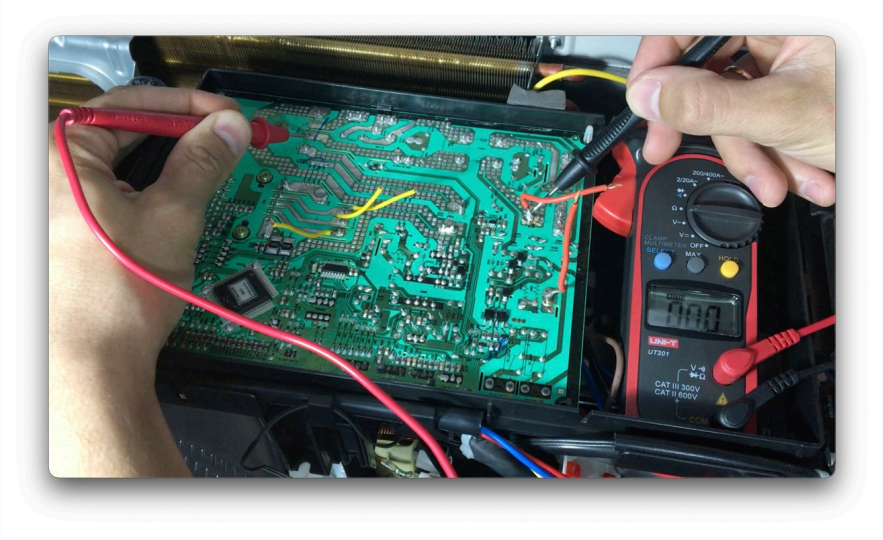

Figura 291. Lectura inicial del instrumento de medición

Salidas PWM del IPM

Las salidas de 5 V y 15 V muestran si la fuente auxiliar alimenta el procesador y los circuitos de mando. Si faltan todas, la búsqueda se concentra en la fuente; si existe lógica pero no accionamiento, se avanza hacia habilitaciones, drivers, IPM y protecciones.

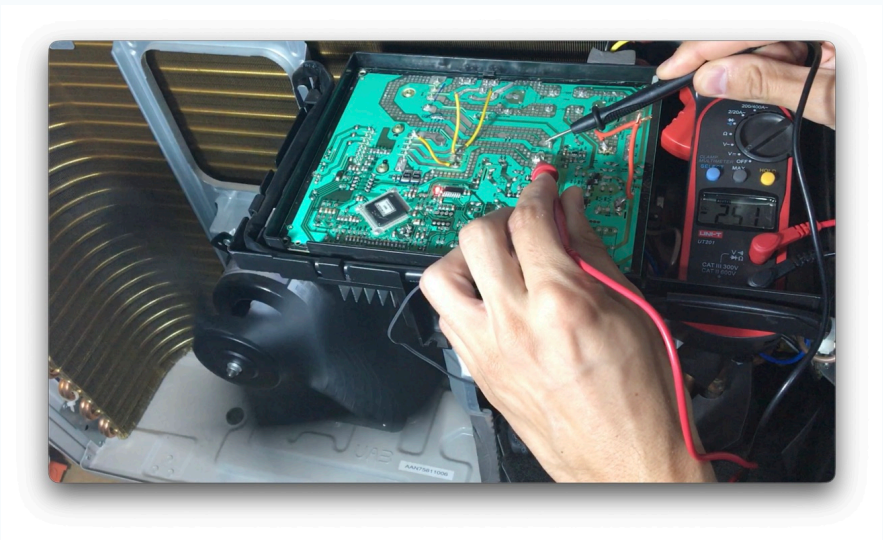

Figura 292. Unidad exterior en funcionamiento

Interpretación del instrumento

Las salidas U, V y W no forman una tensión senoidal fija. El multímetro puede mostrar valores variables o difíciles de comparar porque recibe pulsos PWM. El osciloscopio apropiado permite observar forma de onda y cambios de frecuencia, siempre con aislamiento y referencia compatibles.

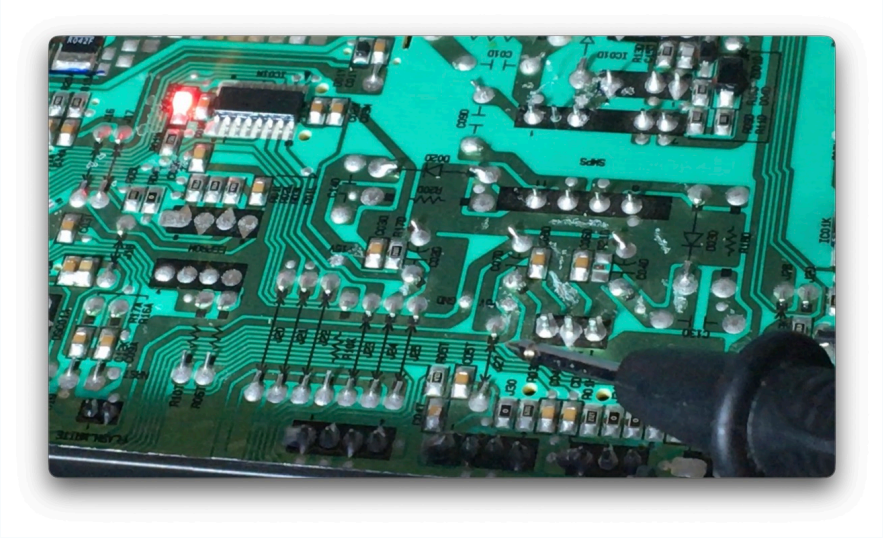

Figura 293. Punto de prueba en la placa energizada

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una salida PWM no se interpreta como una tensión senoidal convencional. Se seleccionan instrumento, escala y referencia según el punto medido.

ERROR COMÚN
La medición energizada sólo se realiza con capacitación, instrumentos adecuados y puntos de contacto seguros.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.81

4.81 Medición de la alimentación de 15 V del IPM

La alimentación auxiliar cercana a 15 V permite gobernar los dispositivos de potencia del IPM. Una falla en esta rama puede impedir el accionamiento aunque el bus DC sea correcto.

El diagnóstico del equipo instalado continúa verificando la alimentación auxiliar asociada al mando del IPM. En la placa utilizada como ejemplo, esa tensión se observa sobre capacitores vinculados a la etapa de excitación y aparece cuando el compresor entra en funcionamiento. La medición muestra que la presencia de bus DC no es suficiente: el módulo necesita además su alimentación de control. Si el compresor debería arrancar y la tensión auxiliar no aparece o cae de forma anormal, deben investigarse la fuente que la genera, diodos, capacitores, pistas y circuitos de accionamiento. Un valor estable alrededor del nivel previsto apoya la hipótesis de que esa parte de la alimentación está operativa.

En este tema

Función de los 15 V	Puntos de medición
Condición de arranque	Diagnóstico de la alimentación

Desarrollo técnico

Función de los 15 V

La etapa de mando del IPM utiliza una alimentación auxiliar cercana a 15 V en el equipo mostrado. Esta tensión permite accionar los drivers y debe aparecer en los capacitores y puntos de prueba asociados.

Puntos de medición

La medición se realiza respecto de la referencia indicada por el circuito, no necesariamente respecto del negativo del bus. Se observa el valor en reposo, durante la orden de arranque y cuando aparece una protección.

Condición de arranque

Diagnóstico de la alimentación

Si la tensión no está presente se revisan rectificación secundaria, capacitores, reguladores, pistas y señal de habilitación. Si aparece y colapsa al intentar arrancar, se investiga sobrecarga o falla en el circuito alimentado.

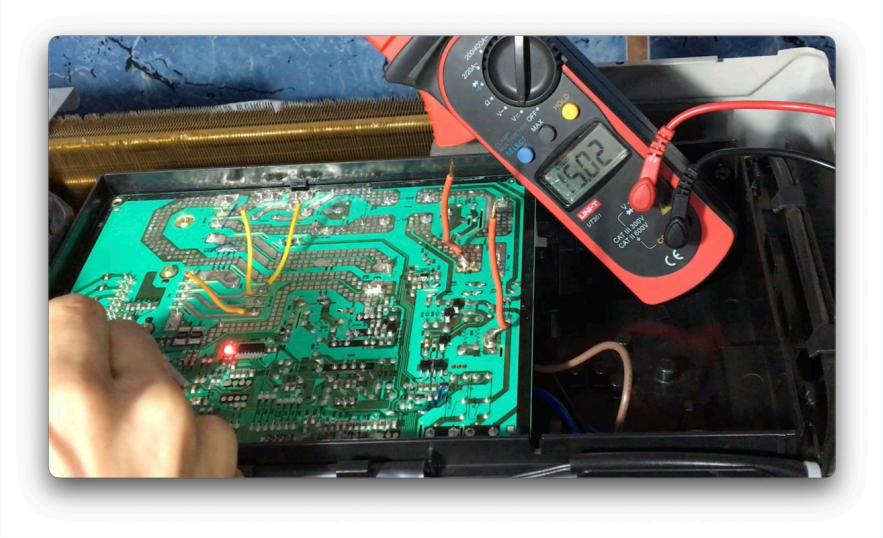

Figura 294. Medición en los capacitores de alimentación del IPM

PUNTO TÉCNICO ICIA
Si faltan los 15 V, se revisan fuente, capacitores, pistas y condición de habilitación antes de reemplazar el IPM.

ERROR COMÚN
Cambiar el IPM sin comprobar su alimentación auxiliar puede dejar sin resolver la causa de la falla.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.82

4.82 Medición de la señal de comunicación

La línea de comunicación presenta una tensión variable porque transporta pulsos. El multímetro confirma actividad aproximada; el osciloscopio permite observar la forma temporal.

La señal de comunicación puede comprobarse tanto en puntos de test de la placa como en la bornera que une las unidades. El multímetro en DC muestra un valor variable porque promedia los pulsos de información; esa variación constituye un indicio de actividad. Comparar ambos lugares permite localizar interrupciones. Si la señal aparece en el circuito interno pero no llega a la bornera, se revisan pistas y conexiones. Si existe en la bornera de una unidad pero no en la otra, se investiga el cableado de interconexión. La polaridad de las puntas puede invertir el signo mostrado por el instrumento sin que eso implique una falla.

En este tema

Conductor de señal	Referencia de medición
Variación de tensión	Actividad y validez de datos

Desarrollo técnico

Conductor de señal

La comunicación entre unidades se comprueba en el conductor de señal y en la referencia indicada por el fabricante. Un multímetro suele mostrar un valor medio que cambia porque integra los pulsos presentes en la línea.

Referencia de medición

La variación confirma actividad eléctrica, pero no indica por sí sola qué unidad transmite ni si el contenido es válido. Para observar paquetes, niveles y pausas se necesita un osciloscopio y una conexión segura para la referencia del circuito.

Variación de tensión

Actividad y validez de datos

Cuando existe transmisión pero no respuesta, se revisan alimentación de la otra unidad, cableado, borneras y circuitos de recepción. Los niveles no son universales y se comparan con la documentación del modelo.

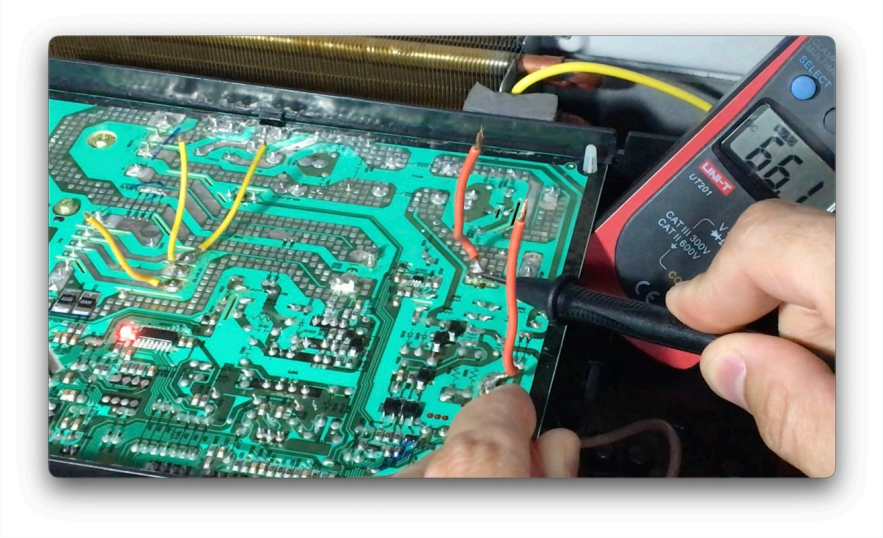

Figura 295. Medición de la señal de comunicación con el equipo energizado

PUNTO TÉCNICO ICIA
La presencia de una tensión variable confirma actividad eléctrica, pero no demuestra que los mensajes sean válidos ni que ambas unidades respondan.

ERROR COMÚN
Los niveles de comunicación cambian entre fabricantes; una cifra observada en un modelo no debe aplicarse como regla universal.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.83

4.83 Medición del IPM con tensión

La medición energizada del IPM muestra la conmutación PWM que alimenta al compresor. Su interpretación requiere comparar las tres fases y relacionar los cambios con la demanda.

La comparación entre pares permite buscar simetría y actividad. Una salida ausente en una rama o una forma marcadamente diferente puede orientar hacia la etapa de potencia, mientras que señales similares sugieren continuar el análisis sobre motor y condiciones de carga. La prueba requiere extrema precaución por la tensión presente y por la referencia del instrumento.

En este tema

Preparación del osciloscopio	Medición entre fases
Forma de onda PWM	Cambios de frecuencia y velocidad

Desarrollo técnico

Preparación del osciloscopio

El osciloscopio se prepara con sonda, atenuación y escala compatibles con la tensión conmutada. La conexión debe permitir observar entre fases sin unir accidentalmente una salida del IPM a tierra.

Medición entre fases

Se comparan U-V, U-W y V-W. Durante el funcionamiento aparecen pulsos PWM cuya envolvente representa la alimentación efectiva del motor. Las tres combinaciones deben mostrar un comportamiento coherente.

Forma de onda PWM

Al cambiar la demanda, el control modifica frecuencia y patrón de conmutación. La separación temporal de los pulsos y la forma general evolucionan junto con la velocidad del compresor.



Figura 296. Señal del IPM con el equipo en funcionamiento

Cambios de frecuencia y velocidad

La medición ayuda a distinguir ausencia de orden, pérdida de una fase y respuesta desigual. No sustituye las comprobaciones del compresor, la alimentación de 15 V y las protecciones del módulo.

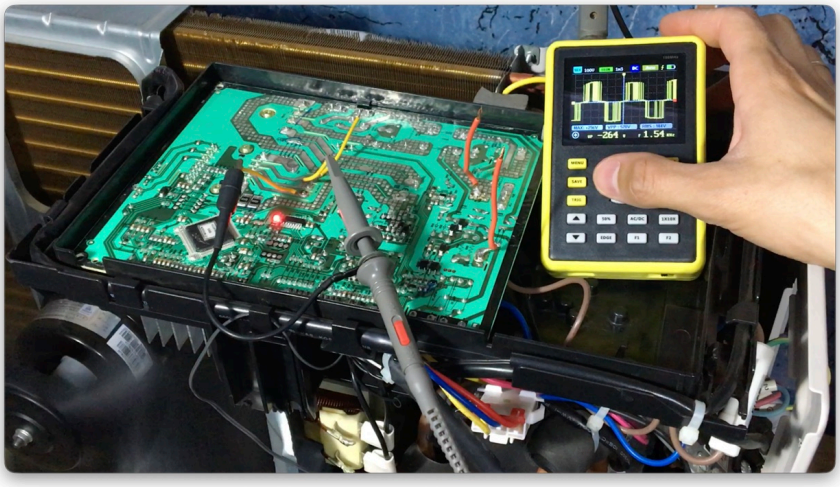

Figura 297. Variación de la señal durante el funcionamiento

PUNTO TÉCNICO ICIA
La comparación entre fases y la evolución de la señal aportan más información que una lectura aislada de amplitud.

ERROR COMÚN
Conectar la masa de un osciloscopio común a U, V o W puede producir un cortocircuito peligroso.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.84

4.84 Comportamiento del equipo inverter durante el apagado

Al recibir la orden de apagado, el equipo reduce y detiene las cargas siguiendo una secuencia controlada. Las señales y tensiones no desaparecen todas al mismo tiempo.

Al modificar la temperatura seleccionada, la placa ajusta el funcionamiento del compresor. La variación se refleja en la frecuencia efectiva de la salida Inverter y en el consumo del equipo. Cuando la demanda disminuye, el compresor reduce velocidad y, según la estrategia del fabricante, puede llegar a detenerse. Esta observación desmiente la idea de que un sistema Inverter nunca apaga el compresor. La característica distintiva es la capacidad de modular antes de recurrir al apagado. Durante el diagnóstico, cambios coherentes en la forma de onda y el consumo indican que el control responde a la condición térmica y modifica la etapa de potencia.

En este tema

Orden de apagado	Reducción de capacidad
Secuencia de detención	Descarga del bus

Desarrollo técnico

Orden de apagado

Cuando se eleva la temperatura seleccionada en modo frío, el control reduce la demanda. El compresor disminuye velocidad y puede detenerse cuando la capacidad mínima ya supera la necesidad del ambiente.

Reducción de capacidad

La variación se observa en la señal del IPM y en el consumo. Esto demuestra que un inverter sí puede apagarse: la diferencia es que primero intenta modular su capacidad dentro del rango disponible.

Secuencia de detención

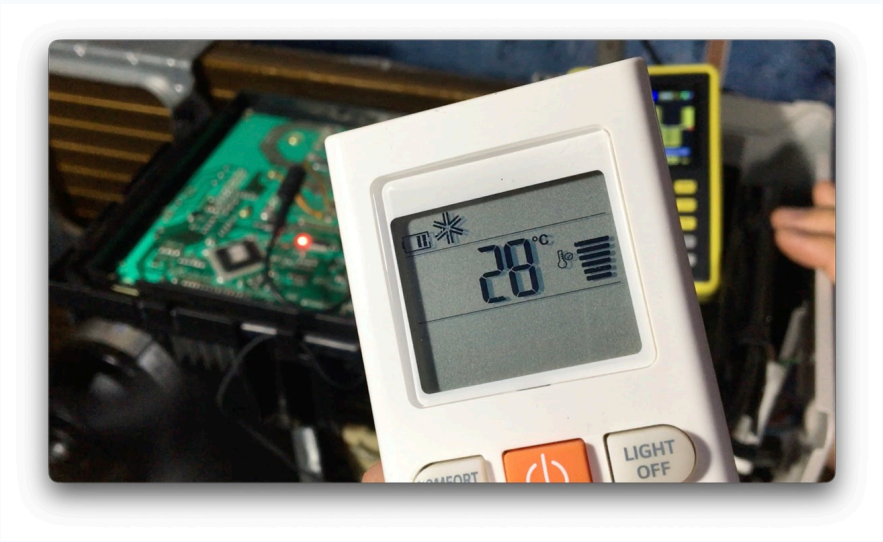

Figura 298. Control remoto durante la prueba de parada

Descarga del bus

Durante la detención, ventiladores y otras cargas pueden mantener secuencias propias. Después de la orden de apagado el bus continúa cargado durante un tiempo, por lo que no se considera seguro intervenir de inmediato.

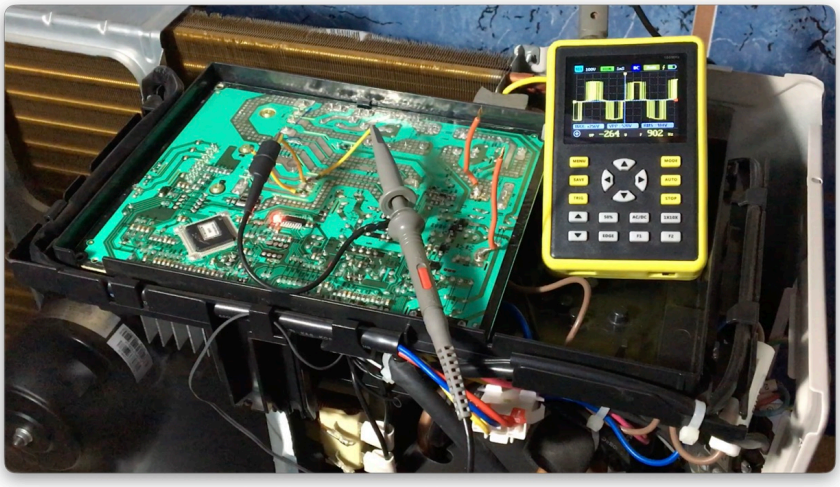

Figura 299. Señal durante la secuencia de detención

PUNTO TÉCNICO ICIA
Después de apagar, se espera la detención completa y se verifica la descarga del bus antes de intervenir.

ERROR COMÚN
No se toca la placa inmediatamente después del apagado: el bus DC puede conservar energía.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.85

4.85 Comportamiento del IPM sin motocompresor

Desconectar el motocompresor permite observar la reacción inicial de la tarjeta y sus protecciones, pero la prueba no reproduce el comportamiento real bajo carga.

Cuando existe sospecha sobre el compresor puede desconectarse temporalmente para observar cómo reacciona la placa al intentar arrancarlo. En esta condición, el IPM puede generar una salida durante un intervalo breve antes de que el control detecte la ausencia de carga o una condición anormal y detenga el intento. La presencia de ese intento de salida aporta información sobre la capacidad del módulo para conmutar, aunque no sustituye una prueba completa bajo carga. Debe interpretarse junto con los códigos de error y las mediciones estáticas del IPM. La desconexión se realiza siempre con el equipo sin tensión y asegurando los terminales para evitar contactos accidentales.

En este tema

Prueba con el compresor desconectado	Respuesta inicial del IPM
Protecciones del sistema	Alcance de la prueba

Desarrollo técnico

Prueba con el compresor desconectado

Desconectar temporalmente el compresor permite observar cómo reacciona la placa cuando intenta iniciar. La salida puede aparecer durante un intervalo breve antes de que el control detecte ausencia de corriente o de respuesta.

Respuesta inicial del IPM

La prueba ayuda a confirmar que el procesador emite la orden y que el IPM produce actividad inicial. Sin embargo, al no existir carga, no demuestra que el módulo pueda entregar corriente ni que conserve la forma de onda bajo esfuerzo.

Protecciones del sistema

Si la placa se protege se registra el tiempo, el código y la secuencia. La información se combina con resistencia del motor, aislamiento, alimentación de 15 V y medición de las tres fases.

Alcance de la prueba

El compresor no se conecta ni desconecta con el equipo energizado. Toda modificación se realiza después de cortar la alimentación y comprobar la descarga del bus.



Figura 300. Señal del IPM con el compresor desconectado

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una respuesta breve sin compresor muestra que la tarjeta intenta arrancar; no confirma el funcionamiento del IPM bajo carga.

ERROR COMÚN
Hacer funcionar repetidamente la tarjeta sin carga para forzar la salida puede activar protecciones o agravar una falla.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.86

4.86 Medición de sensores

Los sensores se interpretan como parte de un divisor de tensión. La resistencia, la temperatura y el voltaje que recibe el microcontrolador deben conservar una relación coherente.

El diagnóstico de sensores puede realizarse desde dos perspectivas. Con el equipo desenergizado, el NTC se desconecta y se mide su resistencia. Con la placa energizada, se verifica la tensión que el circuito de lectura produce en el conector o punto de prueba. La combinación de ambas mediciones permite separar sensor y electrónica. Un NTC con resistencia coherente junto con una tensión de lectura que cambia según la temperatura sugiere que el conjunto funciona. Si la resistencia es correcta pero la tensión es anormal, la investigación se desplaza a resistencias, alimentación, pistas y entrada del microcontrolador.

En este tema

Divisor resistivo	Tensión del sensor
Respuesta térmica	Diagnóstico por coherencia

Desarrollo técnico

Divisor resistivo

Los sensores NTC se comprueban primero en resistencia con el equipo desenergizado. El valor se compara con la temperatura real y con la tabla o especificación del modelo.

Tensión del sensor

Con el equipo energizado puede medirse la tensión del divisor. Al cambiar la temperatura, la resistencia y el voltaje deben variar suavemente según la topología de la placa.

Respuesta térmica

Diagnóstico por coherencia

Una lectura fija en un extremo orienta hacia sensor abierto, corto, pista interrumpida o componente asociado. Una lectura intermedia pero incoherente puede indicar desviación del NTC o de la resistencia de precisión.

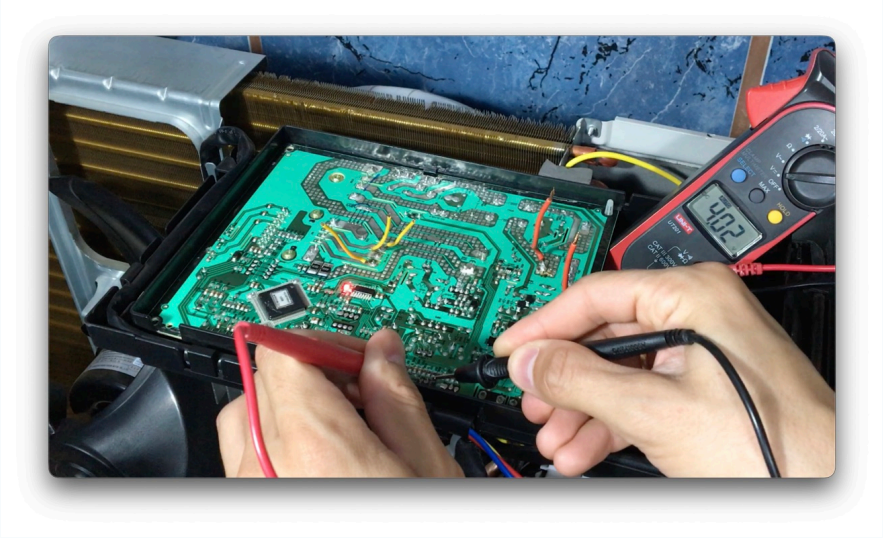

Figura 301. Comprobación de tensión en el circuito del sensor

PUNTO TÉCNICO ICIA
La resistencia del sensor, la temperatura real y la tensión del divisor deben compararse como un conjunto.

ERROR COMÚN
Un sensor con el mismo valor a temperatura ambiente puede tener una curva diferente y no ser un repuesto compatible.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.87

4.87 Mediciones en la unidad interior

La unidad interior también integra rectificación, fuentes auxiliares, control y accionamiento de cargas. Un recorrido ordenado permite comprobar cada alimentación antes de culpar al procesador.

La placa interior puede presentar el lado de componentes de forma distinta a la placa exterior, lo que limita el acceso directo a ciertas soldaduras. Sin embargo, los conectores disponibles permiten obtener información relevante sin desmontar completamente el conjunto. En el ejemplo analizado, la alimentación del ventilador sirve también como punto indirecto para observar el bus de continua y las tensiones auxiliares. Este criterio es generalizable: cuando un punto físico no es accesible, puede buscarse otro nodo eléctricamente equivalente. Para hacerlo con seguridad es imprescindible comprender el recorrido de las pistas y la función de cada pin.

En este tema

Entrada y rectificación	Fuente auxiliar
Puntos de prueba	Referencias de masa
Comprobaciones energizadas	

Desarrollo técnico

Entrada y rectificación

La unidad interior recibe la red y forma una tensión rectificada en su placa. En el equipo mostrado se comprueba el capacitor principal y se localizan las fuentes auxiliares que alimentan control, display, sensores y ventilador.

Fuente auxiliar

Los puntos de medición pueden ser pequeños y estar cubiertos por barniz. Las conexiones auxiliares se preparan con el equipo desenergizado y se utilizan puntas finas, evitando improvisar contactos mientras la placa está activa.

Puntos de prueba

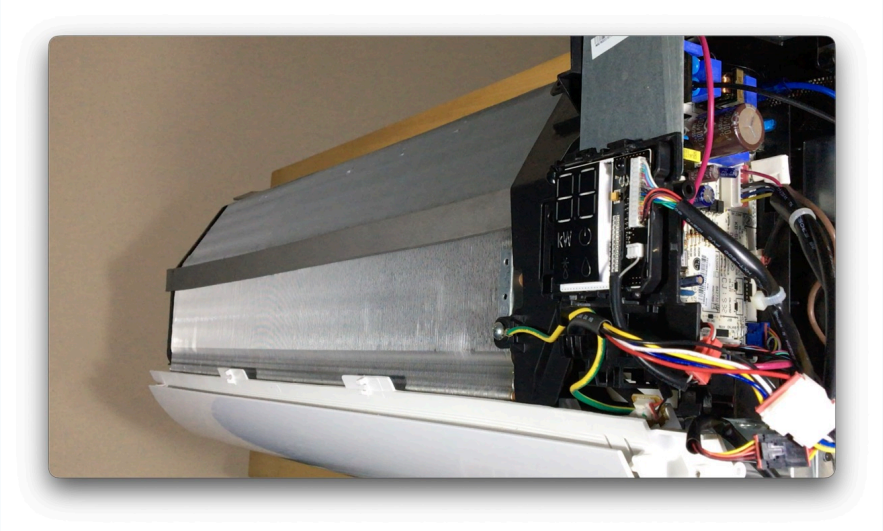

Figura 302. Unidad interior preparada para las mediciones

Referencias de masa

La medición comienza por entrada, rectificación y bus, y continúa con 15 V, 12 V o 5 V según el diseño. Cada valor se toma contra la referencia correcta y en el estado operativo indicado.

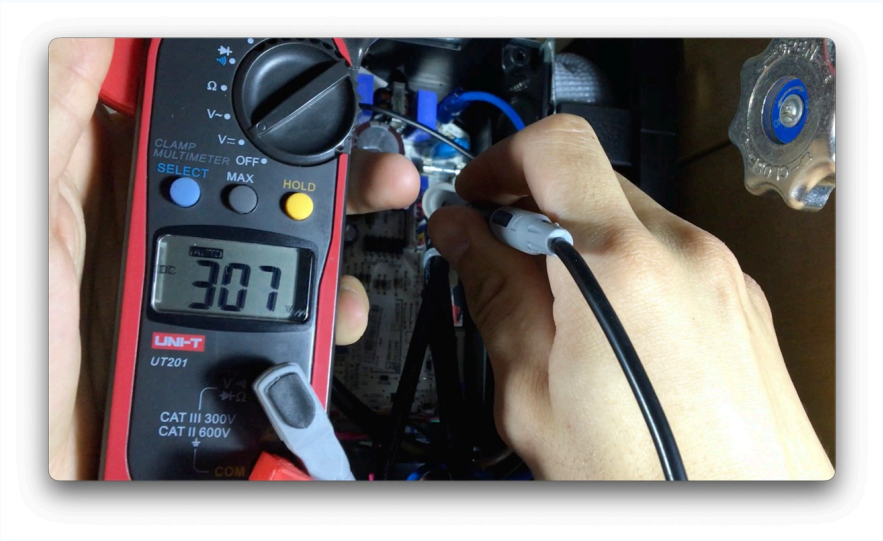

Figura 303. Tensión rectificada en la unidad interior

Comprobaciones energizadas

Si el bus existe pero la placa no inicia, se investiga la fuente de control. Si las tensiones lógicas están presentes, se revisan procesador, oscilación, sensores, receptor y cargas antes de decidir el reemplazo.

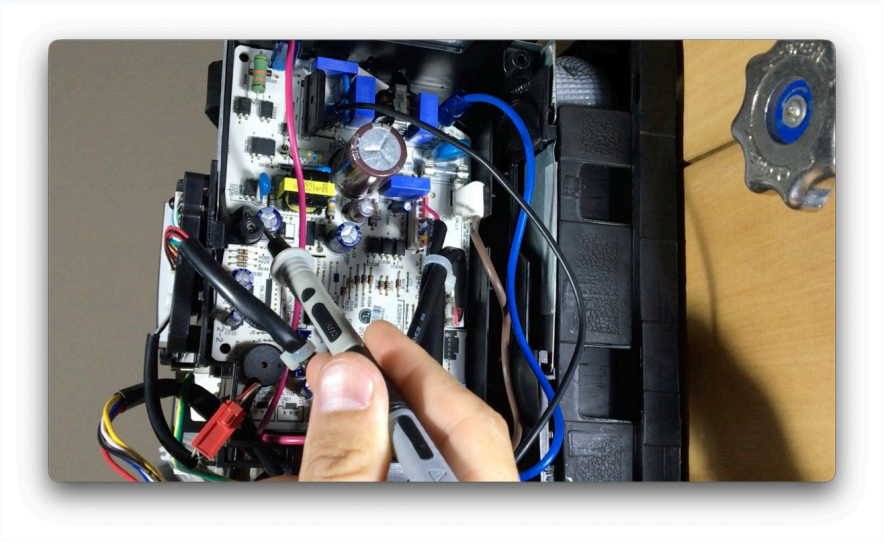

Figura 304. Ubicación de los puntos de prueba

PUNTO TÉCNICO ICIA
Antes de medir se identifica si el punto pertenece al bus de potencia o a la fuente de control y se selecciona la masa correspondiente.

ERROR COMÚN
Confundir la masa lógica con el negativo del bus puede destruir el instrumento o la placa.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.88

4.88 Medición del ventilador DC en la unidad interior

El ventilador DC necesita alimentación, mando y realimentación. Medir sólo uno de esos elementos puede llevar a reemplazar un motor o una placa que todavía funciona.

En el ventilador DC analizado se comprueban alimentación principal, tensión auxiliar y líneas de mando y retorno. Con una orden de ventilación, la placa debe entregar las tensiones necesarias y una señal que solicite movimiento; el ventilador debe devolver una respuesta que confirme su funcionamiento. La secuencia de medición permite distinguir cuatro escenarios: falta de potencia, falta de alimentación auxiliar, ausencia de orden o ausencia de retorno. Cada uno orienta hacia una zona diferente. Esta metodología es más precisa que sustituir el motor por sospecha y permite verificar qué parte de la interacción placa-ventilador dejó de funcionar.

En este tema

Conector del ventilador DC	Alimentaciones disponibles
Señal de mando	Realimentación de giro

Desarrollo técnico

Conector del ventilador DC

El ventilador DC de la unidad interior puede recibir una tensión principal elevada, una alimentación auxiliar y líneas de mando y realimentación. El número de conductores y su orden dependen del fabricante.

Alimentaciones disponibles

La tensión principal se comprueba en los terminales identificados. Luego se verifica la alimentación de control y la señal que ordena velocidad. Con el motor girando debe existir una respuesta que permita a la placa confirmar el movimiento.

Señal de mando

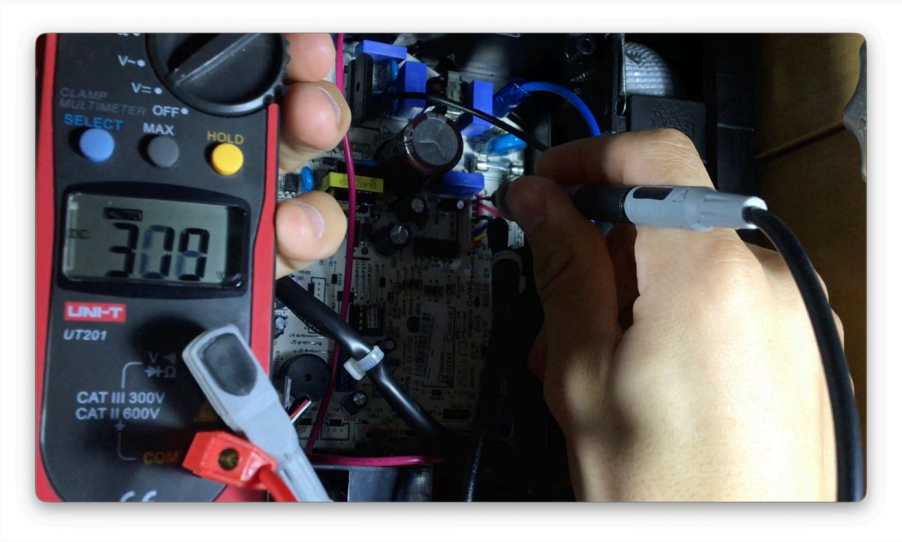

Figura 305. Medición de las alimentaciones del ventilador DC

Realimentación de giro

Si hay alimentación y mando pero no giro, se investiga motor, cableado y electrónica integrada. Si gira y aparece error, la búsqueda se concentra en la señal de retorno y en la entrada de la placa.

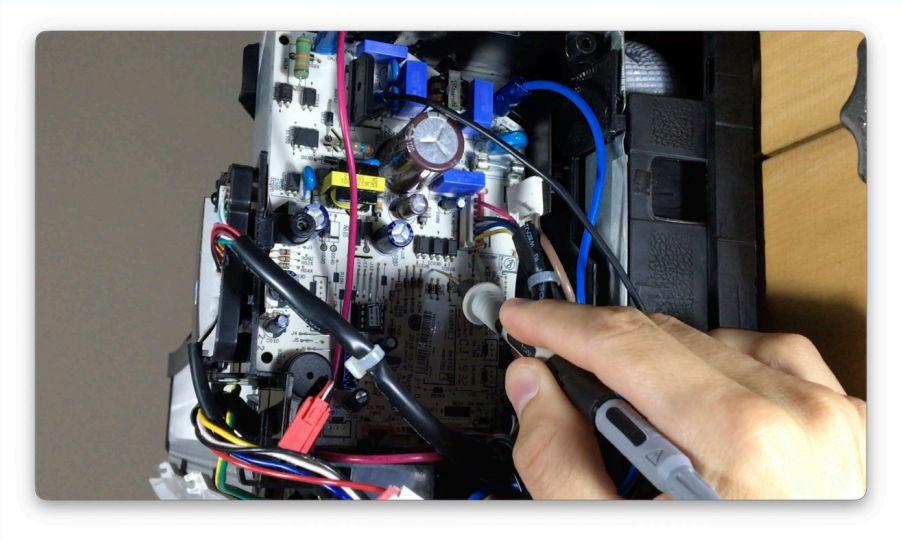

Figura 306. Puntos de prueba del circuito del ventilador

PUNTO TÉCNICO ICIA
El diagnóstico del ventilador DC separa alimentación, comando y realimentación; las tres funciones deben estar presentes.

ERROR COMÚN
Los colores y el orden de los cables del ventilador no son universales.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.89

4.89 Medición de la alimentación del ventilador DC

Comparar la alimentación con el ventilador conectado y desconectado ayuda a separar una caída provocada por la carga de una falla propia de la fuente o del cableado.

Al desconectar el ventilador y ordenar su funcionamiento, la placa mantiene las alimentaciones y envía la orden durante un tiempo, pero no recibe la señal de respuesta. Después del intervalo de supervisión, el control genera un error de ventilador. Esta prueba permite entender la lógica de diagnóstico incorporada por el fabricante. Si en una falla real se observa que la placa entrega alimentación y orden, pero la línea de retorno permanece inactiva, el problema puede encontrarse en el motor, el sensor interno o su cableado. Si la placa ni siquiera genera la orden, la investigación se dirige al circuito de mando.

En este tema

Ventilador conectado y desconectado	Alimentación auxiliar
Caída de tensión	Separación entre placa y motor

Desarrollo técnico

Ventilador conectado y desconectado

Con el ventilador desconectado pueden permanecer presentes algunas alimentaciones. Al ordenar funcionamiento, la placa envía mando durante un tiempo y espera realimentación.

Alimentación auxiliar

Si la respuesta no llega, el control retira la orden y registra una falla. La secuencia permite distinguir que la placa intenta accionar el motor, aunque no confirma que la tensión se mantenga correctamente bajo carga.

Caída de tensión

Separación entre placa y motor

Comparar conectado y desconectado ayuda a detectar una caída provocada por el motor. También se revisan conectores, terminales flojos y continuidad de cada conductor.

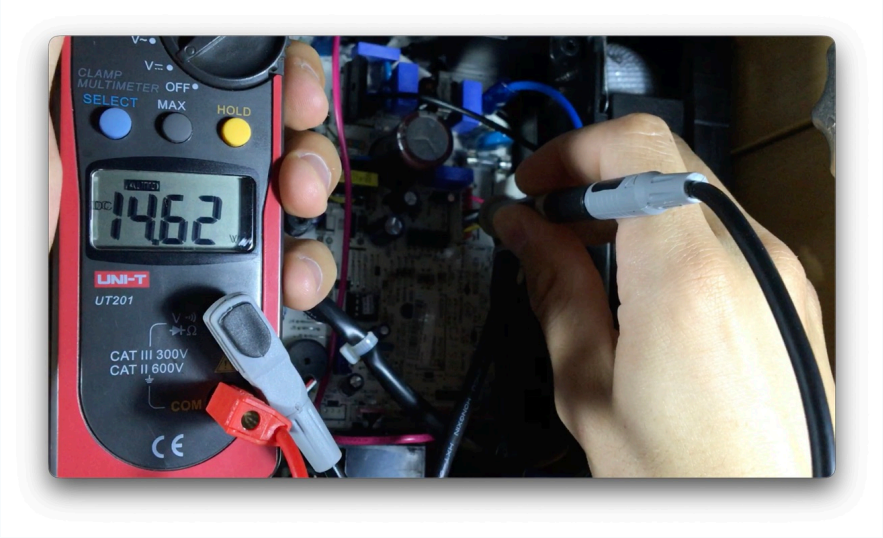

Figura 307. Alimentación auxiliar con el ventilador desconectado

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una tensión correcta en vacío que cae al conectar el ventilador orienta hacia sobrecarga, cableado o incapacidad de la fuente.

ERROR COMÚN
Aplicar una tensión externa al conector sin identificar pinout y niveles puede destruir el motor o la placa.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.90

4.90 Verificación de voltajes en la unidad interior

Las lecturas de voltaje deben registrarse junto con el estado del equipo. El mismo punto puede cambiar durante el arranque, la regulación, la detención o una condición de protección.

La electrónica de control permanece alimentada mientras el equipo está conectado a la red, aun cuando se encuentre apagado desde el control remoto. Por eso, la ausencia de cualquier indicación de vida exige confirmar primero que la energía realmente llega a la placa. Esta verificación simple evita diagnósticos erróneos y reparaciones innecesarias.

En este tema

Voltajes principales	Puntos de control
Comparación con el estado de funcionamiento	Registro de lecturas

Desarrollo técnico

Voltajes principales

La verificación de voltajes comienza en la entrada de la unidad interior. Una placa sin respuesta puede no estar recibiendo línea y neutro, por lo que esa comprobación precede a cualquier conclusión sobre la electrónica.

Puntos de control

Luego se registran bus rectificado y salidas auxiliares. La presencia de una tensión en vacío no demuestra que la fuente soporte la carga; se observa su comportamiento durante arranque y funcionamiento.

Comparación con el estado de funcionamiento

Registro de lecturas

Los valores se anotan junto con el punto, referencia, escala y estado del equipo. Ese registro permite comparar sin confundir lecturas tomadas en condiciones diferentes.

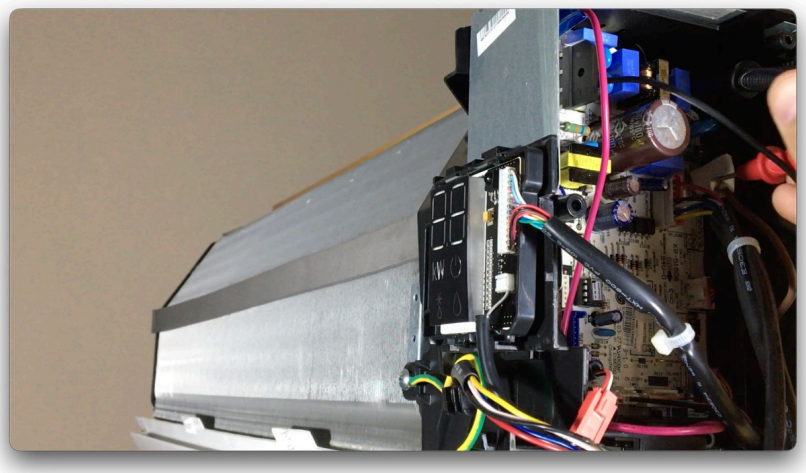

Figura 308. Verificación de voltajes en la unidad interior

PUNTO TÉCNICO ICIA
Registrar el estado operativo junto con cada voltaje evita comparar lecturas tomadas en condiciones distintas.

ERROR COMÚN
Una tensión aparentemente correcta no prueba por sí sola que la fuente pueda entregar corriente bajo carga.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.91

4.91 Diagnóstico con LG ThinQ

LG ThinQ puede recibir información de diagnóstico en equipos compatibles. El resultado orienta la búsqueda, pero no reemplaza las comprobaciones eléctricas del circuito indicado.

La ventaja para el técnico es que el sistema no sólo muestra un código, sino que puede ofrecer una descripción del problema. En el ejemplo analizado, la desconexión del ventilador interior genera un error que la aplicación identifica. Esta herramienta complementa, pero no reemplaza, las mediciones eléctricas necesarias para confirmar la causa.

En este tema

Compatibilidad con Smart Diagnosis	Vinculación en LG ThinQ
Transmisión acústica	Lectura del resultado

Desarrollo técnico

Compatibilidad con Smart Diagnosis

Los equipos LG compatibles identifican la función Smart Diagnosis en su carcasa o documentación. La unidad puede transmitir una secuencia acústica que la aplicación LG ThinQ recibe mediante el micrófono del teléfono.

Vinculación en LG ThinQ

El equipo se agrega en la aplicación y se inicia el procedimiento indicado para el modelo. El teléfono se coloca cerca del punto señalado y se mantienen las condiciones que solicita la pantalla mientras se recibe la señal.

Transmisión acústica

En la demostración, la aplicación interpreta una falla del ventilador interior porque el motor está desconectado. El mensaje traduce el código y dirige la atención al circuito, pero no identifica por sí solo cuál elemento está averiado.

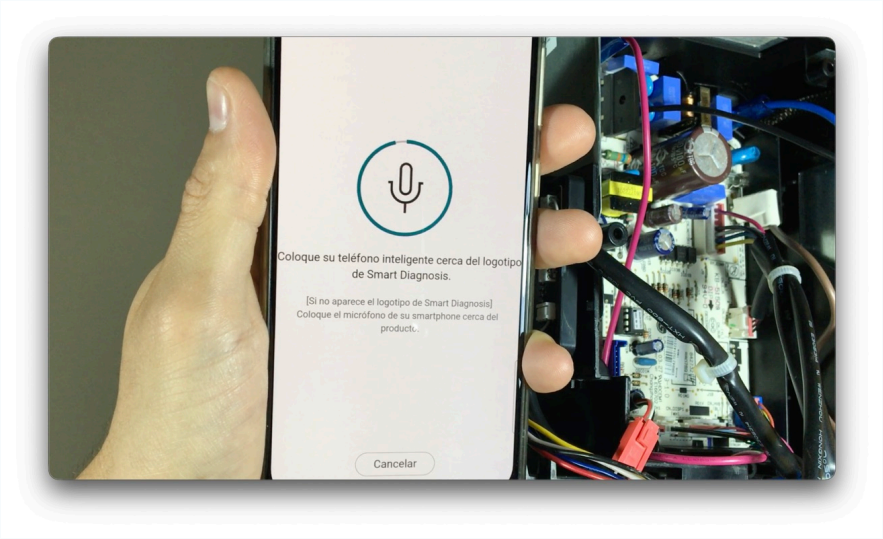

Figura 309. Recepción del diagnóstico acústico en el teléfono

Lectura del resultado

El diagnóstico se completa midiendo alimentación, mando, retorno, cableado y estado del motor. La función es una ayuda para orientar la reparación y para documentar el síntoma ante el cliente.

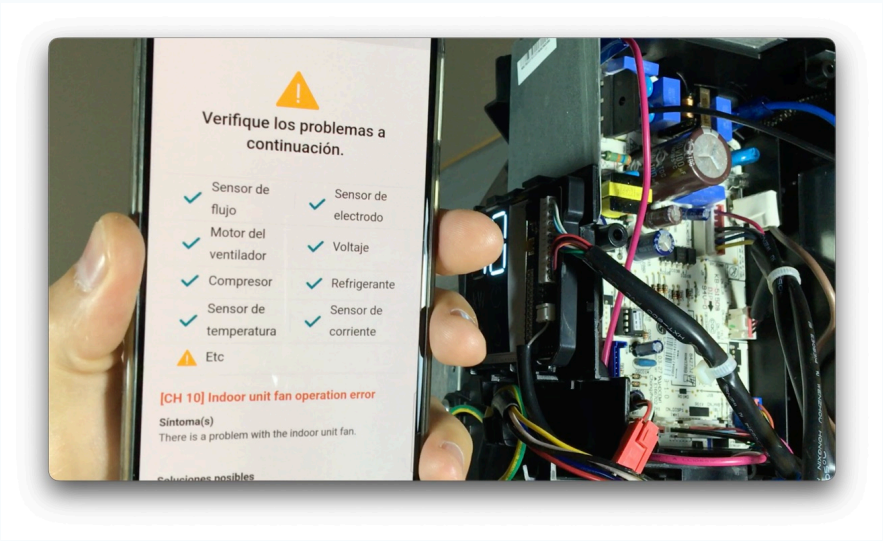

Figura 310. Resultado del diagnóstico en LG ThinQ

PUNTO TÉCNICO ICIA
Un código de ventilador no confirma que el motor esté averiado: también se revisan conexión, alimentación, mando y realimentación.

ERROR COMÚN
El diagnóstico de la aplicación orienta; no reemplaza la medición del componente y sus circuitos asociados.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.92

4.92 Diagnóstico inteligente LG y SIMS 2

Las herramientas de diagnóstico LG ofrecen distintos niveles de información, desde códigos de error hasta parámetros y gráficos de funcionamiento obtenidos mediante una interfaz compatible.

Una función especialmente útil es registrar el comportamiento a lo largo del tiempo. De esta manera pueden analizarse eventos que no ocurren durante la visita del técnico, como variaciones de velocidad, cambios de temperatura o códigos intermitentes. La conveniencia de adquirir un módulo dedicado aumenta cuando se atiende de forma frecuente una marca o instalaciones con numerosos equipos.

En este tema

Métodos de diagnóstico LG	Activación de la función
Módulo SIMS 2	Parámetros disponibles
Gráficos de funcionamiento	

Desarrollo técnico

Métodos de diagnóstico LG

LG utiliza distintos métodos de diagnóstico según el modelo. Algunos se activan desde un botón de la unidad y otros mediante control remoto o aplicación. La ubicación y la secuencia no deben trasladarse de un equipo a otro sin verificar la documentación.

Activación de la función

Smart Diagnosis ofrece códigos y una interpretación inicial. En modelos compatibles también puede mostrar temperaturas, consumo y estado de componentes a través del teléfono.



Figura 311. Activación del diagnóstico en la unidad interior

Módulo SIMS 2

El módulo SIMS 2 se conecta al puerto de diagnóstico correspondiente y permite acceder a mayor cantidad de datos. En la demostración se observan temperaturas, velocidades de ventiladores, tensiones y posición o funcionamiento de la válvula de expansión.



Figura 312. Conexión del módulo en la unidad exterior

Parámetros disponibles

Los gráficos muestran la evolución y ayudan a relacionar un cambio de temperatura con la respuesta de compresor, ventiladores y válvula. Una lectura aislada puede parecer normal; la tendencia revela si el sistema responde a la demanda.



Figura 313. Consulta de parámetros en el teléfono

Gráficos de funcionamiento

La conexión de usuario por Wi-Fi y la interfaz técnica de diagnóstico son funciones diferentes. Antes de conectar un módulo se confirman puerto, cable, software y compatibilidad.



Figura 314. Seguimiento del equipo mediante gráficos

PUNTO TÉCNICO ICIA
La conexión Wi-Fi de usuario y el puerto de diagnóstico técnico cumplen funciones diferentes y no deben confundirse.

ERROR COMÚN
No se conecta un módulo SIMS 2 a un equipo sin confirmar puerto, cable y compatibilidad del modelo.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.93

4.93 Presiones de trabajo en sistemas inverter

En un sistema inverter la presión cambia con la velocidad del compresor, la demanda y las temperaturas. Una lectura aislada no determina por sí sola la cantidad de refrigerante.

Las presiones de un sistema Inverter no permanecen fijas durante toda la operación. El compresor modifica su velocidad y la válvula de expansión electrónica ajusta el caudal de refrigerante en función de temperaturas y demanda térmica. En un equipo real puede observarse cómo la presión de succión cambia durante el arranque y la modulación. Esa lectura debe interpretarse junto con temperatura ambiente, temperatura seleccionada y estado del compresor. Un valor aislado de presión no describe por sí mismo la carga ni el rendimiento, porque el control está modificando continuamente las condiciones del circuito frigorífico.

En este tema

Demanda y modulación	Presión de succión
Variación de velocidad	Límites de la lectura aislada

Desarrollo técnico

Demanda y modulación

La presión de succión disminuye cuando el compresor inicia, pero en un inverter no se estabiliza necesariamente en el valor habitual de un equipo convencional. El control modifica velocidad, ventiladores y válvula según la demanda.

Presión de succión

En la prueba se observan valores aproximados de 150 y 140 psi. Pertenecen a ese refrigerante, ese equipo y esas temperaturas. No constituyen una presión de carga aplicable a cualquier instalación.

Variación de velocidad

El procesador utiliza sensores de ambiente, intercambiadores y descarga para regular. Mientras el técnico agrega refrigerante, el equipo puede cambiar su capacidad y ocultar temporalmente el efecto de la intervención.

Límites de la lectura aislada

La presión es útil para analizar funcionamiento junto con temperaturas, sobrecalentamiento, subenfriamiento y consumo. No permite deducir por sí sola la masa exacta del refrigerante.



Figura 315. Lectura de presión con manómetro

PUNTO TÉCNICO ICIA
La presión observada corresponde al equipo y a las condiciones de la prueba; no es una referencia universal de carga.

ERROR COMÚN
Agregar refrigerante hasta alcanzar una presión elegida puede sobrecargar el sistema.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.94

4.94 Carga de refrigerante en sistemas inverter

La carga de refrigerante se establece con los datos del fabricante y la masa indicada. Buscar una presión fija puede terminar en sobrecarga porque el control modifica continuamente la capacidad.

La variación automática de velocidad y expansión hace que cargar un equipo Inverter únicamente hasta alcanzar una presión determinada sea poco confiable. A medida que se agrega refrigerante, el control puede modificar compresor y válvula para responder al nuevo estado, alterando nuevamente la presión observada. Debe utilizarse la masa de refrigerante indicada por el fabricante y considerar la longitud de tubería y las instrucciones específicas del modelo. Las presiones siguen siendo útiles para analizar funcionamiento, pero no deben convertirse en el único criterio de carga. Una carga correcta requiere conocer cuánto refrigerante debe contener el sistema y aplicar un procedimiento controlado.

En este tema

Por qué no cargar sólo por presión	Datos del fabricante
Carga por masa	Condiciones de servicio

Desarrollo técnico

Por qué no cargar sólo por presión

Cargar hasta alcanzar una presión elegida es especialmente riesgoso en sistemas inverter. Al acercarse a la condición normal, el control puede reducir velocidad o modificar la válvula y mantener la presión dentro de un rango amplio.

Datos del fabricante

La referencia principal es la masa indicada por el fabricante para la longitud estándar, con la corrección prevista cuando la tubería excede ese valor. La carga se realiza con balanza y con el refrigerante en la condición recomendada.

Carga por masa

Las presiones se observan después para evaluar el funcionamiento, considerando temperatura interior, exterior, caudal de aire y estado de los intercambiadores. Un sistema sucio o con ventilación deficiente puede alterar la lectura aun con carga correcta.

Condiciones de servicio

Cuando se desconoce la cantidad existente, el procedimiento confiable consiste en recuperar, hacer vacío y cargar la masa especificada, en lugar de agregar de forma indefinida buscando una cifra.

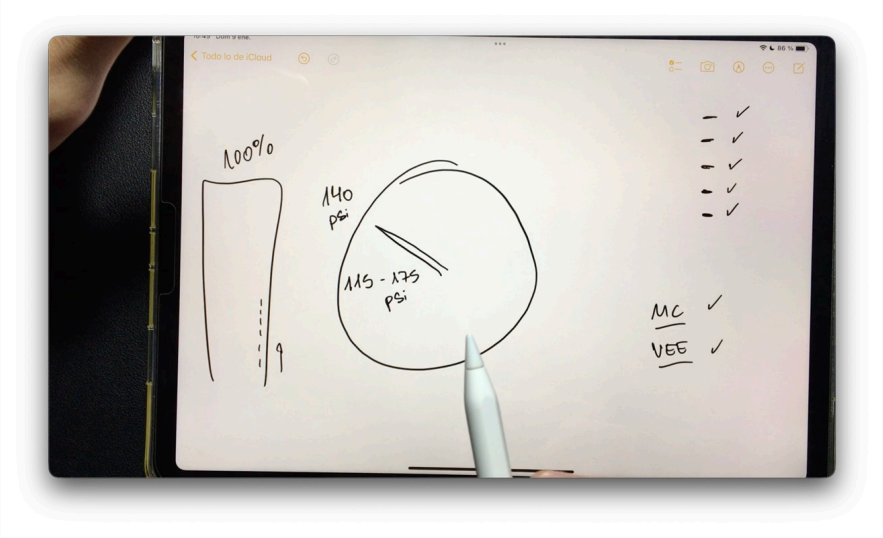

Figura 316. Esquema de carga de refrigerante en un equipo inverter

PUNTO TÉCNICO ICIA
La masa de refrigerante indicada por el fabricante es la referencia de carga; las presiones se utilizan para evaluar funcionamiento, no como único objetivo.

ERROR COMÚN
Cargar por presión sin conocer masa, refrigerante y condiciones de servicio puede provocar una carga incorrecta.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.95

4.95 Recuperación del refrigerante en la unidad exterior

La recuperación del refrigerante en la unidad exterior utiliza el propio compresor para trasladar el fluido y exige controlar válvulas, presión y tiempo para evitar daños.

El procedimiento mostrado para concentrar el refrigerante en la unidad exterior mantiene el principio utilizado en sistemas convencionales: se cierra primero la línea de líquido, se permite que el compresor aspire el refrigerante del circuito y luego se cierra la línea de gas antes de detener el equipo. En un sistema Inverter debe evitarse mantener el compresor funcionando durante un tiempo innecesario con válvulas cerradas. La condición puede aumentar el esfuerzo térmico y eléctrico de la etapa de potencia. El procedimiento debe ejecutarse de forma breve, controlada y conforme a las indicaciones del fabricante y a las prácticas de servicio aplicables.

En este tema

Cierre de la línea de líquido	Funcionamiento del compresor
Acumulación en la unidad exterior	Cierre y verificación

Desarrollo técnico

Cierre de la línea de líquido

Para concentrar el refrigerante en la unidad exterior se inicia el equipo en frío y se conecta el instrumental. Primero se cierra la válvula de la línea de líquido, que corresponde al caño de menor diámetro.

Funcionamiento del compresor

El compresor continúa aspirando por la línea de gas y traslada el refrigerante hacia la unidad exterior. La presión se controla continuamente; cuando alcanza el punto previsto se cierra la válvula de gas y se apaga el equipo.

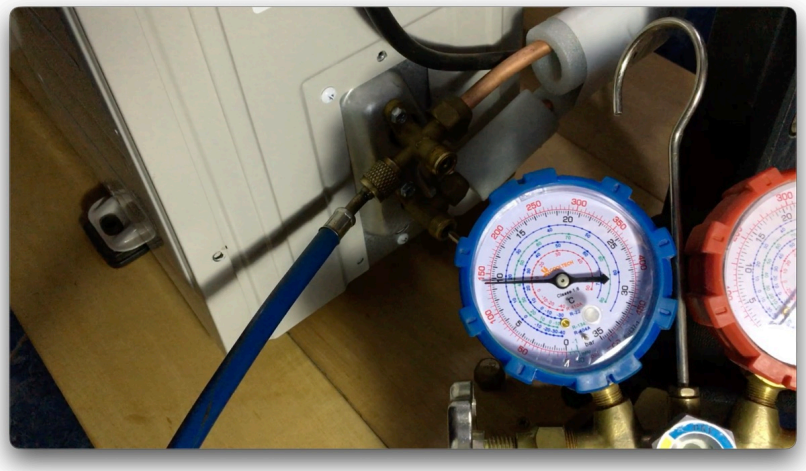

Figura 317. Control de presión durante la recogida de refrigerante

Acumulación en la unidad exterior

No debe mantenerse el compresor trabajando con las válvulas cerradas. La falta de circulación aumenta temperatura y esfuerzo sobre compresor e IPM. El procedimiento debe ser breve y realizado por personal capacitado.

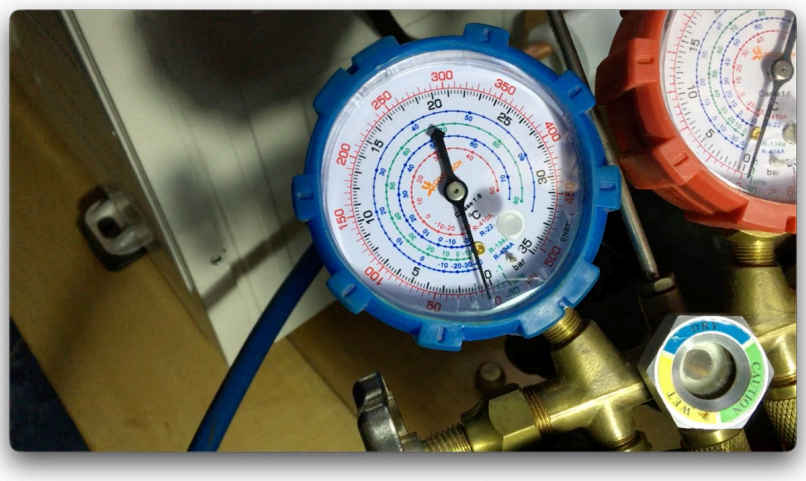

Figura 318. Descenso de presión durante el procedimiento

Cierre y verificación

Después se verifica el cierre y se continúa con la intervención correspondiente. Si el equipo no puede funcionar o existe una avería, se utiliza recuperación con equipamiento adecuado y no se fuerza esta maniobra.

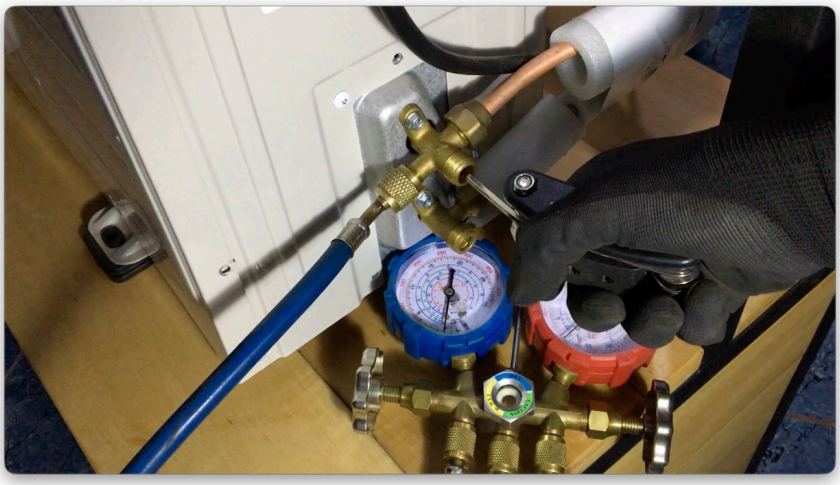

Figura 319. Cierre de la válvula de servicio

PUNTO TÉCNICO ICIA
El procedimiento se controla con manómetros y se detiene antes de que el compresor trabaje sin circulación suficiente.

ERROR COMÚN
Cerrar válvulas sin controlar presión y funcionamiento puede hacer trabajar al compresor en condiciones dañinas.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.96

4.96 Herramientas para reparación electrónica

La reparación electrónica requiere herramientas específicas para soldar, desoldar, sujetar, ampliar, limpiar, disipar calor y medir sin dañar componentes pequeños.

Para intervenir placas Inverter se requieren herramientas específicas: soldador de potencia adecuada, desoldador, estaño, flux, pinzas, elementos de limpieza, multímetro, osciloscopio y accesorios de prueba. La recomendación general es adquirir herramientas concretas y probadas en lugar de kits extensos con piezas que no se utilizarán. La calidad de una herramienta se evalúa por seguridad, estabilidad y facilidad de trabajo, no sólo por precio. Un soldador con temperatura inadecuada puede levantar pistas; puntas de medición deficientes aumentan el riesgo en una placa energizada; un desoldador poco eficiente obliga a aplicar calor durante demasiado tiempo. El equipamiento debe acompañar el método de diagnóstico y reparación.

En este tema

Soldadura y desoldado	Sujeción e inspección
Limpieza	Protección y disipación
Instrumentos de medición	

Desarrollo técnico

Soldadura y desoldado

El equipo básico de soldadura incluye soldador de potencia apropiada, soporte, estaño y elementos para conservar limpia la punta. La potencia debe permitir transferir calor sin mantener contacto durante demasiado tiempo.

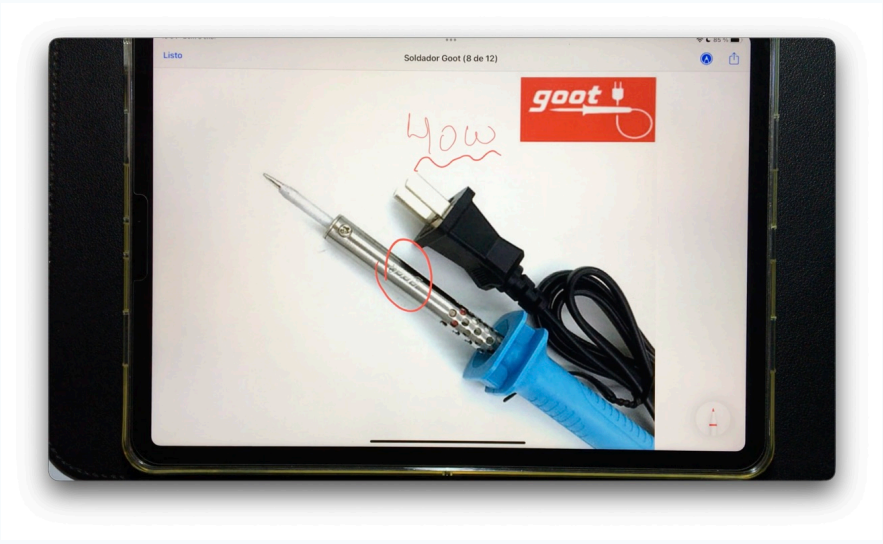

Figura 320. Soldador de estaño de 40 W



Figura 321. Desmontaje y mantenimiento del desoldador

Sujeción e inspección

Para retirar material se utilizan bomba de vacío y malla desoldante. El desoldador requiere limpieza interna, revisión de sellos y mantenimiento para conservar la succión. La malla se almacena protegida de humedad y contaminación.

Un soporte para placas mantiene la pieza estable. Las pinzas y alicates de precisión se reservan para componentes y conductores finos; utilizarlos en tareas pesadas de instalación los deforma y reduce su exactitud.



Figura 322. Soporte de sujeción para placas



Figura 323. Microscopio para inspección electrónica

Limpieza

La lupa o el microscopio permiten inspeccionar códigos SMD, fisuras, vías y puentes de estaño. La ampliación debe acompañarse de iluminación suficiente y una postura que permita manipular la herramienta sin perder referencia de la zona.



Figura 324. Estaño para soldadura electrónica

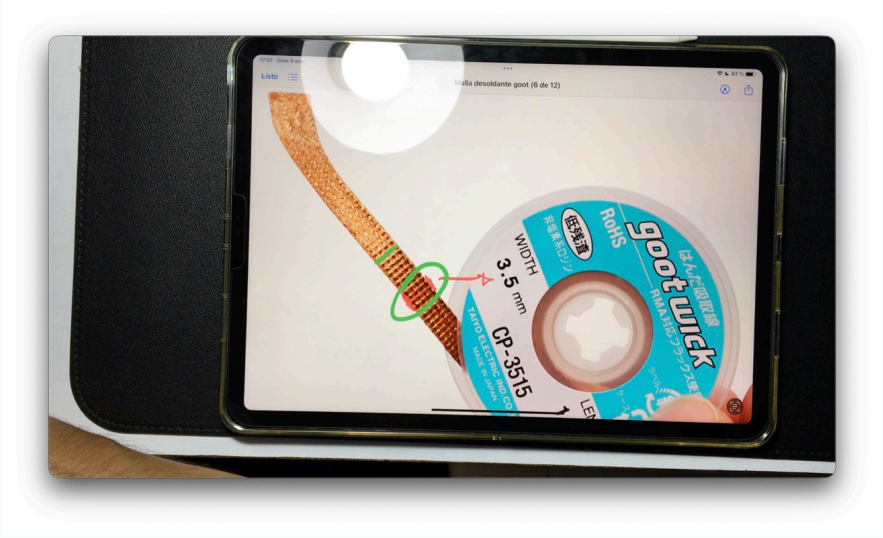

Figura 325. Malla de cobre desoldante

Protección y disipación

El alcohol isopropílico ayuda a limpiar residuos con la placa desenergizada. Se utiliza lejos del soldador y se deja evaporar por completo. Los materiales de protección se seleccionan por compatibilidad con electrónica, no sólo por facilidad de aplicación.

La pasta térmica rellena irregularidades entre semiconductor y disipador. Al reemplazar un componente se limpia el material seco, se repone una capa adecuada y se conserva el aislante original cuando el montaje lo requiere.

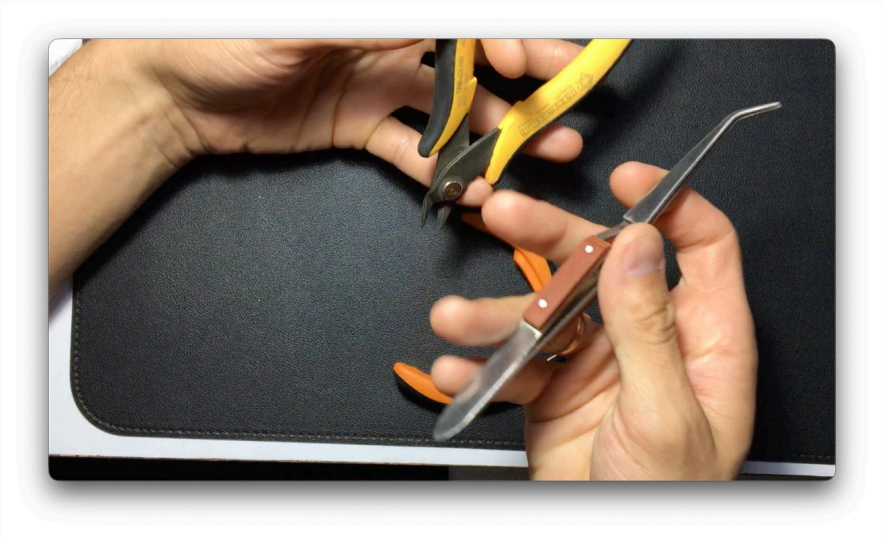

Figura 326. Pinzas y alicates de precisión



Figura 327. Pistola aplicadora de adhesivo termofusible

Instrumentos de medición

El multímetro completa el conjunto para tensión, resistencia, continuidad, diodos y otras funciones. Antes de cada prueba se verifican bornes, escala, estado de puntas y categoría de seguridad.



Figura 328. Pasta térmica y disipación de calor



Figura 329. Alcohol isopropílico para limpieza



Figura 330. Multímetro UNI-T UT61A

PUNTO TÉCNICO ICIA
Las herramientas de precisión deben mantenerse limpias y reservarse para electrónica; utilizarlas en tareas pesadas deteriora su ajuste.

ERROR COMÚN
El alcohol isopropílico es inflamable y debe evaporarse por completo antes de soldar o energizar.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.97

4.97 Conexión inteligente por Wi-Fi

La vinculación Wi-Fi depende de la compatibilidad del equipo, la aplicación, la cuenta y la red disponible. El modo de emparejamiento debe seguir el procedimiento del fabricante.

Los equipos con conectividad Wi-Fi requieren un proceso de vinculación entre el aire acondicionado, la aplicación del fabricante y la red del domicilio. Un manual de Carrier puede utilizarse como referencia para observar que, aunque cada marca cambia la aplicación y la secuencia exacta, el principio general es similar. El técnico debe saber iniciar el modo de emparejamiento, seleccionar o registrar el dispositivo en la aplicación, ingresar los datos de la red y confirmar que el equipo quede accesible desde el teléfono. Conocer este procedimiento permite ofrecer un servicio adicional y resolver problemas que el usuario puede interpretar erróneamente como fallas del aire acondicionado cuando en realidad corresponden a configuración o red.

En este tema

Compatibilidad Wi-Fi	Aplicación y cuenta
Modo de vinculación	Red y contraseña
Prueba de control	

Desarrollo técnico

Compatibilidad Wi-Fi

Los equipos Smart Wi-Fi se vinculan mediante la aplicación del fabricante. Antes de comenzar se identifica el modelo, se instala la aplicación correcta y se confirma que la red cumpla los requisitos del manual.

Aplicación y cuenta

Durante el emparejamiento, el teléfono puede conectarse temporalmente a una red creada por el propio aire acondicionado. De esa manera actúa como pantalla y transmite al equipo el nombre y la contraseña de la red doméstica.

Modo de vinculación

Red y contraseña

Después el teléfono puede abandonar esa conexión temporal. El equipo queda vinculado al router y los usuarios autorizados lo controlan desde la aplicación. El procedimiento exacto cambia entre marcas y versiones.

Prueba de control

El técnico puede ayudar en la configuración sin conservar la contraseña ni mantener el equipo asociado a su cuenta personal. Al finalizar se comprueba encendido, modo, temperatura y respuesta remota con el cliente.

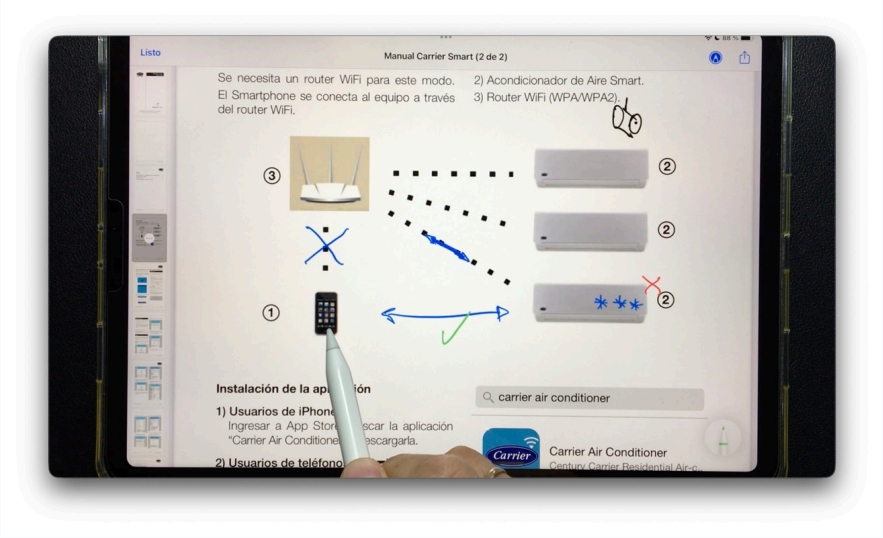

Figura 331. Esquema de vinculación Wi-Fi del aire acondicionado

PUNTO TÉCNICO ICIA
La mayoría de los equipos requieren una red de 2,4 GHz durante la vinculación; el requisito exacto se confirma en el manual del modelo.

ERROR COMÚN
No se deben entregar contraseñas ni datos de la cuenta del cliente a terceros durante la configuración.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.98

4.98 Tarjeta universal para la unidad interior

Una tarjeta universal interior puede recuperar funciones básicas cuando el repuesto original no está disponible, pero exige adaptar conexiones, sensores, ventilador y protecciones.

Una placa universal puede utilizarse para reemplazar sistemas electrónicos Inverter cuando la placa original no está disponible o su reparación no resulta conveniente. Debe considerarse que una solución universal puede no reproducir completamente la estrategia de modulación y eficiencia diseñada por el fabricante original. Por esa razón, la instalación debe considerarse una adaptación técnica y no una equivalencia perfecta. Es necesario verificar tensión de red, compatibilidad con compresor y ventilador, sensores, comunicación y lógica de mando. También debe explicarse al cliente que el comportamiento puede diferir del sistema original. La recomendación general es priorizar reparación o repuesto específico cuando sea viable.

En este tema

Cuándo utilizar una tarjeta universal	Conexiones de la unidad interior
Sensores y ventilador	Adaptación y seguridad

Desarrollo técnico

Cuándo utilizar una tarjeta universal

Una tarjeta universal para unidad interior se considera cuando el repuesto original no está disponible o no resulta conveniente repararlo. Antes de presupuestar se documentan todas las funciones que deben conservarse.

Conexiones de la unidad interior

La adaptación incluye alimentación, motor de aletas, ventilador, sensores, display, receptor y órdenes hacia la unidad exterior. Un equipo inverter puede utilizar líneas y cargas distintas de un convencional, por lo que no basta con que la placa encienda.

Sensores y ventilador

Algunas soluciones convierten el control interior en un sistema de órdenes directas y dejan la regulación de potencia en la unidad exterior. Esto puede exigir conductores adicionales o dejar sin uso el cable de comunicación, según la arquitectura.

El ventilador puede ser AC, DC o BLDC y requiere una salida compatible. Los sensores deben coincidir en valor y curva. También se respetan válvula de cuatro vías, drenaje, protecciones y secuencias de arranque.

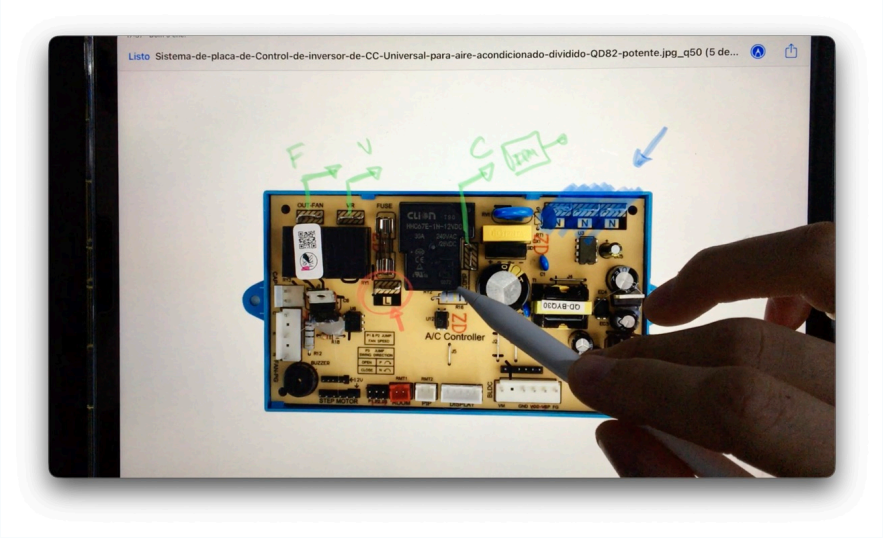

Figura 332. Esquema de conexión de la placa universal interior

Adaptación y seguridad

La instalación se prueba en todos los modos y velocidades. Se fijan cables, se aíslan empalmes y se informa al cliente qué funciones originales podrían no quedar disponibles.

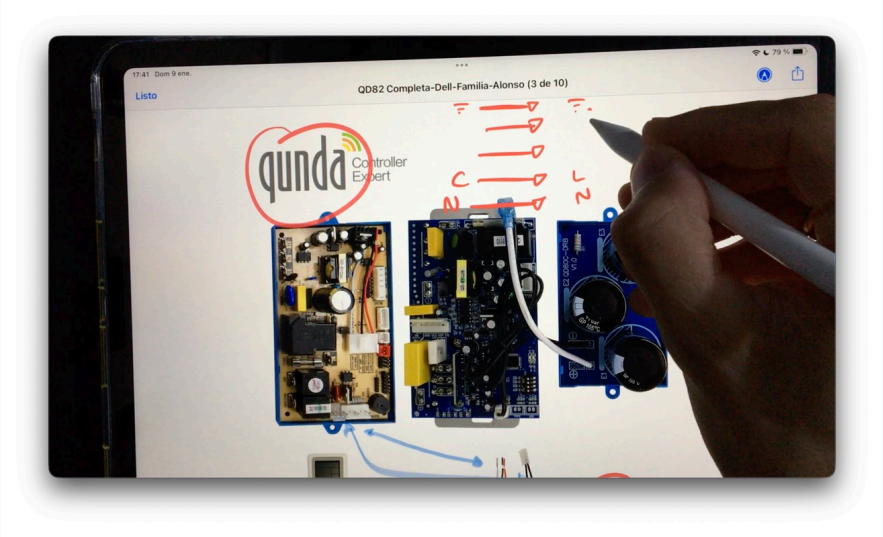

Figura 333. Detalle de las conexiones de la placa universal

PUNTO TÉCNICO ICIA
Antes de adaptar una tarjeta se documentan todos los conectores y se comprueba la compatibilidad eléctrica y funcional de cada carga.

ERROR COMÚN
Una adaptación incorrecta puede eliminar protecciones originales o aplicar tensiones incompatibles a motores y sensores.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.99

4.99 Tarjeta universal para la unidad exterior

La sustitución de una tarjeta exterior por una solución universal es una intervención compleja: deben coincidir potencia, compresor, ventilador, sensores, comunicación y estrategias de protección.

La placa exterior universal presentada dispone de bornes de alimentación, orden de compresor y salidas hacia compresor y ventilador. Es necesario identificar neutro, entrada de mando y conexiones U-V-W, además de las líneas correspondientes al ventilador DC. Una utilidad adicional es emplear la placa como herramienta de prueba para evaluar un compresor o ventilador compatible fuera de la electrónica original. Esta aplicación exige seleccionar una versión de placa adecuada a la tensión de red y respetar las conexiones indicadas por el fabricante de la placa universal. El uso como banco de prueba no elimina la necesidad de comprobar previamente resistencias y aislamiento de la carga.

En este tema

Alcance de la tarjeta universal exterior	Etapa de potencia
Conexiones y compatibilidad	Puesta en servicio

Desarrollo técnico

Alcance de la tarjeta universal exterior

La tarjeta universal exterior recibe alimentación y órdenes, y debe controlar compresor, ventilador, válvula y protecciones. Su selección depende de la arquitectura del equipo y no sólo de la capacidad frigorífica.

Etapa de potencia

En sistemas inverter, la etapa necesita generar las fases U, V y W con una estrategia compatible con el compresor. También debe manejar realimentaciones, corriente, temperatura y condiciones de arranque.

Conexiones y compatibilidad

Los conectores se identifican uno por uno y se comparan tensiones, pinout y función. Una salida destinada a ventilador AC no reemplaza una interfaz BLDC; un sensor con la misma ficha puede tener otra curva.

Puesta en servicio

Después de adaptar se realiza una puesta en servicio controlada, comprobando bus, fuentes auxiliares, señales, consumo y temperaturas. Si la solución elimina protecciones o no permite verificar compatibilidad, no constituye un reemplazo seguro.

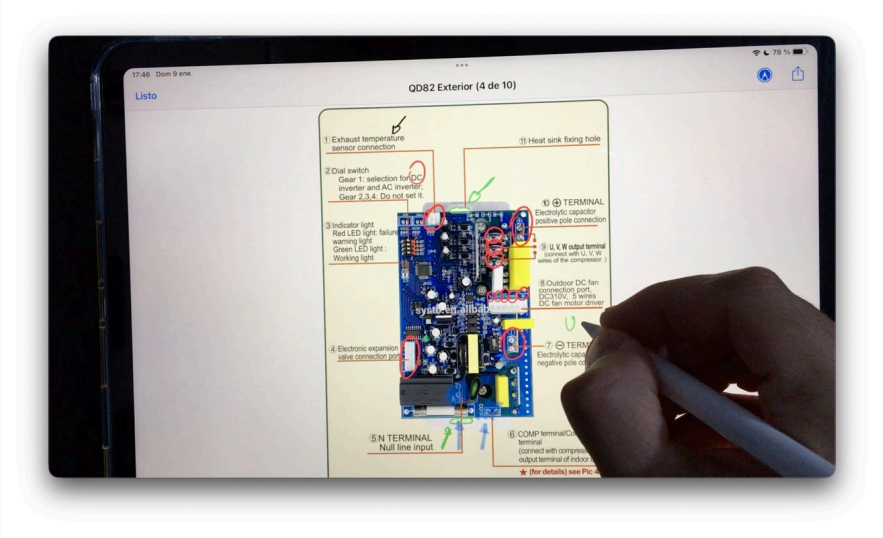

Figura 334. Esquema de conexión del módulo universal exterior

PUNTO TÉCNICO ICIA
Una tarjeta universal exterior no se selecciona sólo por potencia nominal: deben verificarse topología, motores, sensores y protecciones.

ERROR COMÚN
La etapa exterior trabaja con alta tensión y potencia; una solución universal mal seleccionada puede dañar compresor, ventilador y cableado.

NOTAS DEL ALUMNO

TEMA 4.100

4.100 ElectroDroid para cálculos y códigos electrónicos

ElectroDroid ayuda a interpretar códigos de resistencias y a realizar cálculos electrónicos. Sus resultados son una referencia nominal que debe confirmarse mediante medición.

La aplicación ElectroDroid se presenta como una herramienta de consulta para cálculos electrónicos básicos. Entre sus funciones se incluyen combinaciones de resistencias y capacitores, códigos de resistencias convencionales y lectura de códigos impresos en componentes SMD. En reparación de placas resulta útil cuando un componente pequeño sólo conserva una marcación numérica o cuando se necesita verificar rápidamente un valor de resistencia por código de colores. Estas aplicaciones no sustituyen la medición ni la documentación del componente, pero reducen errores de interpretación y agilizan tareas repetitivas. El técnico debe utilizar el resultado como referencia y confirmarlo cuando el circuito requiera una especificación crítica.

En este tema

Funciones de ElectroDroid	Código de resistencias SMD
Bandas de colores	Cálculos electrónicos
Comprobación con multímetro	

Desarrollo técnico

Funciones de ElectroDroid

ElectroDroid reúne calculadoras y referencias para electrónica. Entre sus funciones aparecen asociaciones de resistencias y capacitores, duración de baterías y tablas de códigos.

Código de resistencias SMD

Para resistencias SMD se introduce el código impreso y la aplicación devuelve el valor nominal. Debe seleccionarse el sistema de codificación correcto, porque no todas las series utilizan la misma cantidad de dígitos o letras.

Bandas de colores

Cálculos electrónicos

En resistencias convencionales se eligen las bandas de colores. El ejemplo marrón, negro, marrón y dorado corresponde a 100 ohmios con tolerancia del 5 %. El orden de lectura y la banda de tolerancia deben identificarse correctamente.

Comprobación con multímetro

La aplicación agiliza la consulta, pero no prueba el estado del componente. El valor real se comprueba con multímetro y, cuando se mide en placa, se considera la influencia de caminos conectados en paralelo.

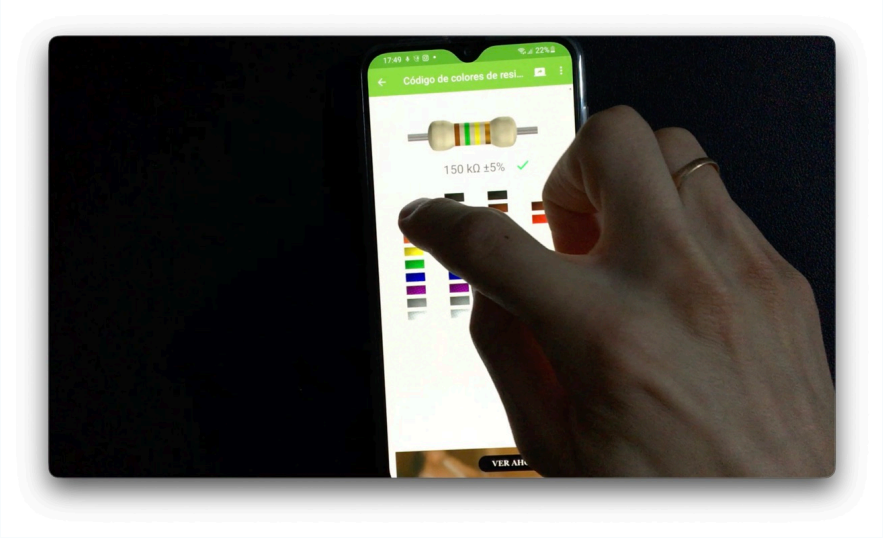

Figura 335. Identificación de resistencias por bandas de colores

PUNTO TÉCNICO ICIA
La aplicación indica valores nominales. El estado real del componente se determina con el multímetro y con su comportamiento en el circuito.

ERROR COMÚN
Confundir el valor calculado con una prueba de estado puede ocultar una resistencia abierta, desviada o dañada por temperatura.

NOTAS DEL ALUMNO