

ICIA



BIBLIOTECA TÉCNICA

Aire Acondicionado Inverter

Manual técnico de electrónica, funcionamiento y diagnóstico

EDICIÓN TÉCNICA 2026



Sobre esta edición

Este manual técnico reúne los fundamentos de electrónica, funcionamiento y diagnóstico aplicados a sistemas de aire acondicionado Inverter. La organización por capítulos permite estudiar el sistema en forma progresiva y, al mismo tiempo, localizar con rapidez una etapa, componente o procedimiento durante el trabajo técnico.

La terminología, las unidades y los nombres de componentes se presentan con un criterio uniforme. Los valores incluidos en ejemplos deben interpretarse dentro del contexto del equipo analizado; para una intervención concreta siempre prevalecen la documentación de servicio, el diagrama eléctrico y las especificaciones del fabricante.

La estructura está pensada para dos usos: estudio secuencial y consulta rápida durante el diagnóstico. El índice es interactivo: al seleccionar cualquier capítulo o subcapítulo, el lector es dirigido directamente a esa sección. El panel de marcadores del lector PDF ofrece una segunda vía de navegación.

Material educativo ICIA. Edición técnica 2026. Todos los derechos reservados.

SEGURIDAD

La electrónica Inverter trabaja con tensiones potencialmente peligrosas. Las pruebas energizadas requieren formación, instrumentos adecuados, protección personal y conocimiento de la referencia eléctrica del circuito.



Índice general

Seleccioná cualquier título para ir directamente a esa sección.

Fundamentos eléctricos y rectificación	7
1.1 El recorrido de la electricidad dentro del circuito	7
1.2 Corriente alterna, corriente continua y rectificación	7
1.3 El diodo como elemento de conducción unidireccional	8
1.4 Rectificación de onda completa con puente de diodos	8
1.5 Capacitores: almacenamiento y estabilización	9
1.6 Filtrado del bus DC después de la rectificación	9
1.7 Puente rectificador encapsulado y comprobación	9
1.8 Medición del puente rectificador directamente en placa	10
1.9 Formas de onda de AC y DC	10
1.10 Voltaje eficaz, pico y lectura con osciloscopio	10
1.11 Práctica de medición de AC y DC	11
1.12 Quinto diodo y detección de cruce por cero	11
1.13 Seguridad: capacitores cargados	11
Arquitectura de una placa y fuentes convencionales	12
2.1 Zona de fuente y zona de control	12
2.2 Fusible y varistor como protección de entrada	12
2.3 Transformadores y reducción de tensión	13
2.4 Regulación de voltaje	13
2.5 Filtros de ruido y redes de entrada	13
2.6 Recorrido completo de una fuente convencional	14
Fuentes conmutadas y alimentación electrónica	15
3.1 Introducción a las fuentes conmutadas	15
3.2 Seguimiento de una fuente conmutada en placa	15
3.3 Comprobación del transistor conmutador MOSFET	16
3.4 Diagrama básico de una fuente conmutada	16
3.5 Rectificación secundaria y filtrado de salida	16
3.6 Control y realimentación de la fuente	17
3.7 Optoacopladores: aislamiento por luz	17
3.8 Detección de cruce por cero mediante optoacoplador	17
3.9 Criterios para reemplazar capacitores	18
3.10 Puesta a tierra y circuitos de protección	18
3.11 Identificación del circuito de tierra en placa	18
3.12 Seguimiento integral de una placa exterior	19
Corrección del factor de potencia - PFC	20
4.1 Introducción al circuito PFC	20



4.2 Diagrama básico del PFC	20
4.3 Medición del reactor	21
4.4 Medición del diodo y transistor del PFC	21
Motores Inverter, compresor e IPM	22
5.1 Del bus DC al accionamiento del motor	22
5.2 Principios de motores AC e Inverter	22
5.3 Conmutación trifásica aplicada al motor	23
5.4 Identificación del IPM en la placa	23
5.5 Funcionamiento interno del módulo IPM	23
5.6 Prueba del IPM sin tensión	24
5.7 Estructura interna y zonas del IPM	24
5.8 Salida modulada y medición con osciloscopio	24
5.9 Medición eléctrica del compresor Inverter	25
5.10 Diagnóstico dinámico entre IPM y motor	25
5.11 Alimentación de control del IPM	25
Ventiladores y control de velocidad	26
6.1 Tipos de ventiladores en equipos Inverter	26
6.2 Ventilador AC y regulación de velocidad	26
6.3 Sensor Hall y realimentación de giro	27
6.4 Comprobación del sensor Hall con osciloscopio	27
6.5 Ventiladores DC y electrónica integrada	27
6.6 Selección y reemplazo de ventiladores	28
6.7 Alimentación y señales de un ventilador DC	28
6.8 Ventilador trifásico U-V-W	28
6.9 Ventilador U-V-W con sensor Hall	29
Válvula de expansión electrónica	30
7.1 Válvula de expansión electrónica	30
Sensores de temperatura y circuitos de medición	31
8.1 Sensores de temperatura: principio NTC	31
8.2 Sensores utilizados en un equipo Inverter	31
8.3 Sensor y divisor de tensión	32
8.4 Seguimiento del circuito del sensor en placa	32
8.5 Componentes asociados a la medición de temperatura	32
8.6 Medición de voltaje en sensores	33
Control remoto y recepción infrarroja	34
9.1 Control remoto y receptor infrarrojo	34
9.2 Diagnóstico del receptor con osciloscopio	34
Comunicación entre unidad interior y exterior	35



10.1 Comunicación bidireccional entre unidades	35
10.2 Optoacopladores en el circuito de comunicación	35
10.3 Señal de comunicación y criterios de medición	36
Instrumentación, osciloscopio y repuestos	37
11.1 Uso del osciloscopio portátil en sistemas Inverter	37
11.2 Características prácticas del osciloscopio portátil	37
11.3 Herramientas y repuestos: criterios de compra	37
Reparación de placas electrónicas	39
12.1 Soldadura con estaño	39
12.2 Reparación de pistas y puentes	39
12.3 Soldadura de componentes SMD	39
12.4 Protección de la placa después de reparar	40
Diagnóstico integral con el equipo instalado	41
13.1 Diagnóstico con el equipo instalado	41
13.2 Continuidad desde la entrada de alimentación	42
13.3 Prueba del puente rectificador en placa	42
13.4 Prueba del IPM desde la placa	42
13.5 Reactor, compresor y ventilador sin desmontaje	43
13.6 Pruebas con tensión y puntos de test	43
13.7 Verificación de la alimentación de 15 V en la etapa de potencia	43
13.8 Medición de la señal de comunicación en puntos de prueba y bornera	44
13.9 Observación de la salida U-V-W con osciloscopio	44
13.10 Variación de frecuencia y respuesta a la demanda térmica	44
13.11 Prueba del IPM con el compresor desconectado	44
13.12 Comprobación de sensores por resistencia y por tensión	45
13.13 Puntos de medición en la placa de la unidad interior	45
13.14 Tensiones y señales de un ventilador DC en funcionamiento	45
13.15 Diagnóstico del ventilador desconectado y lógica de error	46
13.16 Comprobación de la entrada de red antes de diagnosticar la placa	46
Diagnóstico digital y herramientas del fabricante	47
14.1 Smart Diagnosis mediante aplicación y señal acústica	47
14.2 Módulos de diagnóstico y registro de parámetros	47
Presiones, carga y recuperación de refrigerante	49
15.1 Comportamiento de las presiones en un sistema Inverter	49
15.2 Carga de refrigerante: por qué no basarse sólo en presión	49
15.3 Recuperación del refrigerante en la unidad exterior	50
Herramientas para servicio Inverter	51
16.1 Selección de herramientas para electrónica y reparación	51



Conectividad Wi-Fi en equipos de climatización	52
17.1 Vinculación de equipos Smart a la red Wi-Fi	52
Placas universales para equipos Inverter	53
18.1 Alcance y limitaciones de una placa universal Inverter	53
18.2 Conexiones de la placa universal exterior y uso como herramienta	53
Aplicaciones de apoyo para electrónica	55
19.1 Aplicación Electrodoc para cálculos y códigos electrónicos	55
Apéndice A - Método de diagnóstico ICIA	56
Apéndice B - Glosario técnico	57



CAPÍTULO 01

Fundamentos eléctricos y rectificación

Comprender la conversión de energía eléctrica es la base para interpretar el funcionamiento de cualquier sistema Inverter.

1.1	El recorrido de la electricidad dentro del circuito
1.2	Corriente alterna, corriente continua y rectificación
1.3	El diodo como elemento de conducción unidireccional
1.4	Rectificación de onda completa con puente de diodos
1.5	Capacitores: almacenamiento y estabilización
1.6	Filtrado del bus DC después de la rectificación
1.7	Puente rectificador encapsulado y comprobación
1.8	Medición del puente rectificador directamente en placa
1.9	Formas de onda de AC y DC
1.10	Voltaje eficaz, pico y lectura con osciloscopio
1.11	Práctica de medición de AC y DC
1.12	Quinto diodo y detección de cruce por cero
1.13	Seguridad: capacitores cargados

1.1 El recorrido de la electricidad dentro del circuito

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.

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.

1.2 Corriente alterna, corriente continua y rectificación

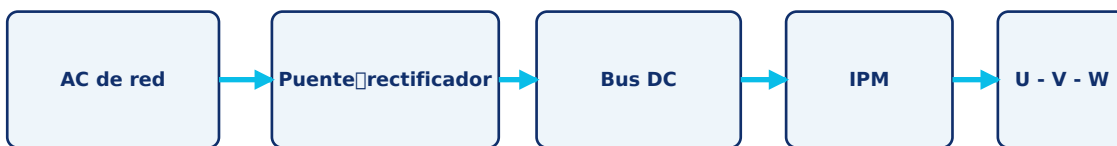
La corriente alterna cambia periódicamente de sentido y es la forma de alimentación que recibe el equipo desde la red eléctrica. La frecuencia indica cuántas veces por segundo se repite ese ciclo y, según el sistema de distribución, puede ser de 50 o 60 Hz. La corriente continua, en cambio, mantiene 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.

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.



Esquema conceptual asociado a 1.2.

1.3 El diodo como elemento de conducción unidireccional

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

1.4 Rectificación de onda completa con puente 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.

**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.

1.5 Capacitores: almacenamiento y estabilización

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.

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.

1.6 Filtrado del bus DC después de la rectificación

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.

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.

1.7 Puente rectificador encapsulado y comprobación

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.

**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.

1.8 Medición del puente rectificador directamente 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.

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.

1.9 Formas de onda de AC y DC

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

1.10 Voltaje eficaz, pico y lectura con 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



1.11 Práctica de medición de AC y DC

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.

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.

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.

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.

1.13 Seguridad: capacitores cargados

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.

SEGURIDAD Y MEDICIÓN

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



CAPÍTULO 02

Arquitectura de una placa y fuentes convencionales

Identificación de zonas, protecciones y etapas básicas de alimentación antes de abordar las fuentes conmutadas.

2.1	Zona de fuente y zona de control
2.2	Fusible y varistor como protección de entrada
2.3	Transformadores y reducción de tensión
2.4	Regulación de voltaje
2.5	Filtros de ruido y redes de entrada
2.6	Recorrido completo de una fuente convencional

2.1 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

2.2 Fusible y varistor como protección de entrada

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



2.3 Transformadores y reducción de tensión

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

2.4 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

2.5 Filtros de ruido y redes de entrada

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



2.6 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.

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?



CAPÍTULO 03

Fuentes conmutadas y alimentación electrónica

Seguimiento de energía, conmutación, transformación, rectificación secundaria y realimentación en placas electrónicas modernas.

3.1	Introducción a las fuentes conmutadas
3.2	Seguimiento de una fuente conmutada en placa
3.3	Comprobación del transistor conmutador MOSFET
3.4	Diagrama básico de una fuente conmutada
3.5	Rectificación secundaria y filtrado de salida
3.6	Control y realimentación de la fuente
3.7	Optoacopladores: aislamiento por luz
3.8	Detección de cruce por cero mediante optoacoplador
3.9	Criterios para reemplazar capacitores
3.10	Puesta a tierra y circuitos de protección
3.11	Identificación del circuito de tierra en placa
3.12	Seguimiento integral de una placa exterior

3.1 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

3.2 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.

**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.

3.3 Comprobación del transistor conmutador MOSFET

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.

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.

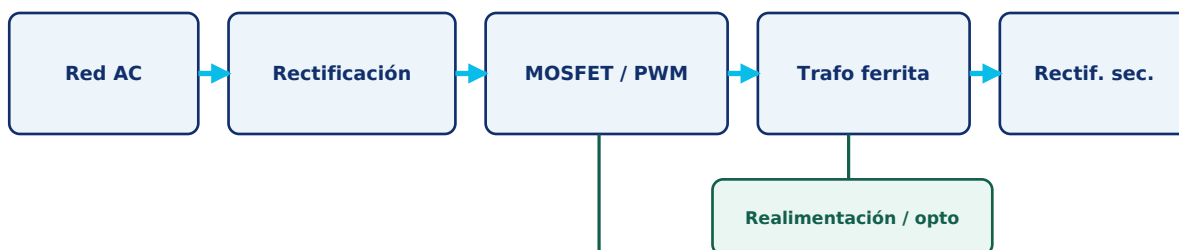
3.4 Diagrama básico de una fuente conmutada

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.

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.



Esquema conceptual asociado a 3.4.

3.5 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.

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.

3.6 Control y realimentación de la fuente

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.

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.

3.7 Optoacopladores: aislamiento por luz

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

3.8 Detección de cruce por cero mediante optoacoplador

La detección de cruce por cero puede realizarse aislando una muestra de la red mediante optoacoplador. Cuando la señal alterna se aproxima al punto de cambio de polaridad, el estado del opto se modifica y el microcontrolador obtiene una referencia temporal de la red.

Esta información puede utilizarse para sincronizar disparos y controlar cargas conectadas a AC. El circuito demuestra nuevamente que el microprocesador no necesita estar conectado directamente a la tensión de red para conocer su comportamiento. Durante el diagnóstico deben distinguirse la parte de alta tensión y la salida lógica aislada.

**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.

3.9 Criterios para reemplazar capacitores

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

3.10 Puesta a tierra y circuitos de protección

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

3.11 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.

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.



3.12 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.

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.



CAPÍTULO 04

Corrección del factor de potencia - PFC

Análisis del circuito PFC, sus componentes principales y los controles básicos que permiten detectar fallas.

4.1	Introducción al circuito PFC
4.2	Diagrama básico del PFC
4.3	Medición del reactor
4.4	Medición del diodo y transistor del PFC

4.1 Introducción al circuito 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.

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.

4.2 Diagrama básico del PFC

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.

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.



Esquema conceptual asociado a 4.2.

4.3 Medición del reactor

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.

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.

4.4 Medición del diodo y transistor 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



CAPÍTULO 05

Motores Inverter, compresor e IPM

Generación electrónica de la alimentación trifásica, control del compresor y diagnóstico del módulo de potencia.

5.1	Del bus DC al accionamiento del motor
5.2	Principios de motores AC e Inverter
5.3	Conmutación trifásica aplicada al motor
5.4	Identificación del IPM en la placa
5.5	Funcionamiento interno del módulo IPM
5.6	Prueba del IPM sin tensión
5.7	Estructura interna y zonas del IPM
5.8	Salida modulada y medición con osciloscopio
5.9	Medición eléctrica del compresor Inverter
5.10	Diagnóstico dinámico entre IPM y motor
5.11	Alimentación de control del IPM

5.1 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

5.2 Principios de motores AC e Inverter

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.

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.



5.3 Conmutación trifásica aplicada al motor

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

5.4 Identificación del IPM en la placa

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

5.5 Funcionamiento interno del módulo IPM

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.

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.



Esquema conceptual asociado a 5.5.

5.6 Prueba del IPM sin tensión

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

5.7 Estructura interna y zonas del IPM

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.

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.

5.8 Salida modulada y medición con osciloscopio

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.

**SEGURIDAD Y MEDICIÓN**

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

5.9 Medición eléctrica del compresor Inverter

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

5.10 Diagnóstico dinámico entre IPM y motor

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.

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.

5.11 Alimentación de control del IPM

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



CAPÍTULO 06

Ventiladores y control de velocidad

Tipos de ventiladores utilizados en equipos Inverter, señales de mando, realimentación y criterios de reemplazo.

6.1	Tipos de ventiladores en equipos Inverter
6.2	Ventilador AC y regulación de velocidad
6.3	Sensor Hall y realimentación de giro
6.4	Comprobación del sensor Hall con osciloscopio
6.5	Ventiladores DC y electrónica integrada
6.6	Selección y reemplazo de ventiladores
6.7	Alimentación y señales de un ventilador DC
6.8	Ventilador trifásico U-V-W
6.9	Ventilador U-V-W con sensor Hall

6.1 Tipos de ventiladores en equipos Inverter

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.

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.



Esquema conceptual asociado a 6.1.

6.2 Ventilador AC y regulación de velocidad

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.

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.

6.3 Sensor Hall y realimentación de giro

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.

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.

6.4 Comprobación del sensor Hall 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

6.5 Ventiladores DC y electrónica integrada

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.

**PUNTO TÉCNICO ICIA**

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

6.6 Selección y reemplazo de ventiladores

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

6.7 Alimentación y señales de un ventilador DC

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.

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.

6.8 Ventilador trifásico 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



6.9 Ventilador U-V-W con sensor 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



CAPÍTULO 07

Válvula de expansión electrónica

Principio de funcionamiento, accionamiento por pasos y relación con el control electrónico del circuito frigorífico.

7.1 Válvula de expansión electrónica

7.1 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



CAPÍTULO 08

Sensores de temperatura y circuitos de medición

NTC, divisores de tensión, entradas al microprocesador y comprobaciones eléctricas en placa.

8.1	Sensores de temperatura: principio NTC
8.2	Sensores utilizados en un equipo Inverter
8.3	Sensor y divisor de tensión
8.4	Seguimiento del circuito del sensor en placa
8.5	Componentes asociados a la medición de temperatura
8.6	Medición de voltaje en sensores

8.1 Sensores de temperatura: principio NTC

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

8.2 Sensores utilizados en un equipo 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



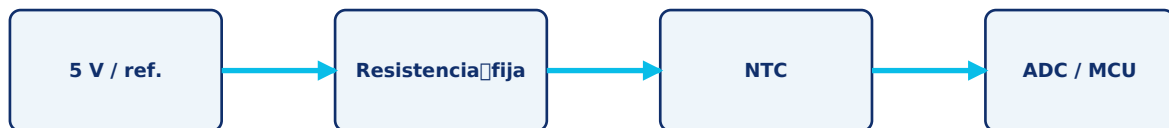
8.3 Sensor y divisor de tensión

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



Temperatura -> resistencia -> tensión

Esquema conceptual asociado a 8.3.

8.4 Seguimiento del circuito del sensor en placa

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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

8.5 Componentes asociados a la medición de 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.

**PUNTO TÉCNICO ICIA**

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

8.6 Medición de voltaje en sensores

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.

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.



CAPÍTULO 09

Control remoto y recepción infrarroja

Transmisión por infrarrojo, alimentación del receptor y verificación de la señal recibida.

9.1 Control remoto y receptor infrarrojo

9.2 Diagnóstico del receptor con osciloscopio

9.1 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.

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.

9.2 Diagnóstico del receptor 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.

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.



CAPÍTULO 10

Comunicación entre unidad interior y exterior

Principio de comunicación bidireccional, aislamiento mediante optoacopladores y criterios de medición.

- 10.1 Comunicación bidireccional entre unidades
- 10.2 Optoacopladores en el circuito de comunicación
- 10.3 Señal de comunicación y criterios de medición

10.1 Comunicación bidireccional entre unidades

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.

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.

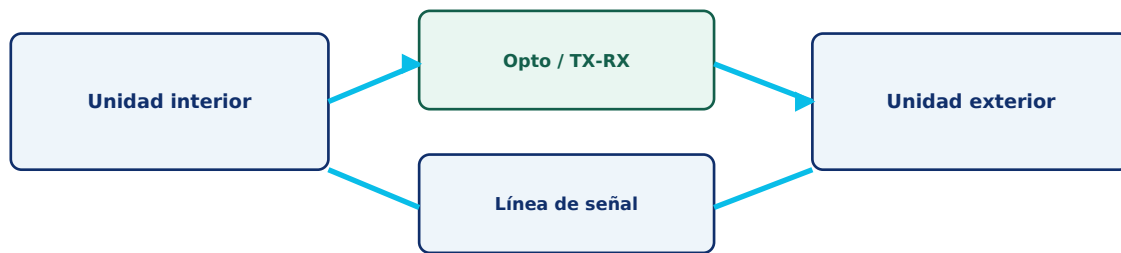
10.2 Optoacopladores en el circuito de comunicación

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

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



Esquema conceptual asociado a 10.2.

10.3 Señal de comunicación y criterios de medición

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.

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.



CAPÍTULO 11

Instrumentación, osciloscopio y repuestos

Uso práctico de instrumentos de medición y criterios para seleccionar herramientas y componentes de reemplazo.

11.1 Uso del osciloscopio portátil en sistemas Inverter

11.2 Características prácticas del osciloscopio portátil

11.3 Herramientas y repuestos: criterios de compra

11.1 Uso del osciloscopio portátil en sistemas Inverter

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.

SEGURIDAD Y MEDICIÓN

Antes de medir una etapa de potencia, debe verificarse tensión máxima, categoría de la sonda y aislamiento del instrumento.

11.2 Características prácticas del osciloscopio portátil

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

No conviene elegir un osciloscopio sólo por el ancho de banda; la tensión de entrada y el aislamiento son determinantes en placas Inverter.

11.3 Herramientas y repuestos: criterios de compra

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

El repuesto más económico deja de ser económico si sus especificaciones no coinciden con el circuito o si obliga a repetir el trabajo.



CAPÍTULO 12

Reparación de placas electrónicas

Soldadura, desoldado, reparación de pistas, montaje superficial y protección posterior de la placa.

- 12.1 Soldadura con estaño
- 12.2 Reparación de pistas y puentes
- 12.3 Soldadura de componentes SMD
- 12.4 Protección de la placa después de reparar

12.1 Soldadura con estaño

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

La calidad de la reparación depende más del control del calor y de la limpieza que de utilizar grandes cantidades de estaño.

12.2 Reparación de pistas y puentes

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Una pista de potencia exige un puente capaz de transportar la corriente prevista; una solución demasiado fina puede calentarse y fallar nuevamente.

12.3 Soldadura de componentes SMD

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

En SMD, la inspección con aumento es parte del procedimiento; una unión puede parecer correcta a simple vista y estar puenteada entre pads.

12.4 Protección de la placa después de reparar

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Primero se prueba; después se protege. El recubrimiento no debe utilizarse para esconder una unión que todavía no fue verificada.



CAPÍTULO 13

Diagnóstico integral con el equipo instalado

Procedimientos de comprobación sin retirar la placa, mediciones con y sin tensión y diagnóstico avanzado por etapas.

13.1	Diagnóstico con el equipo instalado
13.2	Continuidad desde la entrada de alimentación
13.3	Prueba del puente rectificador en placa
13.4	Prueba del IPM desde la placa
13.5	Reactor, compresor y ventilador sin desmontaje
13.6	Pruebas con tensión y puntos de test
13.7	Verificación de la alimentación de 15 V en la etapa de potencia
13.8	Medición de la señal de comunicación en puntos de prueba y bornera
13.9	Observación de la salida U-V-W con osciloscopio
13.10	Variación de frecuencia y respuesta a la demanda térmica
13.11	Prueba del IPM con el compresor desconectado
13.12	Comprobación de sensores por resistencia y por tensión
13.13	Puntos de medición en la placa de la unidad interior
13.14	Tensiones y señales de un ventilador DC en funcionamiento
13.15	Diagnóstico del ventilador desconectado y lógica de error
13.16	Comprobación de la entrada de red antes de diagnosticar la placa

13.1 Diagnóstico con el equipo instalado

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

La placa puede utilizarse como punto central de diagnóstico: primero se mide desde ella y sólo se desconecta lo necesario para confirmar una lectura dudosa.



Diagnóstico por etapas: confirmar entrada -> salida

Esquema conceptual asociado a 13.1.

13.2 Continuidad desde la entrada de alimentación

Con el equipo sin tensión se comprueba el recorrido desde línea y neutro hacia protecciones, filtros y rectificador. La continuidad permite localizar fusibles abiertos, pistas interrumpidas, conectores defectuosos o componentes en serie que dejaron de conducir.

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

La localización de una apertura es más rápida si se avanza por etapas, reduciendo el tramo entre el último punto correcto y el primero incorrecto.

13.3 Prueba del puente rectificador en 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

La prueba del puente debe realizarse con el bus descargado; un capacitor cargado puede alterar la medición y representar un riesgo.

13.4 Prueba del IPM desde la placa

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.

**PUNTO TÉCNICO ICIA**

Prueba estática correcta no equivale a funcionamiento garantizado; es sólo una parte del diagnóstico del IPM.

13.5 Reactor, compresor y ventilador sin desmontaje

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Medir primero desde la placa permite comprobar simultáneamente componente y cableado; desconectar sirve para separar ambos cuando la lectura es anormal.

13.6 Pruebas con tensión y puntos de test

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.

SEGURIDAD Y MEDICIÓN

En pruebas energizadas, la ubicación de las puntas se prepara con el equipo apagado siempre que sea posible. Reducir movimientos disminuye el riesgo.

13.7 Verificación de la alimentación de 15 V en la etapa de potencia

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Las alimentaciones auxiliares pueden activarse sólo durante la orden de compresor; una medición en reposo puede no ser concluyente.



13.8 Medición de la señal de comunicación en puntos de prueba y bornera

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Para comparar mediciones de comunicación, debe utilizarse siempre la misma referencia y orientación de puntas.

13.9 Observación de la salida U-V-W con osciloscopio

Con el equipo en funcionamiento puede observarse la salida entre pares U-V, U-W o V-W mediante osciloscopio apropiado. La forma de onda es pulsante y corresponde a la modulación electrónica con la que el IPM genera la alimentación del compresor.

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.

SEGURIDAD Y MEDICIÓN

La señal U-V-W no debe evaluarse esperando una senoide limpia; el osciloscopio mostrará la conmutación que produce su equivalente eléctrico en el motor.

13.10 Variación de frecuencia y respuesta a la demanda térmica

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Inverter no significa funcionamiento permanente del compresor; significa capacidad de variar su velocidad dentro de la estrategia de control del equipo.

13.11 Prueba del IPM con el compresor desconectado

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Un pulso breve de salida puede ser normal cuando la placa inicia una prueba y luego entra en protección por no detectar el comportamiento esperado del motor.

13.12 Comprobación de sensores por resistencia y por tensión

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Resistencia correcta del NTC + tensión incorrecta en placa = revisar el circuito de acondicionamiento antes de reemplazar el sensor.

13.13 Puntos de medición en la placa de la unidad interior

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Un conector puede actuar como punto de prueba si se conoce con certeza qué nodo del circuito lleva cada conductor.

13.14 Tensiones y señales de un ventilador DC en funcionamiento

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.

**PUNTO TÉCNICO ICIA**

En un ventilador con electrónica, la placa y el motor se diagnostican como un diálogo: energía, orden y respuesta.

13.15 Diagnóstico del ventilador desconectado y lógica de error

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Los códigos de ventilador no sólo informan que el motor no gira; reflejan que la placa no recibió la respuesta esperada dentro del tiempo de supervisión.

13.16 Comprobación de la entrada de red antes de diagnosticar la placa

Antes de concluir que una placa no enciende, debe medirse la tensión alterna entre línea y neutro directamente en su entrada. Una falla de cable, conector, protección externa o alimentación puede producir exactamente el mismo síntoma que una placa sin funcionamiento.

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Primer control ante una placa aparentemente muerta: medir la alimentación real en sus bornes, no asumir que llega tensión porque el circuito general está energizado.



CAPÍTULO 14

Diagnóstico digital y herramientas del fabricante

Uso de funciones Smart Diagnosis y módulos de servicio para obtener parámetros, códigos y comportamiento histórico.

14.1 Smart Diagnosis mediante aplicación y señal acústica

14.2 Módulos de diagnóstico y registro de parámetros

14.1 Smart Diagnosis mediante aplicación y señal acústica

Algunos equipos LG incorporan una función Smart Diagnosis que permite transmitir información de falla hacia una aplicación móvil. En el método mostrado, el usuario inicia el diagnóstico desde la aplicación y activa el modo correspondiente en el equipo o en el control remoto. El teléfono recibe una secuencia acústica y la aplicación interpreta el código asociado.

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

El diagnóstico del fabricante orienta hacia un subsistema; la reparación se confirma midiendo alimentación, señales y componente afectado.

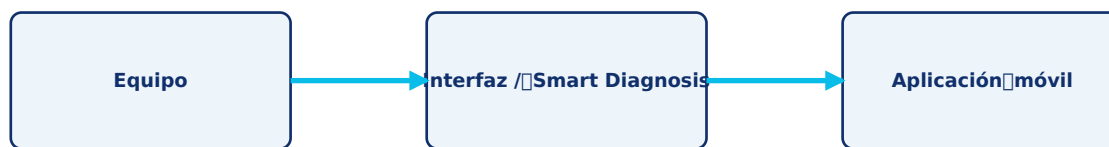
14.2 Módulos de diagnóstico y registro de parámetros

Existen herramientas de diagnóstico de LG capaces de mostrar temperaturas, velocidad de ventiladores, estado de la válvula de expansión, tensiones y otros parámetros del equipo. Algunos métodos utilizan conectividad inalámbrica y otros requieren un módulo de servicio conectado físicamente a la unidad exterior.

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Los registros históricos permiten diagnosticar fallas intermitentes que no pueden reproducirse durante una única visita de servicio.



Códigos + parámetros + registro

Esquema conceptual asociado a 14.2.



CAPÍTULO 15

Presiones, carga y recuperación de refrigerante

Interpretación de presiones variables, carga por masa y procedimiento de recuperación del refrigerante en la unidad exterior.

15.1 Comportamiento de las presiones en un sistema Inverter

15.2 Carga de refrigerante: por qué no basarse sólo en presión

15.3 Recuperación del refrigerante en la unidad exterior

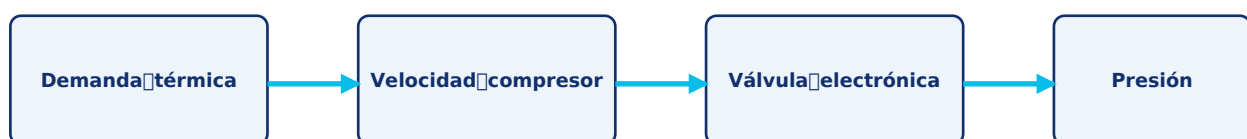
15.1 Comportamiento de las presiones en un sistema Inverter

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

En Inverter, la presión debe analizarse como parte de un sistema dinámico; la velocidad del compresor y la posición de la válvula modifican la lectura.



Esquema conceptual asociado a 15.1.

15.2 Carga de refrigerante: por qué no basarse sólo en presión

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Para carga de refrigerante, la especificación de masa del fabricante tiene prioridad sobre una presión objetivo tomada como regla universal.

15.3 Recuperación del refrigerante en la unidad exterior

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

La operación no debe prolongarse una vez que el refrigerante fue concentrado; el compresor y la electrónica de potencia no deben trabajar innecesariamente en una condición restrictiva.



CAPÍTULO 16

Herramientas para servicio Inverter

Selección de herramientas específicas para electrónica, medición y reparación sin invertir en elementos innecesarios.

16.1 Selección de herramientas para electrónica y reparación

16.1 Selección de herramientas para electrónica y reparación

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

La herramienta correcta reduce tanto el tiempo de reparación como el riesgo de dañar una placa que originalmente tenía una falla menor.



CAPÍTULO 17

Conectividad Wi-Fi en equipos de climatización

Vinculación de equipos inteligentes a la red doméstica y criterios de asistencia técnica al usuario.

17.1 Vinculación de equipos Smart a la red Wi-Fi

17.1 Vinculación de equipos Smart a la red Wi-Fi

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

La asistencia Wi-Fi forma parte del servicio moderno: primero debe separarse un problema de conectividad de una falla real de climatización.



CAPÍTULO 18

Placas universales para equipos Inverter

Alcance, conexiones, limitaciones y uso técnico de soluciones universales como reemplazo o apoyo de diagnóstico.

18.1 Alcance y limitaciones de una placa universal Inverter

18.2 Conexiones de la placa universal exterior y uso como herramienta

18.1 Alcance y limitaciones de una placa universal Inverter

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Una placa universal resuelve compatibilidad funcional, pero no garantiza reproducir todas las prestaciones de control y eficiencia de la electrónica original.

18.2 Conexiones de la placa universal exterior y uso como herramienta

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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Antes de conectar una placa universal como herramienta, deben confirmarse tensión nominal, pinout y estado eléctrico básico del compresor o ventilador a probar.



Esquema conceptual asociado a 18.2.



CAPÍTULO 19

Aplicaciones de apoyo para electrónica

Uso de calculadoras y utilidades móviles para interpretar resistencias y realizar cálculos electrónicos básicos.

19.1 Aplicación Electrodoc para cálculos y códigos electrónicos

19.1 Aplicación Electrodoc para cálculos y códigos electrónicos

La aplicación Electrodoc 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.

PUNTO TÉCNICO ICIA

Las calculadoras móviles son apoyo de taller; el valor final de un repuesto debe confirmarse con la función del componente y las exigencias del circuito.



Apéndice A - Método de diagnóstico ICIA

La secuencia de diagnóstico desarrollada a lo largo del libro puede resumirse en un principio: comprobar primero la energía disponible y luego avanzar hacia la carga. Cada etapa se valida midiendo qué recibe y qué entrega.

Ante una placa que no funciona se verifica la entrada AC, protecciones, rectificación y bus DC. Después se comprueban fuentes auxiliares. Sólo cuando esas alimentaciones son correctas se analizan sensores, comunicación, órdenes de control y actuadores. En fallas de compresor se separan motor, IPM, alimentación de mando y condiciones de protección.

Cuando una medición realizada con el componente conectado es anormal, se repite con el componente aislado. La comparación permite diferenciar carga, cableado y electrónica. Este método reduce reemplazos innecesarios y convierte el diagnóstico en una secuencia reproducible.



Diagnóstico por etapas: confirmar entrada -> salida

Paso	Control	Objetivo
1	Confirmar alimentación	Medir tensión AC en la entrada real de la placa.
2	Validar protecciones	Fusible, varistor, filtros y continuidad del recorrido.
3	Confirmar bus DC	Puente rectificador, capacitores y PFC cuando corresponda.
4	Confirmar fuentes auxiliares	Tensiones de control, reguladores y alimentación del IPM.
5	Evaluar señales	Sensores, comunicación, control remoto y órdenes de actuadores.
6	Evaluar cargas	Compresor, ventiladores, válvula electrónica y cableado.
7	Comparar conectado / aislado	Separar placa, componente y cableado cuando una lectura sea dudosa.



Apéndice B - Glosario técnico

AC	Corriente alterna. Señal eléctrica que cambia periódicamente de polaridad.
DC	Corriente continua. Señal con polaridad definida.
Bus DC	Línea de alta tensión continua obtenida después de rectificación y filtrado.
PFC	Etapas de corrección del factor de potencia presente en determinadas placas Inverter.
IPM	Módulo inteligente de potencia utilizado para generar las salidas hacia el motor.
PWM	Modulación por ancho de pulso utilizada para controlar energía mediante conmutación.
MOSFET	Transistor de efecto de campo empleado como interruptor electrónico en fuentes y potencia.
Optoacoplador	Componente que transfiere información mediante luz proporcionando aislamiento eléctrico.
NTC	Termistor cuya resistencia disminuye cuando aumenta la temperatura.
Sensor Hall	Sensor utilizado para detectar movimiento o posición mediante campo magnético.
U-V-W	Identificación habitual de las tres salidas electrónicas hacia motores trifásicos Inverter.
EEV	Válvula de expansión electrónica accionada por pasos desde la placa.
SMD	Componente de montaje superficial soldado directamente sobre pads de la placa.
Cruce por cero	Instante en el que la señal alterna atraviesa su referencia de cero.
Realimentación	Información que vuelve al circuito de control para ajustar o confirmar una acción.



ICIA

Formación técnica para diagnóstico profesional

Biblioteca Técnica ICIA - Aire Acondicionado Inverter - Edición 2026