

Motores eléctricos en bombeo

Qué dice la placa, cómo leer la corriente y la tensión, y por qué un motor se quema dos veces

Un motor rebobinado vuelve a quemarse a los pocos meses y la conclusión fácil es que el bobinado salió malo. Casi siempre la causa sigue ahí: tensión desbalanceada, sobrecarga, ventilación tapada o demasiados arranques. Antes de rebobinar por segunda vez, hay que medir. Esta ficha resume qué mirar en la placa, en el tablero y en el motor.

Ideas clave

- Un desbalance de tensión de 1 % puede producir un desbalance de corriente de 6 a 10 %.
- Cada 10 °C por encima de la temperatura de su clase, la vida de la aislación se reduce aproximadamente a la mitad.
- Un motor quemado dos veces tiene una causa externa sin resolver: tensión, carga, ventilación o arranques.

La placa, campo por campo

Campo	Qué significa y qué revisar
P (kW o HP)	Potencia mecánica en el eje, no la que toma de la red.
U (V) y conexión	Tensión nominal y conexión, por ejemplo 380 V Δ / 660 V Y. Verificá que la conexión en la bornera coincida con la tensión de la red.
I (A)	Corriente a plena carga con tensión y frecuencia nominales. Es la referencia para ajustar el relé térmico.
rpm	Velocidad a plena carga. La diferencia con la velocidad sincrónica (3.000 o 1.500 rpm a 50 Hz) es el resbalamiento.
$\cos \phi$ y η	Factor de potencia y rendimiento a plena carga. Ambos bajan cuando el motor trabaja con poca carga.
FS	Factor de servicio (NEMA, típico 1,15). Admite sobrecarga ocasional con mayor calentamiento; no es margen para operar siempre. En motores IEC suele ser 1,0.
Clase de aislación	Clase térmica del sistema aislante: B (130 °C), F (155 °C), H (180 °C). Es habitual aislación F con calentamiento de clase B, lo que deja reserva térmica.
IP	Grado de protección (IEC 60034-5). IP55: protegido contra polvo y chorros de agua.
IE	Clase de eficiencia según IEC 60034-30-1: IE1 a IE4; la edición más reciente agrega IE5.
Servicio y ambiente	S1 es servicio continuo (IEC 60034-1). Los datos valen hasta 40 °C de ambiente y 1.000 m de altitud; por encima, la reducción de potencia la indica el fabricante.

Qué dice la corriente

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi)$$

I corriente de línea, A
P potencia en el eje, W
U tensión de línea, V
 η rendimiento del motor
 $\cos \varphi$ factor de potencia

Ejemplo: un motor de 30 kW, 380 V, $\eta = 0,93$ y $\cos \varphi = 0,86$ toma a plena carga $30.000 / (1,732 \times 380 \times 0,93 \times 0,86) \approx 57$ A. Si con la bomba en su punto de trabajo medís bastante más, hay sobrecarga mecánica o hidráulica, o la tensión es anormal.

- Medí las tres fases con pinza amperométrica y compará con la placa y entre sí.
- Corriente alta en las tres fases: bomba centrífuga radial trabajando a la derecha de su curva, rodete o densidad distintos de los de diseño, roce mecánico, tensión baja o rodamientos dañados.
- Corriente distinta entre fases: desbalance de tensión, conexión floja o falla en el bobinado.
- En vacío o con poca carga la corriente no baja en proporción, porque la corriente magnetizante se mantiene. Para estimar la carga a bajo porcentaje, medí potencia activa con analizador de redes.

Tensión y desbalance

IEC 60034-1 define una zona A de operación con $\pm 5\%$ de tensión y $\pm 2\%$ de frecuencia, en la que el motor debe entregar su potencia nominal. Fuera de ese rango, el calentamiento sube. El desbalance entre fases es todavía más dañino: genera corrientes de secuencia inversa que calientan el rotor y el estator sin aportar par útil.

NEMA MG-1 define el desbalance de tensión como la máxima desviación respecto del promedio de las tres tensiones de línea, dividida por ese promedio. **Ejemplo:** tensiones medidas de 385, 377 y 374 V. Promedio: 378,7 V. Máxima desviación: $385 - 378,7 = 6,3$ V. Desbalance: $6,3 / 378,7 \approx 1,7\%$. Según la aproximación de NEMA, la elevación de temperatura en la fase más cargada aumenta alrededor de $2 \times 1,7^2 \approx 6\%$.

Desbalance de tensión	Factor de reducción de potencia (NEMA MG-1)
Hasta 1 %	1,00 (sin reducción)
2 %	0,95
3 %	0,88
4 %	0,82
5 %	0,75
Más de 5 %	No se recomienda operar

Valores aproximados leídos de la curva de NEMA MG-1. Con un 3 % de desbalance, un motor de 30 kW debería cargarse a no más de unos 26 kW.

REGLA PRÁCTICA

Medí tensión entre fases en bornes del motor, con carga, antes de rebobinar. Si el desbalance supera el 1 %, buscá la causa en la red, el tablero o las conexiones.

Temperatura, ventilación y aislación

La vida de la aislación depende de la temperatura del bobinado. Como regla aproximada, cada 10 °C por encima de la temperatura de su clase la vida se reduce a la mitad: 20 °C de exceso la dejan en un cuarto. Por eso un motor que trabaja apenas sobrecargado o con la ventilación tapada no avisa: se va consumiendo hasta que falla.

- Mantené limpias las aletas de la carcasa y la tapa del ventilador. Polvo, barro o un ventilador roto suben la temperatura aunque la corriente sea normal.
- Respetá la cantidad de arranques por hora que indica el fabricante: cada arranque directo calienta rotor y estator mucho más que la marcha normal.
- Usá la termografía para comparar carcasa, bornera y rodamientos entre equipos iguales, y los sensores PTC o PT100 del bobinado si el motor los tiene.

Arranques y variadores

Arranque	Corriente de arranque	Comentario
Directo	6 a 8 veces I_n	Simple y robusto. Mayor caída de tensión y mayor esfuerzo mecánico.
Estrella-triángulo	Un tercio del directo	El par también baja a un tercio; sirve para bombas centrífugas. El motor debe estar previsto para triángulo a la tensión de red (por ejemplo 380 V Δ). La conmutación produce un pico de corriente.
Arrancador suave	Regulable, típico 2 a 4 veces I_n	Rampa de arranque y parada; reduce el golpe hidráulico en paradas programadas.
Variador de frecuencia	Cercana a la nominal	Arranque suave y regulación de caudal por velocidad.

Valores típicos; los motores de alta eficiencia pueden tener corrientes de arranque mayores. Ver placa y catálogo del fabricante.

Con variador aparecen tres temas a revisar:

- **Ventilación a baja velocidad.** El ventilador propio pierde caudal de aire al bajar la velocidad. En bombas centrífugas el par baja con la velocidad y en general alcanza, pero con cargas de par constante a baja velocidad puede hacer falta ventilación forzada.
- **Picos de tensión.** Los flancos rápidos del variador y los cables largos generan sobretensiones en bornes que castigan la aislación entre espiras. Usá motores aptos para variador (NEMA MG-1 Parte 31, IEC 60034-25) o filtros dv/dt.
- **Corrientes de eje.** Pueden descargarse a través de los rodamientos y marcarlos con estrías transversales. Se controlan con rodamientos aislados o híbridos, escobilla o anillo de puesta a tierra del eje y buena puesta a tierra del conjunto.

Fallas típicas y megado

Lo que se ve al desarmar	Causa probable
Las tres fases quemadas en forma pareja	Sobrecarga sostenida, tensión fuera de rango, ventilación obstruida, arranques excesivos o rotor bloqueado.
Dos fases quemadas (conexión estrella) o una fase (triángulo)	Falta de fase: fusible quemado, polo de contactor defectuoso o borne flojo.
Una fase más oscura que las otras, sin falta de fase	Desbalance de tensión.

Lo que se ve al desarmar	Causa probable
Cortocircuito entre espiras, a menudo en las primeras espiras de la bobina conectada a la línea	Picos de tensión por maniobras o variador, contaminación o aislación envejecida.
Falla a masa a la salida de la ranura	Humedad, contaminación, vibración o aislación envejecida.
Rodamiento con estrías transversales en las pistas	Corrientes de eje, típicas con variador.

La resistencia de aislación se mide con megóhmetro en corriente continua, entre bobinado y masa. IEEE 43 recomienda 500 V para bobinados de menos de 1.000 V y 500 a 1.000 V hasta 2.500 V. Como mínimo de referencia, corregido a 40 °C, indica 5 MΩ para bobinados de alambre redondo y motores de menos de 1 kV, y 100 MΩ para la mayoría de los bobinados preformados fabricados desde 1970 aproximadamente.

- La resistencia baja aproximadamente a la mitad por cada 10 °C de aumento: anotó la temperatura del bobinado y compará siempre en las mismas condiciones.
- El índice de polarización (lectura a 10 min dividida por la de 1 min) debería ser de 2,0 o más en aislaciones de clase B o superior.
- La tendencia en el tiempo dice más que una lectura aislada. Un valor que cae entre mediciones indica humedad, contaminación o envejecimiento.
- Desconectá el variador y los capacitores antes de megar: la tensión de prueba los puede dañar.

Checklist para planta

- ☐ Registrá los datos de placa de cada motor y el ajuste del relé térmico.
- ☐ Medí tensión entre fases en bornes, con carga, y calculá el desbalance.
- ☐ Medí corriente en las tres fases y comparala con la placa.
- ☐ Verificá la conexión en bornera, el ajuste de bornes y la puesta a tierra.
- ☐ Limpiá aletas y tapa del ventilador; revisá que el ventilador esté entero.
- ☐ Controlá la cantidad de arranques por hora contra el dato del fabricante.
- ☐ Megá el bobinado con la temperatura anotada y llevá la tendencia.
- ☐ En motores con variador, revisá rodamientos, puesta a tierra del eje y largo de cable.

Cómo te ayuda WPM

En el taller rebobinamos y reparamos motores, los probamos en banco y analizamos la falla para identificar la causa. En campo medimos vibraciones y hacemos termografía de motores y tableros, para encontrar lo que hay que corregir antes de volver a poner en marcha el motor reparado.

WhatsApp +54 9 299 455-3106 · ventas@wpmweb.com.ar

www.wpmweb.com.ar/servicio-post-venta/bobinado-de-motores

Taller y oficinas: Tita Merello 3200, Neuquén Capital. Más de 25 años en bombas y motores.

Referencias. IEC 60034-1: Rotating electrical machines. Rating and performance. · IEC 60034-5: Degrees of protection (IP code). · IEC 60034-30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code). · IEC/TS 60034-25: AC electrical machines used in power drive systems. Application guide. · NEMA MG-1: Motors and Generators (desbalance de tensión; Parte 31, motores alimentados por variador). · IEEE 43: Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery.

Contenido orientativo. Los valores de referencia no reemplazan las indicaciones del fabricante del equipo ni la evaluación en sitio.