



Motores Eléctricos Industriales

Answer for industry.

SIEMENS

La reproducción, transmisión o uso de este documento o su contenido, no está permitido a menos que sea autorizado por escrito.

Los infractores serán responsables por los daños. Todos los derechos, incluyendo los derechos creados por otorgamiento de patentes o registro de un modelo o diseño de utilidad son reservados.

© Siemens 2011. Todos los derechos reservados.

MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES

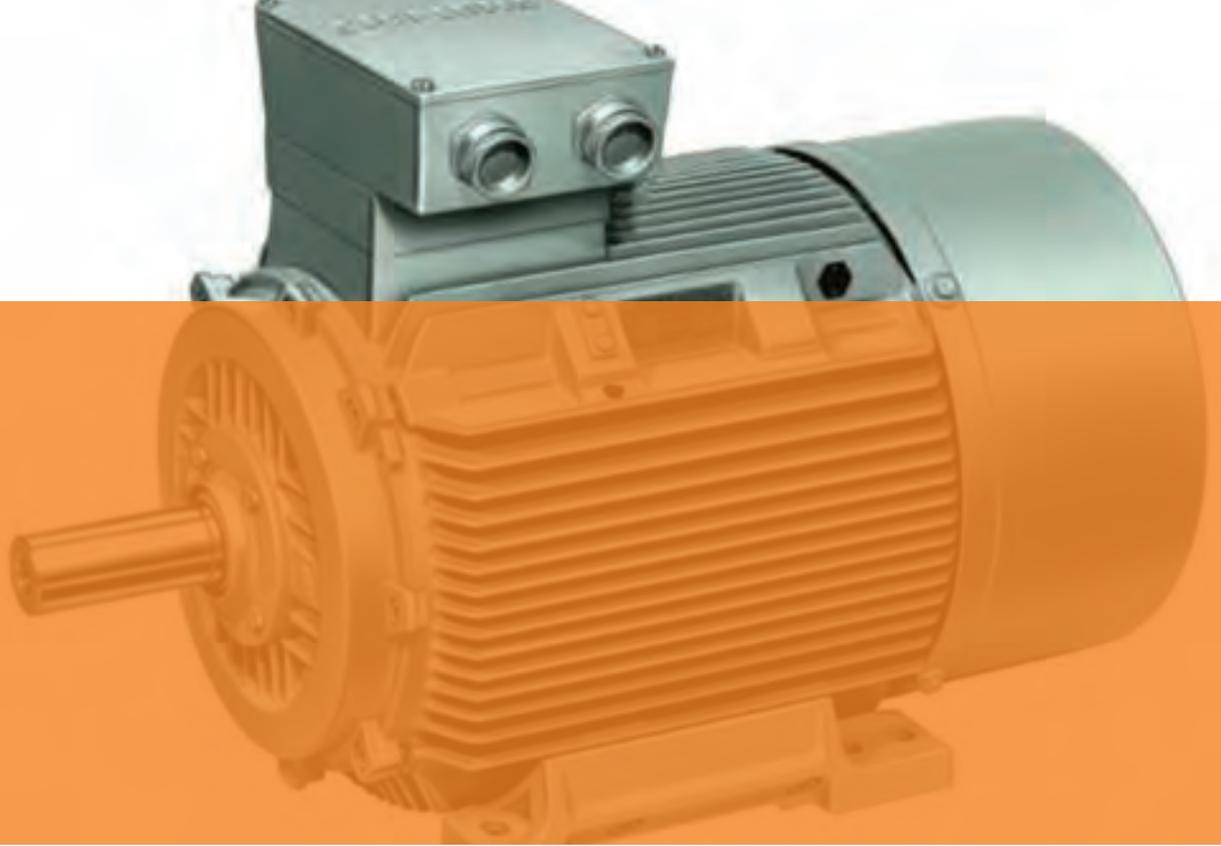
1. Generalidades	4
2. Características Eléctricas	8
Conexión de motores eléctricos	10
Puesta a tierra	15
Funcionamiento general	15
Sentido de giro	19
Forma y simetría de las tensiones	20
Tipos de servicio	22
Compensación de la potencia reactiva en los motores trifásicos	26
Arranque	27
Características del rotor en caso de conectar directamente motores 1LA3, 1LA6, 1LA5 y 1LA7	31
Calentamiento	32
Determinación de la potencia al variar la temperatura del medio refrigerante o la altitud de emplazamiento	35
Protección del motor	35
3. Características Mecánicas	36
Determinación del momento de inercia	38
Características de par motor para accionamientos especiales	39
Forma constructiva según IEC publicación 34, parte 7	40
Grado de Protección IP	41
Métodos de enfriamiento	42
Transmisión por correas	43
Rodamientos	46
Rodamientos para la serie USO SEVERO	47
Rodamientos para motores NEMA	47
Rodamientos para motores trifásicos STANDARD	47
Despiece	48
4. Eficiencia de los motores	50
¿Por qué hablar de eficiencia?	52
¿Qué es la eficiencia?	53
Las pérdidas en los motores de inducción	54
Balance de energía en el motor	55
Reglamentaciones sobre eficiencia	56
Clasificación de los motores de acuerdo a su eficiencia	58
Clasificación por código IE	59
Ensayos para la determinación de la eficiencia en los motores	60
5. Portafolio	62
Motores trifásicos estándar de la serie 1LA7 y 1LA5 IP55	64
Motores trifásicos de Uso Severo de series 1LA3 y 1LA6. IP55	69
Motores monofásicos semiabiertos serie 1RF	77
y totalmente cerrados (TEFC) serie 1LF	



MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES

1. Generalidades





Generalidades

Los motores cumplen con las normas, prescripciones y recomendaciones VDE, ICONTEC e IEC; entre las que se pueden resaltar las siguientes:

VDE 0530: Prescripciones para máquinas eléctricas.

Publ. IEC 34-1: Recomendaciones para máquinas eléctricas rotativas.

Publ. IEC 144 - Publ. IEC 72-2: Recomendaciones para motores normalizados.

DIN 42673, hojas 1 y 2: Indicación de potencias nominales y medidas de extremos de eje en relación a los tamaños constructivos para motores con ventilación de superficie y rotor en cortocircuito, en ejecución normal.

DIN 42 677, hojas 1 y 2: Indicación de potencias nominales y medidas de extremos de eje en relación a los tamaños constructivos para motores con ventilación de superficie y rotor en cortocircuito, en ejecución normal.

Publ IEC 34-2-1: Métodos para determinación de eficiencia

Publ IEC 34-30: Clasificación de eficiencia de motores trifásicos de rotor de jaula de ardilla de una sola velocidad.

Publ NEMA MG1: Recomendaciones constructivas y de ensayo para motores y generadores.

El sistema trifásico

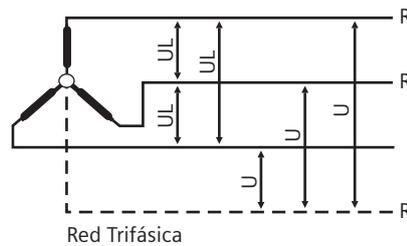
Las redes trifásicas de baja tensión están formadas por tres conductores activos R, S y T, y pueden ejecutarse con o sin conductor neutro. Los conductores neutros están unidos al centro de la estrella del generador o del transformador en lado de baja tensión. Dos conductores activos, o uno de ellos y el neutro, constituyen un sistema de corriente alterna monofásica.

Tensión de servicio

La tensión existente entre dos conductores activos (R, S, T) es la tensión de línea (tensión compuesta o tensión de la red). La tensión que hay entre un conductor activo y el neutro es la tensión de la fase (tensión simple).

Se da la relación:

- $U_L = 1,73 U$
- $U_L =$ tensión de línea (tensión compuesta)
- $U =$ Tensión de fase (tensión simple)



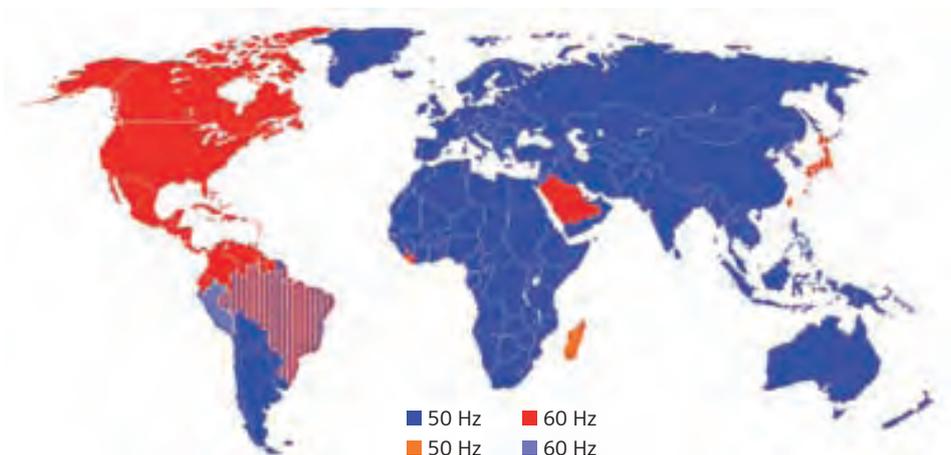
Las tensiones normalizadas para las redes de corriente trifásica, en baja tensión, son las siguientes:

Tensión de línea (V)	Tensión de fase (V)	Denominación usual de la red (V)
208	120	208/120
220	127	220/127
260	150	260/150
380	220	380/220
440	254	440/254

Las tensiones normalizadas bajo Nema (MG1 10.30) para motores monofásicos, son las siguientes:

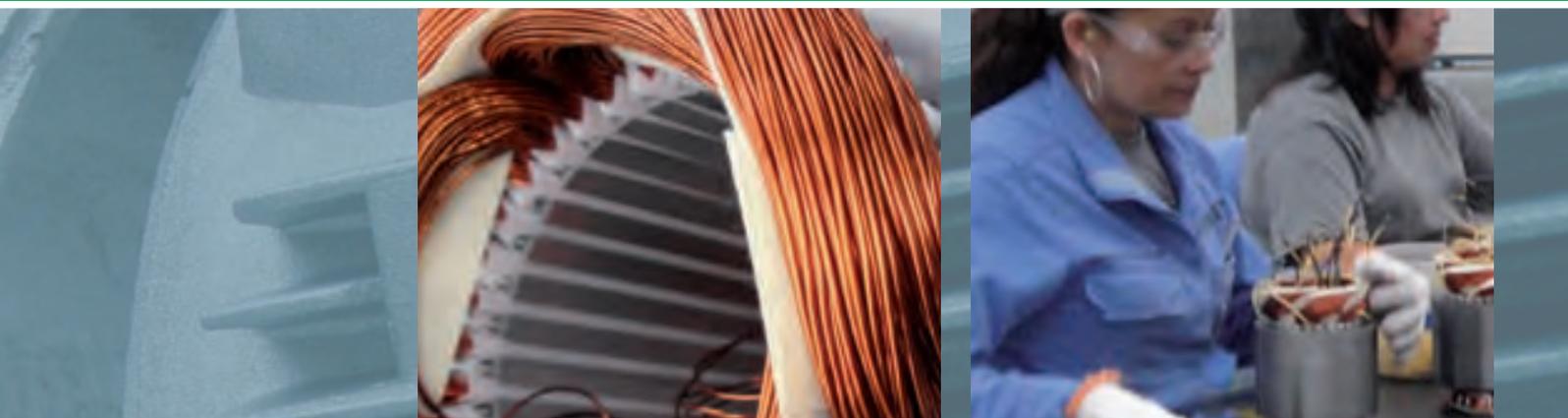
Frecuencia	Tensión de Fase
60 HZ	115 V
	200 V
	230 V

En América las redes públicas y las industriales prestan servicio a la frecuencia de 60Hz, con excepción de Bolivia, Chile, Argentina, Uruguay y Paraguay, que tienen 50 Hz.





MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES



2. Características Eléctricas



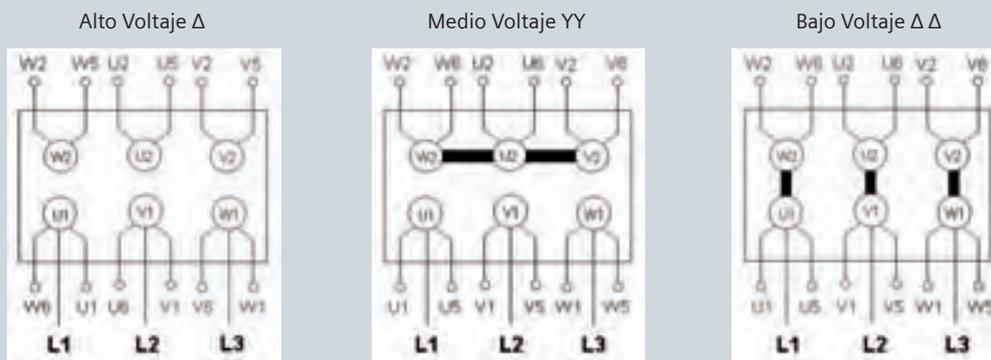
Conexión de motores eléctricos

Conexión de motores trifásicos

Los motores trifásicos se conectan a los tres conductores R,S,T de la red. La tensión nominal del motor en la conexión de servicio debe coincidir con la tensión de línea de la red (tensión de servicio).

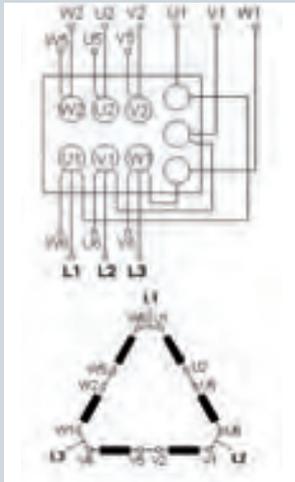
Conexión de servicio de motores trifásicos y potencias nominales						
Serie	Tension [V]	Conexión	Frame IEC	Potencia [HP]		
				2 Polos	4 Polos	6 Polos
1LA3/1LA6	230/400/460	DD/YY/D	090 - 225	2 - 75	2 - 75	1,5 - 50
1LA7	220/440	YY/Y	070 - 112	0,75 - 7,5	0,4 - 7,5	0,4 - 4
1LA7/1LA5	220/440	DD/D	132 - 225	10 - 75	10 - 75	5 - 50
1LG4	230/400/460	DD/YY/D	250 - 280	100 - 150	100 - 150	60 - 125
1LG4	460	D	315	175 - 300	175 - 300	150 - 250

Conexiones serie 1LA3. Frame AH90 -112

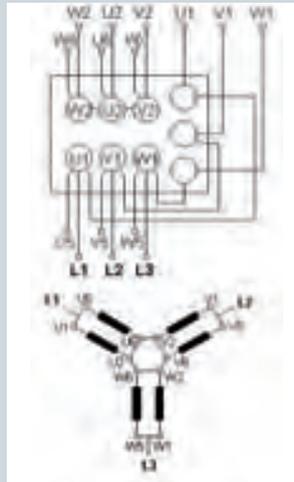


Conexiones serie 1LA3. Frame AH 132 –160

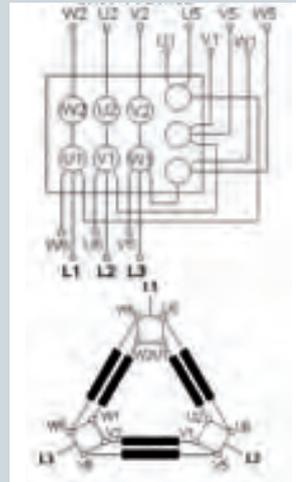
Alto Voltaje Δ



Medio Voltaje YY

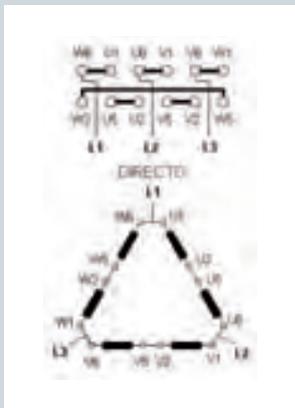


Bajo Voltaje $\Delta \Delta$

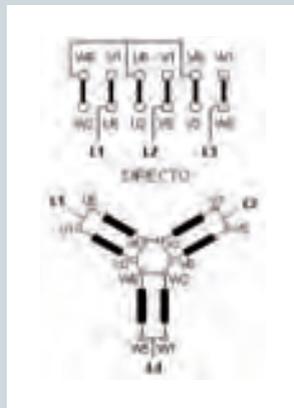


Conexiones serie 1LA6. Frame AH 180-225

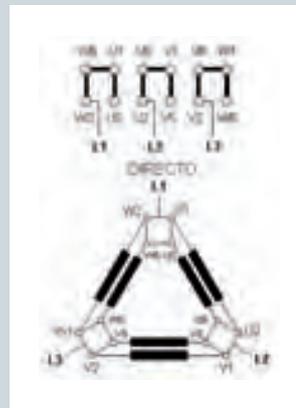
Alto Voltaje Δ



Medio Voltaje YY

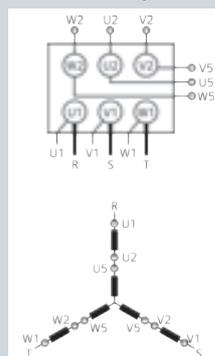


Bajo Voltaje $\Delta \Delta$

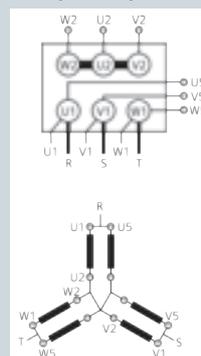


Conexiones serie 1LA7. Frame AH 071- 112

Alto Voltaje Y

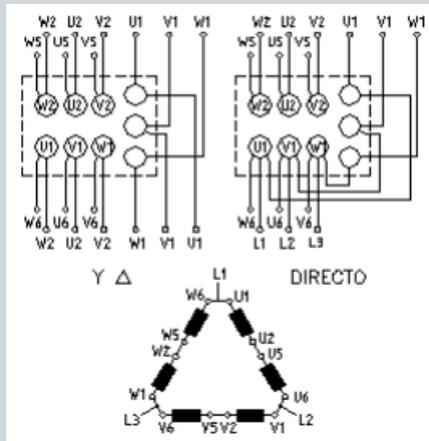


Bajo Voltaje YY

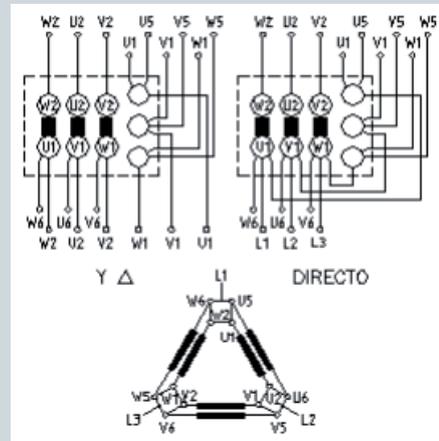


Conexiones serie 1LA7. Frame AH 132-160

Alto Voltaje Δ



Bajo Voltaje Δ

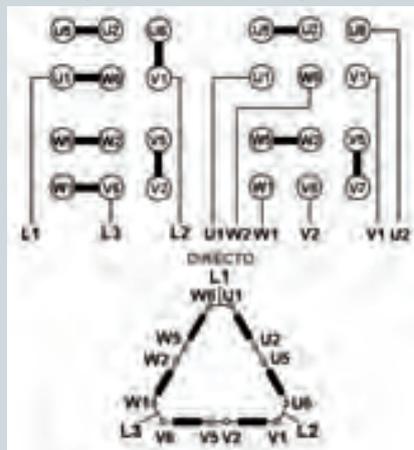


Conexiones serie 1LA5. Frame AH 180-225

Alto Voltaje Δ

Arranque Directo

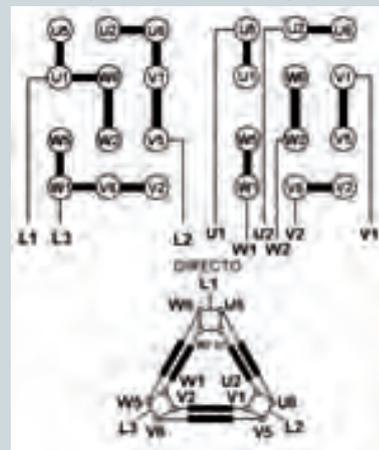
Arranque Y Δ



Bajo Voltaje Δ

Arranque Directo

Arranque Y Δ

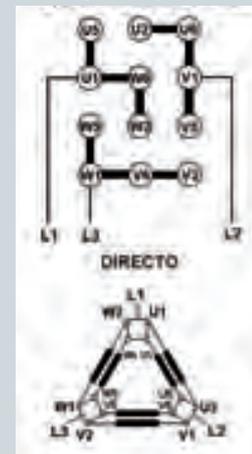
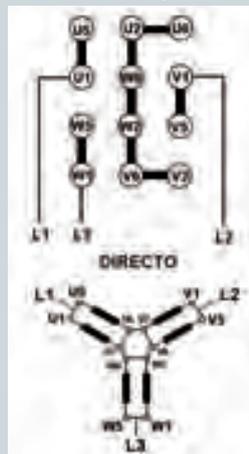
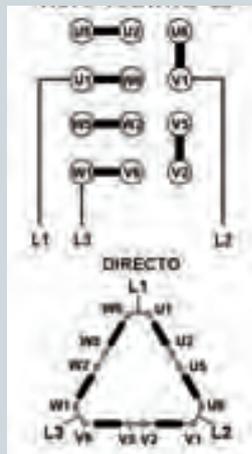


Conexión de motores serie 1LG4. Frame AH 250 - 280

Alto Voltaje Δ

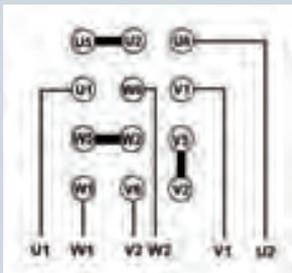
Medio Voltaje YY

Bajo Voltaje Δ

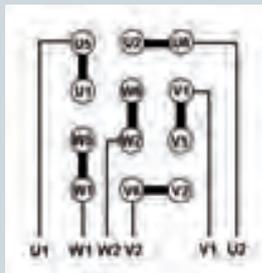


Conexión arranque Y Δ Motores 1LG4 AH 250/280

Alto Voltaje Δ

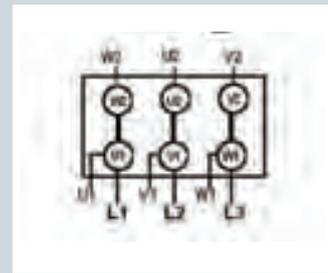


Bajo Voltaje Δ Δ

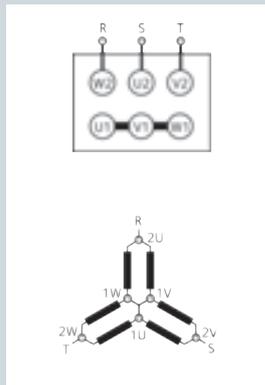
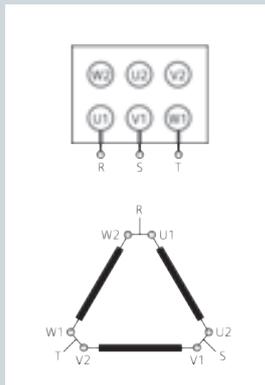


Conexión de motores serie 1LG4. Frame AH 315

Conexión Directa un solo voltaje
Conexión Δ



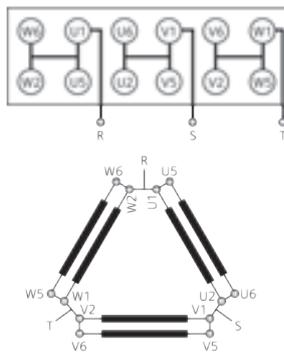
Conexión Dahlander para dos velocidades



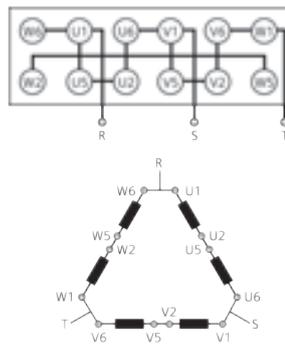
Devanado en conexión Dahlander se realiza, por ejemplo, para 1800/3600 rpm, es decir, 4/2 polos; ó 900/1800 rpm, es decir 8/4 polos.

Conexión motores trifásicos 1LA4.../ LA6... B80 (serie 846)

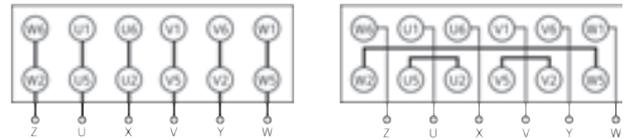
208 - 220 V - ΔΔ
Arranque directo



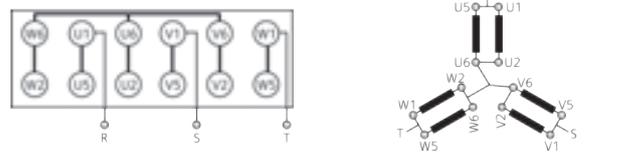
440 V - Δ
Arranque directo



Arranque Y - Δ



380 V - YY
Arranque directo





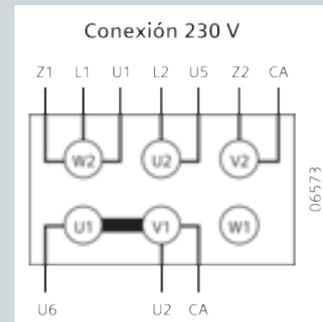
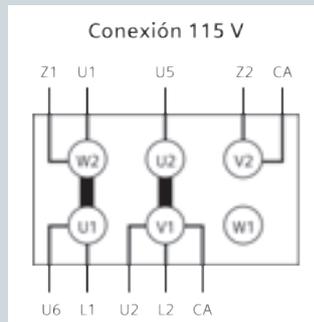
Conexión de motores monofásicos

Los motores monofásicos se conectan a dos conductores de la red, ya sean L1 y L2 (dos conductores activos) o L1 y N (un conductor activo y neutro), según la tensión y configuración de funcionamiento.

Conexión de servicio de motores monofásicos y descripciones generales:

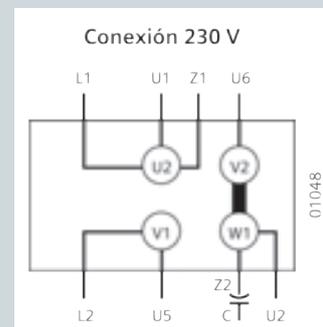
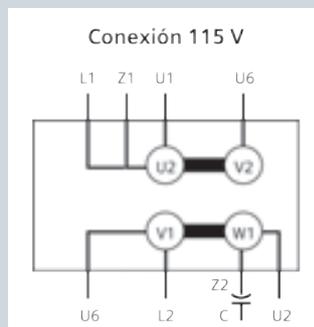
1LF7 - Motor monofásico cerrado

Potencia		Tensión [V]	Frame IEC	Características
2 Polos	4 Polos			
0,3-5 HP	0,3-5 HP	115/230	71	- Ejecución IMB3 en 2 y 4 polos
		115	80	- Ejecuciones especiales según norma NEMA
		220	90	
			112	



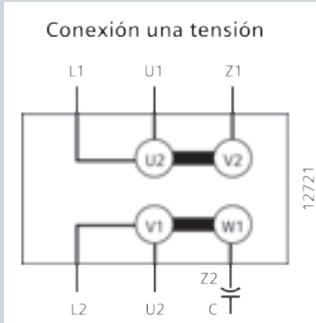
Inversión de giro: intercambiar Z1 y Z2

Si no aparece Z1, el motor sólo gira a la izquierda mirando el eje por el frente



Inversión de giro: intercambiar Z1 y Z2

Si no aparece Z1, el motor sólo gira a la izquierda mirando el eje por el frente

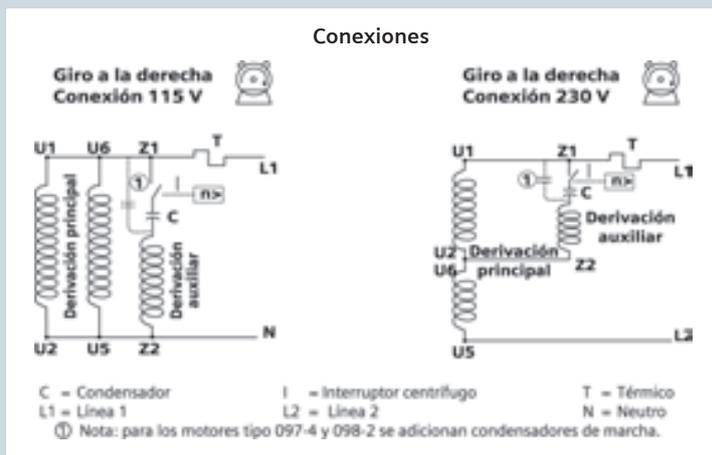


Para invertir sentido de giro intercambiar Z1 con Z2



Para giro a la izquierda intercambiar CA con Z2

CB= Condensador de marcha
CA= Condensador de arranque



Puesta a tierra

La puesta a tierra es una unión eléctrica entre algunos elementos metálicos de un sistema eléctrico y un conjunto de electrodos, que permite la desviación de corrientes de falla consiguiendo evitar diferencias de potencial peligrosas entre una máquina o instalación y la superficie próxima al terreno.

Los motores tienen en la caja de conexiones un tornillo para empalmar el conductor de tierra. Si se trata de motores, superiores al tamaño constructivo 180, para la puesta a tierra se dispone adicionalmente un borne en la pata o bien en la carcasa.

Funcionamiento General

Para elegir un motor adecuado, se deben tener presentes las siguientes características y datos de funcionamiento: carga de trabajo (potencia), clase de servicio, ciclo de trabajo, procesos de arranque, frenado e inversión de giro, regulación de la velocidad de rotación, variaciones de la red y temperatura del medio refrigerante.

Las máquinas eléctricas rotatorias, en donde se lleva a cabo un proceso de transformación de energía eléctrica en energía mecánica, están formadas principalmente por un estator y un rotor, entre otros componentes. En el estator es ubicado normalmente el inductor alimentado por una red monofásica o trifásica. El rotor es el inducido y las corrientes que circulan por él aparecen debido a la interacción con el flujo del estator.

El estator se encuentra formado por un apilamiento de chapas de acero al silicio, que disponen de ranuras en su periferia interior, en las que se ubica un devanado trifásico o monofásico, distribuido de tal forma que al ser alimentado por una corriente del mismo tipo, genera un flujo giratorio de amplitud constante distribuido senoidalmente por el entrehierro. Las características técnicas del devanado definen en gran proporción los parámetros eléctricos de funcionamiento del motor.

La velocidad de rotación del campo magnético del estator se denomina velocidad sincrónica y se puede determinar por medio de la siguiente relación:

$$n_s = (60 \cdot f) / (p)$$

donde,

n_s = velocidad sincrónica

f = Frecuencia [Hz]

p = número de pares de polos

Teniendo así, por ejemplo, velocidades de 3600 r.p.m. para 2 polos y 1800 r.p.m. para 4 polos.

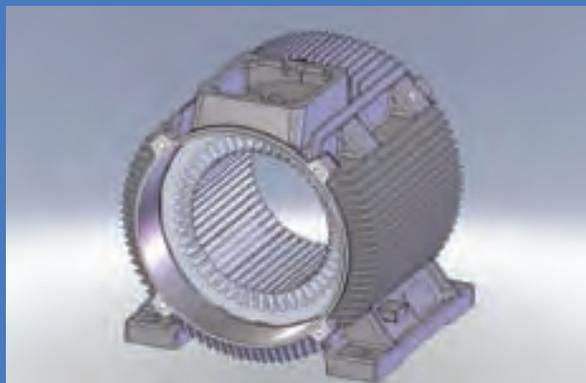
El estator se encuentra situado en su respectiva carcasa, que aparte de servir como soporte y medio de fijación de la maquina, participa considerablemente en el proceso de disipación térmica de la misma.

Así mismo el motor se encuentra dotado de otros elementos mecánicos para su funcionamiento: Platinos, rodamientos, caja de bornes, ventilador, caperuza, etc.

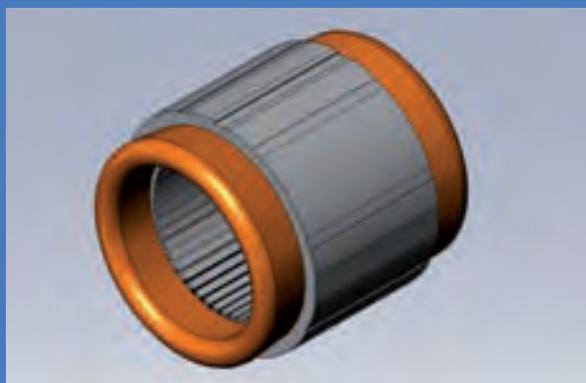
El rotor está constituido por un conjunto de chapas apiladas, formando un cilindro, con ranuras dispuestas en su circunferencia exterior, donde se ubica el devanado secundario. En los rotores de jaula de ardilla este devanado está compuesto por una serie de barras conductoras de aluminio puestas en corto circuito mediante anillos laterales. La construcción de la jaula ejerce decisiva influencia sobre el comportamiento del par durante el proceso de arranque.

Así, el campo magnético giratorio generado en el estator corta las barras conductoras de corriente del rotor, produciendo en ellas un momento de giro (par motor) que origina el movimiento rotativo. La potencia y el par nominal de un motor caracterizan su capacidad de carga a la velocidad nominal, bajo condiciones de servicio normales.

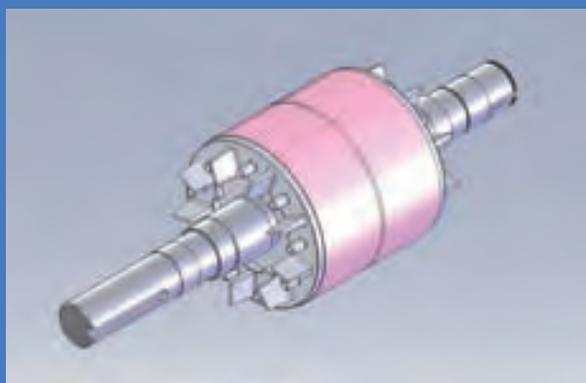
Las secciones de las barras de las jaulas de los rotores son diferentes, según el tamaño, clase y serie de fabricación del motor. Cada forma de la sección de la barra da como resultado una conducción diferente de corriente y, consecuentemente, otra curva del par motor.



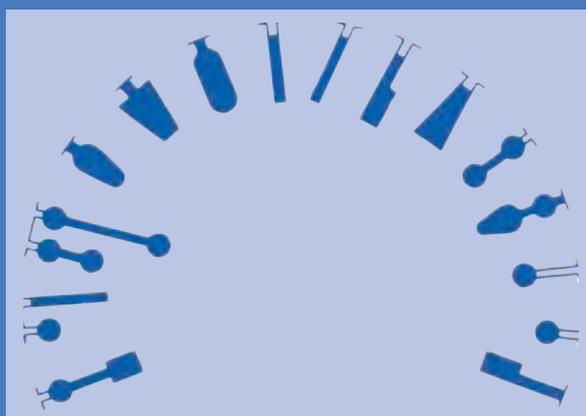
Carcasa



Estator

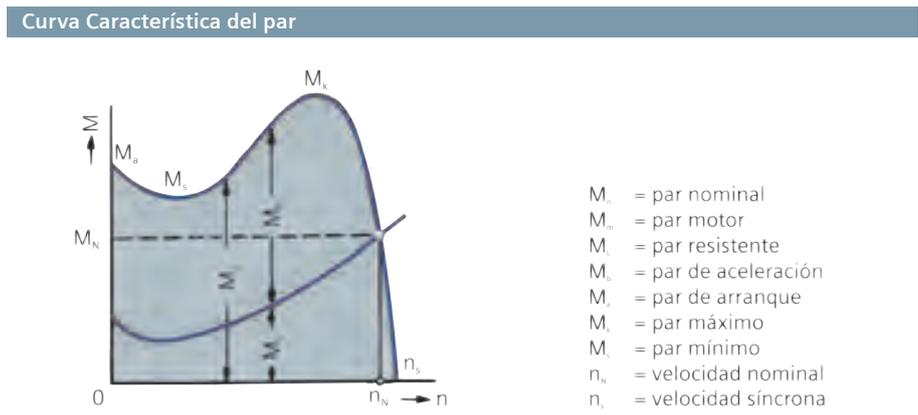


Rotor



Ejemplo de diferentes secciones de ranuras en los rotores de la jaula de ardilla

El par que desarrolla un motor en su eje presenta una magnitud muy variable para las velocidades comprendidas entre $n=0$ y $n=n_s$. El curso característico del par respecto a la velocidad de rotación del motor trifásico con rotor de jaula queda representado en el diagrama siguiente. (Curva característica del par).



Puntos característicos de la curva son el par de arranque, M_a , el par mínimo M_s y el par máximo M_k .

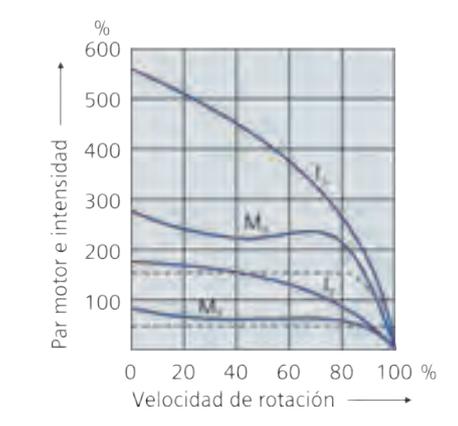
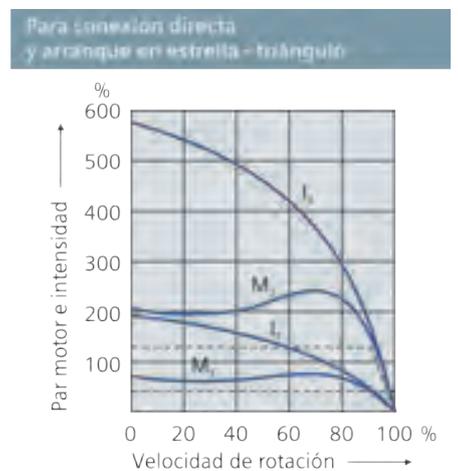
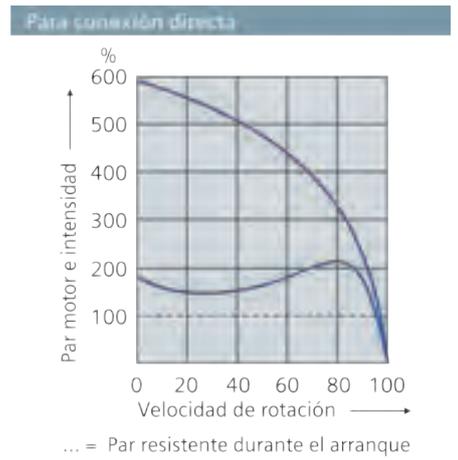
Según las definiciones recogidas en VDE 0530:

- Par de arranque es el par mínimo que desarrolla el motor partiendo del estado de reposo, estando el rotor en la posición más desfavorable, a la tensión y frecuencia nominales, una vez terminados los procesos de compensación.
- Par mínimo es el par más pequeño en la gama de velocidades comprendida entre el estado de reposo y el par máximo, a la tensión y frecuencia nominales.
- Par máximo es el mayor par que desarrolla un motor durante el proceso de arranque a la tensión y frecuencia nominales.

Los valores correspondientes al par de arranque, al par mínimo y al par máximo, así como la corriente en el arranque para un cierto motor, se indican en las tablas de selección respectivas.

Como la característica del par motor durante el proceso de aceleración depende de su dimensionamiento eléctrico, los parámetros del motor deben elegirse en correspondencia con el comportamiento del par resistente; luego se debe tener presente la clasificación y comportamiento del par motor necesario. Por ejemplo los motores con clasificaciones de par KL 10 ó KI 16, se encuentran proyectados, en caso de conexión directa, para acelerar venciendo un par resistente del 100% ó 160% del nominal. Esto significa que el par motor está con seguridad por encima del mencionado valor, de forma que se cuenta con un par de aceleración suficientemente elevado para que la máquina accionada, partiendo de la velocidad de rotación cero, llegue a la propia del servicio.

Tratándose de motores con 2 clases de par (si esto se hubiese previsto), el inferior se utilizará, principalmente, para accionamiento en conexión directa. La clase de par superior se utilizará cuando la corriente de arranque deba ser baja, recurriendo para ello a la conexión en Y D, o cuando en conexión directa se pretenda conseguir un par de arranque elevado (para arranque pesado).



La velocidad nominal de rotación del motor se diferencia de la velocidad de sincronismo en el deslizamiento nominal S_N .

$$S_N = \frac{n_s - n_N}{n_s} \cdot 100$$

siendo:

S_N = deslizamiento nominal (%)

n_s = velocidad de sincronismo (rpm)

n_N = velocidad nominal de rotación (rpm)

El par motor nominal se calcula de la siguiente forma:

$$M_N = 9,55 \cdot P_N \cdot \frac{1.000}{n_s}$$

siendo:

M_N = par motor nominal (Nm)

n_s = velocidad sincrónica (rpm)

P_N = potencia nominal (kW)

Cálculo de la potencia y del par motor

La potencia (kW) o el par motor de accionamiento (Nm) y la velocidad del rotor (rpm), durante el servicio nominal de la máquina impulsada deben conocerse con la mayor exactitud posible.

La potencia se expresa de la siguiente forma:

$$P \text{ (kW)} = \frac{M \cdot n}{9.55 \cdot 1000}$$

siendo:

P = potencia (kW)

M = par motor (Nm)

n = velocidad de rotación (rpm)

Tratándose de una fuerza F que describa un movimiento rectilíneo con una velocidad v , la potencia es:

$$P = F \cdot v$$

siendo:

P = potencia (Nm/s)

F = fuerza (N)

v = velocidad (m/s)

El par motor equivalente de una fuerza sometida a movimiento rectilíneo es:

$$M = 9.55 \frac{F \cdot V}{n}$$

siendo:

M = par motor (Nm)

F = fuerza (N)

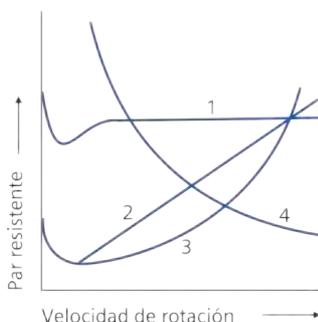
V = velocidad (m/s)

n = velocidad de rotación (rpm)

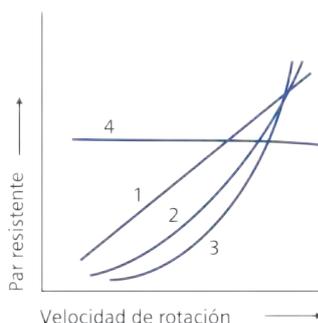
Curva característica del par resistente

Para comprobar los procesos de arranque y de frenado, y para seleccionar la velocidad del motor a utilizar, se necesita conocer la curva del par resistente de la máquina accionada (par de carga), en dependencia de la velocidad de rotación. Las formas básicas representativas de los pares resistentes se reproducen en la figura inferior izquierda. En la figura inferior derecha se muestra el curso correspondiente de la potencia necesaria.

Par resistente en dependencia de la velocidad de rotación



Potencia en dependencia de la velocidad de rotación



1. Par resistente prácticamente constante, potencia proporcional a la velocidad de rotación.

Se establece normalmente, en mecanismos elevadores, bombas y compresores de émbolo que impulsen venciendo una presión constante, laminadores, cintas transportadoras, molinos sin efecto ventilador, máquinas herramientas con fuerza de corte constante.

2. El par resistente crece proporcionalmente con la velocidad de rotación y la potencia aumenta proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad.

3. El par resistente crece proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad de rotación, y la potencia con el cubo de la velocidad de rotación.

Rige normalmente para bombas centrífugas, ventiladores y soplantes centrífugos, máquinas de émbolo que alimenten una red de tuberías abiertas.

4. El par resistente decrece en proporción inversa con la velocidad de rotación, permaneciendo constante la potencia.

Solamente se considerará este caso para procesos de regulación, presentándose en los tornos y máquinas herramientas similares, máquinas bobinadoras y descortezadoras.

Si la transmisión se ejecuta con correas o engranajes, el par resistente se reducirá a la velocidad de rotación del motor.

$$M_1 = \frac{M_2 \cdot n_2}{n_1}$$

siendo:

M_1 = par resistente en el eje de motor

M_2 = par resistente en el eje de la máquina

n_1 = velocidad de rotación del motor

n_2 = velocidad de rotación de la máquina

El par de arranque tiene que conocerse con la mayor exactitud posible.



Conversión de potencia en kW a potencia en CV (HP métricos), y viceversa

Potencia (kW) = 0.73 potencia (CV)
 Potencia (CV) = 1.36 potencia (kW)

Conversión de potencia en kW a potencia en HP del sistema inglés (horse power)

Potencia (kW) = 0.746 potencia (HP)
 Potencia (HP) = 1.34 potencia (kW)

Sentido de Giro

Sentido de giro de los motores trifásicos

Los bornes de los motores trifásicos están marcados de tal manera que el orden alfabético de la denominación de bornes U, V, W, coincide con el orden cronológico si el motor gira hacia la derecha. Esta regla es válida para todas las máquinas, cualquiera que sea su potencia y su tensión. Tratándose de máquinas que sólo sean apropiadas para un sentido de giro, estará éste indicado por una flecha en la placa de características. Debajo de la flecha consta en qué orden se desconectarán los bornes con las fases correlativas de la red. Se consigue invertir el sentido de giro, intercambiando la conexión de dos conductores de fase.

Antes de poner en marcha el motor debe revisarse la conexión y el sentido de giro.

Sentido de giro de los motores monofásicos

Los motores monofásicos, se han previsto para tensiones de 115V ó 230 V, en redes de 60 Hz, permitiendo el giro en ambos sentidos para cada tensión. La conmutación se realiza en forma sencilla sobre una bornera de 6 terminales claramente identificados de fácil y seguro acceso, al retirar la tapa de la caja de bornes.

Los motores con ejecución B3 salen conectados de fábrica con sentido de giro derecho, permitiendo el cambio a giro izquierdo en la regleta de bornes, intercambiando los cables Z1 y Z2.

Regulación de la velocidad de rotación

La regulación de la velocidad de rotación en los motores con rotor de jaula se puede alcanzar modificando la frecuencia de la red de alimentación. Dado que, marchando a una velocidad de rotación baja, se reduce el efecto de refrigeración del ventilador, si se opera constantemente en el sentido decreciente habrá que reducir el par motor y la potencia de la máquina en concordancia con la tabla que a continuación se expone, o será preciso recurrir al empleo de un motor de mayor tamaño.

Velocidad de rotación (%)	100	90	80	70	60	50	40	<40
Par motor (%)	100	96	91	85	80	72	62	Previa
Potencia (%)	100	86	73	60	48	36	25	consulta

Si se reduce el par resistente por lo menos en la misma proporción que la velocidad de rotación, por ejemplo, en el caso de ventiladores, bombas centrífugas y similares, será admisible reducir la velocidad de rotación hasta alcanzar el 20% de la nominal.



Forma y simetría de las tensiones

Los motores de corriente alterna para uso a una frecuencia fija, alimentados por medio de un generador de c.a. ya sea local o a través de una red de alimentación externa, funcionan a una tensión de alimentación cuyo factor de armónicos de tensión (HVF), debe ser inferior o igual a 0.02 para motores monofásicos y trifásicos (según norma IEC 60034-1).

El HVF se calcula mediante la siguiente relación:

$$HVF = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{u_n^2}{n}}$$

en donde:

- u_n = es la relación entre la tensión armónica U_n y la tensión nominal U_N .
- n = es el orden del armónico (no divisible por tres en el caso de motores de corriente alterna trifásicos).
- k = 13.

Variación en la tensión y en la frecuencia de la red

Comportamiento de motores de devanado normal, según variación en los valores de servicio:

A) Modificación de la tensión sin que varíe la frecuencia

El par de arranque y el par máximo del motor varían en función del cuadrado de la tensión; la corriente se relaciona de forma aproximadamente proporcional a la tensión.

Son permitidas variaciones de hasta +5% en la tensión nominal, para el suministro confiable de la potencia nominal. En este caso se podrá sobrepasar en 10°C la temperatura límite.

Aumento de tensión

1. La corriente magnetizante en motores de elevada saturación, limita el aumento que puede experimentar la tensión; en este caso se encuentran especialmente los motores cuya potencia asciende aproximadamente hasta 3kW, los cuales ya presentan, a la tensión nominal, una intensidad en vacío relativamente elevada.
2. La corriente en el estator, que representa la suma geométrica de la componente de corriente dependiente de la carga y de la corriente magnética, se reduce generalmente. En los motores de hasta 3kW puede predominar la influencia de la corriente magnetizante y, en consecuencia, aumentar la intensidad en el estator.
3. El factor de potencia será menor a la misma potencia: el origen de ello, es el aumento de la corriente magnetizante y la reducción de la corriente activa.
4. Las pérdidas en el rotor y en general en el estator, serán menores. El calentamiento del motor depende de cómo se modifican las pérdidas en el hierro y en el cobre
5. El rendimiento tampoco variará mucho, elevándose o reduciéndose en dependencia de si predomina la reducción en las pérdidas en el cobre o el aumento en las pérdidas en el hierro. (Curva características V vs eficiencia)
6. La velocidad aumentará ligeramente, por ser menores las pérdidas en el rotor.

Reducción de la tensión.

1. La corriente magnetizante, la densidad de flujo, las pérdidas en el hierro y por lo tanto el calentamiento del mismo, serán menores.
2. La corriente en el estator, que representa la suma geométrica de la componente de corriente dependiente de la carga y de la corriente magnetizante, aumenta generalmente. En los motores de hasta 3kW, puede predominar la influencia de la corriente magnetizante y, en consecuencia, reducirse la intensidad en el estator.
3. Se mejora el factor de potencia (menor corriente magnetizante, mayor corriente activa).

4. Las pérdidas en el rotor y en general las pérdidas en el cobre del estator aumentan. Normalmente, será mayor el calentamiento.
5. El rendimiento no sufrirá alteraciones significativas.
6. La velocidad de rotación descenderá ligeramente.

B) Variación de la frecuencia permaneciendo constante la tensión

Con desviaciones de hasta +5% respecto a la frecuencia nominal, se puede suministrar la potencia nominal.

El valor absoluto del par inicial de arranque y del par máximo varían en relación inversamente proporcional a la frecuencia; la velocidad de rotación varía, aproximadamente, en relación directa con la frecuencia.

Al modificar la frecuencia, las restantes propiedades de funcionamiento del motor varían en relación inversa a como sucede en caso de producirse un cambio en la tensión.

C) Variación de la tensión y de la frecuencia simultáneamente

Si la tensión y la frecuencia aumentan o disminuyen en igual proporción, no varían las condiciones magnéticas. El motor desarrollará el par motor nominal. Aproximadamente, la velocidad de rotación y la potencia varían en la misma proporción que la frecuencia. El par resistente puede no alterarse. Tratándose de frecuencias reducidas, la potencia disminuye en mayor medida, por ser la ventilación menos efectiva.



Tipos de servicio

Servicio continuo S1

Según VDE 0530, el servicio continuo se define como el servicio prestado bajo carga constante (potencia nominal), durante un tiempo que baste para alcanzar la temperatura de equilibrio térmico (Variaciones de temperatura menores a 1°C en intervalos de 30 minutos).

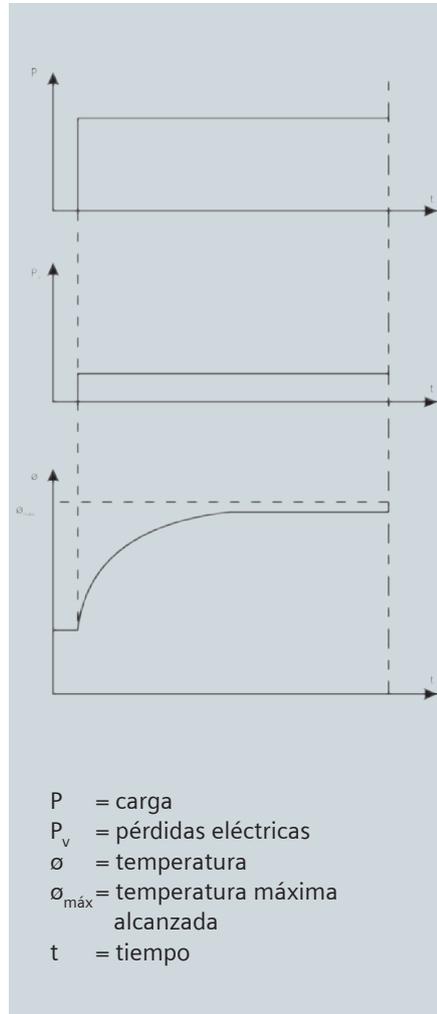
En VDE 0530, no se han previsto sobrepasos permanentes del valor de la potencia nominal. Solo es admitida una sobrecarga de máximo el 150% de la corriente nominal, durante 2 minutos. Si las sobrecargas son superiores, por ejemplo, durante el arranque, el tiempo tendrá que acortarse proporcionalmente.

La red de baja tensión se alimenta directamente con un generador o por medio de un transformador conectado, a su vez, a la red de alta tensión. La potencia nominal del generador o del transformador, medida en kVA, tiene que ser, como mínimo, igual a la suma de las potencias aparentes de todos los motores que en el caso más desfavorable, se encuentren simultáneamente en servicio.

La potencia de los motores que puedan conectarse directamente a la red, considerando su corriente y potencia de arranque, está determinada por la caída de tensión admisible si la alimentación se hace a través de un transformador o un generador.

La potencia nominal del motor debe aproximarse lo más posible a la demanda de potencia de la máquina accionada. Si el motor está dimensionado en exceso, se puede repercutir en las siguientes consecuencias:

Mayor corriente de arranque, por lo cual se necesitarán fusibles de mayor capacidad y una mayor sección en el conductor; servicio antieconómico, puesto que el factor de potencia y, bajo ciertas circunstancias, el rendimiento a carga parcial es menor que a plena carga. Entre 3/4 y 1/1 de la carga, varía poco el rendimiento.



El motor toma de la red las siguientes potencias:

$$\text{Potencia activa: } P_w = \frac{P \cdot 100}{\eta}$$

$$\text{Potencia aparente: } P_s = \frac{P \cdot 100}{\eta \cdot \cos \varphi}$$

$$\text{Potencia reactiva: } P_b = \frac{P \cdot \text{tg} \cdot \varphi \cdot 100}{\eta}$$

Siendo

P = potencia suministrada en el eje (kW)

P_w = potencia activa (kW) absorbida de la red

P_s = potencia aparente (kVA)

P_b = Potencia reactiva (kVAr)

U = Tensión de servicio (V)

I = intensidad en el estator (A)

η = rendimiento (%)

$\cos \varphi$ = factor de potencia

Para sistemas trifásicos:

$$\text{Potencia aparente: } P_s = \frac{U \cdot I \cdot 1,73}{1000}$$

Intensidad (A):

$$I = \frac{P_w \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi \cdot 1,73} = \frac{P \cdot 1000 \cdot 100}{U \cdot \eta \cos \varphi \cdot 1,73}$$

Para sistemas monofásicos:

Intensidad (A):

$$I = \frac{P_w \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{P \cdot 1000 \cdot 100}{U \cdot \eta \cos \varphi}$$

Servicio de corta duración S2, servicio intermitente S3 y servicio continuo con carga Intermitente S6

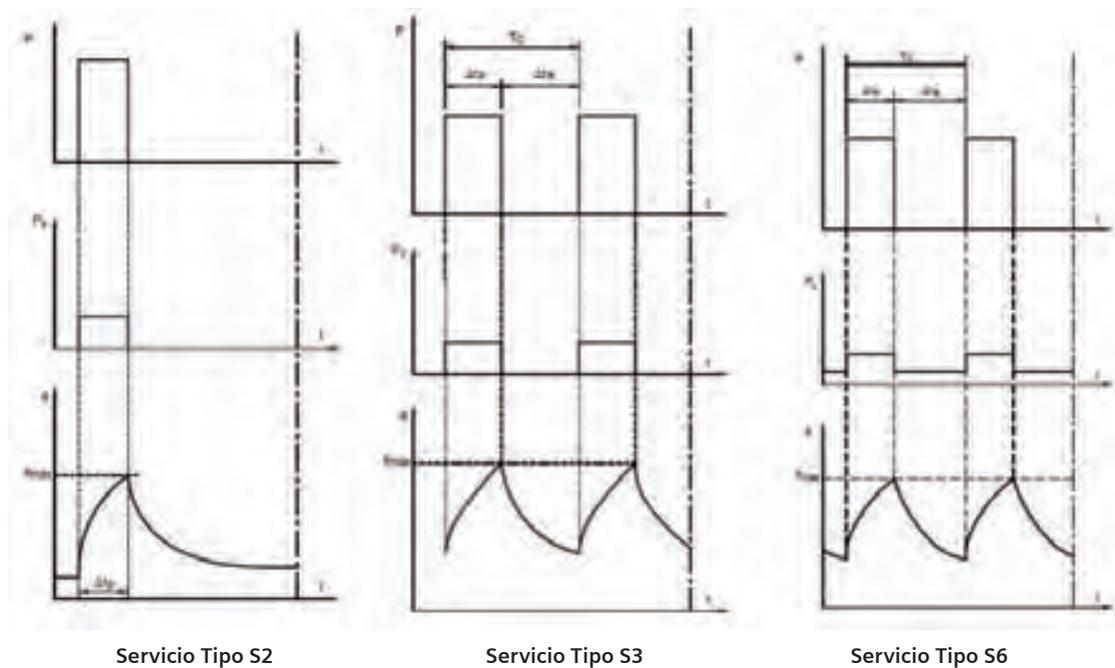
Durante el servicio de corta duración, el motor alcanza en el tiempo determinado (por ejemplo, 10, 30, 60 ó 90 minutos) la sobretemperatura límite; la pauta que se establezca a continuación tiene que permitir que el motor se vuelva a enfriar hasta alcanzar la temperatura del medio refrigerante.

En el servicio intermitente o en el servicio continuo con carga intermitente, a los tiempos de conexión o de carga suceden las pausas durante las cuales el motor está en reposo (S3) o marcha en vacío (S6). Los tiempos de carga y reposo o bien marcha en vacío, son tan breves, que no se alcanzan las temperaturas de equilibrio.

La sobretemperatura media a que se llega en el estado final no debe sobrepasar la sobretemperatura límite. La duración del ciclo (tiempo de conexión más pausa)

asciende a 10 min, si no se ha convenido nada en contrario. La duración relativa de conexión es la relación existente entre el tiempo bajo carga y el ciclo de trabajo; normalmente, los valores de esta relación son: 15%, 25%, 40% y 60%. Además de la duración relativa de conexión, tienen que conocerse las cargas, que en la mayoría de las ocasiones son variables, el momento de inercia adicional de la máquina adicionada y el número de maniobras por hora.

Los motores normales previstos para servicio permanente pueden utilizarse también para los servicios de corta duración e intermitente. Dentro de ciertos límites puede elevarse la potencia si se acepta la reducción de la capacidad de sobrecarga que esto trae consigo. Los motores para los mecanismos elevadores están proyectados especialmente para servicio intermitente.



- P = carga
- Pv = pérdidas eléctricas
- σ = temperatura
- $\sigma_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima alcanzada

- t = tiempo
- T_c = duración de un ciclo de carga
- Δt_p = tiempo de funcionamiento bajo carga constante
- Δt_R = tiempo de reposo y denergización

Servicio de maniobra S4, S5 y S7

El servicio de maniobra es un caso especial de servicio intermitente con elevado número de ciclos. El calentamiento del motor no se determina, en esencia, por la carga que supone el trabajo, sino por los procesos de arranque, de frenado y de inversión del sentido de marcha. El factor determinante es el número de ciclos (maniobras) por hora (frecuencia de maniobra), debiéndose distinguir entre maniobras de arranque, de frenado y de inversión de marcha.



Maniobra de arranque
Arranque con parada libre o frenado mecánico



Maniobra de frenado
Arranque con frenado consecutivo por corriente continua

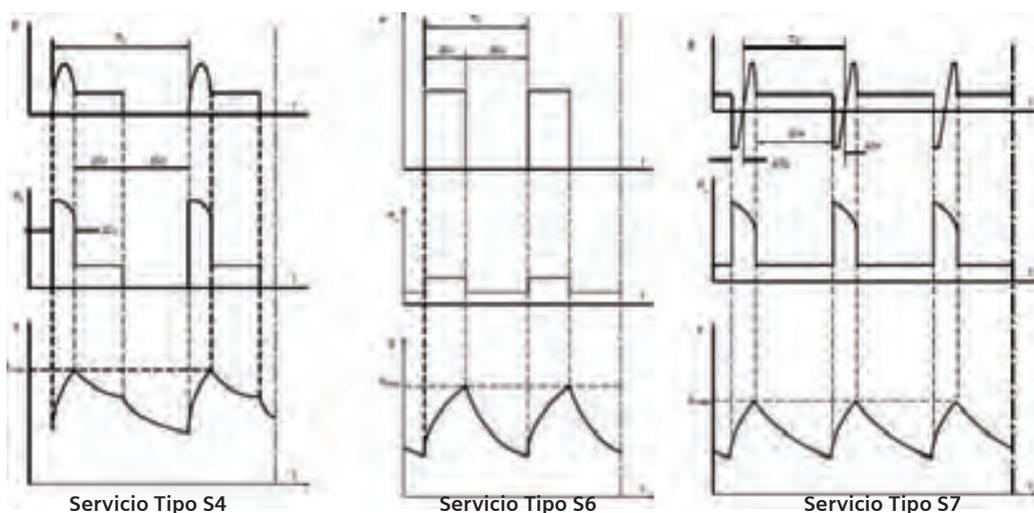


Maniobra de frenado equivalente a una
maniobra de inversión del sentido de marcha
Inversión del sentido de marcha de +n a -n

Hay que distinguir entre:

- Servicio intermitente con flujo del arranque sobre la temperatura (S4)
- Servicio intermitente con influjo del arranque y del frenado sobre la temperatura (S5)
- Servicio interrumpido con arranque y frenado (S7)

Representación de las clases de servicio con inversión del sentido de marcha.



P = carga
P_v = pérdidas eléctricas
σ = temperatura
σ_{máx} = temperatura máxima alcanzada

t = tiempo
T₀ = duración de un ciclo de carga
Δt_p = tiempo de funcionamiento bajo carga constante
Δt_R = tiempo de reposo y denergización

Uno de los datos principales a considerar en los motores que presten servicio de maniobra además de la potencia nominal, es la frecuencia de inversión de marcha Z_0 . Este es el número de inversiones por hora que realiza el motor en vacío sin masa de inercia adicional, alcanzando la sobretemperatura límite. Para algunos motores con refrigeración de superficie y 1800 rpm, se relacionan en la tabla siguiente la frecuencia de maniobra en vacío y el momento de impulsión.

Frecuencia de maniobra							
nominal kW	aproximado HP kg. m2		en vacío Z_0 (maniobras/hora)	nominal kW	aproximado HP kg. m2		en vacío Z_0 (maniobras/hora)
0.12	1/6	0.0003	4.000	3	4	0.0058	2.500
0.18	1/4	0.0004	4.000	4	5.5	0.0110	2.000
0.25	1/3	0.0006	3.500	5.5	7.5	0.0212	1.400
0.37	1/2	0.0008	3.500	7.5	10	0.026	1.200
0.55	3/4	0.0015	3.000	11	15	0.051	1.100
0.75	1	0.0018	3.000	15	20	0.060	600
1.1	1.5	0.0027	3.500	18.5	25	0.147	300
1.5	2	0.0036	3.000	22	30	0.162	300
2.2	3	0.0052	2.800	30	40	0.3	240

La frecuencia de maniobra admisible durante el servicio se deduce de las condiciones de este último, y es menor que la frecuencia de maniobra en vacío, debido esto principalmente al momento de impulsión externo correspondiente a la máquina accionada y a la carga de trabajo exigida. La reducción de la frecuencia de maniobra en vacío a la frecuencia de maniobra admisible se obtiene de la siguiente forma:

1. Considerando el momento de impulsión externo de la máquina accionada y de los elementos de transmisión de fuerza a través del factor del momento de impulsión K_s :

$$FI = \frac{J_m}{J_m + J_{ext.}} \quad K_s = \frac{1}{FI}$$

siendo:

FI = factor de inercia

J_m = momento de inercia del motor (Kgm²)

$J_{ext.}$ = momento de inercia externo referido a la velocidad de rotación del eje del motor (Kgm²)

Si la velocidad de rotación del eje del motor y la de la máquina accionada fuesen diferentes, por ejemplo, si se utiliza una transmisión por ruedas dentadas, la velocidad de rotación del motor tendrá que elegirse, bajo ciertas circunstancias, de tal forma que $Z=FI \cdot z_0$ resulte mínimo.

2. Considerando la carga durante el proceso de maniobra (es decir, cuando el motor tenga que arrancar venciendo un par de carga), por medio del factor K_g :

$$K_g = 1 - \frac{M_L}{M_m}$$

siendo:

M_L = par de carga (Nm), que, en la práctica, en el servicio de maniobra se podrá suponer casi siempre como constante.

M_m = par motor medio (Nm) (para efectuar un cálculo aproximado, puede suponerse igual al par de arranque).

El factor K_g se considerará sólo al efectuar maniobras de arranque. Cuando se hagan operaciones de inversión de marcha, se incrementará la energía de pérdidas del rotor en el período de arranque debido al par de carga, y se reducirá, por el contrario, en el período frenado. La suma de las pérdidas en los períodos de arranque y frenado permanecerá, aproximadamente, constante, suponiendo unos valores de $M_L/M_m < 0.5$, de manera que el factor K_g , en las inversiones de marcha en esta gama, no necesita, prácticamente, ser considerado ($K_g=1$). Con valores de $M_L/M_m > 0.5$ será preciso consultar.

3. Considerando la carga en el período de trabajo mediante el factor de carga K_L (una parte del calentamiento se origina por la frecuencia de maniobra, y la otra por la carga):

$$K_L = 1 - \left(\frac{P}{P_N} \right)^2$$

siendo:

P = potencia necesaria en la máquina accionada (kW)
 P_N = potencia nominal del motor (kW)

En el servicio de maniobra, la potencia nominal del motor tiene que ser siempre mayor que la potencia necesaria en la máquina accionada. Si la carga y el tiempo de marcha a izquierdas y a derechas fuesen diferentes, resultaría lo siguiente:

$$K_L = 1 - \frac{t_R \cdot P_R^2 + t_L \cdot P_L^2}{(t_R + t_L) \cdot P_N^2}$$

siendo:

t_R ; t_L = tiempo de marcha a derecha o a izquierda (s)

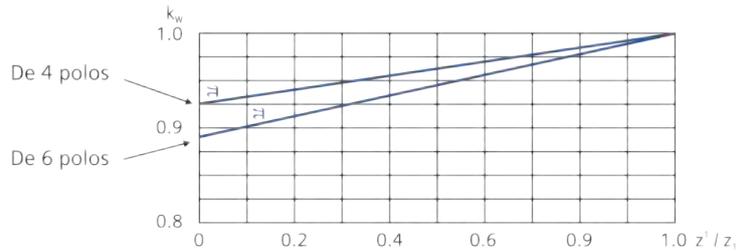
P_R ; P_L = potencia necesaria en la máquina accionada marchando a derecha o a izquierda (kW)

Con estos factores se calcula la frecuencia de maniobra en la clase de servicio S7 de la siguiente forma:

$$Z' = K_s \cdot K_g \cdot K_L \cdot Z_0$$

4. Considerando el coeficiente de disipación de calor en motores de 4 y 6 polos, en dependencia de la frecuencia de maniobra, a través del factor k_w . Este factor se obtendrá del diagrama de la figura siguiente, en función de la relación $z' \cdot z_0$.

Factor de corrección para el coeficiente de disipación de calor



5. La frecuencia de maniobra admisible en la clase de servicio S7 es:

- Para inversiones de marcha: $z = k_w \cdot z'$ (maniobras de inversión hora)
- Para maniobras de arranque: $z = f \cdot k_w \cdot z'$ (maniobras de arranque/hora)
- Para maniobras de frenado por corriente continua: $z = 2.5 \cdot k_w \cdot z'$ (maniobras de frenado/hora)

siendo:

- f = factor de aumento: maniobras de arranque respecto a inversiones de marcha.
- $f = 2.5$ para motores de hasta 15 kW
- $f = 2.2$ para motores de más de 15 kW

La frecuencia de maniobra admisible durante el servicio determinada de esta forma tiene que ser igual o superior a la que exige el ciclo de trabajo.

Si la frecuencia de maniobra es extremadamente alta, habrá que consultar. En las clases de servicio S4 y S5, al hacerlo indíquese también el ciclo de trabajo.

Compensación de la potencia reactiva en los motores trifásicos

Los motores trifásicos absorben de la red potencia eléctrica aparente, compuesta por una parte activa y otra reactiva. La potencia activa (menos las pérdidas eléctricas) es transformada por el motor en potencia mecánica, disponiéndose de la misma en el eje de la máquina. La potencia reactiva sirve solamente para formar el campo magnético, es decir, para "magnetizar" el motor.

La relación existente entre la potencia activa y la aparente es el factor de potencia $\cos \varphi$. Entre mayor sea el factor de potencia $\cos \varphi$, mayor será la potencia eléctrica transformada en relación con la absorbida de la red.



Con el fin de mejorar el factor de potencia, se compensa la potencia reactiva de magnetización, utilizando para ello condensadores de potencia. De esta manera, se descargan los generadores, las líneas de transmisión y los transformadores de distribución de la potencia reactiva, con lo cual se colabora a mantener la tensión en la red, y se eleva la potencia activa a transportar. Se distinguen las siguientes clases de compensación.

A) Compensación individual

En este caso, el condensador se dispone junto al motor a compensar, conectándose y desconectándose junto con este último.

B) Compensación por grupos y central

En caso de compensación por grupos, se dispone un condensador para varios motores. De esta manera, la potencia del condensador conectado se aprovecha mejor que en el caso de compensación individual. La compensación por grupos se aplica ventajosamente cuando se tiene un número considerable de pequeños motores, y cuando los motores sólo funcionan temporalmente.

En caso de compensación central, la potencia reactiva necesaria en una red o en un servicio se cubre con una batería de condensadores dispuesta centralmente. Esta batería estará subdividida en varios grupos. En concordancia con la demanda de potencia reactiva, se conectarán y desconectarán a mano o automáticamente los diferentes grupos.

Forma de dimensionar los condensadores para compensación individual

Con el fin de evitar una sobrecompensación y, por tanto, el peligro de que sobrevenga una autoexcitación, después de desconectar el motor se compensa, por regla general, aproximadamente el 90% de la potencia reactiva en vacío. Las condiciones técnicas de conexión de VDE, considerando lo expuesto anteriormente, indican para la compensación individual de motores las siguientes potencias aproximadas de los condensadores:

Los condensadores se conectan directamente a los bornes U.V.W. del motor.

Potencia del motor (kW)	Potencia del condensador (kVar)
4.0 a 4.9	2
5.0 a 5.9	2.5
6.0 a 7.9	3
8.0 a 10.9	4
11.0 a 13.9	5
14.0 a 17.9	6
18.0 a 21.9	8
22.0 a 29.9	10
A partir de 30.0	35% aprox. de la potencia nominal del motor

Arranque

Se denomina arranque al proceso de puesta en marcha del motor, operación que se lleva a cabo cuando el par de arranque es superior al par resistente de la carga, obteniendo un momento de aceleración que obliga a girar el rotor a una velocidad cada vez mas elevada, llegando el régimen permanente, cuando se igualan pares motor y resistente.

Arranque en motores trifásicos

Métodos de arranque

- **Arranque directo**

Este método consiste en energizar directamente el motor trifásico a la red. Se emplea generalmente en motores de pequeña potencia, dependiendo de la capacidad eléctrica de la red.

- **Arranque por autotransformador**

Consiste en intercalar un autotransformador entre la red y el motor, de tal forma que la tensión aplicada en el arranque sea solo un porcentaje de la nominal. El proceso puede realizarse en dos o tres escalones y con tensiones no inferiores al 40, 60 y 75% de la tensión de línea.

- **Arranque estrella triángulo**

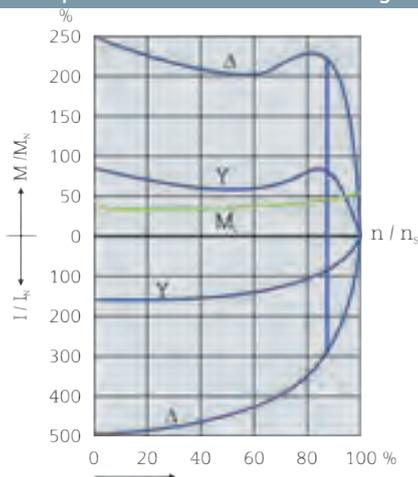
Este es el método de arranque de mayor uso común. Consiste en conectar la máquina en estrella en el momento de arranque y luego realizar una conmutación a triángulo, cuando se encuentre en funcionamiento. En este procedimiento se aplica al motor en el momento de la puesta en marcha, una tensión por fase de una magnitud de $1/\sqrt{3}$ de la nominal.

Se realiza el arranque en estrella-triángulo, cuando se requiera un par motor especialmente bajo (arranque suave) o se exija que las corrientes en el arranque sean reducidas (por ejemplo, porque así lo solicite la compañía distribuidora de energía eléctrica). El par de arranque, el par máximo y todos los otros valores del par motor, así como de la intensidad de arranque, se encuentran comprendidos entre el 25% y el 30% de los valores que rigen en caso de conexión directa.

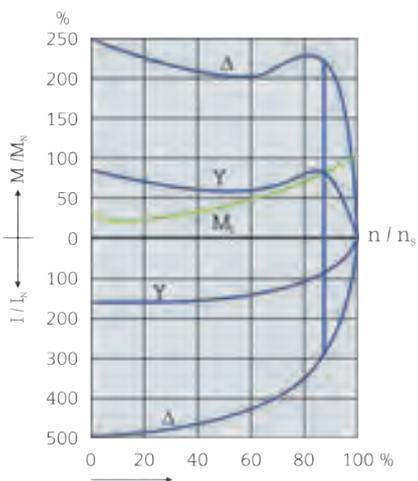
El par resistente durante el tiempo de arranque en que se establece la conexión en Y tiene que ser bastante menor que el par motor. En la mayoría de las ocasiones, esto equivale a arrancar en vacío. La conmutación de estrella a triángulo se realizará sólo cuando el motor se encuentre en un régimen de velocidades que esté próximo al de servicio.

En el diagrama que a continuación se presenta, la primera figura muestra un caso en el que el arranque en estrella-triángulo no es conveniente, puesto que, por ser demasiado elevado el par resistente, la conmutación origina una cresta inadmisiblemente elevada en los valores representativos de par y de la intensidad, por cuyo motivo pierde su justificación la conexión en Y Δ .

Arranque desfavorable en estrella - triángulo



Arranque correcto en estrella - triángulo



Si se trata de grandes momentos de inercia o de pares resistentes mayores del 15% al 20% del par motor correspondiente a la conexión en triángulo, habrá de proceder con la debida precaución, y consultar si fuese necesario.

Arranque en motores monofásicos

Según se sabe los motores monofásicos no pueden iniciar marcha por sí solos, debido a la ausencia de par en su arranque. Sin embargo, si se le acciona el rotor y se impulsa en cualquier sentido, la máquina desarrollará entonces un par interno que acelerará el rotor hasta conseguir la velocidad de régimen nominal.

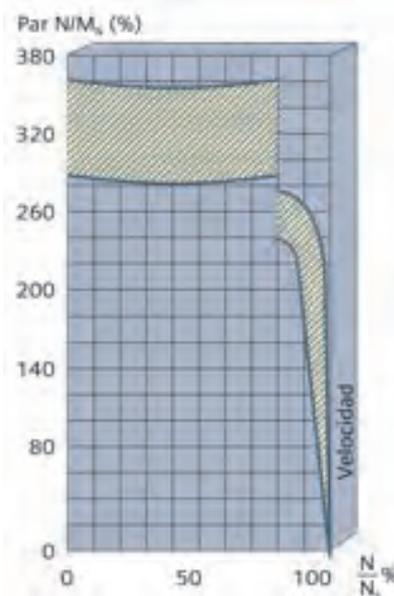
Se puede conseguir el arranque del motor monofásico, utilizando procedimientos eléctricos, que permitan generar un campo giratorio único en el momento del arranque. Para ello, el método más simple es preparar un devanado que funcione con dos corrientes, formado por dos devanados en el estator desfasados 90° eléctricos en el espacio que llevan corrientes desfasadas 90° eléctricos en el tiempo, generando un campo giratorio de amplitud constante que gira a velocidad de sincronismo.

Siguiendo este principio, existen en el mercado diferentes procedimientos de arranque para los motores monofásicos asíncronos: Motores de fase partida, motores con espira de sombra y motores con condensador de arranque. Este último método, es el de mayor uso común.

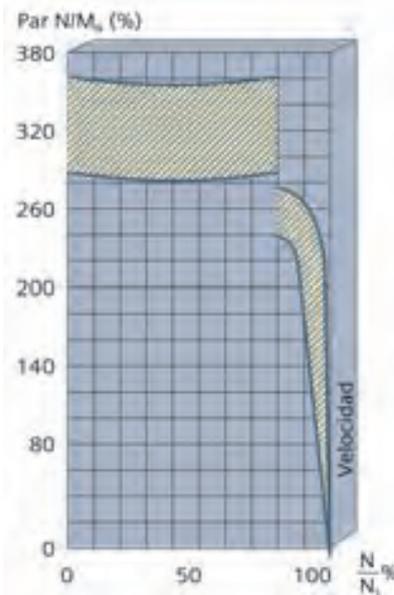
Motores monofásicos con arranque por condensador

En este tipo de motores el devanado auxiliar lleva en serie un condensador que permite conseguir el desfase en las corrientes de las bobinas de 90° eléctricos. Los condensadores empleados son de tipo electrolítico y permanecen conectados únicamente durante el arranque. Una vez desconectado el condensador, el motor queda funcionando como monofásico empleando el devanado principal. La desconexión del condensador de arranque se realiza por medio de un interruptor centrífugo, una vez el motor ha alcanzado cerca del 80% de la velocidad nominal. La utilización de condensadores durante el arranque otorga a estos motores altos pares de arranque.

Par de arranque



2 polos



4 polos

Determinación del tiempo de arranque

Si se conoce el par medio de aceleración, se puede determinar aproximadamente el tiempo de duración del ciclo de arranque, desde $n = 0$ hasta $n = n_b$ de la siguiente forma:

$$t_a = \frac{\Sigma J \cdot n_b}{9,55 M_{bmi}}$$

donde,

- t_a = tiempo de arranque (s)
- J = momento de impulsión total (kgm²)
- n_b = velocidad de rotación de servicio (rpm)
- M_{bmi} = par medio de aceleración (Nm)

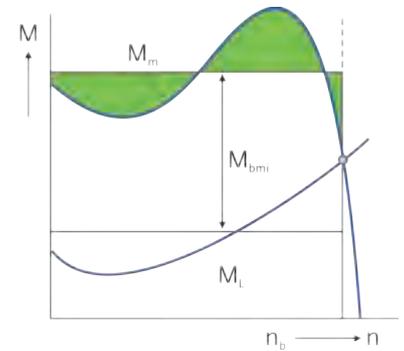
La figura expone un método sencillo para determinar, de forma aproximada, el par medio de aceleración. Gráficamente se obtendrá el valor medio (por ejemplo, contando los cuadros sobre un papel milimetrado) de la característica del par motor y del par resistente.

El momento de inercia total es igual al momento de inercia del motor más el correspondiente a la máquina accionada y su respectivo acoplamiento.

Si el tiempo de arranque así determinado fuese aproximadamente superior a 10 s, sería preciso consultar para determinar si el arranque es admisible, considerando el calentamiento del motor. Igualmente será necesario verificar el cálculo en caso de que en pequeños intervalos de tiempo se repitan los arranques.

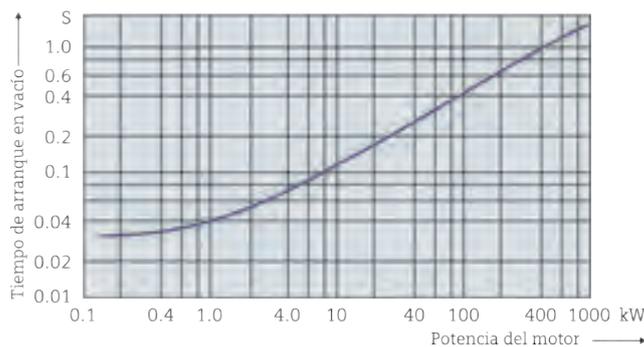
En caso de que, por ser grande el momento de inercia y elevado el par resistente, no se pueda conseguir un arranque correcto utilizando un motor con la clase de par más elevada de las que figuran en las tablas de selección, habrá que tomar un motor de mayor potencia.

Determinación del par medio de aceleración



- M_m = par motor
- M_L = par resistente
- M_{bmi} = par medio de aceleración
- n_b = velocidad de rotación de servicio

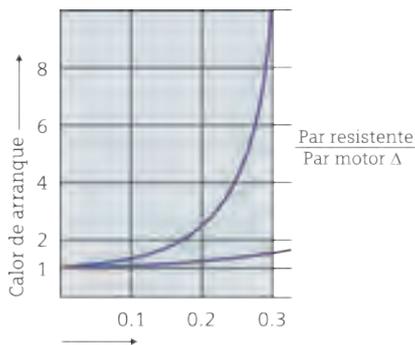
Tiempos de arranque aproximados de motores con rotor de jaula que arrancan en vacío



El diagrama de la figura da a conocer los tiempos aproximados de arranque en vacío (sin contar el momento de impulsión adicional externo) de motores tetrapolares con rotor de jaula, provistos de refrigeración de superficie (valores medios).

Los tiempos de arranque en vacío no deben considerarse para estudiar los procesos de arranque, en lo referente a la condición térmica del motor.

Calor por pérdidas en el motor para arranque estrella - triángulo



Calor por pérdidas durante el arranque

Si el arranque no tiene lugar en vacío, el calor por pérdidas de los motores que arrancan en estrella-triángulo es mayor que cuando el arranque se efectúa por conexión directa.

Si el arranque se hace venciendo exclusivamente la inercia de las masas (sin par resistente), el trabajo por pérdidas del rotor es prácticamente igual en magnitud al trabajo de aceleración, que, a su vez, es igual a la energía cinética acumulada en las masas al final del proceso de arranque:

$$w = J \frac{\omega^2}{2} = J \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi n_N}{60} \right)^2$$

- W = energía cinética (WS)
- J = momento de inercia (Kgm²)
- ω = velocidad angular (1/s)
- n_N = velocidad de rotación de servicio (rpm)

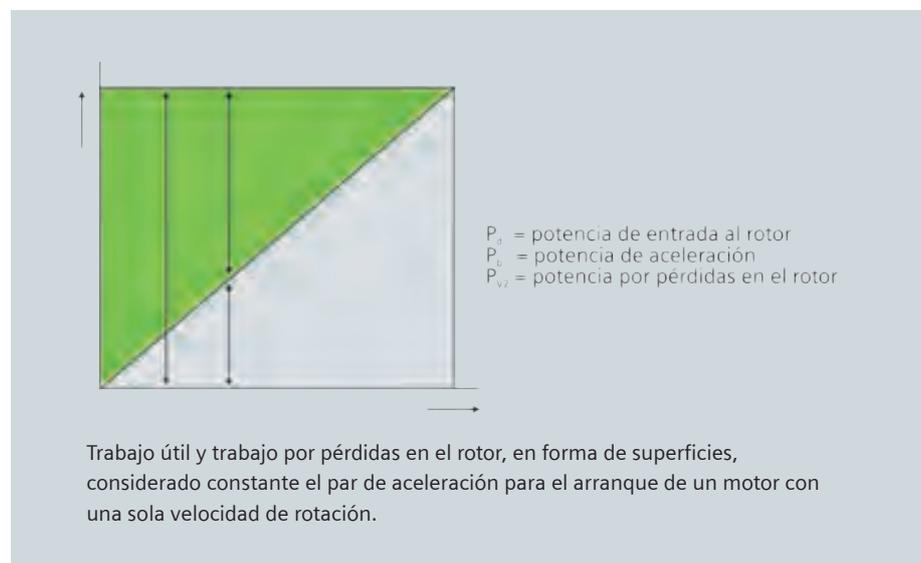
Además, el trabajo por pérdidas en el rotor, al tratarse de arranque venciendo solamente las masas de inercia, es independiente de la forma constructiva del rotor, de la clase de arranque, del par de aceleración y del tiempo de duración del arranque; depende solamente del momento de inercia total y del cuadrado de la velocidad de rotación final.

Este caso se presenta prácticamente en el servicio de las centrífugas, de los trenes de rodillos de las laminadoras y en muchas máquinas herramientas. El trabajo por pérdida en el rotor, de forma contraria a como ocurre con el arranque bajo un par resistente, no se puede influir modificando la característica del par motor de la máquina.

En el diagrama se representa, para el caso especial de que sean constantes el par de aceleración o bien el par motor.

$$M_b = M_m = \text{constante}$$

en forma de una superficie determinada por la potencia P y el tiempo t, la distribución del trabajo útil o de aceleración (A_b) y el trabajo por pérdidas en el rotor (A_{V2}).



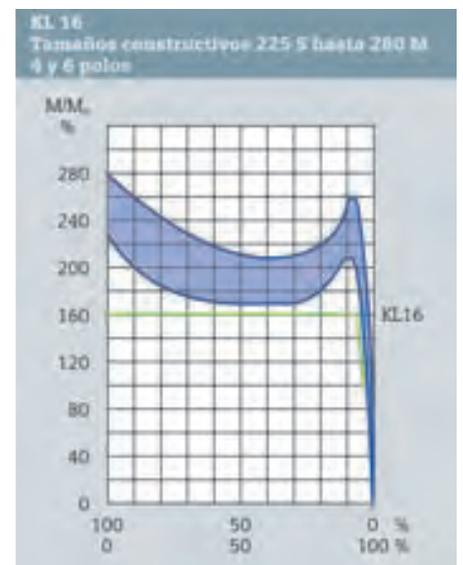
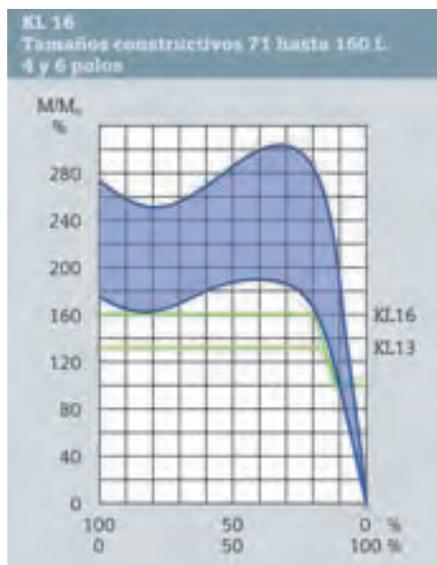
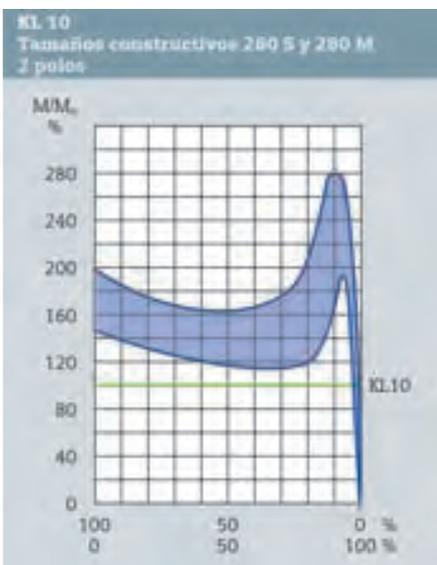
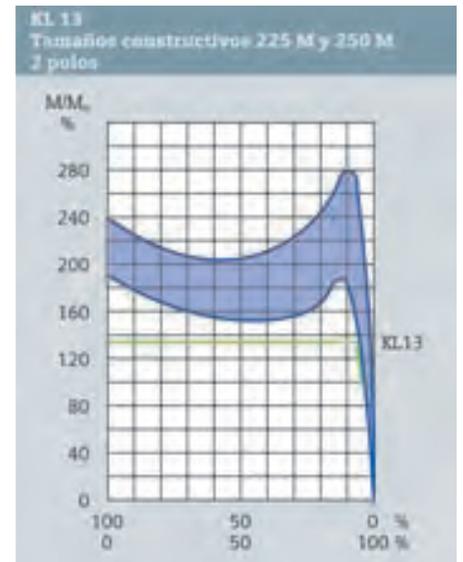
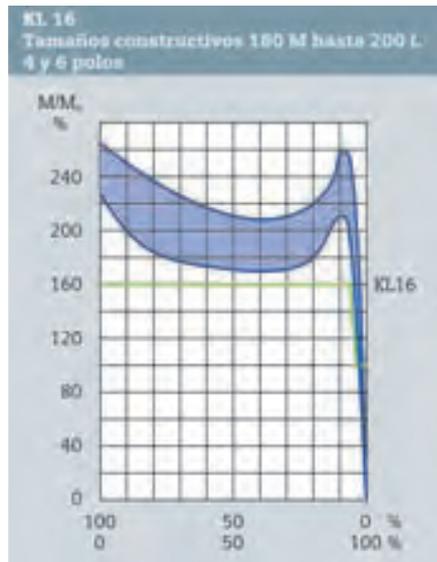
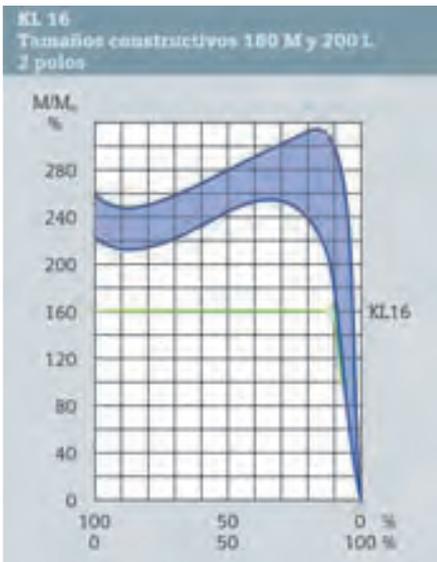
Características del rotor en caso de conectar directamente motores 1LA3, 1LA6, 1LA5 y 1LA7

Par de giro en % de los valores nominales, velocidad de giro en % de la velocidad de giro sincrónica.

Si los valores de servicio de la tensión o de la frecuencia discrepan de sus correspondientes valores nominales, el par de arranque y los pares mínimo y máximo varían, en forma aproximada, proporcionalmente el cuadrado de las tensiones y en proporción inversa al cuadrado de las frecuencias.

El par de arranque se indica en las tablas de selección, como múltiplo del par nominal. La posición del par máximo se tomará del diagrama si así conviniese. Las tolerancias son $\pm 10\%$ para el par máximo.

Deslizamiento: se expresa en % de la velocidad sin sincronismo.



Calentamiento

La vida útil de un motor es igual a la del aislamiento de sus devanados, si se prescinde del desgaste propio del servicio de los cojinetes, escobillas, anillos rozantes o colector, elementos que se pueden sustituir por otros nuevos sin que, relativamente, se realicen gastos de importancia. Por este motivo, se tendrán especialmente en cuenta las condiciones de servicio que afecten al calentamiento y, por tanto, al aislamiento.

El calentamiento es una consecuencia de las pérdidas originadas en toda transformación de energía (en caso de motores, por ejemplo, transformación de energía eléctrica en energía mecánica). El calentamiento del motor se produce, principalmente, por las pérdidas en el núcleo de chapas magnéticas y por las pérdidas en el cobre del devanado. Estas últimas calientan también el aislamiento de cada conductor. La temperatura admisible del aislamiento utilizado determina fundamentalmente la capacidad de carga del motor.

$$P_{\text{pérd.}} = P_{\text{abs.}} - P_{\text{ced}}$$

En la práctica no se indican las pérdidas del motor, sino su rendimiento, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{P_{\text{ced.}} \cdot 100}{P_{\text{abs.}}} = \frac{(P_{\text{abs.}} - P_{\text{pérd.}}) \cdot 100}{P_{\text{abs.}}}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{ced.}}}{P_{\text{ced.}} + P_{\text{pérd.}}} \cdot 100$$

siendo:

$P_{\text{pérd.}}$	=	pérdidas totales (kW)	$P_{\text{ced.}}$	=	potencia (kW)
$P_{\text{abs.}}$	=	potencia activa (kW)		=	que se entrega en el eje
		tomada de la red	η	=	rendimiento (%)

Para las pérdidas, rige, por tanto, lo siguiente

$$P_{\text{pérd.}} = \frac{(100 - \eta) P_{\text{abs.}}}{100} = \frac{100 - \eta}{\eta} P_{\text{ced.}}$$

La energía consumida en pérdidas = pérdidas por tiempo en kWh (calor), se acumula en el motor, de acuerdo a su capacidad térmica, conduciéndose una gran parte al medio ambiente, a través de la ventilación.

Si la carga es constante, se alcanzará un estado de equilibrio cuando la cantidad de calor absorbida sea igual a la disipada, en servicio continuo, una vez que hayan transcurrido de 3 a 5 horas. La sobretemperatura entonces generada (calentamiento) en los devanados y en el resto de las partes del motor es igual a la diferencia que hay entre la temperatura de la parte considerada y la del medio refrigerante. La sobretemperatura resulta de la relación existente entre las pérdidas que en el motor se transforman en calor y la capacidad de disipación del calor:

$$ST = \frac{P_{\text{pérd.}}}{W_a}$$

siendo:

ST	=	sobretemperatura (°C)
$P_{\text{pérd.}}$	=	pérdidas (W)
W_a	=	capacidad de disipación del calor (W / °C)

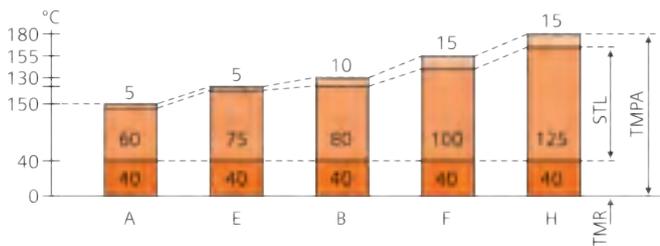
La capacidad de disipación de calor depende de la superficie exterior del motor y de las condiciones de ventilación.

Como la duración del aislamiento de los devanados decrece al aumentar la temperatura (cada 10 °C, aproximadamente en la mitad), según sea el material utilizado habrá que observar los valores límites fijados por VDE 0530 para la temperatura del devanado (temperatura límite). Estos valores están de acuerdo con la respectiva resistencia térmica de los materiales aislantes subdivididos en clases. La duración media prevista es, aproximadamente, de 20 años.

Materiales aislantes y clases de aislamiento

En las normas internacionales han clasificado los materiales aislantes, incluyendo sus medios impregnados, en clases de aislamiento, habiéndose fijado los correspondientes valores exactos de temperatura.

La temperatura máxima permanente admisible de los diferentes materiales aislantes se compone, como



Sobretemperatura límite en °C (STL)					
Clase de aislamiento	A	E	B	F	H
Devanado aislado	60	75	80	100	125
Colectores, anillos rozantes	60	70	80	80 ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾
Cojinetes de rodamiento y de deslizamiento	50	50	50	50	50
Cojinetes de rodamiento con grasas especiales	60	60	60	60	60

TMPA = temperatura máxima permanente admisible (°C)

TMR = temperatura del medio refrigerante (°C)

STL = sobretemperatura límite (calentamiento) (°C)

queda representado en la figura anterior, de la temperatura del medio refrigerante, de la sobretemperatura límite y de un suplemento de seguridad. Este último suplemento se ha introducido porque, aplicando el método de la medida usual, o sea la elevación de la resistencia del devanado, no se determina la temperatura en el punto más caliente, sino que se mide el valor medio del calentamiento. Las indicaciones de potencia de los motores están basadas en una temperatura del medio refrigerante de 40°C para todas las clases de aislamiento.

Si el fabricante da garantía, la sobretemperatura límite para aislamiento clase F puede sobrepasarse en 10° C y en 20° C para clase H.

Las sobretemperaturas límite de los colectores, anillos rozantes y cojinetes, rigen para medidas por termómetro, contrariamente a como sucede con las sobretemperaturas límites de los devanados.

- Salvo algunas excepciones, los motores de baja tensión de ejecución normal van provistos de aislamiento que protege el devanado contra la influencia de gases agresivos, vapores y polvo conductor, y permite su instalación en lugares donde la humedad del aire sea muy elevada y tengan lugar frecuentes condensaciones de agua (trópicos, cervecerías, estaciones de bombeo, etc.).
- Los fabricantes ofrecen aislamiento clase F en todos sus motores.
- Para condiciones especiales (por ejemplo, peligros debidos a la acción de aceite, existencia de polvo de fundición) es posible un aislamiento de ejecución especial.

Temperatura de la carcasa

De acuerdo a las técnicas constructivas modernas, y tomando en cuenta las normas sobre materiales aislantes y clases de aislamiento, los fabricantes de motores utilizan la particularidad de unir lo más cerca posible el paquete del estator a la carcasa, de manera que se evacue rápida y eficientemente el calor interno generado por las diferentes partes constitutivas del motor. Es por esto que el método antiguamente utilizado, para determinar si un motor está sobrecargado o no, tocando con la mano la carcasa, es completamente inadecuado para motores eléctricos modernos.

Refrigeración y ventilación

Todos los motores tienen un ventilador exterior cubierto con una caperuza. Independientemente del sentido de giro del motor, dicho ventilador impulsa el aire de refrigeración sobre la superficie.

El ventilador y su caperuza están conformados para que la corriente de aire refrigerante no pueda acumular suciedad ni fibras que podrían obstaculizar la refrigeración.

Calentamiento del local

El calentamiento del local depende exclusivamente de las pérdidas, y no de la temperatura de la carcasa. Además, las máquinas accionadas frecuentemente contribuyen al calentamiento del local en mayor proporción que los motores.

En todas las máquinas elaboradoras y modificadoras de materiales, se transforma prácticamente la totalidad de la potencia y accionamiento en calor, y en las máquinas transportadoras de material la transformación se extiende a una gran parte de la potencia de accionamiento. Estas cantidades de calor tienen que ser eliminadas por el aire ambiental en el local de servicio, a no ser que los motores tengan refrigeración independiente, consistente en un sistema de tubos a través de los cuales se evacua el calor directamente al exterior. Habrá que considerar lo siguiente:

$$VL = \frac{P_{pérd.} \cdot 0,77}{J}$$

donde:

VL = caudal de aire necesario (m³/s)

Ppérd. = potencia total de pérdidas (kW)

ϑ = sobret temperatura admisible del aire (°C)

$$LW / h = \frac{VLu}{JV}$$

donde:

LW / h = número de renovaciones de aire por hora

VLu = caudal de aire en circulación (m³/h)

JV = volumen del local (m³)

Durante el servicio hay que conseguir un buen abastecimiento de aire fresco para refrigerar los motores. Los motores de gran tamaño provistos de refrigeración interna necesitan un caudal horario de aire que es, aproximadamente, 4 ó 5 veces mayor que su peso propio (a 760 Torr y 20 °C, 1 m³ de aire pesa 1,2 kg). Un motor de 120 kW y 1.800 rpm provisto de refrigeración interna necesita en una hora 2.000 m³ de aire. Tratándose de motores con refrigeración de superficie de la misma potencia y velocidad de rotación, el caudal de aire, es aproximadamente 1,6 veces mayor.



Determinación de la potencia al variar la temperatura del medio refrigerante o la altitud de emplazamiento

La potencia nominal de los motores indicada en la placa de características, rige normalmente para las siguientes condiciones: temperatura del medio refrigerante, hasta 40°C; altitud de emplazamiento, hasta 1000 m sobre el nivel del mar. La sobretemperatura límite admitida por VDE 0530, para cada caso, depende del aislamiento utilizado.

Si por razones propias del servicio o por haberse diseñado los motores en conformidad con otras prescripciones diferentes de VDE, se modificasen estos valores, habría que alterar, en general, la potencia.

La variación de potencia se deduce de las tablas siguientes:

Temperatura del medio refrigerante (°C)	Potencia admisible en % de la potencia nominal	Altura de instalación sobre el nivel del mar (mt.)	Potencia admisible en % de la potencia nominal
30	107	1.000	100
35	104	2.000	94
40	100	3.000	86
45	96	4.000	77
50	92		
55	87	Para temperatura del medio refrigerante de 40 °C	
60	82		

Si la temperatura del medio refrigerante y la altura de instalación discrepan simultáneamente, deberán multiplicarse los factores indicados, para calcular la potencia admisible.

En caso de que la temperatura máxima del medio refrigerante por encima de los 1.000 m se reduzca en 5°C por cada 1.000 m, no será necesario reducir la potencia, por influencia de la altura.

Protección del motor

En términos generales, los motores se pueden proteger con:

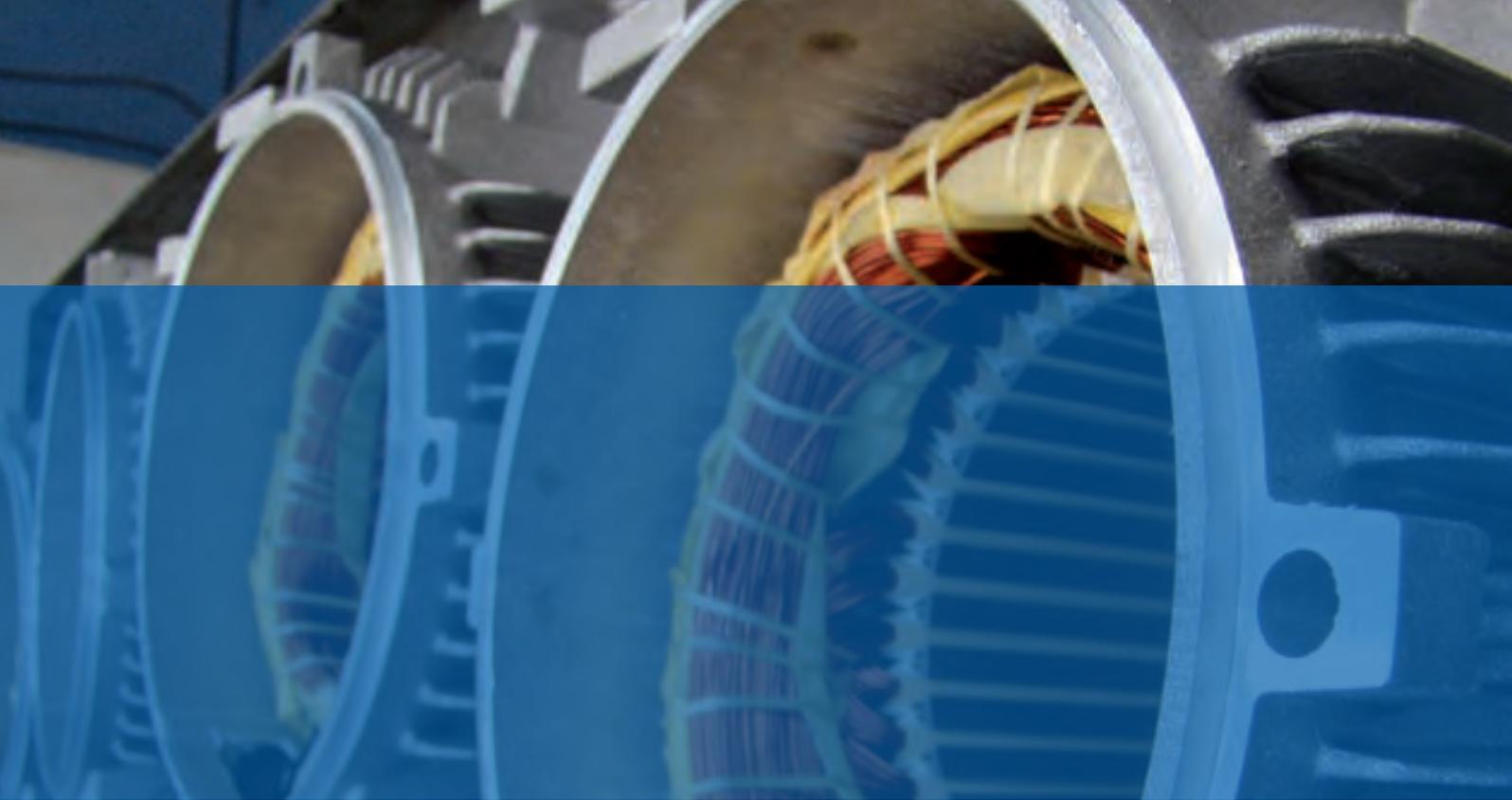
- Guardamotores, cuya función es proteger el motor contra sobrecargas y cortocircuitos por medio de disparadores de sobreintensidad regulables que se deben graduar exactamente a la intensidad nominal del motor y disparadores de sobreintensidad electromagnéticas sin retardo, que actúan al originarse un cortocircuito.
- Fusibles, contactores y relés bimetálicos; de esta forma se obtiene tanto la protección de cortocircuito y sobrecarga como la de marcha en dos fases. Permite además, mando a distancia.
- Variador de Velocidad; su función es proteger el motor de sobrecarga y sobreten-sión, permite la variación de velocidad de su motor de forma segura.



MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES



3. Características Mecánicas



Determinación del momento de inercia

En los procesos de arranque y frenado es importante determinar, además de la curva representativa del par resistente, el momento de inercia de la máquina y del acoplamiento, expresado en kg m^2 y reducido a la velocidad de rotación del motor.

El momento de inercia es una característica propia de un cuerpo referido a su eje de giro, es la medida de la inercia rotacional de un cuerpo, siendo la inercia la capacidad de mantener el movimiento. El momento de inercia es la sumatoria (Integral) de los productos de las masas de las partículas por el cuadrado de la distancia r de cada partícula al eje de rotación, es decir:

$$J = \Delta m_1 r^2 + \Delta m_2 r^2 + \dots = \Sigma \Delta m r^2$$

En caso de cuerpos de geometrias irregulares, se determinará el momento de inercia de la parte giratoria mediante una prueba de parada por inercia.

A continuación se presentan dos ejemplos del cálculo del momento de inercia:

- a) Siendo un disco de espesor constante y radio geométrico r_a :

Radio de aplicación de la inercia

$$r_i = \frac{r^2}{\sqrt{2}}$$

Par de inercia

$$J = \frac{1}{2} m r_a^2$$

J = par de inercia (Kg m^2)
 m = masa (Kg)
 d = diámetro geométrico (m)

b) Si se trata de una corona circular de espesor constante y diámetros geométricos d_1, d_2 :

Diámetro de aplicación de la inercia

$$D = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2}{2}}$$

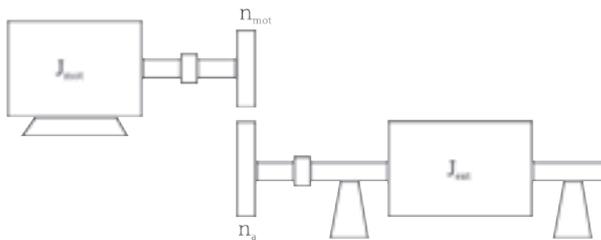
Par de inercia

$$J = m \frac{d_1^2 + d_2^2}{8}$$

Para reducir el momento de inercia de un cuerpo con una velocidad de rotación cualquiera, a la velocidad de giro del eje del motor, o para pasar de una masa sometida a un movimiento rectilíneo a un momento de impulsión equivalente, se hará uso de la relación que a continuación se expone:

- J ext. referido a n mot: $(J_{ext}) n_{mot} = J_{ext} \cdot \left(\frac{n_2}{n_{mot}}\right)^2$

- J total, referido al eje del motor:



$$(\Sigma J) n_{mot} = J_{mot} + (J_{ext}) n_{mot}$$

Si se trata de masas sometidas a movimientos rectilíneos, tales como los accionamientos de mesas o de carros, el momento de inercia equivalente referido al eje del motor se calcula de la forma siguiente:

$$J = \frac{m}{4\pi} \left(\frac{60V}{n_{mot}}\right)^2$$

siendo:

J = momento de inercia (kgm²) de la máquina accionada

m = carga (kg)

V = velocidad (m/s)

n_{mot} = velocidad de rotación (rpm)

Si varía la carga, así como en casos de servicio de breve duración o servicio intermitente, tiene que conocerse además el ciclo de trabajo (par motor en dependencia del tiempo).

Características del par motor para accionamientos especiales

A) Motores con rotor de jaula mecanismos elevadores

En el servicio de los mecanismos elevadores, los motores funcionan raras veces durante largo tiempo a la plena velocidad de rotación. No tiene, por tanto, gran importancia que se establezca una elevada pérdida de deslizamiento; debido a esto es posible ejecutar los motores con un deslizamiento máximo mayor. De esta manera resulta un arranque elástico.

Para el servicio de los mecanismos elevadores, los motores con rotor de jaula se construyen con par de las clases KL 13h y KL 16h, es decir, que el motor puede arrancar con seguridad venciendo un par resistente del 130% ó del 160% del par nominal. La letra "h" indica que el curso de la característica del par motor se ha adaptado a las condiciones particulares del servicio de esta clase de mecanismos. Por ejemplo, con una duración de conexión del 40%, estos motores, en lo que afecta a la potencia, ofrecen un par de arranque doble o triple de normal y una intensidad de arranque aproximadamente cuatro o cinco veces mayor que la normal. En este caso, el par de arranque es el par máximo que puede presentarse en la gama comprendida entre el estado de reposo y la velocidad de rotación nominal.

B) Motores con rotor de jaula para accionamiento de prensas

Para accionar prensas con grados de inercia elevados, se utilizan frecuentemente motores provistos de rotores llamados de deslizamiento o de resistencia. Estos motores tienen aproximadamente sólo el 80% de la potencia nominal normal, y presentan un deslizamiento doble del de la ejecución normal. La clasificación del par es, por ejemplo, KL 10s (rotor de deslizamiento).

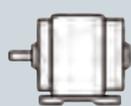
Los motores tienen un par de arranque de 1,7 veces el par nominal aproximadamente, y absorben una intensidad inicial en el arranque que es unas 4 veces la nominal (para más detalles, hágase la consulta correspondiente).

Forma constructiva según IEC publicación 34, parte 7

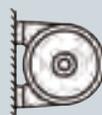
Los motores normalizados Siemens se suministran para ser utilizados en diversas formas constructivas, es decir que se pueden utilizar motores IMB3, IMB5 o IMB14 para ser operados en las formas de montaje IMB6, IMB7, IMB8, IMV5, IMV6, IMV1, IMV3 (hasta el tamaño 160).

Respecto a las formas constructivas provistas de patas, tamaños 71 hasta 225 serie 1LA7/1LA5, estas van inyectadas en aluminio, con las patas integradas; en los motores de las series 1LA3 y 1LA6, las patas van unidas por tornillos a la carcasa.

En la tabla están las abreviaturas de las formas constructivas según la norma IEC códigos I y II (No. 34, parte 7), y su equivalente en la norma DIN (No. 42.950).



IM B3



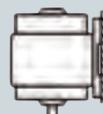
IM B6



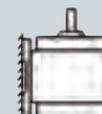
IM B7



IM B8



IM V5



IM V6



IM B5



IM V1



IM V3



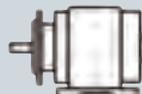
IM B14



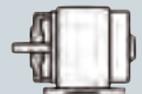
IM V18



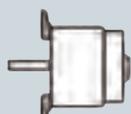
IM V19



IM B35



IM B34



IM B9



IM V8



IM V9



IM B10



IM V10



IM V14



Abreviaturas de las formas constructivas

IEC CODIGO I	IEC CODIGO II	DIN
IM B3	IM 1001	B3
IM B6	IM 1051	B6
IM B7	IM 1061	B7
IM B8	IM 1071	B8
IM V5	IM 1011	V5
IM V6	IM 1031	V6
IM B5	IM 3001	B5
IM V1	IM 3011	V1
IM V3	IM 3031	V3
IM B14	IM 3601	B14
IM V18	IM 3611	V18
IM V19	IM 3631	V19
IM B35	IM 2001	B3 / B5
IM B34	IM 2101	B3 / B14
IM B9	IM 9101	B9
IM V8	IM 9111	V8
IM V9	IM 9131	V9
IM B10	IM 4001	B10
IM V10	IM 4011	V10
IM V14	IM 4031	V14

Las dimensiones de las siguientes formas constructivas son iguales entre sí:

- B3, B6, B7, B8, V5 y V6
- B5, V1 y V3
- B9, V8 y V9
- B10, V10 y V14
- B14, V18 y V19

Los motores Siemens hasta el tamaño 280 inclusive, se pueden instalar en cualquiera de las formas indicadas en cada uno de los grupos anteriores. Por ejemplo, un motor de la forma constructiva B3 se puede instalar en la forma B6, B7, B8, V5 ó V6.

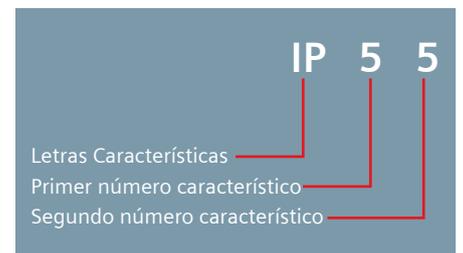
Grado de Protección IP

Con la elección de una adecuada clase de protección de acuerdo al servicio y a las condiciones del medio ambiente, se evita:

La entrada al motor de agua, cuerpos extraños y polvo: el contacto con partes rotativas en el interior del motor, o partes bajo tensión.

IEC 34-5, clasificación de los grados de protección

Las clases de protección de las máquinas eléctricas (según DIN 400500 IEC-34-5) se indican por medio de un código, el cual se compone de dos consonantes y dos cifras características. En algunos casos se emplea una consonante adicional:



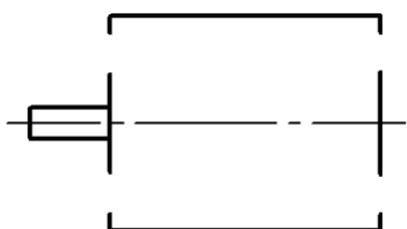
- Primer número característico: Indica el grado de protección dado por el encerramiento a las partes de la máquina que se encuentran en su interior, contra el ingreso de elementos sólidos. Se encuentra en el intervalo de 0 a 6.
- Segundo número característico: Indica el grado de protección que brinda el encerramiento contra los efectos perjudiciales debidos al ingreso de agua, se encuentra entre 0 y 8.
- R, W, S, y M.: Consonante adicional para indicar una clase de protección especial.

La norma no especifica los tipos de protección de las máquinas para uso en una atmósfera explosiva.

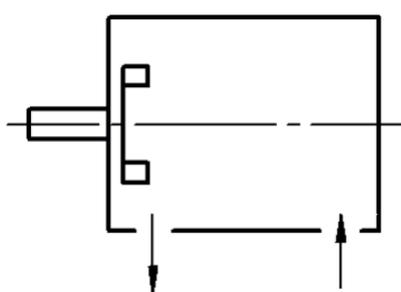
PROTECCIÓN CONTRA CUERPOS SÓLIDOS			PROTECCIÓN CONTRA LÍQUIDOS		
IP		Prueba	IP		Prueba
0		Sin protección	0		Sin protección
1		Protegido contra cuerpos sólidos mayores a 50mm.	1		Protegido contra caída vertical de gotas de agua.
2		Protegido contra cuerpos sólidos mayores a 1.2mm.	2		Protegido contra caída vertical de gotas de agua a 15° de inclinación.
3		Protegido contra cuerpos sólidos mayores a 2.5mm.	3		Protegido contra agua en forma de rocío hasta 60° de inclinación.
4		Protegido contra cuerpos sólidos mayores a 1mm.	4		Protegido contra salpicaduras de agua en todas las direcciones.
5		Protegido contra el polvo.	5		Protegido contra chorros de agua en cualquier dirección.
6		Totalmente protegido contra el polvo.	6		Protegido contra chorros fuertes de agua (comparable al golpe de una manguera).
			7		Protegido contra los efectos de una inmersión.
			8		Protegido contra una inmersión continua.

Para lograr el grado de protección IP55 se agrega un retenedor tipo CD ring en los platillos AS y BS. A su vez el motor lleva empaques entre la carcasa y caja de bornes y entre la caja de bornes y tapa, con el fin de proteger las conexiones contra la entrada de agua y polvo.

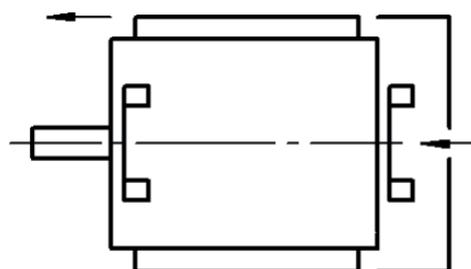
Métodos de enfriamiento



IC 00
Libre circulación del aire
Enfriamiento por convección libre



IC 01
Libre circulación del aire
Enfriamiento por auto-circulación



IC 411
Superficie de la carcasa enfriada
Enfriamiento por auto-circulación

Transmisión por correas

En caso de que el accionamiento se haga por correa, el motor tiene que estar montado sobre rieles tensores o sobre una base desplazable, con el fin de poder ajustar la tensión correcta de la correa y retensarla cuando sea preciso. Si la correa se tensa demasiado, se ponen en peligro los cojinetes y el eje; por el contrario, si se tensa poco, resbala la correa y no se da la transmisión de potencia.

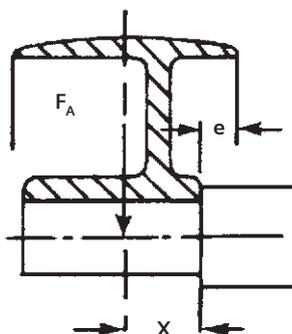
Dispositivos tensores para el accionamiento de correas en V

Se colocarán de manera tal que la distancia entre poleas se pueda variar y resulte posible colocar las correas sin que queden tensas. Las correas se ajustarán de modo que queden tensadas y no golpeen durante el servicio.

Determinación de la polea Cargas admisibles en cantilever

Para calcular las cargas admisibles en cantilever para una carga radial, la línea de fuerza para F_Q debe estar a lo largo de la extensión de salida de el eje a una distancia x .

La dimensión x (en mm) es la distancia entre el punto de aplicación de la carga y el hombro del eje. El valor máximo de x corresponde a la longitud de la extensión del eje.



La fuerza de cantilever:

$$F_A = c \cdot F_u$$

En donde c es el factor de pre-tensión dada por el fabricante de correas.

El siguiente es un valor aproximado que puede ser asumido:

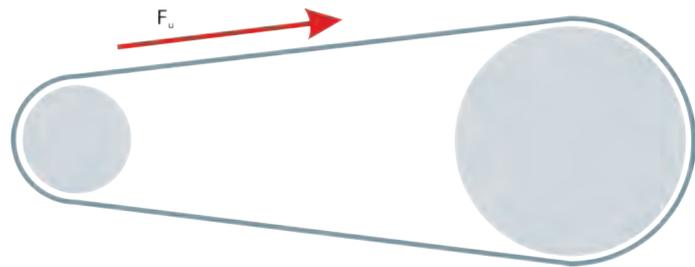
- $c = 2$ para correas de cuero planas normales con un rodillo tensor
- $c = 2.2$ a 2.5 para correas en V
- $c = 2.2$ a 3 para correas sintéticas especiales

La fuerza Tangencial se calcula usando la siguiente ecuación:

$$F_u = 2 \cdot 10^7 \frac{P}{n \cdot D}$$

Donde:

- F_u = Fuerza tangencial en N
- P = potencia nominal del motor (kW)
- n = velocidad de rotación del motor (r.p.m.)
- D = diámetro de la polea (mm)
- c = factor de tensión previa de la correa.



Las dimensiones de las poleas se determinarán de acuerdo a la potencia a transmitir, la clase de correa utilizada y la relación de transmisión que se pretenda conseguir. Para efectos de seleccionar la correa y la polea es preciso consultar a los fabricantes de dichos elementos.

El valor calculado para F_A no debe sobrepasar los valores indicados en la siguiente tabla.

Fuerzas axiales admisibles para los motores de 60Hz, con rodamientos standard, en el lado de accionamiento del eje

Tamaño Motor	Número de polos	Fuerza admisible de cantilever	
		Para $x=0$ (60Hz)	Para $x=L$ (L = longitud del eje) (60Hz)
71	2	332	284
	4	424	360
	6	504	428
	8	552	468
80	2	388	320
	4	500	412
	6	588	484
	8	652	540
90	2	580	484
	4	736	620
	6	872	728
	8	984	824

Sigue en la página siguiente...

Continuación de la tabla...

Fuerzas axiales admisibles para los motores de 60Hz, con rodamientos standard, en el lado de accionamiento del eje

Tamaño Motor	Número de polos	Fuerza admisible de cantilever	
		Para x=0 (60Hz)	Para x=L (L= longitud del eje) (60Hz)
100	2	824	672
	4	1048	848
	6	1240	1000
	8	1376	1120
112	2	808	664
	4	1016	832
	6	1216	992
	8	1352	1104
132	2	1192	944
	4	1552	1224
	6	1808	1424
	8	2000	1584
160	2	1232	968
	4	1632	1272
	6	1864	1456
	8	2128	1664
180	2	1600	1240
	4	1880	1560
	6	2240	1800
	8	2440	2000
200	2	2040	1680
	4	2680	2200
	6	3120	2560
	8	3320	2760
225	2	2440	2040
	4	3000	2360
	6	3640	2880
	8	3880	3120
250	2	2552	2024
	4	3200	2680
	6	3760	3120
	8	4160	3520
280	2	3200	2600
	4	6720	5600
	6	7760	6480
	8	8600	7200
315S	2	3800	3112
	4	7280	5840
	6	8560	6960
	8	9280	7680
315L	2	3200	2624
	4	6720	6000
	6	7760	7280
	8	8880	8160

Montaje de los elementos de accionamiento

Acoplamiento (embragues), poleas, piñones, etc. se deben ensamblar con un dispositivo especial para el cual se dispone de un centropunto en el eje de los motores. Los golpes dañan los cojinetes y deben ser evitados. El peso de la polea se sumará a la carga radial.

Al elegir las poleas, habrá que observar que la sollicitación del material quede comprendida dentro del límite admisible, y que se pueda transmitir la potencia bajo una tensión previa normal de la correa.

En la tabla figuran los diámetros máximos admisibles de las poleas de fundición. Para mayores diámetros habrá que emplear poleas de acero.

Velocidad de rotación (rpm)		
3600	1800	1200
↓	↓	↓
160	285	410
Diámetro máximo admisible de las poleas de hierro fundido (mm)		

La tabla indica al mismo tiempo los diámetros para los que la velocidad de las correas de cuero planas de calidad mediana es más favorable. Si se emplean correas en V, la velocidad más favorable de la correa es menor, lo que se consigue reduciendo en un 20% el diámetro. Si se utilizan correas de adhesión especiales, por ser mayor la velocidad admisible de la correa, se pueden aumentar aproximadamente en un 20% los diámetros que figuran en la tabla, debiéndose emplear, sin embargo, poleas de acero.

La distancia entre ejes de las dos poleas se fijará en concordancia con las indicaciones del fabricante de correas y de poleas.

En lugares expuestos a peligro de explosión, solamente podrán utilizarse correas en las cuales no se generen cargas electrostáticas.

Accionamiento por ruedas dentadas

Si la transmisión se realiza mediante ruedas dentadas, habrá que observar que los ejes de las dos máquinas se encuentren paralelos y que la marcha del piñón y la corona sea circular. Los dientes del piñón no deberán atascarse en ninguna posición de la corona, puesto que de lo contrario se someterían los cojinetes a un esfuerzo que podría ocasionarles algún daño, motivándose vibraciones, trepidaciones y ruidos. Para comprobar el buen ajuste, se coloca entre el piñón y la corona una tira de papel del mismo ancho del piñón. Al girar, se marcan sobre la tira de papel los puntos en los que el ataque es deficiente. La comprobación se extenderá a todos los dientes de la corona. Según sea el resultado, se alineará cuidadosamente la máquina y se repetirá la comprobación hasta que se haya conseguido un ataque uniforme en todos los dientes.

Cargas radiales y axiales admisibles

Los cojinetes, así como las partes mecánicas, están sometidos a cargas radiales y axiales.

En las tablas siguientes se detallan los valores que sirven para determinar las cargas que pueden soportar los motores equipados con cojinetes.

Cargas axiales máximas admitidas

3600 rpm					
Tamaño según IEC	Tipo 1LA3/1LA5 1LA6/1LA7	Peso del rotor N	Montaje Horizontal N	Montaje Vertical Carga hacia abajo N	Montaje Vertical Carga hacia arriba N
71	070	10.09	81.34	74.48	93.1
	073	12.74	62.72	53.9	74.48
80	080	20.28	125.4	107.8	147
	083	24.69	96.04	77.42	117.6
90 S	090	30.38	163.66	137.2	196
90 L	096	37.24	144.06	107.8	186.2
100 L	106	63.7	211.68	166.6	264.6
112 M	113	78.4	451.78	392	529.2
	130	117.6	577.22	480.2	695.8
132 S	131	132.3	557.62	441	695.8
	163	196	769.3	597.8	970.2
160 M	164	235.2	749.7	548.8	980
	166	284.2	721.28	176.4	999.6
180 M	183	294	1078	901.6	1498.4
200 L	206	343	1715	1450.4	2146.2
	207	392	1617	1352.4	2146.2
225 M	223	647	1900	1400	2720
250 M	253	901	2200	1500	3340
280 S	280	1225	2200	1200	3700
280 M	283	1372	2100	1000	3800



1800 rpm					
Tamaño según IEC	Tipo 1LA3/1LA5 1LA6/1LA7	Peso del rotor N	Montaje Horizontal N	Montaje Vertical	
				Carga hacia abajo N	Carga hacia arriba N
71	070	12.74	110.74	98	127.4
	073	16.66	100.94	88.2	117.6
80	080	25.28	129.36	107.8	156.8
	083	29.49	125.44	98	156.8
90 S	090	38.22	240.1	215.6	274.4
90 L	096	44.02	211.68	176.4	254.8
100 L	106	63.7	336.14	284.2	392
	107	73.5	288.12	225.4	362.6
112 M	113	98	577.22	499.8	676.2
132 S	130	142.1	787.92	666.4	940.8
132 M	133	176.4	749.7	597.8	931
160 M	163	240.1	1107.4	891.8	136.2
160 L	166	294	1009.4	735	1323
180 M	183	343	1127	901.6	1597.4
180 L	186	392	1078	744.8	1548.4
	207	490	1715	1303.4	2303
225 S	220	823	2450	1820	3500
225 M	223	931	2350	1600	3500
250 M	253	1.176	2800	1850	4250
280 S	280	1.617	5800	4500	7800
280 M	283	1.813	5700	4200	7900

1200 rpm					
Tamaño según IEC	Tipo 1LA3/1LA5 1LA6/1LA7	Peso del rotor N	Montaje Horizontal N	Montaje Vertical	
				Carga hacia abajo N	Carga hacia arriba N
71	073	17.15	125.44	107.8	147
80	080	24.3	168.56	147	196
	083	31.16	163.66	137.2	196
90 S	090	28.22	307.72	274.4	352.8
90 L	096	49	288.12	245	343
100 L	106	68.6	393.96	333.2	372.4
112 M	113	88.2	653.66	588	744.8
132 S	130	132.3	941.78	842.8	1078.0
132 M	133	200.9	865.34	705.6	1058.4
160 M	163	264.6	1156.4	744.8	1411.2
160 L	166	333.2	1007.4	803.6	1450.4
180 L	186	392	1323	1048.6	1852.2
200 L	206	490	2156	1852.2	2851.8
	207	539	2107	1695.4	2802.8
225 M	223	921	2900	2200	4080
250 M	253	1.176	3500	2550	4950
280 S	280	1.470	7200	6100	9100
280 M	283	1.666	7000	5700	9100

Rodamientos

Vida útil

La vida útil nominal de los rodamientos es alcanzada y hasta sobrepasada hasta en el 90% de los rodamientos cuando las condiciones de operación de los motores son las mismas condiciones de diseño, que se encuentran en el catálogo.

Bajo las condiciones de operación promedio se puede alcanzar una vida útil hasta de 100,000 horas.

Generalmente la vida útil de los rodamientos está definida por el tamaño del mismo, la carga, las condiciones de operación, la velocidad y la vida útil de la grasa.

La vida útil de los rodamientos de los motores con forma constructiva horizontal es de por lo menos 40,000 horas si no hay cargas axiales adicionales en el acoplamiento del lado de accionamiento, y de por lo menos 20,000 horas bajo la acción de las cargas permitidas.

Sistema de rodamientos

El sistema de rodamientos esta precargado axialmente con una arandela de presión o sistema de resortes para asegurar buen el funcionamiento del rotor sin que haya juego axial.

Para motores cuyos rodamientos pueden ser re-engrasados, la vida del rodamiento se puede extender, ya que se pueden compensar los factores desfavorables como lo son la temperatura, condiciones de montaje, velocidad, tamaño del rodamiento y cargas mecánicas.

Rodamientos para la serie USO SEVERO

Tipo	Lado AS	Lado BS
1LA3 090	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 112	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 132	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 160	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA6 180	6310-2Z C3	6310-2Z C3
1LA6 200	6312-2Z C3	6312-2Z C3
1LA6 225	6313-2Z C3	6313-2Z C3
1LG4 250	6315-2Z C3	6315-2Z C3
1LG4 280	6317 C3	6317 C3
1LG4 215	6319 C3	6319 C3

Rodamientos para motores NEMA

Tipo	Lado AS	Lado BS
1LA6 284/6 T	6310-2Z C3	6310-2Z C3
1LA6 324/6 T	6312-2Z C3	6312-2Z C3
1LA6 364/6 T	6313-2Z C3	6313-2Z C3
1LG4 404/6 T	6315 2Z C3	6315 2Z C3
1LG4 444/6 T	6318 C3	6317 C3

Rodamientos para motores trifásicos STANDARD

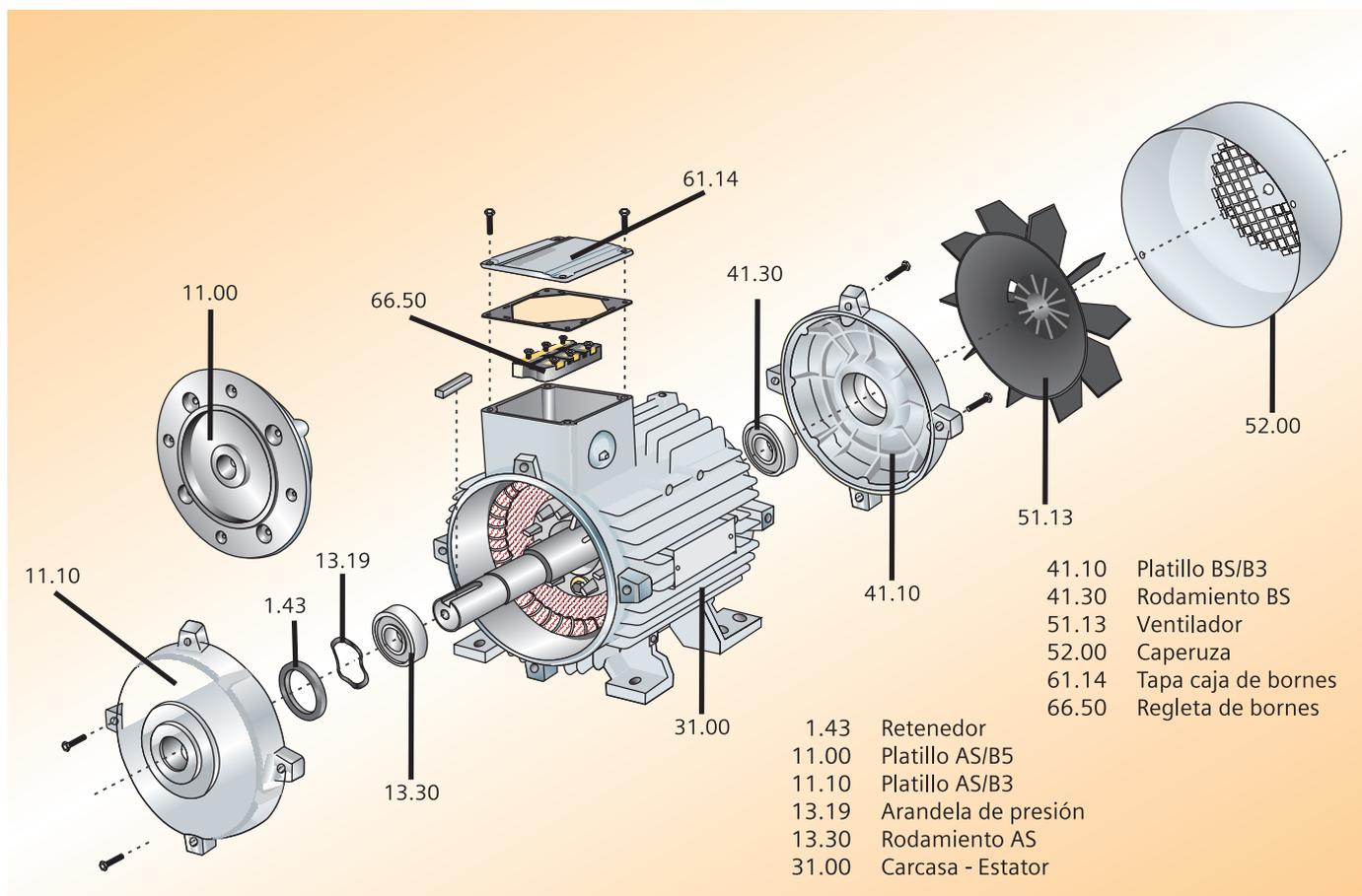
Tipo	Lado AS	Lado BS
1LA7 071	6202-2Z C3	6202-2Z C3
1LA7 080	6204-2Z C3	6004-2Z C3
1LA7 090	6205-2Z C3	6004-2Z C3
1LA7 112	6206-2Z C3	6205-2Z C3
1LA7 132	6208-2Z C3	6208-2Z C3
1LA7 160	6209-2Z C3	6209-2Z C3
1LA5 180	6210-2Z C3	6210-2Z C3
1LA5 200	6212-2Z C3	6212-2Z C3
1LA5 225	6213-2Z C3	6212-2Z C3

¡Atención!

Los motores eléctricos normalizados a partir del tamaño 280 salen de fábrica con una protección para sus cojinetes durante el transporte.

Esta protección consiste en un cilindro metálico que se abulona al centro del eje en una de sus bases; la otra base apoya sobre la tapa portacojines, impidiendo así el movimiento del rotor.

Despiece



Caja de conexiones

Los motores 1LA7, 1LA5, 1LA6 y 1LG4 entre los tamaños 71 y superiores, hasta el 315, poseen la caja de conexiones en la parte superior de la carcasa; en los motores 1LA3 va instalada a la derecha.

Para la conexión a tierra se dispone, en todos los tipos, de un borne en la caja de conexiones, debidamente marcado; del tamaño 180 en adelante, adicionalmente se tienen bornes de puesta a tierra en las patas. Los motores se suministran con los puentes correspondientes para las diferentes conexiones de sus bobinas.

Caja de bornes			
Serie	Tamaño	Ubicación	Diseño
1LA7	071-160	Lado Superior	Integrada
1LA5	180-225	Lado Superior	Caja de bornes aparte
1LA3	090-160	Lado Derecho	Caja de bornes aparte
1LA6	180-225	Lado Superior	Caja de bornes aparte
1LG4	250-315	Lado Superior	Caja de bornes aparte

Carcasa y patas

Las carcasas de los motores de los tamaños 71 a 225 son fabricadas en aleación de aluminio AISi12 en las series 1LA7 y 1LA5. Los motores de tamaños 90 al 315, en las series 1LA3, 1LA6 y 1LG4 están fabricadas en fundición de hierro gris (GG20 DIN 1691).

Las patas en los motores 1LA7 y 1LA5 de los tamaños 71 a 225 son integradas a la carcasa, las patas de los motores 1LA3 del tamaño 90 al 160, 1LA6 del tamaño 180 al 225 y los 1LG4 tamaños 250 y 280 son fabricadas en fundición de hierro gris (GG20 DIN 1691), y van atornilladas en la carcasa.

Carcasa			
Serie	Tamaño	Material	Patás
1LA7 / 1LA5	071-160 / 180-225	Aluminio (AISi12)	Integradas
1LA3 / 1LA6	090-160 / 180-225	Hierro gris (GG20 Din1691)	Atornilladas
1LG4	250 - 280	Hierro Gris (GG20 Din 1691)	Integradas
1LG4	315	Hierro Gris (GG20 Din 1691)	Integradas

Platillos

Los tamaños AH 71, 80, 90, 112, 132 y 160 se fabrican con platillos de aleación de aluminio; a partir del tamaño 180 los platillos de los motores son de fundición de hierro, tanto en el lado de accionamiento AS como en el lado de servicio BS. Los platillos B5 para todos los tamaños son fabricados en hierro gris (GG20 Din 1691).

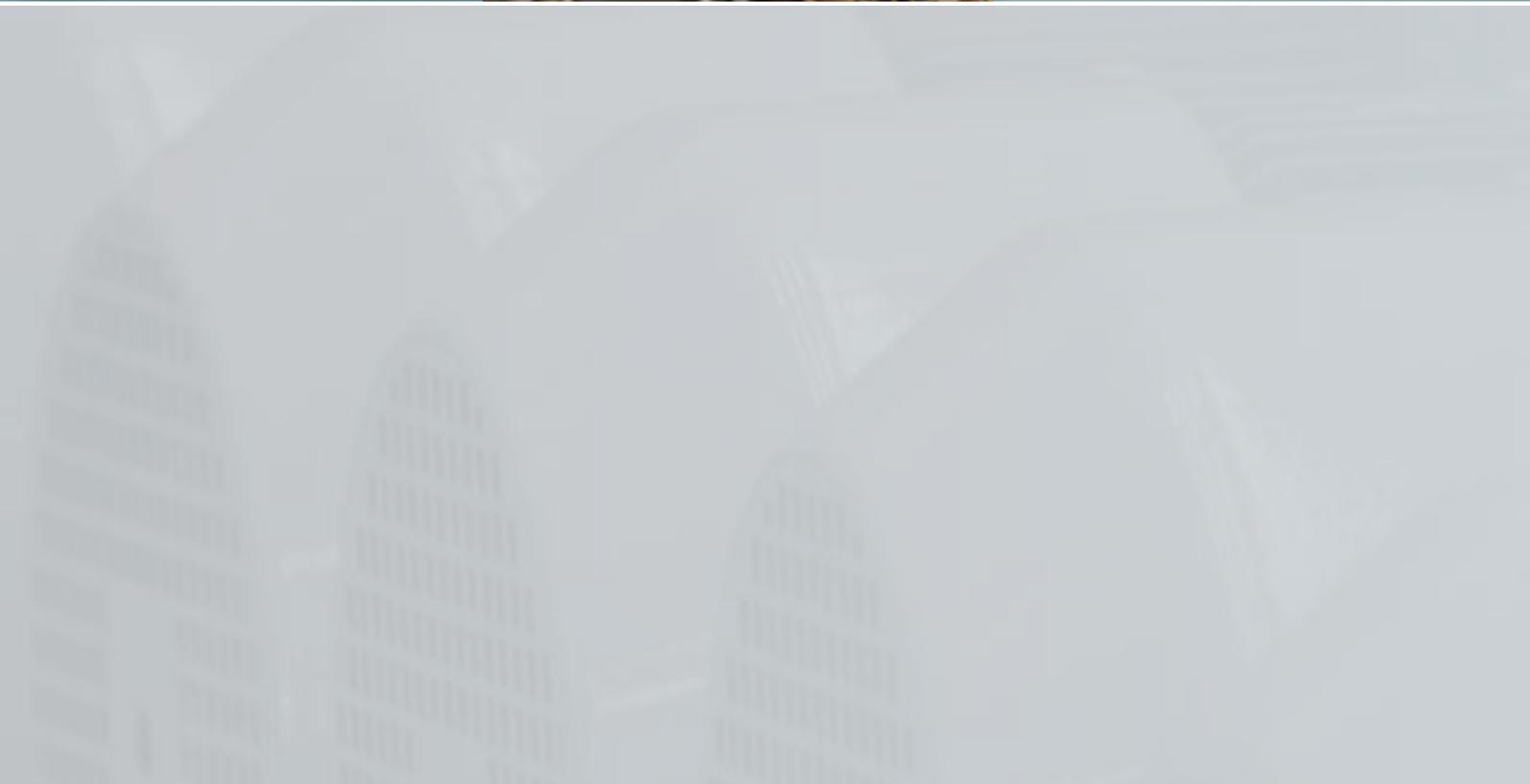
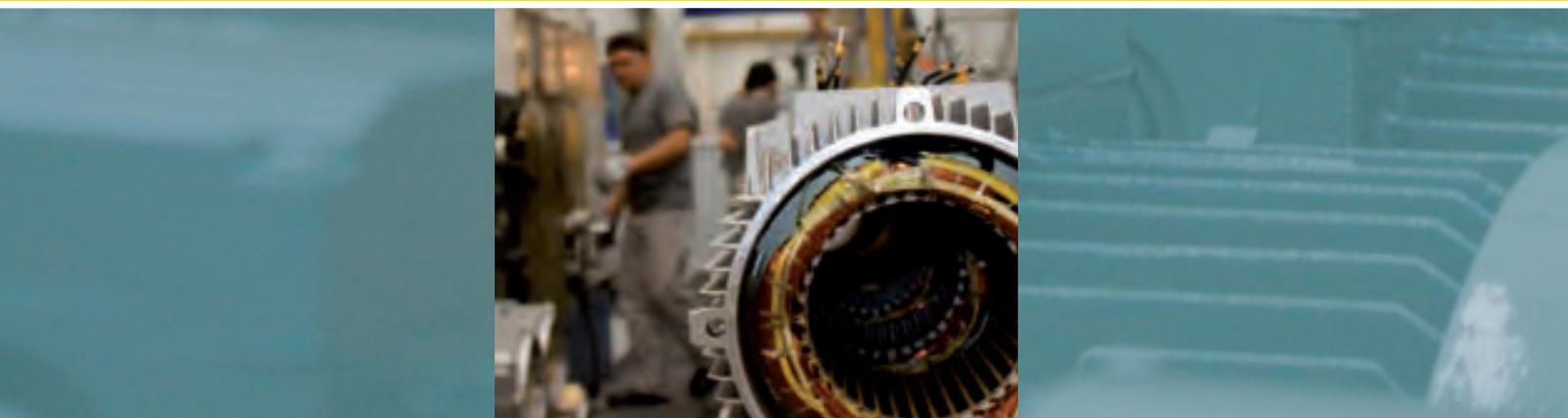
Pintura

Las partes de hierro y lámina de los motores llevan dos capas de pintura. Se aplica una base o primer anticorrosivo alquídico o un primer epóxico (según sea su aplicación) que ofrece protección contra la corrosión en caso de que el motor esté expuesto a ambientes agresivos. La segunda capa es de acabado color gris. En los motores estándar esta pintura es de base alquídica y en los motores de uso severo es un esmalte uretano que da protección contra los rayos UV.

Ventilador

Los ventiladores para la refrigeración del motor son de plástico en todos los tamaños de la serie 1LA3/5/7, y su acción refrigerante es complementada por la caperuza, que se encarga de direccionar el flujo del aire generado por el ventilador hacia la superficie de la carcasa. Las caperuzas de la serie 1LA7 para los tamaños 71 al 90 y las de la serie 1LG4 son en plástico. Las caperuzas de la serie 1LA7, 1LA3, y 1LA6 son en lámina de acero.





MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES



4. Eficiencia de los motores



¿Por qué hablar de eficiencia?

Un motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica mediante la inyección de corriente desde una fuente externa (ej. la red eléctrica), produciendo un movimiento giratorio en su eje. Estos los hay de diferentes tipos, clasificados a partir de sus características constructivas y de funcionamiento en motores de corriente continua, síncronos y asíncronos, los cuales de igual forma se dividen en otras sub-categorías.

Los motores asíncronos o de inducción, desde su aparición en 1888 en Italia y los Estados Unidos, se han posicionado como la mejor solución a la mayoría de los problemas de la industria. Esto se ha debido a su construcción simple y robusta, siendo el motor trifásico de Inducción de Jaula de ardilla, inventado en 1890, el que más acogida ha tenido gracias a sus características de diseño y fabricación. Estas cualidades les ha permitido trabajar en las condiciones más adversas, dando un excelente servicio con poco mantenimiento.

Así, por su utilización extendida en cientos de soluciones para la industria, los motores asíncronos tipo jaula de ardilla son considerados como uno de los principales consumidores de energía eléctrica en el mundo. De hecho, estos representan en los estados desarrollados más del 80% del consumo de la electricidad y aproximadamente el 65% de la electricidad usada en la industria.

Un reporte del centro de investigación adjunto a la Comisión Europea propone siete sistemas para que se pueda ahorrar cantidades sustanciales de energía, identificando un potencial de ahorro total de 435TWh/año en Europa, equivalente a 200 millones de toneladas de emisiones de CO₂, donde casi la mitad del potencial de ahorro reside en sistemas de motores eléctricos.

En Colombia, el programa de eficiencia ha tenido una evolución lenta desde el 2001, con el cual, según el Ministerio de Minas y Energía, la cogeneración podría representar un ahorro de 423MW para el país en el 2025, siendo la instalación de motores industriales más eficientes lo que más podría ayudar a reducir el consumo energético. Los ahorros acumulados entre 2008 y el 2025 sumarían cerca de 39.400GWh (cifra equivalente al consumo eléctrico total del 2004). Estos ahorros representarían un valor presente neto de US\$1.500 millones.

De esta forma, debido al potencial de ahorro energético presente en los motores de inducción jaula de ardilla, el tema de eficiencia en estas máquinas cada día ha venido cobrando más importancia. Por tanto, a continuación se aclaran algunos aspectos teóricos, normativos y de reglamentación sobre la eficiencia energética en motores de inducción jaula de ardilla.

¿Qué es la eficiencia?

La palabra eficiencia proviene del latín *efficientia* que en español quiere decir, acción, fuerza, producción. La Real Academia Española lo define como la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. No debe confundirse con eficacia, que está definido por la RAE como la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

En la física, primero es necesario hablar de fuerza, trabajo, potencia y energía. El trabajo hecho por una fuerza se define como el producto entre esta y el desplazamiento que genera. La potencia es la cantidad de trabajo hecho por unidad de tiempo y la energía se puede definir como la capacidad de hacer un trabajo (generar movimiento). La eficiencia de un proceso o de un dispositivo por tanto, es la relación entre la energía útil y la energía invertida.

En todo proceso de transformación y manipulación de energía, existe un porcentaje de esta que se utiliza en otros sup-procesos que no aportan al trabajo que se desea hacer. A esta porción de energía de la que se carece o priva al final del proceso, se le conoce como pérdidas, las cuales son implícitas a las máquinas por lo que solamente se pueden reducir pero no desaparecer en un 100%.

Así, la eficiencia se determina como la razón entre la potencia útil (de salida) sobre la potencia invertida (de entrada). Esta comúnmente es expresada porcentualmente y se designa con la letra griega eta (η).

$$\text{Eficiencia} = \eta [\%] = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \times 100\%$$

Por balance energético, la potencia de entrada menos las pérdidas debe ser igual a la potencia de salida. Por tanto, la eficiencia se puede también determinar de la siguiente forma:

$$\text{Eficiencia} = \eta [\%] = \frac{\text{Potencia de entrada} - \text{Potencia perdida}}{\text{Potencia de entrada}} \times 100\%$$

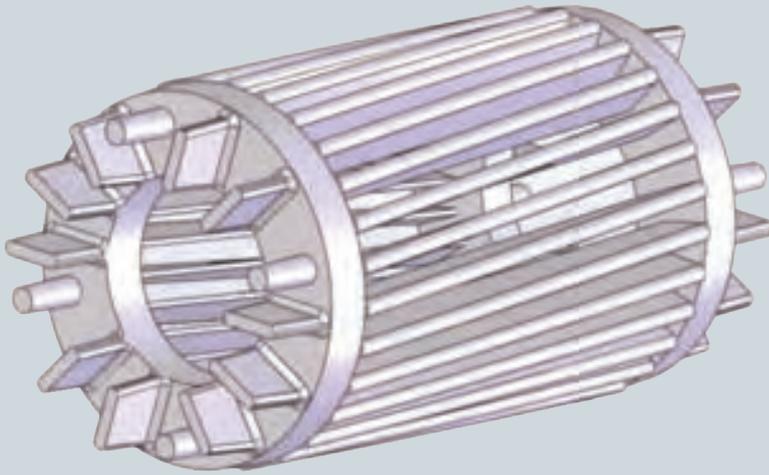
Con un poco de aritmética, se puede reescribir la ecuación de esta manera:

$$\text{Eficiencia} = \eta [\%] = \left(1 - \frac{\text{Potencia perdida}}{\text{Potencia de entrada}} \right) \times 100\%$$

Un motor es una máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía. En el caso de los motores eléctricos, estos son básicamente un conjunto de piezas móviles y fijas, cuyo funcionamiento posibilita transformar, aprovechar, dirigir y regular la energía de tipo eléctrica y mecánica para realizar un trabajo con un fin determinado.

En los motores eléctricos, las pérdidas son debidas a diferentes causas, las cuales son propias del funcionamiento del motor. En ese sentido, durante el diseño de la máquina estas pueden ser optimizadas para reducir su consumo energético y hacer la máquina más eficiente. Por tanto, es importante reconocerlas como referencia del funcionamiento del motor.

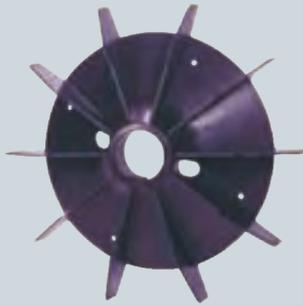




Jaula de aluminio de alta pureza



Devanado



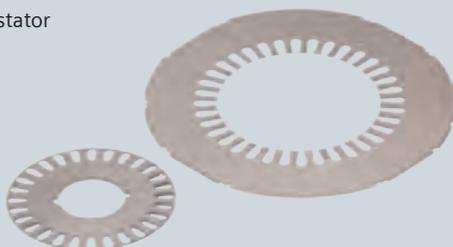
Ventilador



Estator



Rodamiento



Láminas para el motor jaula de ardilla

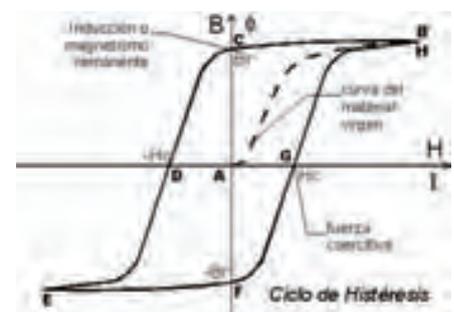
Las pérdidas en los motores de inducción

En la transformación electromagnética de la energía que tiene lugar en una máquina eléctrica, una fracción de la potencia transformada se convierte en calor y prácticamente no se utiliza, constituyendo el conjunto de las llamadas pérdidas de la máquina.

Desde el punto de vista físico, una máquina tiene un circuito eléctrico, constituido por los devanados del inductor (estator) e inducido (rotor), donde se producen unas pérdidas por calentamiento, efecto Joule. Estas también se conocen como pérdidas I^2R o en el cobre, por ser el material que se utiliza comúnmente en la fabricación de los bobinados (aunque en el rotor de los motores jaula de ardilla, los conductores son comúnmente de aluminio). Estas pérdidas dependen básicamente de la corriente que circula por los conductores y la resistencia de estos. Se debe tener en cuenta que la resistencia de los materiales varía con la temperatura, por lo que las pérdidas en los devanados serán diferentes si se miden a una determinada temperatura ambiente y altura sobre el nivel del mar, ya que esto influye en la temperatura final o de estabilización térmica del motor.

Por otra parte, los arrollamientos (bobinas) se alojan en una estructura magnética hecha con chapas de material ferro-magnético que, debido a los campos electromagnéticos variables indispensables para el funcionamiento del motor, ofrecen unas pérdidas denominadas pérdidas por magnetización del motor; estas también son conocidas como pérdidas en el núcleo o hierro del motor.

Ahora, como el motor es una máquina electro-mecánica, aparecen unas pérdidas mecánicas debidas al rozamiento o



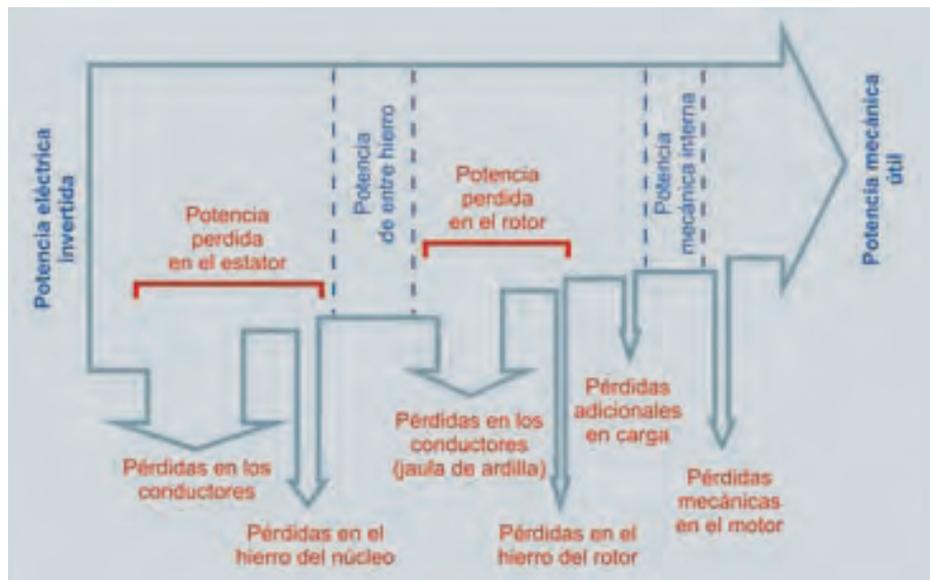
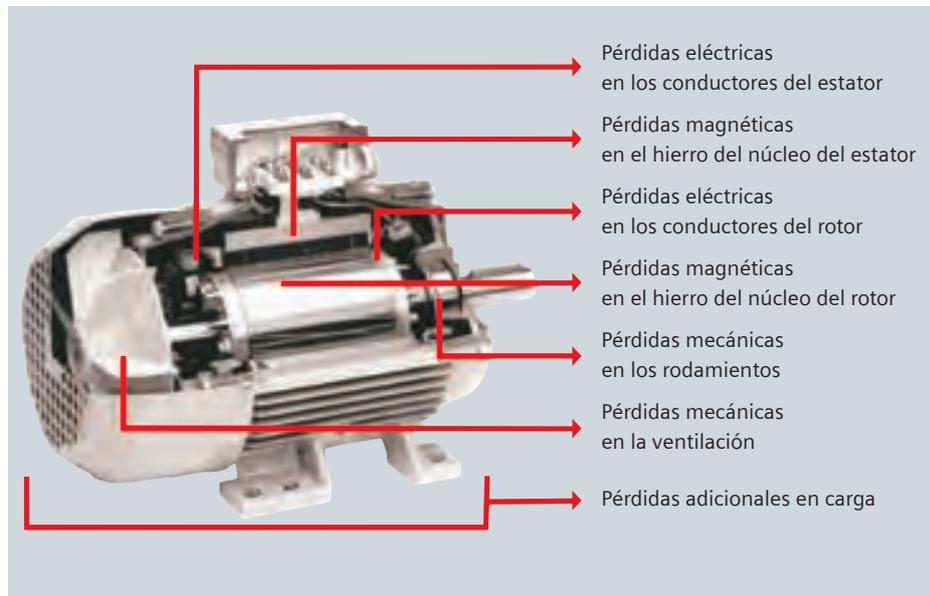
fricción de las diversas partes del sistema además por la refrigeración de este. Las pérdidas en los rodamientos dependen de la velocidad del eje, tipo de rodamiento, propiedades del lubricante y la carga sobre los cojinetes. En el caso del ventilador, las pérdidas dependen de su diseño (ej. número de aspas) y la velocidad del eje.

Las pérdidas mencionadas, son conocidas como pérdidas convencionales, debido a que son evidentes y fáciles de determinar. Sin embargo, si se considera el balance energético en el motor, siempre ha quedado un faltante que no es fácil de atribuir a unas pérdidas comunes. A ese grupo de pérdidas se les ha denominado pérdidas adicionales, las cuales pertenecen al grupo de pérdidas electromagnéticas que no están incluidas en las pérdidas por resistencia eléctrica de los conductores y las magnéticas por magnetización (histéresis) y corrientes de fuga (corrientes de Foucault, parásitas) en el hierro de los núcleos del motor. Estas pérdidas son bastante difíciles de calcular y medir por lo que siempre ha sido tema de discusión e investigación para la eficiencia en motores.

Balance de energía en el motor

El balance de energía que se produce en el funcionamiento del motor, inicia básicamente con la potencia eléctrica invertida que la máquina absorbe del sistema de alimentación (ej. red eléctrica). Esta potencia llega al estator y una parte se transforma en calor por efecto Joule en sus devanados y la otra se pierde en el hierro del núcleo. La suma de ambas pérdidas, representa la disipación total en el estator. Debido a que las frecuencias de la corriente en el rotor son bajas ya que los deslizamientos en la máquina suelen ser pequeños, se considera que prácticamente el único origen de las pérdidas ferro-magnéticas está en el hierro del estator. En el estator, se presentan unas pérdidas adicionales a diferentes frecuencias que aportan al porcentaje de pérdidas en el estator.

En ese orden, la potencia electromagnética que llegará al rotor a través del entrehierro será igual a la potencia de entrada menos la potencia perdida en el estator. En el rotor aparecen pérdidas debido al efecto Joule. Como se mencionó, en un estudio no muy estricto las pérdidas en el



rotor pueden ser despreciables debido al bajo valor de la frecuencia en el rotor. En rotor de igual forma se presentan pérdidas electromagnéticas adicionales, por lo que la potencia que llegará al eje del rotor, denominada potencia mecánica interna, será igual a la potencia en el entrehierro menos la potencia perdida en el rotor.

La potencia útil en el eje será algo menor, debido a las pérdidas mecánicas por rozamiento y ventilación, siendo finalmente la potencia útil igual a la potencia mecánica interna menos la potencia perdida mecánicamente.

Finalmente, vale la pena mencionar que todas las pérdidas son transformadas en calor y ruido. Este calor se transmite en parte al ambiente por radiación y convección y es absorbido en parte por la estructura de la máquina, elevando su temperatura, elevación que está relacionado con su calor específico. Cuando esta temperatura alcanza un determinado valor para el cual la cantidad de calor producido, correspondiente a las pérdidas, se iguala con la cantidad de calor cedido al ambiente, la temperatura permanece constante.



En 1992, en los Estados Unidos una ley fue puesta en marcha para definir la eficiencia mínima en motores trifásicos de baja tensión, el EPACT (*US Energy Policy Act*). En esta se estableció que todos los motores de propósito general que se vendieran en el país a partir del 24 de Octubre de 1997, deberían cumplir con la eficiencia mínima establecida por la norma NEMA MG1. Por tanto, la eficiencia debería entonces ser verificada usando el estándar IEEE 112.

Esta ley aplicaba a motores de propósito general, de una velocidad, montados sobre patas, de servicio S1 (continuo) y de inducción Jaula de Ardilla de 1 a 200Hp (de 0,75 a 150kW) en 2, 4 y 6 polos. Se excluían los motores de diseño NEMA con letra C y superiores, de forma constructiva con flanche y Reconstruidos o reparados.

Reglamentaciones sobre eficiencia

A nivel mundial existe una variedad de normas que se han encargado de establecer lineamientos respecto los temas de clasificación y ensayos para la determinación de eficiencia en motores. De estas, se destacan las normas Internacionales, IEC (*International Electrotechnical Commission*), y para Norte América, NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*), debido a su amplia utilización y acogida en varios países como Colombia, donde aceptan estos estándares como procedimientos para el manejo de temas relacionados con eficiencia en motores de inducción. Por esta razón, se debe tener en cuenta bajo qué estándar los motores están siendo caracterizados respecto a su eficiencia.

Desarrollo del tema de eficiencia en los Estados Unidos

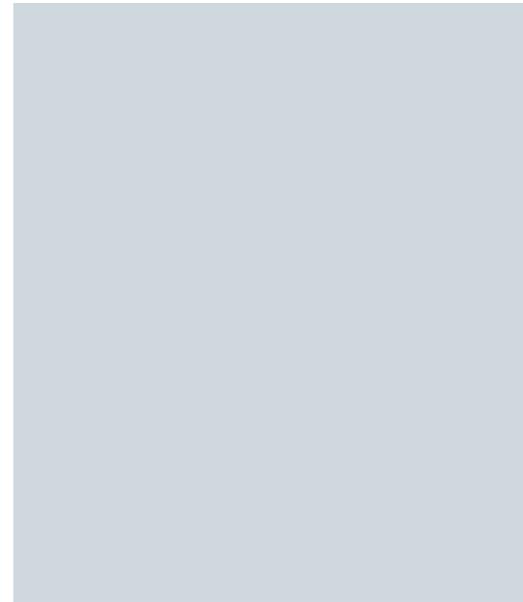
El primero en tratar el tema de eficiencia en los motores fue Estados Unidos con su norma NEMA *Standards Publication MG 1 Motors and Generators*, cuya última versión es la del 2009. Esta establece una guía que considera aspectos eléctricos, de operación y dimensionales de los motores y generadores, dando información sobre el rendimiento, la seguridad en los ensayos, y la fabricación de motores de corriente alterna, continua y generadores.

En este estándar, el tema de eficiencia es tratado en la sección II "*Small (Fractional) and Medium (Integral) Machines*", parte 12 "*Part 12-Tests and Performance-AC Motors*". Las pruebas para la obtención del valor de eficiencia y la clasificación de los motores polifásicos de inducción de acuerdo a esta, se encuentran en los numerales "*12.58 Efficiency*", "*12.59 Efficiency Levels of Energy Efficient Polyphase Squirrel-Cage Induction Motors*" y "*12.60 Efficiency Level of NEMA Premiumtm Efficiency Electric Motors*". Adicional, en esta sección se encuentra la estandarización de los valores nominales de tensión, frecuencia, potencia, factor de servicio y aumento de temperatura entre otros en las máquinas de inducción.

La norma NEMA, se apoya para la ejecución de ensayos y determinación de eficiencia en los estándares IEEE Std 112TM para motores trifásicos y IEEE Std 114TM para monofásicos. También se permite usar la *Canadian Normads Association Normad C390* como alternativa para la determinación de la eficiencia.

En el estándar IEEE 112 y 114, se establece una guía técnica-práctica para la ejecución de los ensayos de funcionamiento usados para obtener el valor de eficiencia en motores y generadores de inducción polifásicos, además una guía para la presentación de informes para determinar estas características.





Desarrollo del tema de eficiencia en Europa

En Europa, el tema de la clasificación de los motores de acuerdo a su eficiencia, inició en el año 2000 mediante un acuerdo voluntario firmado por las empresas Europeas, llamado CEMEP (*European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics*), con el objetivo de reducir en al menos al 50% a finales del 2003 la venta de motores con baja eficiencia.

Este acuerdo cubrió motores de inducción Jaula de Ardilla de 2 y 4 polos totalmente cerrados (IP 54 e IP 55) desde 1,1 a 90kW. Con el acuerdo, se clasificaron los motores según su eficiencia en tres niveles con el fin de indicar en los catálogos la eficiencia a carga nominal y al 75% de la misma. Adicional a ello, se debía marcar en la placa característica del motor la clase de eficiencia.

En Europa, se cuenta con el compendio de estándares IEC 60034 "Rotating electrical machines" que está conformado por treinta y una partes, o normas diferentes, que abarcan de cierta manera los tópicos expuestos en la norma NEMA mencionada anteriormente, excepto la parte dimensional.

Es así que el procedimiento para la determinación de la eficiencia en el acuerdo CEMEP, es basado en la norma IEC 60034-2-1

En 2008, surge la norma IEC 60034-30, donde se especifica la clasificación de acuerdo a la eficiencia en motores de inducción jaula de ardilla de una sola velocidad, polifásicos, de 50 Hz y 60 Hz con una tensión nominal de funcionamiento menor o igual a 1.000V, con una potencia nominal de salida entre 0,75KW y 375 KW (de 1Hp hasta 500Hp) y de 2, 4 y 6 polos.



Clasificación de los motores de acuerdo a su eficiencia

La norma NEMA MG1, establece tres niveles de clasificación de motores según su eficiencia:

Designación NEMA MG-1 / EPACT

Premium Efficient
Energy Efficient
Standard Efficient

Con el acuerdo CEMEP, se establecieron tres niveles de clasificación que fueron:

Designación CEMEP

EFF1 High Efficiency
EFF2 Improved Efficiency
EFF3 Conventional Efficiency

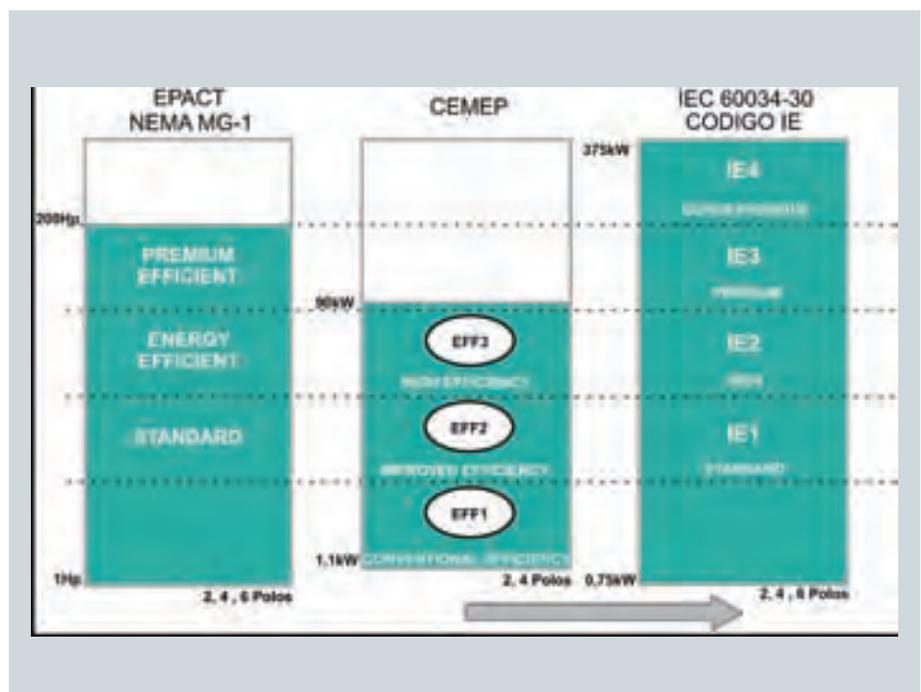
Finalmente, mediante la IEC 60034-30 del 2008, se estableció la clasificación de los motores de acuerdo a su eficiencia mediante el código IE. Así, la designación de la clasificación se hace utilizando las letras "IE" (*International Energy-efficiency Class*), seguidas por el número que representa su categorización de acuerdo a:

Nota tomada de la norma: El nivel IE4 está actualmente bajo consideración y por tanto no tiene valores límite asignados. Se tiene la expectativa que para definir estos valores se reduzcan en un 15% las pérdidas respecto a IE3, pero seguramente se requieren nuevos desarrollos tecnológicos para lograrlo.

Designación "Código IE" - IEC 60034-30

IE4 Super - Premium
IE3 Premium
IE2 High
IE1 Standard

Con el estándar IEC 60034-30, se copiaron los valores de eficiencia que se tenían en la norma NEMA MG1. Así, dependiendo de la potencia y cantidad de polos del motor, se plantearon unos niveles de eficiencia mínimos.



Clasificación por código IE

La clasificación de eficiencia se hace con el valor hallado a la potencia, tensión y frecuencia nominal. Para que un motor sea clasificado, su eficiencia nominal (a la potencia nominal), debe ser igual o exceder los valores mínimos establecidos por la norma. Por tanto, la eficiencia declarada por el fabricante en la placa de características (que es la eficiencia nominal) debe ser mayor o igual a la eficiencia mínima establecida por la norma para su clasificación.

Para la determinación de los límites de clasificación en máquinas que funcionen a potencias nominales con valores que no se encuentren de forma exacta dentro de las tablas de la norma, se debe realizar un proceso de interpolación, el cual varía dependiendo de la frecuencia de la máquina. De esta forma en motores diseñados para operar con una frecuencia nominal de 60 Hz, el límite de eficiencia adoptado en casos en donde la potencia nominal sea igual o superior al punto medio de alguno de los rangos establecidos en la norma, será el superior. En caso contrario se tendrá en cuenta el menor.

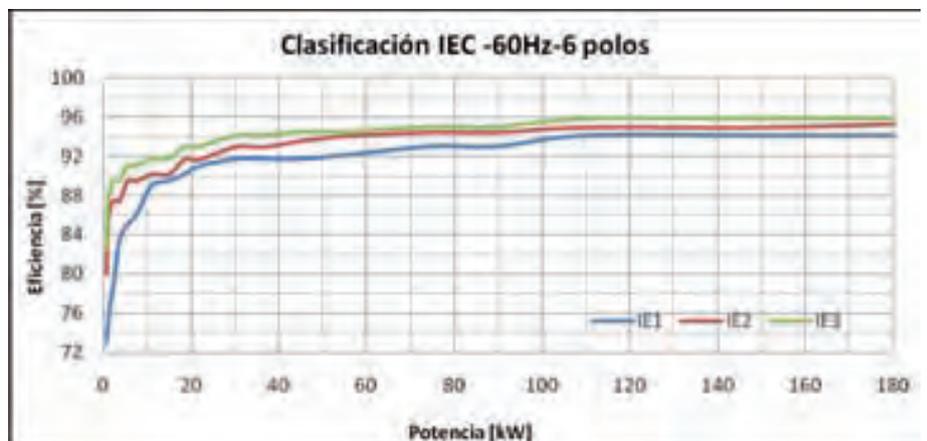
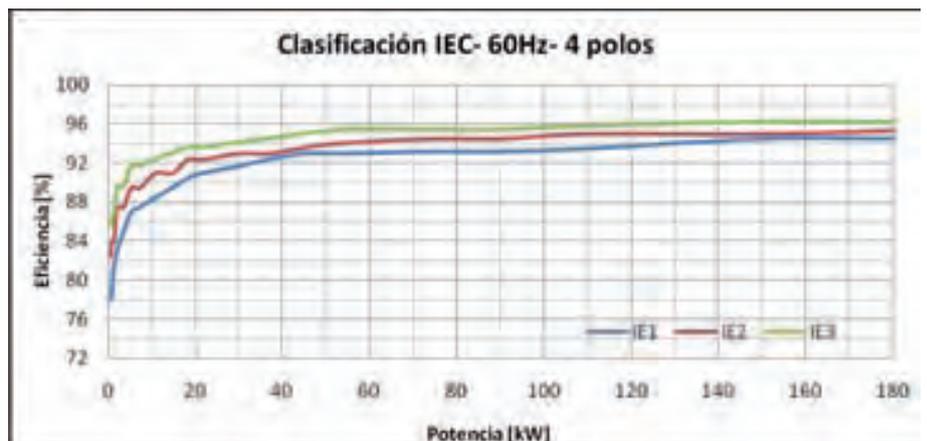
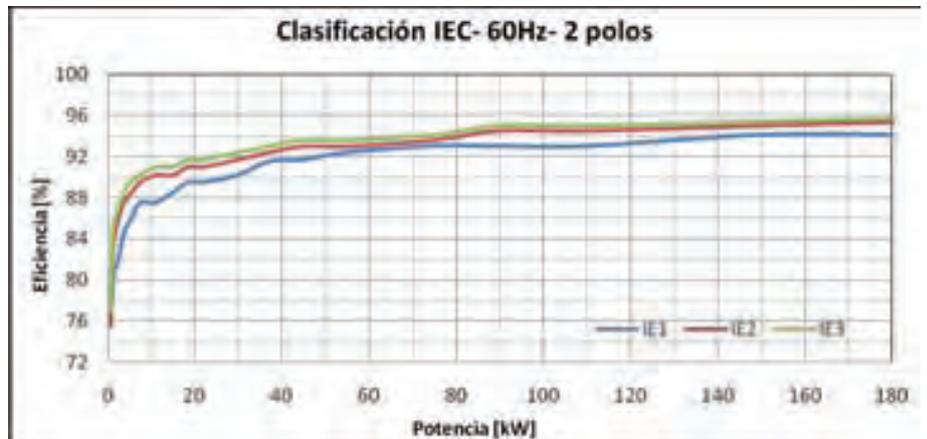
Tolerancia en el valor de eficiencia

La eficiencia hallada individualmente a la potencia nominal en cualquier motor, cuando es ensayado a tensión y frecuencia nominal, no debe ser menor a la eficiencia nominal indicada en placa, menos la tolerancia en eficiencia indicada en la IEC 60034-1, que es de:

- Motores menores o iguales a 150kW (ó kVA).
-15% de $(1 - \eta)$
- Motores mayores a 150kW (ó kVA)
-15% de $(1 - \eta)$

Niveles de eficiencia de acuerdo a la IEC 60034-30

La eficiencia para los motores a 60Hz, es igual a partir de 185kW hasta los 375kW que aplica el estándar. A continuación, se presentan los datos normalizados por número de polos y potencia.



Ensayos para la determinación de la eficiencia en los motores

Como ya se ha mencionado a lo largo del capítulo, para la determinación de la eficiencia se debe conocer mínimo dos de las tres variables: Potencia de entrada, potencia de salida y/o potencia perdida. La eficiencia debe ser determinada a tensión y frecuencia nominal y debe cumplir ciertos lineamientos que permitan obtener resultados verídicos.

Así, se cuenta con los estándares IEEE 112 e IEC 60034-2-1 para la ejecución de ensayos encaminados a la determinación de eficiencia en motores trifásicos. En general, estos estándares presentan diferentes métodos de ensayo, que se encuentran clasificados a partir de la forma como se determinan las pérdidas adicionales en carga.

La IEEE 112, establece diferentes métodos, dentro de los que se destacan:

Método	Descripción
A	Entrada – Salida
B	Entrada – Salida con segregación de pérdidas y medición indirecta de las pérdidas adicionales
C	Método de las máquinas duplicadas con segregación de pérdidas y medición indirecta de pérdidas adicionales
E	Medición de potencia eléctrica bajo carga con segregación de pérdidas y medición directa de las pérdidas adicionales
F	Circuito equivalente con medición directa de las pérdidas adicionales

El método más aceptado para la determinación de eficiencia mediante el estándar IEEE 112, es el B. En este método, todos los datos son tomados con la máquina funcionando como motor o generador, dependiendo bajo qué región de funcionamiento se desea determinar el valor de eficiencia. Las pérdidas totales aparentes (la potencia de entrada menos la potencia de salida) son segregadas entre sus componentes, quedando las pérdidas adicionales en carga definidas como la diferencia entre las pérdidas totales aparentes y la suma de las pérdidas convencionales de la máquina (Pérdidas por efecto Joule en el estator y el rotor, pérdidas en el núcleo y pérdidas por fricción y ventilación). El valor de pérdidas adicionales en carga así determinadas para cada punto de carga, es graficada en función del Par al cuadrado, y mediante la aplicación de una regresión lineal se reduce el efecto de aleatoriedad en los errores de medición. Las pérdidas adicionales en carga alisadas, así obtenidas, son usadas para calcular el valor final de las pérdidas totales y de la eficiencia.

Este mismo método es establecido por la norma IEC 60034-2-1, aunque se conoce como el método de las pérdidas residuales y mantiene algunas diferencias en la cantidad de datos necesarios para el cálculo (ej. Medición de resistencia con el terminado de los ensayos con y sin carga) y en el procesamiento de la información recogida.

Los ensayos necesarios para determinar de forma segregada las pérdidas del motor, hacer las correcciones pertinentes, calcular las pérdidas adicionales y hallar la eficiencia del motor son:

- **Medición resistencia a temperatura ambiente:** Con este ensayo, se busca tener un valor de resistencia de referencia para hacer futuras correcciones. Por esto, esta medición se hace con el motor estable a una temperatura conocida (la ambiente), por lo que es importante asegurarse que la máquina no haya sido alterada térmicamente por alguna fuente externa de calor o accionada sin ser anunciado antes de hacer esta medición.



- **Ensayo de temperatura nominal (calentamiento a carga nominal):** Para este ensayo, el motor es energizado a condiciones de tensión, frecuencia y carga nominal, de tal forma que alcance su equilibrio térmico. Esto se hace con el fin de determinar las variables del motor a condiciones de funcionamiento a la temperatura nominal, además de medir la resistencia a esta temperatura luego de apagar el motor; la medición debe hacerse muy rápidamente para evitar variaciones considerables en el valor medido.
- **Ensayo con carga (150% - 25% carga nominal):** Con el ensayo con carga, se determinan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del motor en distintos puntos de carga a tensión y frecuencia nominal. Con estos y, luego por el balance de energía junto con las pérdidas halladas mediante el ensayo sin carga, se hayan las pérdidas adicionales en carga y se hacen las correcciones para finalmente determinar la eficiencia en el motor
- **Ensayo sin carga (125% de la tensión nominal hasta que una disminución de tensión adicional incremente la corriente):** El ensayo sin carga consiste en energizar el motor sin ningún tipo de carga mecánica acoplada a su eje. En este sentido, como la corriente y el deslizamiento son pequeños, se pueden determinar las pérdidas en el hierro del estator y las pérdidas mecánicas por fricción y ventilación. Esto se hace mediante la toma de diferentes puntos de tensión y posterior análisis de la curva tensión potencia que se grafica.

En todos los casos, las exigencias en la señal de tensión de la fuente de alimentación, el equipo necesario para la simulación de carga mecánica (frenos dinamómetros) y la instrumentación requerida para hacer mediciones de tipo mecánico, térmico y eléctrico, es de los puntos más importantes en la ejecución de estos ensayos.



Característica	Requerimiento
Sistema de alimentación	
Coefficiente de distorsión armónica THD	$\leq 0,05$
Desbalance de tensión	$\leq 0,5\%$
Variación de frecuencia sin carga	$\leq \pm 0,1\%$
Variación de frecuencia durante los ensayos	$\leq \pm 0,3\%$
Sistema de medición	
Precisión de los instrumentos	$\leq \pm 0,2\%$ FS
Precisión de los transformadores (PT, TC)	$\leq \pm 0,3\%$ FS
Precisión conjunto instrumento y trafo.	$\leq \pm 0,2\%$ FS
Precisión en la medición de velocidad	≤ 1 rpm
Precisión en la medición de temperatura	≤ 1 ° C

Para el cálculo de la eficiencia, se deben considerar correcciones por temperatura a una temperatura ambiente de referencia de 25° C y por altura entre otras, si los ensayos son hechos en laboratorio ubicados por encima de los 1.000 msnm. Esto con el fin de hacer los resultados en eficiencia comparables independientemente de las condiciones geográficas y ambientales del lugar en que se efectúen los ensayos.



MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES



5. Portafolio



Motores trifásicos estándar de la serie 1LA7 y 1LA5. IP55

Generalidades

Nuestro amplio conocimiento técnico, que tiene en el mundo más de 150 años de experiencia consolidada, dan como resultado un motor preparado para el futuro: diseño universal y ventajas técnicas. Nuestros motores cumplen con las exigentes demandas técnicas del mercado, demostrando, una vez más, nuestro liderazgo a nivel mundial.

Gracias a su carcasa en Aluminio se asegura una excelente conductividad térmica y un bajo peso. Su diseño permite que operen a dos tensiones y que su arranque se realice ya sea directamente, en estrella triángulo (A partir del tamaño AH 132), con arrancador suave o con variador de velocidad lo cual posibilita su aplicación en la totalidad de condiciones disponibles. Con el fin de darle aún más tranquilidad a su usuario, toda la familia cuenta con 1 año de garantía y el respaldo de nuestra red de distribuidores y talleres autorizados.

Características Eléctricas

- Eficiencia superior IE1 hasta tamaño constructivo 225 e IE2 a partir del tamaño constructivo 250 (Norma IEC 60034-2-1 y Norma IEC 60034-30).
- Tensiones conmutables 220 / 440 V a 60 Hz.
- Posibilidad de arranque directo en tamaños constructivos 71, 80, 90 y 112. Adicionalmente arranque Y - Δ a partir del tamaño 132.
- Clase térmica F.
- Tipo de servicio: S1.
- Factor de servicio (FS): entre 1.05 a 1.15.
- Temperatura de operación: -15/40°C.
- Aptos para ser accionados con variador de velocidad.

Características Mecánicas

- Carcasa en Aluminio que asegura su bajo peso y excelente conductividad térmica.
- Rodamientos tipo rígidos de bola, de doble sello y con juego interno C3. Totalmente cerrados y libres de mantenimiento. Con una vida útil de hasta 20.000 hora de servicio continuo.
- Ejecución IMB3 / IMB35 / IMB5.
- Con retenedor CD Ring en el platillo AS.
- Protección Mecánica IP55.
- Para la serie 1LA7 platillos en aluminio y 1LA5 con platillos en fundición.
- Pintura RAL 7032.

Accesorios bajo pedido

- Termistores.
- Bandas Calefactoras.
- Tensión de Alimentación fuera del estándar.

Beneficios adicionales:

- Garantía extendida por la compra de un combo "Motor + Variador", 3 años de garantía sin costo adicional.
- Red de talleres a lo largo del país.
- Soporte técnico directo a través de HotLine Técnica 01 8000 51 88 84.
- Cumple RETIE e ISO 9000 versión 2000 en Colombia.
- Cursos de entrenamiento especializados SITRAIN.
- Contratos de mantenimiento de su base instalada de motores.



ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES TRIFÁSICOS ESTÁNDAR 1LA7 Y 1LA5 60Hz

Tipo	Frame IEC	Potencia		Factor de Servicio		Corriente Nominal [A]		Eficiencia η	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto IMB3	Rodamientos
		HP	Kw	440V	220V	(%)	Cos ϕ								
MOTORES DE 2 POLOS															
1LA7 070-2YA60	71	0.8	0.6	1.15	2.4	1.2	77.4	0.79	3430	1.56	2.7	6	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2ZC3	
1LA7 073-2YA60	71	1	0.7	1.15	3.5	1.75	62.8	0.89	3320	2.15	2.5	4.7	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2ZC3	
1LA7 080-2YA60	80	2	1.1	1.15	5.3	2.65	69.2	0.80	3370	3.17	1.8	3.7	8.4	6004 2Z C3 / 6004 2ZC3	
1LA7 083-2YA60	80	2	1.5	1.15	6.2	3.1	73.4	0.86	3410	4.18	3.3	6.3	10	6004 2Z C3 / 6004 2ZC3	
1LA7 090-2YB60	90 L	2.4	1.8	1.15	3.5	7	81.0	0.82	3460	4.9	2.4	5.5	11.7	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 093-2YB60	90 L	3	2.2	1.1	4.5	9	82.3	0.79	3450	6.2	2.7	5.7	14.6	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-2YB60	90 L	4	3.0	1.15	5.5	11	84.5	0.84	3460	8.2	2.4	5.9	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 113-2YB60	112 M	5	3.7	1.15	7	14	85.2	0.82	3508	10.2	2.7	7.8	26.6	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 113-2YC60	112 M	6	4.5	1.25	8.5	17	84.6	0.81	3492	12.3	2.6	7.5	26.6	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-2YB60	112 M	7.5	5.6	1.15	9.5	19	86.0	0.89	3480	15.3	2.0	5.8	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 132-2YB70	132 S/M	10	7.5	1.15	13.3	26.6	88.1	0.83	3525	20.5	2.7	6.8	52, 8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 132-2YC70	132 S/M	12	9.0	1.05	15.2	30.4	87.5	0.88	3500	24.6	2.7	6.8	53, 3	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 133-2YB70	132 S/M	15	11.2	1.15	19	38	88.1	0.87	3515	30.5	2.0	6.5	56.5	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 165-2YB70	160 M/L	20	14.9	1.15	26	52	88.5	0.85	3530	42.0	2.0	4.8	83.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 165-2YC70	160 M/L	25	18.7	1.15	31.8	63.6	89.5	0.86	3510	50.8	2.1	5	84.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 167-2YB70	160 M/L	30	22.4	1.15	38.6	77.2	89.6	0.84	3530	61.0	2.1	4.6	95.2	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA5 183-2YB80	180 M	35	26.1	1.15	43.5	87	91.9	0.85	3545	70.5	2.1	6.6	135	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 184-2YB80	180 M	40	29.8	1.05	52	104	91.5	0.82	3550	80.5	2.3	6.4	135	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 206-2YB80	200 L	50	37.3	1.15	67	134	92.5	0.78	3554	101.0	2.4	6.6	189	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 207-2YB80	200 L	60	44.8	1.15	76.6	153.2	92.4	0.82	3564	120.0	2.4	6.6	207	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 223-2YB80	225 S/M	75	56.0	1.15	91.5	183	93.1	0.86	3550	151.0	1.9	6.8	229	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3	
MOTORES DE 4 POLOS															
1LA7 070-4YC60	71	0.4	0.3	1.05	1.6	0.8	63.3	0.77	1640	1.7	1.8	2.8	4.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 070-4YA60	71	0.5	0.4	1.15	1.9	0.95	63.6	0.81	1590	2.24	1.3	2.7	4.7	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 071-4YA60	71	0.6	0.4	1.15	2.2	1.1	70.2	0.76	1680	2.54	1.8	3.4	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 073-4YA60	71	0.8	0.6	1.15	2.9	1.45	64.0	0.79	1650	3.24	1.9	3.7	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3	
1LA7 080-4YA60	80	1.0	0.7	1.15	3.5	1.75	64.2	0.87	1660	4.3	1.9	3.7	8.1	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 081-4YA60	80	1.2	0.9	1.05	4.0	2.0	69.0	0.85	1675	5.1	2.2	3.7	9.3	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 083-4YA60	80	1.5	1.1	1.15	5.0	2.5	65.9	0.89	1650	6.4	1.8	3.0	9.3	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 096-4YB60	90 L	2	1.5	1.15	3.3	6.6	82.3	0.8	1720	8.4	2.2	4.4	15.2	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 096-4YC60	90 L	2.4	1.8	1.15	3.7	7.4	81.5	0.78	1703	10.2	2.7	5.2	15.3	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-4YB60	90 L	3.0	2.2	1.15	4.3	8.6	83.0	0.82	1730	12.3	1.8	3.6	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 112-4YB60	112 M	4	3.0	1.15	6.1	12.2	85.5	0.74	1745	16.4	2.8	7.6	25.4	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 112-4YC60	112 M	5	3.7	1.15	7.9	15.8	85.3	0.73	1740	20.5	2.3	6.5	25.4	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 114-4YB60	112 M	6	4.5	1.05	9	18	85.7	0.76	1740	24.6	2.8	8.7	28.3	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-4YB60	112 M	7.5	5.6	1.15	10	20	87.5	0.83	1740	30.7	2.2	5.6	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 132-4YB70	132 S/M	10	7.5	1.15	12.2	24.4	88.3	0.83	1755	40.5	2.3	6	51.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 132-4YC70	132 S/M	12	9.0	1.15	17	34	88.1	0.78	1745	49.5	2.5	6.6	51.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 135-4YB70	132 S/M	15	11.2	1.15	21.5	43	89.8	0.76	1755	61.5	1.8	5	61.5	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3	
1LA7 164-4YB70	160 M/L	20	14.9	1.15	27.8	55.6	90.9	0.77	1758	81.2	1.8	6.3	79	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA7 167-4YB70	160 M/L	25	18.7	1.15	33	66	91.8	0.81	1755	102.0	1.8	5.4	89	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3	
1LA5 183-4YB80	180 M	30	22.4	1.05	39	78	91.80	0.82	1767	121.0	2.0	4.9	130	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 186-4YB80	180 M	36	26.9	1.05	46.5	93	92.1	0.82	1758	147.0	2.0	6.8	140	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 187-4YB80	180 M	40	29.8	1.05	52	104	92.5	0.80	1762	162.0	2.0	5.6	140	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3	
1LA5 207-4YB80	200 L	50	37.3	1.15	63	126	92.5	0.84	1770	182.0	3.0	6.6	191	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 220-4YB80	225 S/M	60	44.8	1.15	72	144	93.0	0.87	1768	242.0	2.3	6.6	226	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3	
1LA5 223-4YB80	225 S/M	75	56.0	1.15	100	200	94.1	0.78	1770	302.0	2.1	5.1	242	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3	
MOTORES DE 6 POLOS															
1LA7 070-6YA60	71	0.33	0.2	1.15	1.5	0.75	68.0	0.63	1075	2.7	2.3	4.9	5.7	6202 2Z-C3 / 6202 2Z-C3	
1LA7 072-6YA60	71	0.40	0.3	1.15	1.6	0.8	64.3	0.76	1055	2.7	2.3	4.9	5.7	6202 2Z-C3 / 6202 2Z-C3	
1LA7 073-6YA60	71	0.50	0.4	1.15	2.2	1.1	56.3	0.79	1020	3.5	2.3	4.9	5.7	6202 2Z-C3 / 6202 2Z-C3	
1LA7 080-6YC60	80	0.60	0.4	1.05	2.4	1.2	60.0	0.82	1080	3.1	2.3	2.7	8.5	6004 2Z-C3 / 6004 2Z-C3	
1LA7 080-6YA60	80	0.75	0.6	1.15	3.3	1.65	64.4	0.69	1075	5.0	1.8	3.0	8.5	6004 2Z-C3 / 6004 2Z-C3	
1LA7 082-6YA60	80	0.90	0.7	1.05	3.6	1.8	55.6	0.88	1080	5.93	1.9	3.1	10.5	6004 2Z-C3 / 6004 2Z-C3	
1LA7 083-6YA60	80	1.0	0.7	1.15	4.2	2.1	67.5	0.69	1090	6.5	2.6	4.0	10.1	6005 2Z-C3 / 6004 2Z-C3	
1LA7 096-6YB60	90 L	1.5	1.1	1.15	3.2	6.4	75.7	0.6	1118	9.6	2.4	3.5	14.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 097-6YB60	90L	2.0	1.5	1.15	3.6	7.2	78.5	0.69	1150	12.4	2.8	6	16.4	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3	
1LA7 112-6YB60	112 M	3.0	2.2	1.15	5.6	11.2	79.1	0.66	1150	18.8	1.9	4	23.5	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	
1LA7 115-6YB60	112 M	4.0	3.0	1.15	6.4	12.8	83.5	0.73	1150	24.8	1.9	4.5	30	6206 2Z C3 / 6205 2Z C3	

Tipo	Frame IEC	Potencia	Factor de Servicio	Corriente Nominal [A]	Eficiencia η	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto IMB3	Rodamientos		
1LA7 132-6YB70	132 S/M	5.0	3.7	1.15	7.2	14.4	83.5	0.81	1150	32.0	1.8	4.6	51.8	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3
1LA7 133-6YB70	132 S/M	7.5	5.6	1.15	12	24	85.2	0.71	1150	47.0	1.8	5.1	52.6	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3
1LA7 136-6YB70	132 S/M	10.0	7.5	1.15	15.1	30.2	86.0	0.75	1150	61.9	1.9	5.2	65.9	6208 2Z C3 / 6208 2Z C3
1LA7 163-6YB70	160 M/L	12.0	9.0	1.15	17.6	35.2	87.2	0.76	1150	75.0	2.0	5.6	87	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3
1LA7 164-6YB70	160 M/L	15	11.2	1.15	24.8	49.6	89.0	0.66	1160	92.5	2.1	4.7	88.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3
1LA7 168-6YB70	160 M/L	20	14.9	1.15	31	62	89.5	0.70	1170	121.8	1.8	5	100.5	6209 2Z C3 / 6209 2Z C3
1LA5 186-6YB80	180 M	25	18.7	1.15	34	68	90.9	0.79	1176	152.0	2.6	5.6	137	6210 2Z C3 / 6210 2Z C3
1LA5 206-6YB80	200 L	30	22.4	1.05	40.1	80.2	91.7	0.79	1179	182.0	2.2	5.6	158	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3
1LA5 207-6YB80	200 L	36	26.9	1.15	48.8	97.6	92.80	0.77	1179	220.0	2.4	6.1	182	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3
1LA5 208-6YB80	200 L	40	29.8	1.15	54	108	92.2	0.78	1180	242.0	2.3	6.0	182	6212 2Z C3 / 6212 2Z C3
1LA5 223-6YB80	225 S/M	50	37.3	1.15	67	134	92.1	0.79	1178	303.0	2.1	5.7	245	6213 2Z C3 / 6212 2Z C3

Tipo	Frame IEC	Potencia	Factor de Servicio	Conexión	Corriente Nominal [A]	Eficiencia η	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto	Rodamientos			
		HP	kW		220V	440V	(%)	Cos ϕ	(rpm)	[Nm]	(Ta/Tn)	(Ia/In)	[Kg]	AS	BS	
8 POLOS, EJECUCIÓN IMB3																
1LA7 083-8YA60	80	0,5	0,37	1.15	YY/Y	2.6	1.3	45.0	0.83	820	4.34	1.6	2.4	10.5	6004 2Z-C3	6004 2Z-C3
1LA7 090-8YB60	90L	0,8	0,56	1.15	YY/Y	4.0	2.0	56.5	0.65	800	6.68	2.1	3.2	14.9	6205 2Z-C3	6004 2Z-C3
1LA7 096-8YB60	90L	1,0	0,75	1.15	YY/Y	5.0	2.5	60.2	0.65	800	8.90	2.1	3.2	14.9	6205 2Z-C3	6004 2Z-C3
1LA7 111-8YB60	112M	1,5	1,12	1.15	YY/Y	7.4	3.7	66.1	0.60	850	12.5	1.8	3.5	27.1	6206 2Z-C3	6205 2Z-C3
1LA7 112-8YB60	112M	2,0	1,49	1.15	YY/Y	9.4	4.7	66.4	0.62	840	16.9	1.3	2.8	28.7	6206 2Z-C3	6205 2Z-C3
1LA7 130-8YB70	132 S/M	3,0	2,24	1.0	$\Delta\Delta/\Delta$	15.0	7.5	62.1	0.63	845	25.3	1.5	2.7	57.0	6208 2Z-C3	6208 2Z-C3
1LA7 133-8YB70	132 S/M	4,0	2,98	1.0	$\Delta\Delta/\Delta$	17.0	8.5	73.1	0.63	827	33.8	1.7	2.8	45.0	6208 2Z-C3	6208 2Z-C3
1LA7 161-8YB70	160 M/L	5,0	3,73	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	18.4	9.2	78.2	0.68	860	42.0	1.4	3.5	78	6209 2Z-C3	6209 2Z-C3
1LA7 163-8YB70	160 M/L	6,6	4,92	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	27.0	13.5	71.5	0.67	870	54.0	1.4	3.5	79	6209 2Z-C3	6209 2Z-C3
1LA7 164-8YC70	160 M/L	7,5	5,60	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	26.0	13.0	83.0	0.68	860	62.1	1.6	3.9	85	6209 2Z-C3	6209 2Z-C3
1LA7 164-8YB70	160 M/L	9,0	6,71	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	33.0	16.5	80.9	0.66	870	74.0	1.6	3.2	95.2	6209 2Z-C3	6209 2Z-C3
1LA7 165-8YB70	160 M/L	10,0	7,46	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	36.0	18.0	78.8	0.69	860	85.0	1.6	3.3	95.2	6209 2Z-C3	6209 2Z-C3
1LA5 185-8YB80	180 L	15,0	11,19	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	46.0	23.0	84.0	0.76	876	122.0	2.0	1.9	190	6210 2Z-C3	6210 2Z-C3
1LA5 186-8YA80	180 L	20,0	14,92	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	66.0	33.0	83.5	0.71	872	163.0	2.0	4.5	190	6210 2Z-C3	6210 2Z-C3
1LA5 206-8YA80	200 L	25,0	18,65	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	74.0	37.0	87.0	0.76	873	204.0	2.6	5.3	210.5	6212 2Z-C3	6212 2Z-C3
1LA5 207-8YA80	200 L	30,0	22,38	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	87.0	43.5	93.0	0.72	873	244.0	2.6	5.6	210.5	6212 2Z-C3	6212 2Z-C3
1LA5 223-8YA80	225 M	36,0	26,86	1.15	$\Delta\Delta/\Delta$	100.0	50.0	91.5	0.77	879	292.0	2.4	5.8	241.0	6213 2Z-C3	6212 2Z-C3

ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES TRIFÁSICOS ESTÁNDAR 1LG4 60Hz															
Tipo	Frame IEC	Potencia	Factor de Servicio	Corriente Nominal [A]	Eficiencia η	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto IMB3	Rodamientos			
		HP	Kw	230V $\Delta\Delta$	400V YY	460V Δ	(%)	Cos ϕ	(rpm)	[Nm]	(Ta/Tn)	(Ia/In)	[kg]	AS/BS	
MOTORES DE 2 POLOS															
1LG4 254-2YA90	250M	100	74.6	1.15	230	132	115	93.6	0.87	3564	200.0	3.4	6.4	404	6315-2Z C3
1LG4 281-2YA90	280M	125	93.3	1.15	277	160	138.5	94.5	0.89	3570	250.0	2.8	8.2	531	6317 C3
1LG4 284-2YA90	280M	150	111.9	1.15	344	198	172	94.5	0.86	3570	299.5	3.0	8.4	579	6317 C3
MOTORES DE 4 POLOS															
1LG4 254-4YA90	250M	100	74.6	1.15	240	139	120	94.5	0.82	1776	402.0	2.4	4.7	423	6315-2Z C3
1LG4 281-4YA90	280M	125	93.3	1.15	292	168.5	146	94.5	0.84	1782	502.0	2.9	8.1	563	6317 C3
1LG4 284-4YA90	280M	150	111.9	1	346	200	173	95.0	0.85	1780	602.0	3.0	8.3	672	6317 C3
MOTORES DE 6 POLOS															
1LG4 254-6YA90	250M	60	44.8	1.15	148	86	74	93.7	0.81	1181	367.0	1.7	2.9	411	6305-2Z C3
1LG4 254-6YB90	250M	75	56.0	1.15	192	111	96	93.7	0.78	1182	452.0	1.7	3.0	413	6305-2Z C3
1LG4 281-6YA90	280M	100	74.6	1.15	254	146.6	127	94.1	0.78	1188	600.0	3.9	8.3	553	6317 C3
1LG4 284-6YA90	280M	125	93.3	1.1	296	171	148	94.1	0.84	1182	760.0	3.2	8.3	690	6317 C3

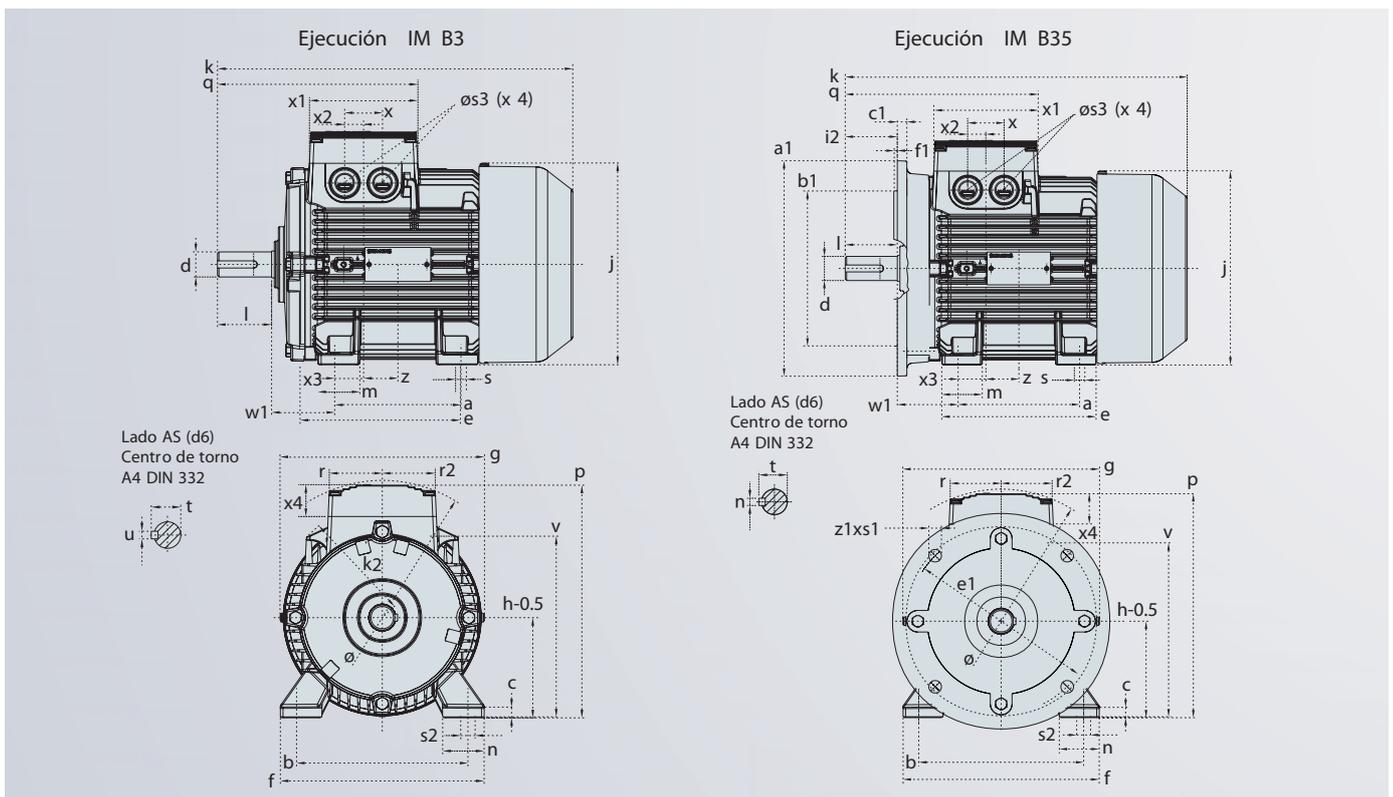
Dimensiones (en mm.)

Motor tamaño	Medidas comunes (IM B3, IM B5)						medidas de la forma constructiva IM B3										Medidas de la forma constructiva IM B5 / IM B35							
	l	d	t	u	g	g ₁	p/p ₂	k	a	b	h	w ₁	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1	k		
071	30	14	16.1	5	148	-	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5	231		
080	40	19	21.5	6	163	-	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13	283		
090 S	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324		
090 L	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324		
112 M	60	28	31.0	8	227	-	260	393	140	190	112	70	12	176	226	250	180	11	215	4	14.5	388		
132 S	80	38	41.3	10	264.5	-	315	481	140	216	132	89	12	1218	256	300	230	14	265	4	15	481		
132 M	80	38	41	10	266	-	299	491	178	216	132	89	12	218	226	300	230	12	265	4	4.5	491		
160 M	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	210	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628		
160 L	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628		
180 M	110	48	51.5	14	357	499	410	653	241	279	180	121	16	301	339	350	250	13	300	5	18	653		
180 L	110	48	51.5	14	357	499	410	691	279	279	180	121	16	339	339	350	250	13	300	5	18	691		
200 L	110	55	59.0	16	403	534	460	743	305	318	200	133	20	385	398	400	300	15	350	5	18	743		
225 S	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	286	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830		
225 M	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	311	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830		
250 M	140	*65	*69	18	520	-	680	930	349	406	250	168	24	409	506	550	450	18	500	5	17.5	930		

1) Motores de dos polos
2) Motores de 4 a 8 polos

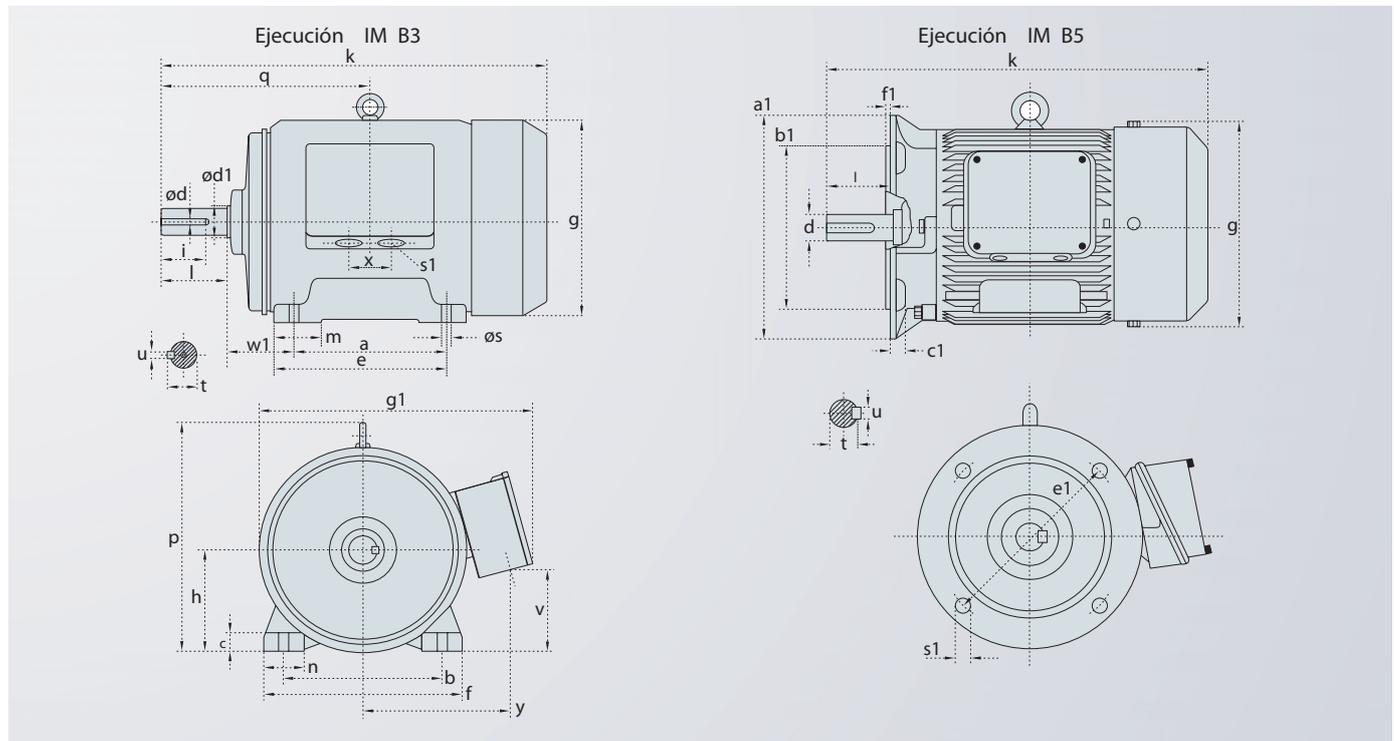
* Para motores de dos polos cambian las siguientes medidas: - Tamaño constructivo 225 M: l=110; d=55; t=59; u=16 mm.; k=800.....

Tamaños 71 a 160

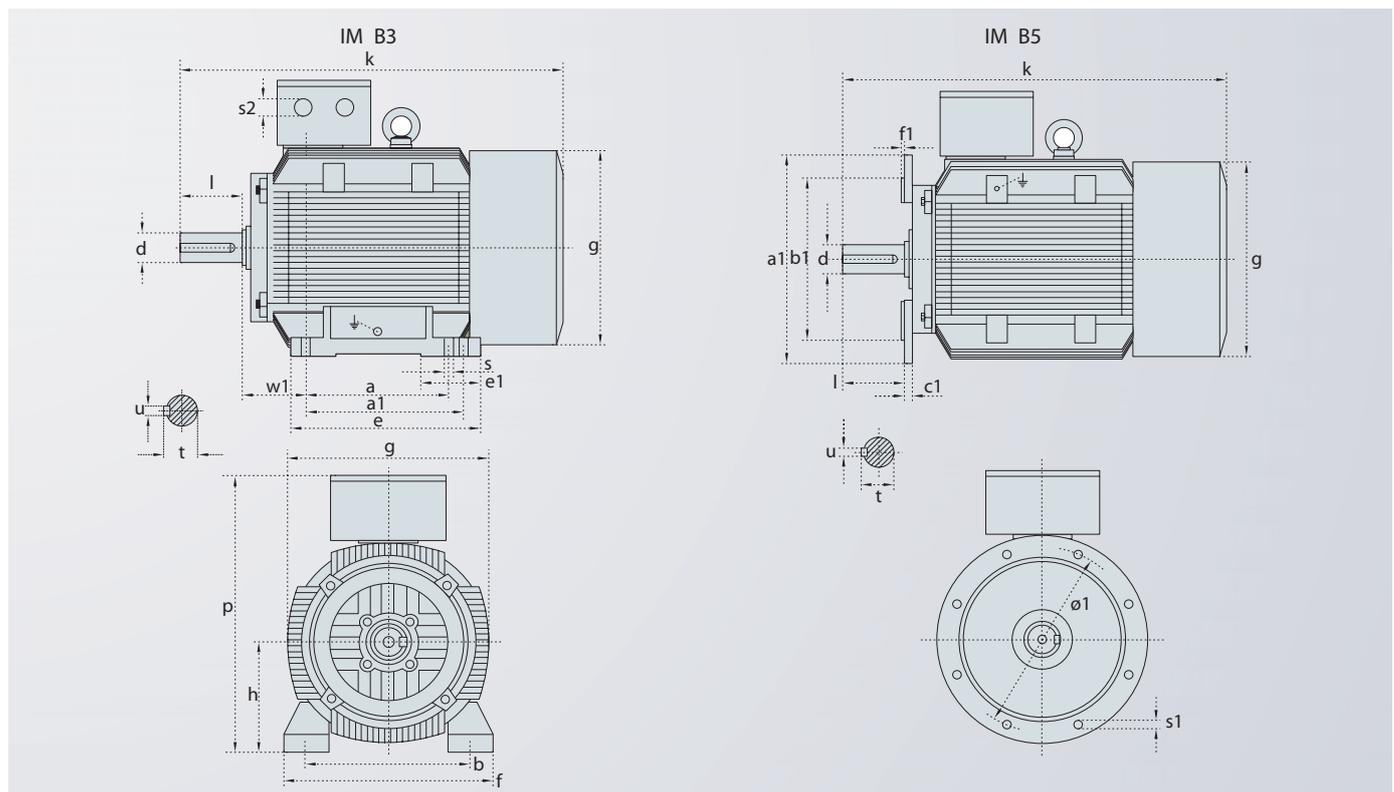


Dimensiones (en mm.)

Tamaños 180 a 200



Tamaños 225





Motores trifásicos de Uso Severo de series 1LA3 y 1LA6. IP55

Generalidades

Motores bajo norma internacional IEC, especialmente diseñados para ambientes severos y aplicaciones en industria pesada. Ideales para la industria del cemento, minería, metales, pulpa y papel y petroquímica; entre otras. Su diseño flexible permite que operen a tres tensiones y que su arranque se realice ya sea de manera directa, en estrella triángulo (desde tamaño AH 132), con arrancador suave o con variador de velocidad lo cual posibilita su aplicación en la totalidad de condiciones disponibles. Gracias a su alta resistencia mecánica y rodamientos especiales, pueden operar confiablemente por prolongados periodos de tiempo a pesar de estar sometidos a diferentes esfuerzos mecánicos.

Las altas temperaturas, la humedad extrema, la presencia constante de partículas y los agentes corrosivos en el ambiente no son ningún problema gracias a sus diferentes elementos de protección entre los cuales están la pintura epóxica, sellos especiales, retenedores y prensaestopas. Con el fin de darle aún más tranquilidad a su usuario, toda la familia cuenta con 2 años de garantía y el respaldo de nuestra red de distribuidores y talleres autorizados.



Características Eléctricas:

- Eficiencia superior a IE1 hasta tamaño constructivo 225 e IE2 a partir del tamaño constructivo 250 (Norma IEC 60034-2-1 y Norma IEC60034-30).
- Tensiones conmutables 230V / 400V / 460V a 60Hz en AC (Tensiones no estándar y operación a 50Hz se ofrece bajo pedido).
- Posibilidad de arranque directo en todos los tamaños constructivos. Posibilidad de arranque en Y - Δ a 230 V y 460 V a partir del tamaño 132.
- Clase térmica F.
- Tipo de servicio: S1.
- Factor de servicio (FS): entre 1.05 a 1.15.
- Temperatura ambiente: -15 / 40°C.
- Aptos para ser accionados con variador de velocidad.
- Disponibilidad en 2, 4 y 6 polos (3600, 1800 y 1200rpm)

Características Mecánicas:

- Carcasa en hierro, que asegura su alta resistencia a esfuerzos mecánicos y vibraciones.
- Rodamientos reforzados de la serie 63xx, del tipo rígidos de bola, de doble sello y con juego interno C3. Totalmente cerrados, libres de mantenimiento y con grasa especial para altas temperaturas 150°C. Con una vida útil de hasta 20.000 hora de servicio continuo.
- Ejecución IMB3 / IMB35 / IMB5.
- Protección Mecánica IP55.
- Con retenedor CD Ring en el platillo AS y BS.
- Prensaestopas: 2 unidades en la entrada de cables. Plásticas hasta tamaño 132. Metálicas desde tamaño 160. Ayuda a conservar el grado de protección en la conexión.
- Poliuretano expansivo que refuerza la protección del motor entre la caja de bornes y el interior del motor. Sello en la caja de bornes para TC 90 a 160 y pasacables en caja de bornes para TC 180 a 280.
- Platillos en fundición de hierro.
- Doble capa de pintura: Capa inicial de primer epóxico y anticorrosivo, la cual protege el motor contra humedad y ambientes agresivos. Capa final epóxica de color gris RAL 7030, refuerza la protección del motor.
- Placa de características en Acero Inoxidable.

Accesorios bajo pedido:

- Termistores.
- Bandas Calefactoras.
- Tensión de alimentación fuera del estándar

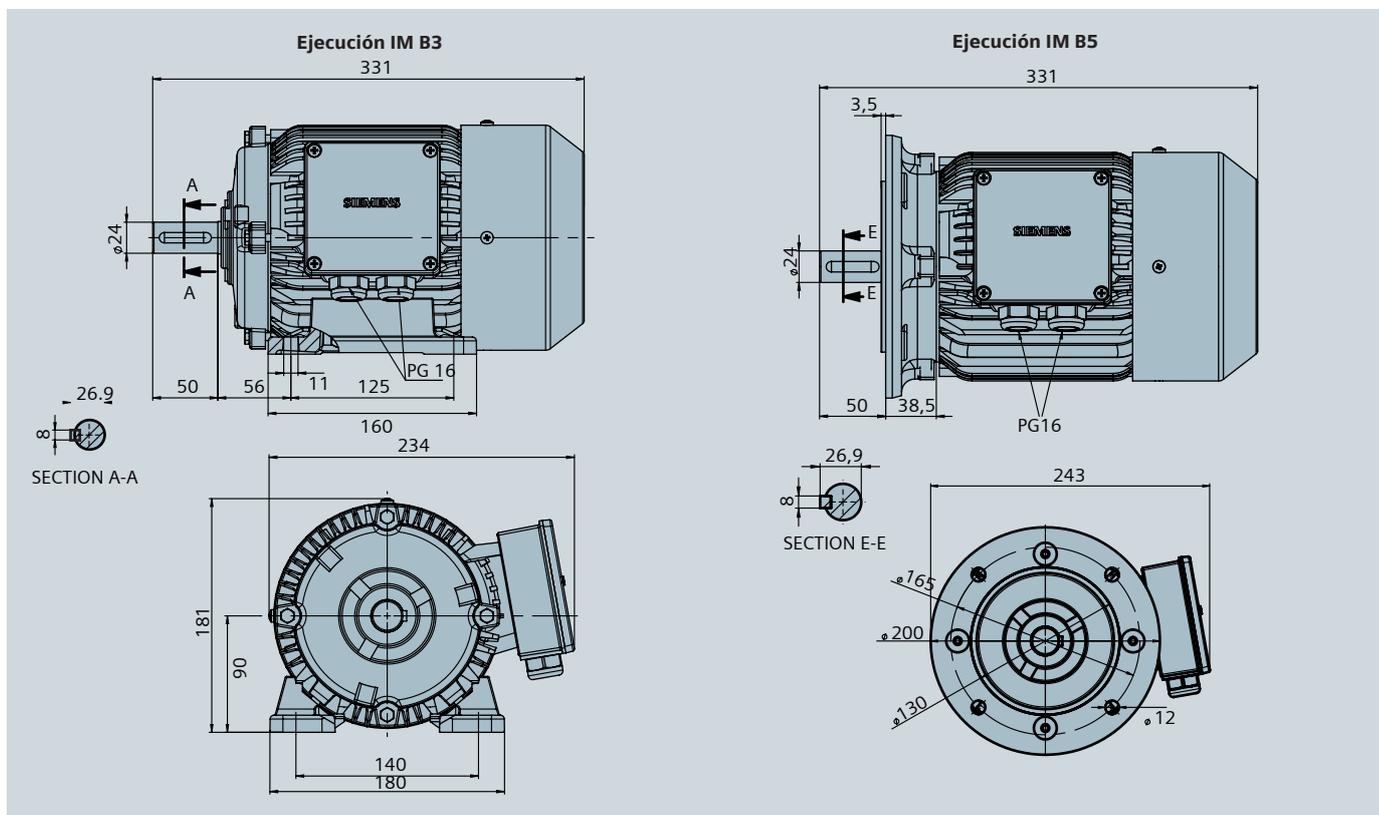
'ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES DE USO ESPECIAL SEVERO - EUS

Tipo	Frame IEC	Potencia		Factor de Servicio	Corriente Nominal [A]			Eficiencia η	Factor de Potencia $\cos \phi$	Velocidad Nominal (rpm)	Torque Nominal [Nm]	Torque de Arranque (Ta/Tn)	Corriente de Arranque (Ia/In)	Peso Neto IMB3 [kg]	Peso Neto IMB5 [kg]	Rodamientos	
		HP	Kw		230V $\Delta\Delta$	400V YY	460V Δ									AS	BS
1LA3 090-2YC90	90L	2,0	1,5	1,15	6,1	3,5	3,1	72,2	0,85	3457	4,1	3,4	6,4	20,4	22,9	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 090-2YA90	90L	3,0	2,2	1,15	8,6	5,0	4,3	76,9	0,85	3445	6,2	3,5	6,9	21,6	24,1	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 096-2YA90	90L	4,0	3,0	1,15	11,9	6,9	6,0	74,9	0,84	3432	8,3	3,1	6,0	23,3	25,8	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 112-2YA90	112M	5,0	3,7	1,15	14,0	8,1	7,0	73,5	0,91	3477	10,2	2,0	5,2	37,1	41,1	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 113-2YA90	112M	6,6	4,9	1,05	18,3	10,6	9,2	72,6	0,93	3444	13,7	2,6	6,8	41,5	45,5	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 114-2YA90	112M	7,5	5,6	1,15	20,5	11,8	10,3	74,5	0,92	3462	15,4	2,0	5,8	46,0	50,0	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 130-2YA90	132 M	10,0	7,5	1,15	26,2	15,1	13,1	77,7	0,92	3496	20,4	2,4	6,0	68,7	73,6	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 132-2YA90	132 M	15,0	11,2	1,15	41,0	23,7	20,5	76,1	0,90	3496	30,6	2,4	6,5	78,0	82,9	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 163-2YA90	160 L	20,0	14,9	1,15	53,6	30,9	26,8	79,4	0,88	3510	40,6	2,0	6,0	111,6	119,1	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA3 165-2YA90	160 L	25,0	18,7	1,15	62,1	35,9	31,1	83,8	0,90	3503	50,8	2,1	5,0	119,8	127,3	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA3 167-2YA90	160 L	30,0	22,4	1,15	77,2	44,6	38,6	83,6	0,87	3530	60,5	2,0	4,6	135,3	142,8	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA6 183-2YA90	180 M/L	35,0	26,1	1,15	87,0	50,0	43,5	89,7	0,84	3543	70,4	2,1	6,6	179,0	185,5	6310-2Z C3	6310-2Z C3
1LA6 184-2YA90	180 M/L	40,0	29,8	1,05	104,0	60,0	52,0	88,9	0,81	3548	80,3	2,3	6,4	180,0	186,5	6310-2Z C3	6310-2Z C3
1LA6 206-2YA90	200 L	50,0	37,3	1,15	130,0	75,0	65,0	87,8	0,82	3557	100,1	2,4	6,6	250,0	258,0	6312-2Z C3	6312-2Z C3
1LA6 207-2YA90	200 L	60,0	44,8	1,15	154,0	90,0	77,0	90,1	0,81	3572	119,7	2,4	6,6	264,7	272,7	6312-2Z C3	6312-2Z C3
1LA6 224-2YC90	225 S/M	75,0	56,0	1,15	188,0	108,5	94,0	93,4	0,80	3540	150,9	1,8	6,8	320,0	335,0	6313-2Z C3	6313-2Z C3
1LA3 090-4YA90	90L	2,0	1,5	1,15	6,6	3,8	3,3	70,1	0,81	1681	8,5	2,4	4,7	20,3	22,8	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 096-4YA90	90L	3,0	2,2	1,15	9,2	5,3	4,6	74,5	0,82	1662	12,9	2,8	4,8	22,6	25,1	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 111-4YA90	112M	4,0	3,0	1,15	13,0	7,5	6,5	73,9	0,78	1749	16,3	2,5	6,5	39,3	43,3	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 112-4YA90	112M	5,0	3,7	1,15	15,1	8,7	7,6	77,5	0,80	1739	20,5	2,3	6,5	40,5	44,5	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 113-4YA90	112M	6,6	4,9	1,05	18,7	10,8	9,4	80,6	0,82	1724	27,3	2,0	6,0	43,0	47,0	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 114-4YA90	112M	7,5	5,6	1,15	22,2	12,8	11,1	76,2	0,83	1714	31,2	2,2	5,6	45,0	49,0	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 131-4YA90	132 M	10,0	7,5	1,15	27,6	15,9	13,8	81,7	0,83	1750	40,7	2,3	6,0	72,1	77,0	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 134-4YA90	132 M	15,0	11,2	1,15	41,1	23,7	20,6	81,4	0,84	1745	61,2	1,8	5,0	83,5	88,4	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 164-4YA90	160 L	20,0	14,9	1,15	54,3	31,4	27,2	87,3	0,79	1757	81,1	1,8	6,3	120,2	127,7	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA3 167-4YA90	160 L	25,0	18,7	1,15	63,1	36,4	31,6	91,6	0,81	1757	101,4	1,8	5,4	128,1	135,6	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA6 183-4YA90	180 M/L	30,0	22,4	1,05	78,0	45,0	39,0	87,8	0,82	1757	121,6	2,0	4,9	173,5	180,0	6310-2Z C3	6310-2Z C3
1LA6 187-4YA90	180 M/L	40,0	29,8	1,05	104,0	60,0	52,0	90,0	0,80	1752	162,6	2,0	5,6	186,7	193,2	6310-2Z C3	6310-2Z C3
1LA6 207-4YA90	200 L	50,0	37,3	1,15	126,0	72,7	63,0	91,7	0,81	1774	200,8	2,7	6,6	252,5	260,5	6312-2Z C3	6312-2Z C3
1LA6 220-4YA90	225 S/M	60,0	44,8	1,15	148,0	85,4	74,0	93,7	0,81	1765	242,2	2,7	6,6	300,0	315,0	6313-2Z C3	6313-2Z C3
1LA6 224-4YC90	225 S/M	75,0	56,0	1,15	188,0	108,5	94,0	94,6	0,79	1780	300,2	2,0	5,1	325,0	340,0	6313-2Z C3	6313-2Z C3
1LA3 090-6YA90	90L	1,5	1,1	1,15	6,0	3,5	3,0	60,0	0,78	1041	10,3	1,7	2,9	19,6	22,1	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 096-6YA90	90L	2,0	1,5	1,15	7,8	4,5	3,9	64,9	0,74	1043	13,7	2,0	3,1	22,4	24,9	6305-2Z C3	6004-2Z C3
1LA3 112-6YA90	112M	3,0	2,2	1,15	11,3	6,5	5,6	70,0	0,71	1138	18,8	2,1	4,3	39,2	43,2	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 113-6YA90	112M	4,0	3,0	1,15	14,3	8,3	7,2	73,8	0,71	1133	25,2	2,15	4,5	47,5	51,5	6306-2Z C3	6205-2Z C3
1LA3 130-6YA90	132 M	5,0	3,7	1,15	16,4	9,5	8,2	74,1	0,77	1129	31,5	1,8	4,6	61,8	66,7	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 133-6YA90	132 M	7,5	5,6	1,15	23,7	13,7	11,9	77,0	0,77	1150	46,5	1,8	5,1	76,7	81,6	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 135-6YA90	132 M	10,0	7,5	1,05	31,6	18,2	15,8	78,0	0,76	1147	62,1	1,9	5,2	82,8	87,7	6308-2Z C3	6308-2Z C3
1LA3 164-6YA90	160 L	15,0	11,2	1,15	47,4	27,4	23,7	83,5	0,71	1154	92,6	2,0	5,9	125,4	132,9	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA3 167-6YA90	160 L	20,0	14,9	1,1	65,0	37,6	32,5	82,3	0,70	1153	123,6	2,0	5,0	137,8	145,3	6309-2Z C3	6309-2Z C3
1LA6 186-6YA90	180 M/L	25,0	18,7	1,05	68,0	39,2	34,0	87,1	0,79	1174	151,7	2,6	5,6	170,0	176,5	6310-2Z C3	6310-2Z C3
1LA6 206-6YA90	200 L	30,0	22,4	1,05	82,3	47,5	41,1	86,4	0,79	1177	181,6	2,2	5,6	242,0	250,0	6312-2Z C3	6312-2Z C3
1LA6 208-6YA90	200 L	40,0	29,8	1,15	114,0	66,0	57,0	87,6	0,75	1180	241,5	2,3	6,0	255,7	263,7	6312-2Z C3	6312-2Z C3
1LA6 223-6YC90	225 S/M	50,0	37,3	1,15	124,0	71,6	62,0	93,2	0,81	1170	304,4	2,4	5,8	315,0	330,0	6313-2Z C3	6313-2Z C3

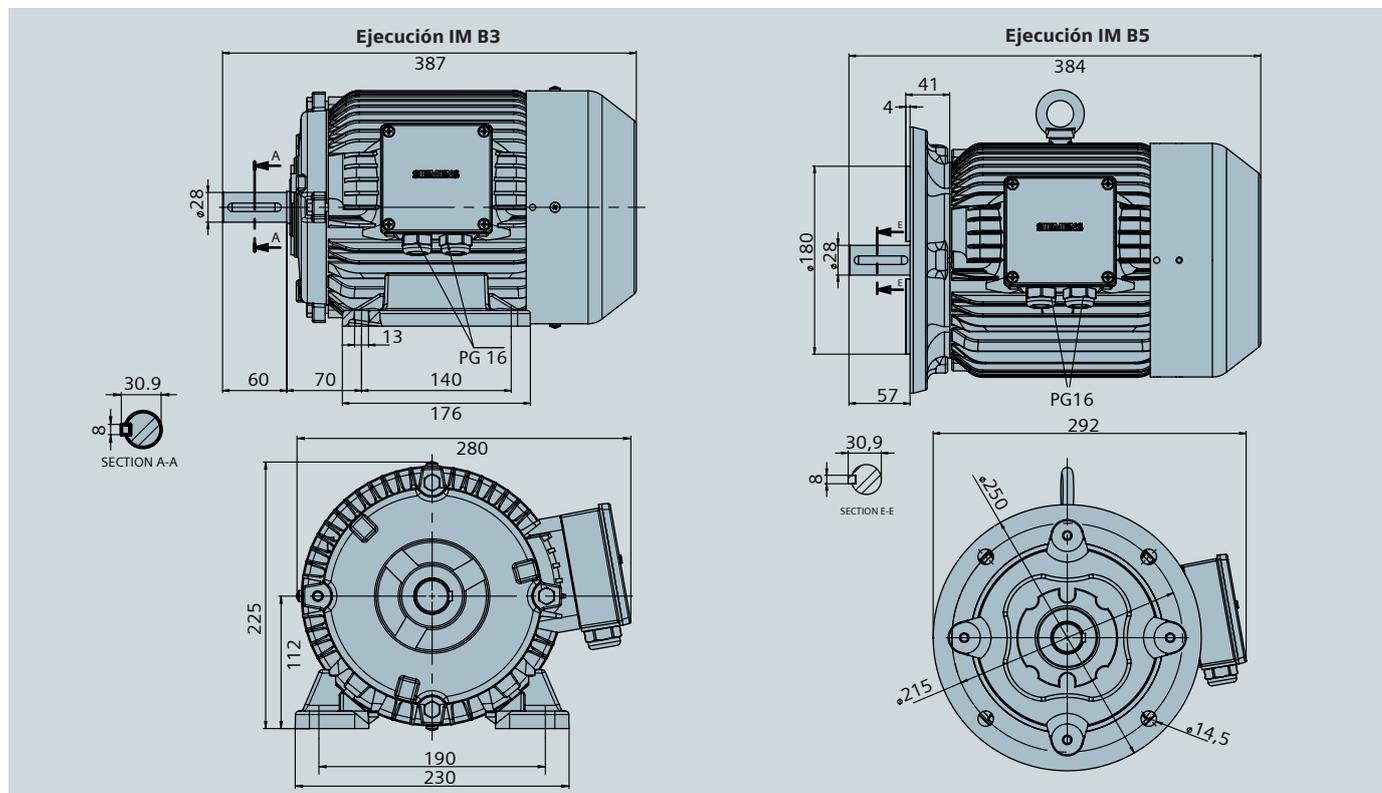
ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES TRIFÁSICOS ESTÁNDAR 1LG4 60Hz															
Tipo	Frame IEC	Potencia		Factor de Servicio	Corriente Nominal [A]			Eficiencia η	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto IMB3	Rodamientos
		HP	Kw		230V $\Delta\Delta$	400V YY	460V Δ								
MOTORES DE 2 POLOS															
1LG4 254-2YA90	250M	100	74.6	1.15	230	132	115	93.6	0.87	3564	200.0	3.4	6.4	404	6315-2Z C3
1LG4 281-2YA90	280M	125	93.3	1.15	277	160	138.5	94.5	0.89	3570	250.0	2.8	8.2	531	6317 C3
1LG4 284-2YA90	280M	150	111.9	1.15	344	198	172	94.5	0.86	3570	299.5	3.0	8.4	579	6317 C3
MOTORES DE 4 POLOS															
1LG4 254-4YA90	250M	100	74.6	1.15	240	139	120	94.5	0.82	1776	402.0	2.4	4.7	423	6315-2Z C3
1LG4 281-4YA90	280M	125	93.3	1.15	292	168.5	146	94.5	0.84	1782	502.0	2.9	8.1	563	6317 C3
1LG4 284-4YA90	280M	150	111.9	1	346	200	173	95.0	0.85	1780	602.0	3.0	8.3	672	6317 C3
MOTORES DE 6 POLOS															
1LG4 254-6YA90	250M	60	44.8	1.15	148	86	74	93.7	0.81	1181	367.0	1.7	2.9	411	6305-2Z C3
1LG4 254-6YB90	250M	75	56.0	1.15	192	111	96	93.7	0.78	1182	452.0	1.7	3.0	413	6305-2Z C3
1LG4 281-6YA90	280M	100	74.6	1.15	254	146.6	127	94.1	0.78	1188	600.0	3.9	8.3	553	6317 C3
1LG4 284-6YA90	280M	125	93.3	1.1	296	171	148	94.1	0.84	1182	760.0	3.2	8.3	690	6317 C3

Dimensiones (en mm.)

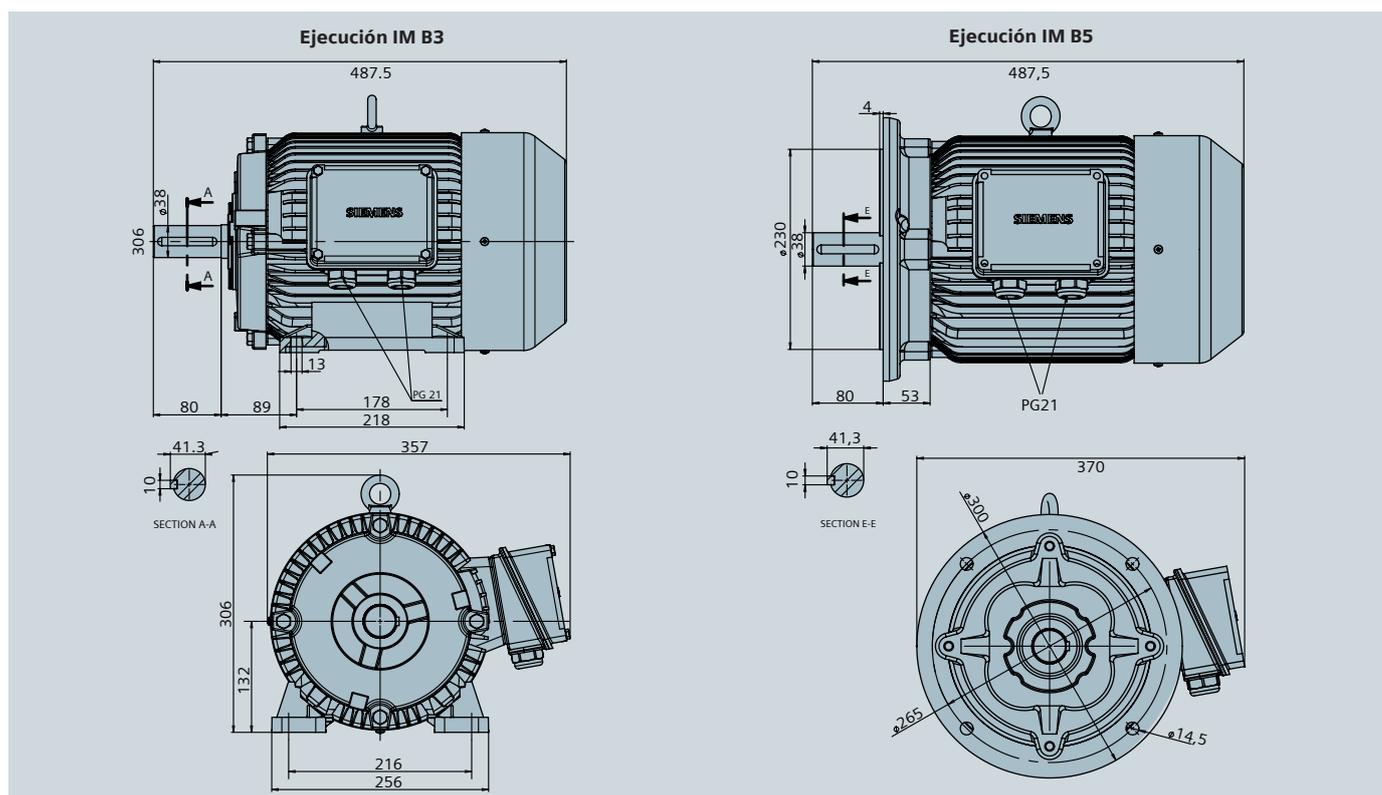
Tamaño 90



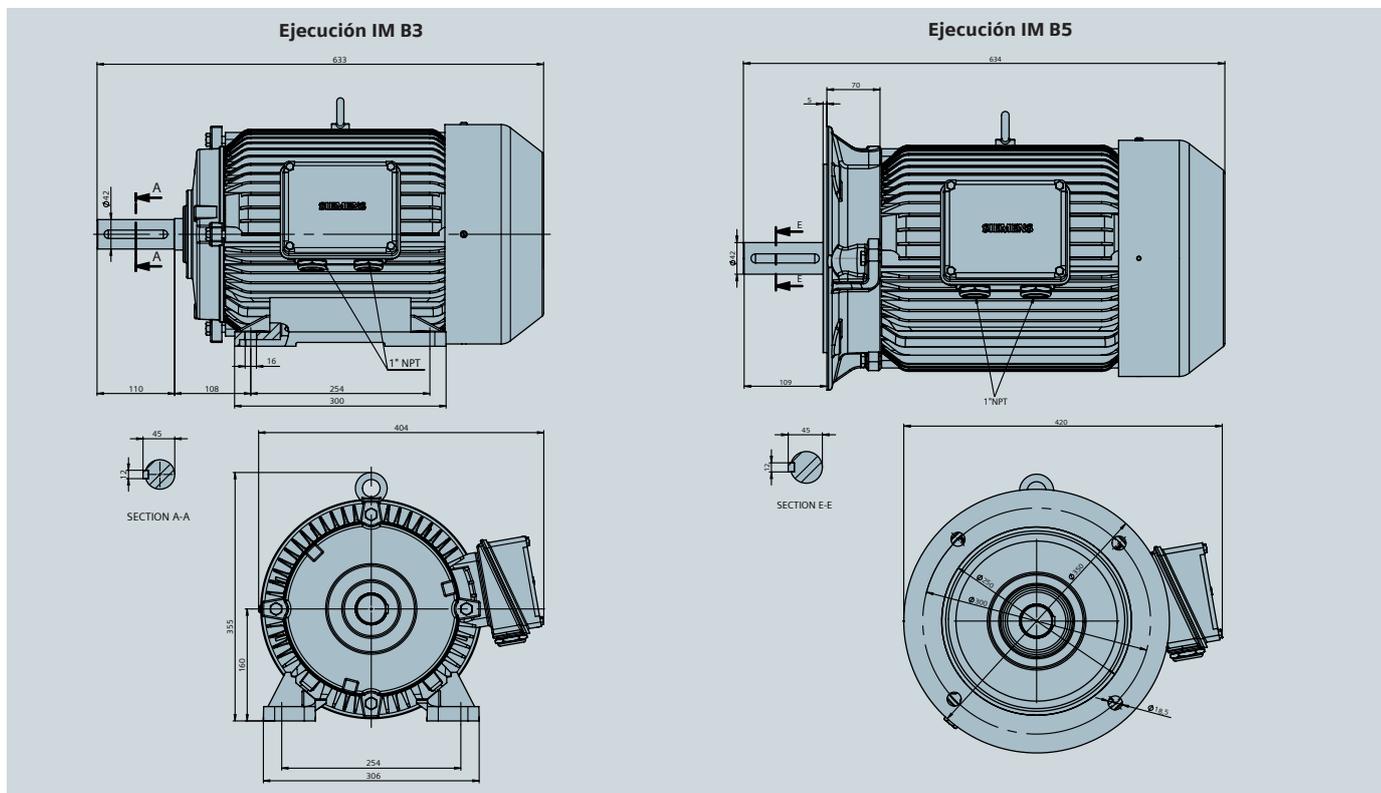
Tamaño 112



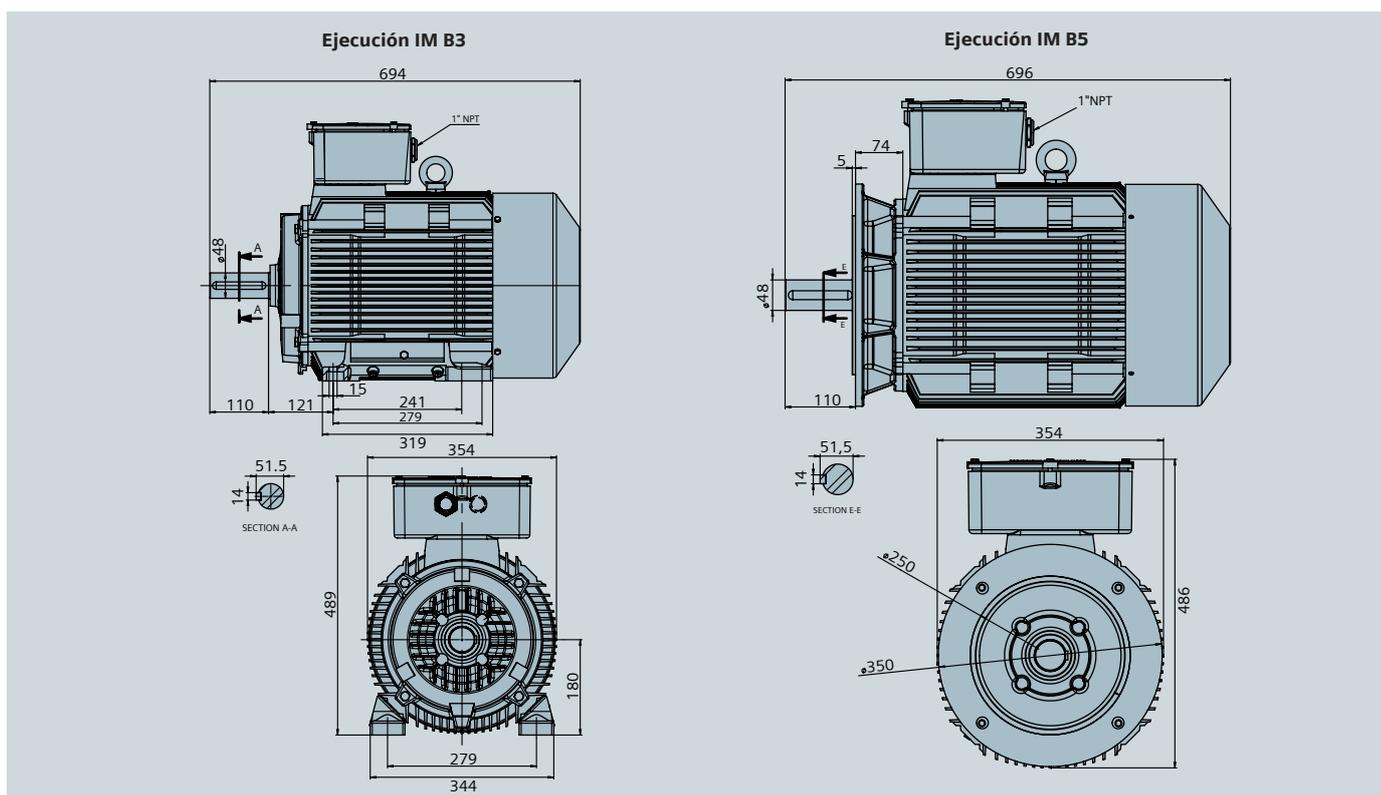
Tamaño 132



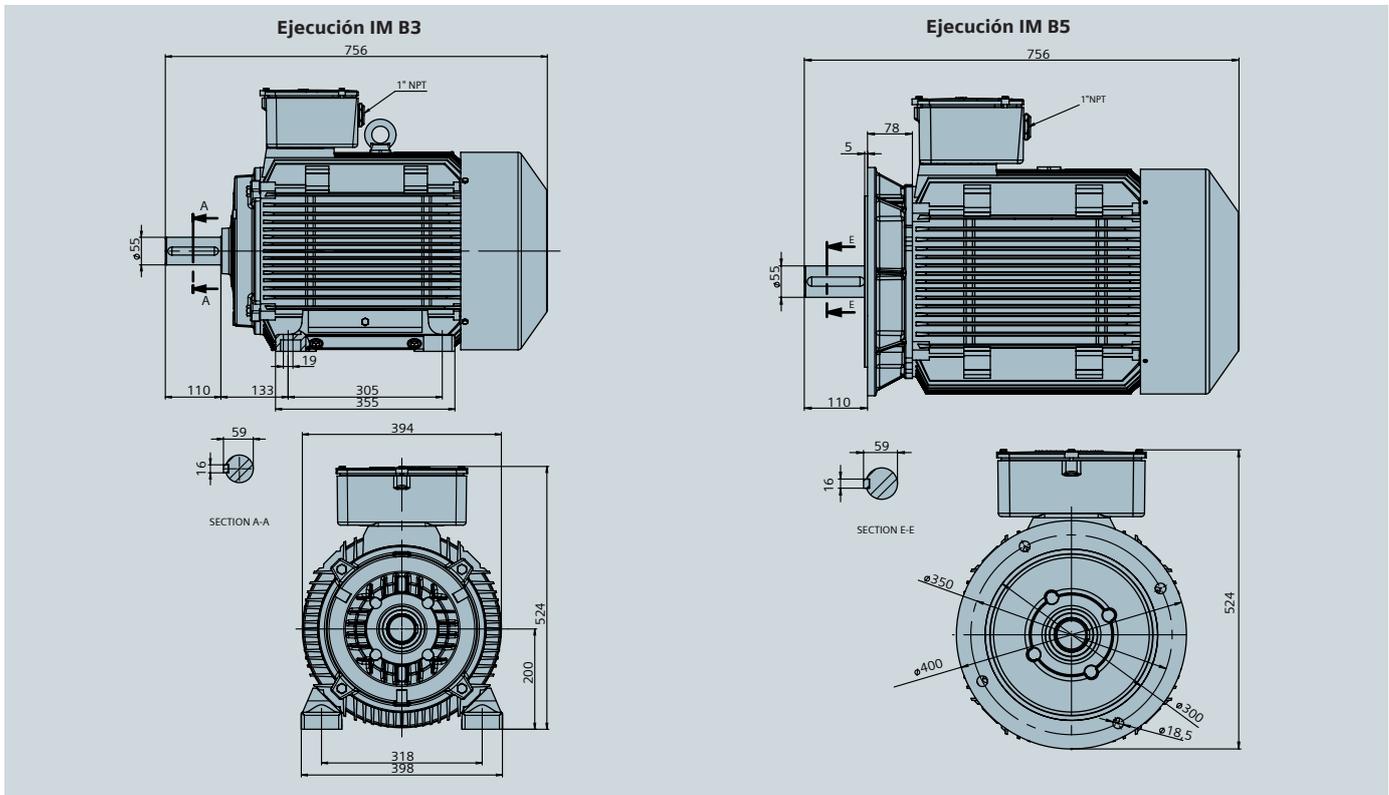
Tamaño 160



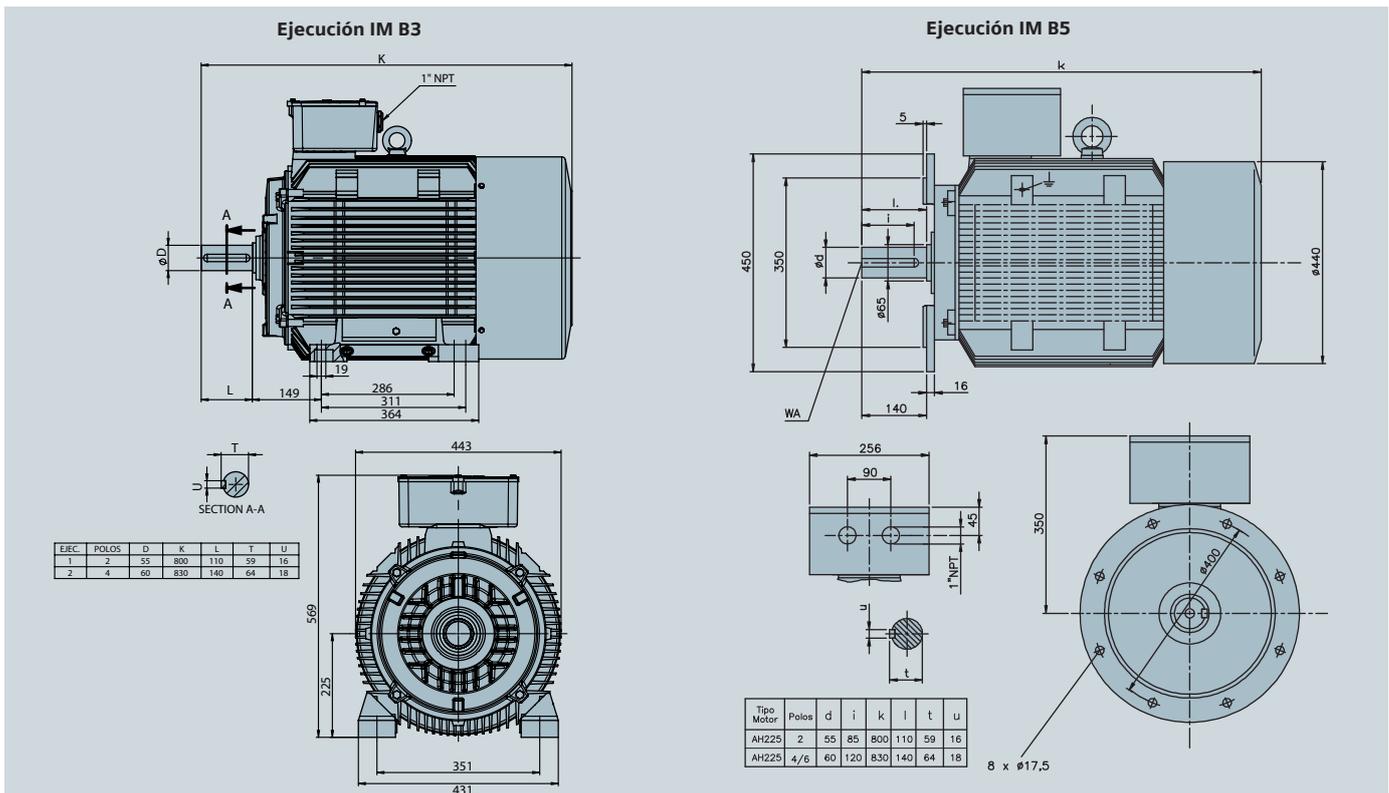
Tamaño 180



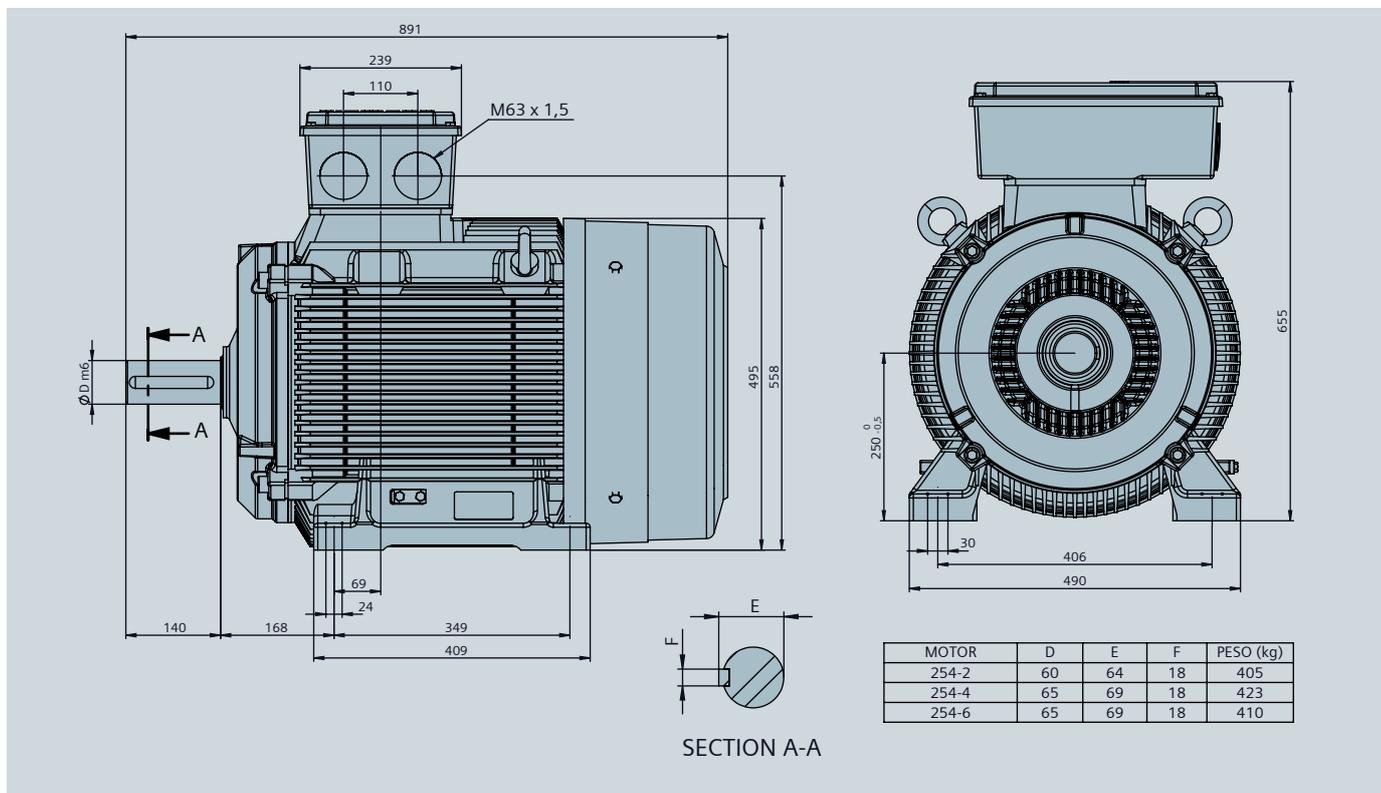
Tamaño 200



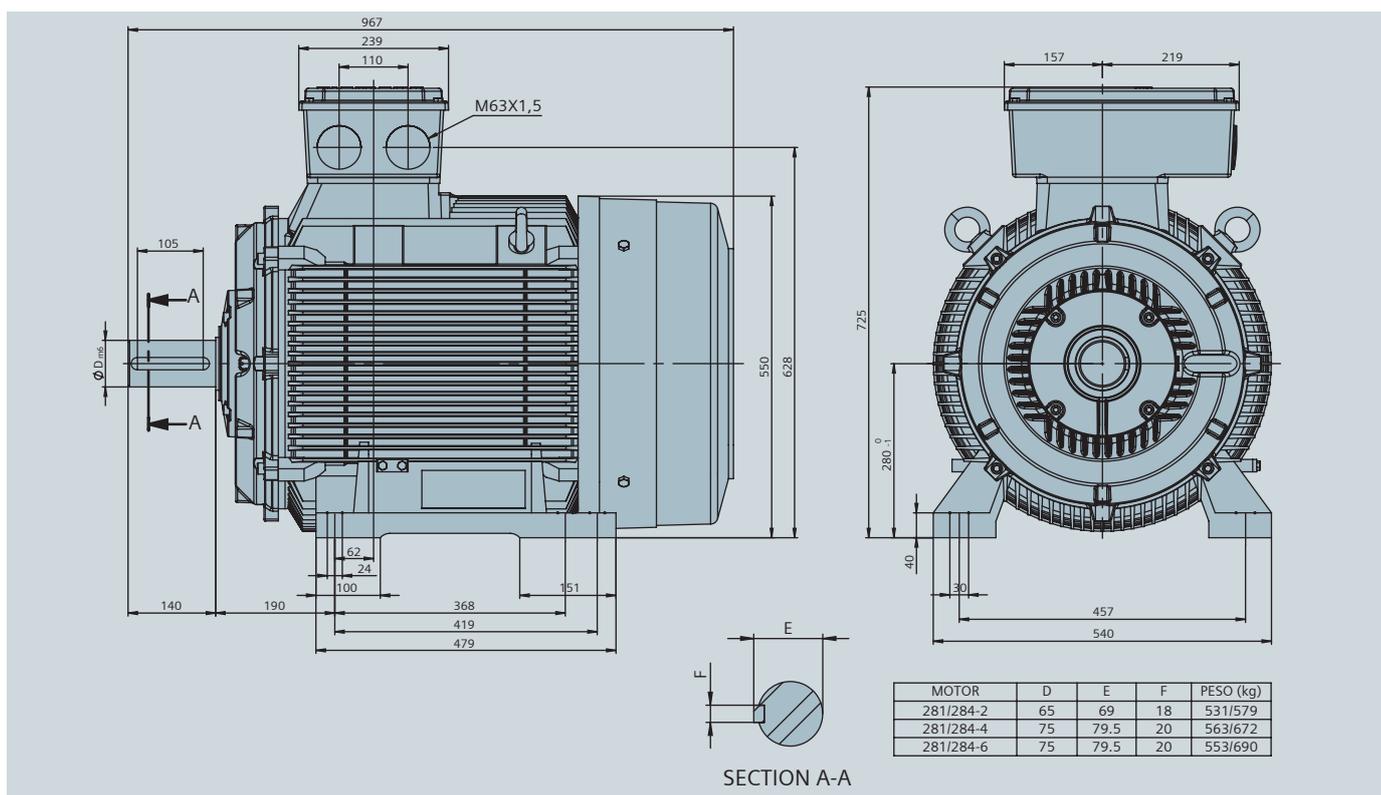
Tamaño 225



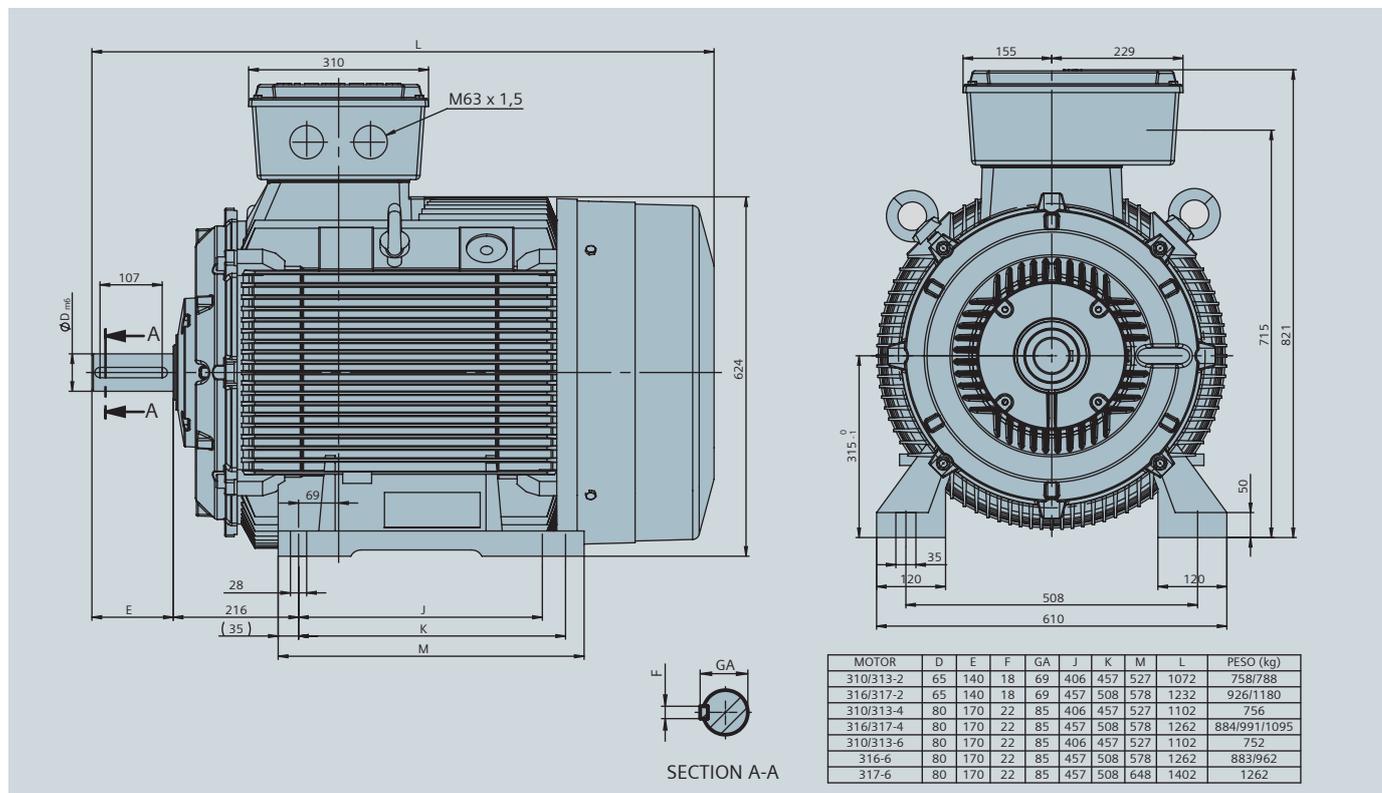
Tamaño 250



Tamaño 280



Tamaño 315



Motores monofásicos semiabiertos serie 1RF y totalmente cerrados (TEFC) serie 1LF

Generalidades

Siemens, basado en las normas de calidad nacionales e internacionales que rigen sus productos, ha desarrollado la serie de motores monofásicos semiabiertos (Open Drip-Proof y Totally enclosed fan cooled) diseñados bajo las máximas exigencias de trabajo que se pueden encontrar en el medio.

Motor ejecución B3: este tipo de motor está diseñado con un alto par de arranque y baja corriente de arranque, para aplicaciones que requieran arranques con carga, tales como compresores de aire, ventiladores radiales, reductores de velocidad, máquinas herramientas, etc.

Se distinguen por tener eje con chavetero y cuña para la colocación de poleas o embragues, velocidad de 3600 y 1800 rpm., montaje horizontal o vertical a través de una base con perforaciones según norma NEMA ó IEC, posibilitando su uso en máquinas con bases tanto americanas como europeas.

Motor ejecución NEMA 56J: Este motor está diseñado con un alto par de arranque y baja corriente de arranque. La principal aplicación del motor con este tipo de brida se encuentra en las bombas centrífugas y otros equipos que requieran acople directo, ya sea en posición horizontal o vertical, tales como cortacésped. Su característica par-velocidad, factor de servicio, sentido de giro y dimensiones, corresponden a los estándares normalizados por NEMA.

Características Eléctricas:

- Tensiones conmutables 115 / 230V60Hz
- Alto par de arranque según NEMA
- Clase térmica F
- Factor de servicio (FS): Según norma NEMA
- Disponibilidad en 2 y 4 polos (3600 y 1800) en ejecución B3 y 2 polos (3600) en ejecución 56J

Características Mecánicas:

- Carcasa de lámina de acero
- Rodamientos de doble sello prelubricados
- Para motores 1RF rodamientos tipo 6203 2Z CM en el lado AS (6205 2Z CM para motores 1RF3-97-4) y 6202 2Z CM en el lado BS.
- Para motores 1LF rodamientos:

Motor Tipo	Rodamientos AS	Rodamientos BS
1LF AH080	6004 2ZC3	6004 2ZC3
1LF AH090	6205 2ZC3	6003 2ZC3
1LF AH112	6206 2ZC3	6205 2ZC3

- Ejecución IMB3 y 56J
- Protección Mecánica IP22 / IP23
- Platinos en Aluminio inyectado
- Doble capa de pintura: La primera anticorrosiva. La segunda de color gris RAL 7030.

Beneficios adicionales:

- Garantía extendida por la compra de un combo "Motor + Variador", 3 años de garantía sin costo adicional.
- Red de talleres a lo largo del país
- Soporte técnico directo a través de HotLine Técnica 01 8000 51 88 84
- Cumple RETIE e ISO 9000 versión 2000 en Colombia
- Cursos de entrenamiento especializados SITRAIN
- Contratos de mantenimiento de su base instalada de motores.

ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES MONOFÁSICOS

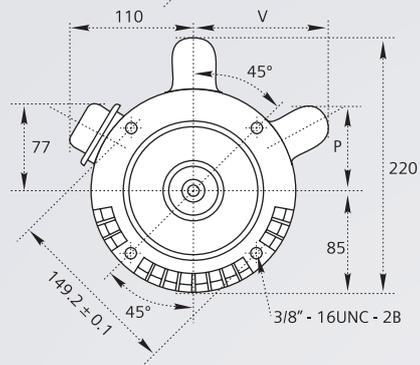
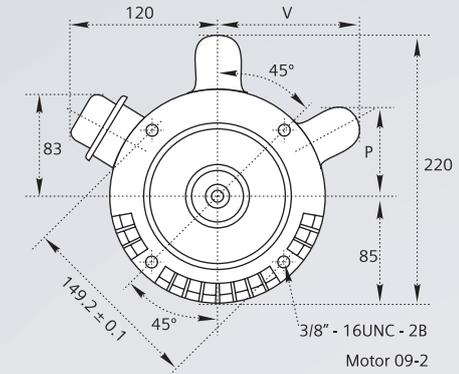
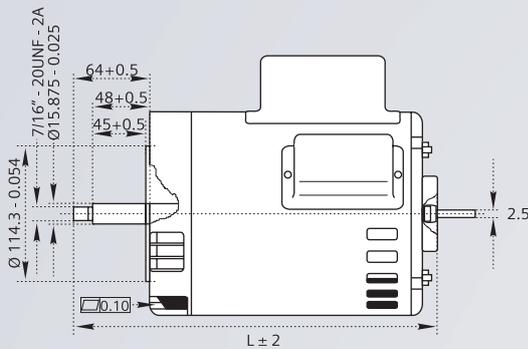
Tipo	Frame IEC	Potencia	Factor de Servicio	Voltaje	Corriente Nominal	Eficiencia η	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto	Condensador de Arranque	Condensador de Marcha	Rodamientos	
	[HP]	[V]	[A]	(%)	$\cos \phi$	(rpm)	[Nm]	[Nm]	(Ia/In)	[kg]	[μ F]	[μ F]	AS	BS		
MONOFÁSICOS SEMIABIERTOS NEMA 56J 2 POLOS																
1RF3 092-2YB99	90	0,3	1.75	115 / 230	6.3 / 3.15	47.6	0.72	3450	0.7	1.4	4.7	8.8	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 093-2YB99	90	0,5	1.6	115 / 230	7.8 / 3.9	61.1	0.68	3450	1.0	1.7	4.7	9.6	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 094-2YB99	90	0,8	1.5	115 / 230	10.0 / 5.0	69.5	0.70	3450	1.5	2.6	5.4	10.9	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 095-2YB99	90	1,0	1.4	115 / 230	13.0 / 6.5	66.5	0.75	3520	2.01	4.2	5.1	12.5	340-408		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 096-2YB99	90	1,5	1.30	115 / 230	17.5 / 8.75	66.5	0.78	3515	3.06	6.12	5.4	15.0	340-408	20	6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 097-2YB99	90	2,0	1.20	115 / 230	22.0 / 11.0	67.5	0.88	3450	4.0	8.1	5.0	15.6	540-648	40	6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 098-2YB99	90	3,0	1.15	115 / 230	30.0 / 15.0	76.3	0.85	3500	6.11	10.3	4.8	17.9	540-648	40	6203 2Z C3	6202 2ZC3
MONOFÁSICOS SEMIABIERTOS B3 2 POLOS																
1RF3 092-2YB90	90	0,3	1.75	115 / 230	6.3 / 3.15	47.6	0.72	3520	0.7	1.4	4.7	8.8	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 093-2YD90	90	0,5	1.60	115 / 230	7.8 / 3.9	61.1	0.68	3450	1.0	1.7	4.7	9.6	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 094-2YD90	90	0,8	1.50	115 / 230	10.0 / 5.0	69.5	0.70	3450	1.5	2.6	5.4	10.9	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 095-2YD90	90	1,0	1.40	115 / 230	13.0 / 6.5	66.5	0.75	3520	2.01	4.2	5.1	12.5	340-408		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 096-2YD90	90	1,5	1.30	115 / 230	17.5 / 8.75	66.5	0.78	3450	3.06	6.12	5.4	15.0	340-408	20	6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 097-2YD90	90	2,0	1.20	115 / 230	22.0 / 11.0	67.5	0.88	3450	4.0	8.1	5.0	15.6	540-648	40	6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 098-2YD90	90	3,0	1.15	115 / 230	30.0 / 15.0	76.3	0.85	3500	6.11	10.3	4.8	17.9	540-648	40	6203 2Z C3	6202 2ZC3
MONOFÁSICOS SEMIABIERTOS B3 4 POLOS																
1RF3 092-4YB90	90	0,3	1.35	115 / 230	6.4 / 3.2	53.6	0.57	1730	1.37	3.28	3.8	8.6	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 093-4YB90	90	0,5	1.25	115 / 230	7.6 / 3.8	67.7	0.63	1730	2.06	5.5	4.3	10.0	216-259		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 094-4YB90	90	3/4	1.25	115 / 230	11.2 / 5.6	68.9	0.63	1725	3.1	7.3	3.8	11.3	340-408		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 095-4YB90	90	1,0	1.15	115 / 230	14.6 / 7.3	67.7	0.65	1720	4.14	10.3	4.1	15.8	540-648		6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 096-4YB90	90	1,5	1.15	115 / 230	20.0 / 10.0	64.8	0.75	1720	6.21	14.2	4.0	19.0	340-408	10	6203 2Z C3	6202 2ZC3
1RF3 097-4YB90	90	2,0	1.15	115 / 230	24.0 / 12.0	67.5	0.80	1720	8.38	19.2	4.1	21.0	540-648	40	6205 2Z C3	6202 2ZC3
MONOFÁSICOS CERRADOS B3 2 POLOS																
1LF7 081-2YD90	80	0,3	1.75	115 / 230	5.4 / 2.7	64.4	0.62	3520	0.67	1.14	5.7	8.8	216-259		6004 2Z C3	6004 2Z C3
1LF7 082-2YD90	80	0,5	1.5	115 / 230	7.4 / 3.7	67.4	0.65	3520	1.0	1.7	5.1	10.2	216-259		6004 2Z C3	6004 2Z C3
1LF7 083-2YD90	80	3/4	1.5	115 / 230	9.8 / 4.9	69.9	0.71	3520	1.5	2.5	4.4	11.2	216-259		6004 2Z C3	6004 2Z C3
1LF7 091-2YD90	90	1,0	1.4	115 / 230	12.6 / 6.3	73.5	0.70	3530	2.01	4.2	5.1	12.8	340-408		6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 093-2YD90	90	1,5	1.3	115 / 230	19.0 / 9.5	64.8	0.79	3460	3.06	6.1	5.4	12.8	540-648		6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 094-2YD90	90	2,0	1.15	115 / 230	27.0 / 13.5	62.4	0.77	3470	4.1	12.3	4.0	14.2	540-648		6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF3 095-2YA90	90	3,0	1.15	220	14.8	77.2	0.89	3500	6.11	10.3	5.3	17.5	161-193	25	6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 114-2YD90	112M	5,0	1.15	220	26,0	75.8	0.86	3548	10	20	5.0	31.0	540-648	40	6206 2Z C3	6205 2Z C3
MONOFÁSICOS CERRADO 184JM 2 POLOS																
1LF7 114-2YD99	112M	5,0	1.15	220	26,0	75.8	0.86	3548	10	20	5.0	31.0	540-648	40	6206 2Z C3	6205 2Z C3
MONOFÁSICOS CERRADOS B3 4 POLOS																
1LF7 081-4YD90	80	0,3	1.35	115 / 230	6.0 / 3.0	51.4	0.70	1750	1.36	5.3	5.5	8.3	216-259		6004 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 082-4YD90	80	0,5	1.25	115 / 230	8.6 / 4.3	53.8	0.70	1725	2.06	7.2	4.8	9.2	216-259		6004 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 091-4YD90	90	3/4	1.15	115 / 230	10.0 / 5.0	66.6	0.73	1715	3.1	10.4	4.6	12.4	340-408		6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 093-4YD90	90	1,0	1.15	115 / 230	15.0 / 7.5	57.6	0.75	1700	4.12	14.8	4.9	15.0	216-259		6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 094-4YD90	90	1,5	1.15	115 / 230	21.0 / 10.5	62.1	0.78	1680	6.29	17.6	5.0	15.0	340-408		6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 095-4YE50	90	2,0	1.15	220	9,0	79.3	0.95	1715	8.31	20.7	4.3	16.5	340-408	25	6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 095-4YD40	90	2,0	1.15	115	24	67,5	0.80	1720	8,3	20,7	4,3	16,5	540-648	40	6205 2Z C3	6003 2Z C3
1LF7 112-4YD90	112M	3,0	1.15	115 / 230	37.0 / 18.5	69,2	0,76	1750	12,2	26,8	4,6	32	1000-1200		6206 2Z C3	6205 2Z C3
1LF7 114-4YD90	112M	5,0	1.15	220	25	76,2	0,89	1750	20,3	44,6	5	34	340-408	40	6206 2Z C3	6205 2Z C3

Dimensiones Motores Monofásicos Semiabiertos

Ejecución NEMA 56J

Dimensiones generales (en milímetros)

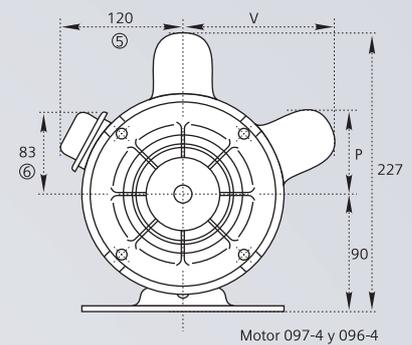
Tipo 1RF3	Potencia HP	L	p	v	Peso (Kg)
092 - 2	1/3	271	66	116	8.8
093 - 2	1/2	271	66	116	9.6
094 - 2	3/4	296	66	116	10.9
095 - 2	1.0	297	73	125	12.5
096 - 2	1.5	317	73	125	15.0
097 - 2	2.0	325	67	118	15.6
098 - 2	3.0	350	73	125	17.9



Ejecución B3

Dimensiones generales (en milímetros)

Tipo 1RF3	Potencia HP	L	p	v	Peso (Kg)
092 - 4	1/3	242	66	116	8.6
093 - 4	1/2	242	66	116	10.0
094 - 4	3/4	268	73	125	11.3
095 - 4	1.0	268	73	125	15.8
096 - 4	1.5	293	66	125	19.0
097 - 4	2.0	293	73	125	21.0



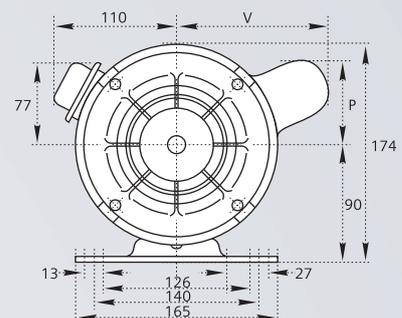
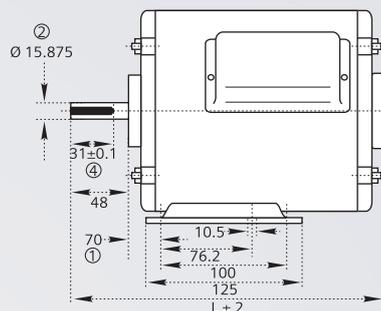
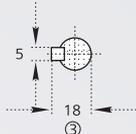
Notas:

Para el motor tipo 097-4

- ① 70 ③ 25
- ② 22 ④ 35

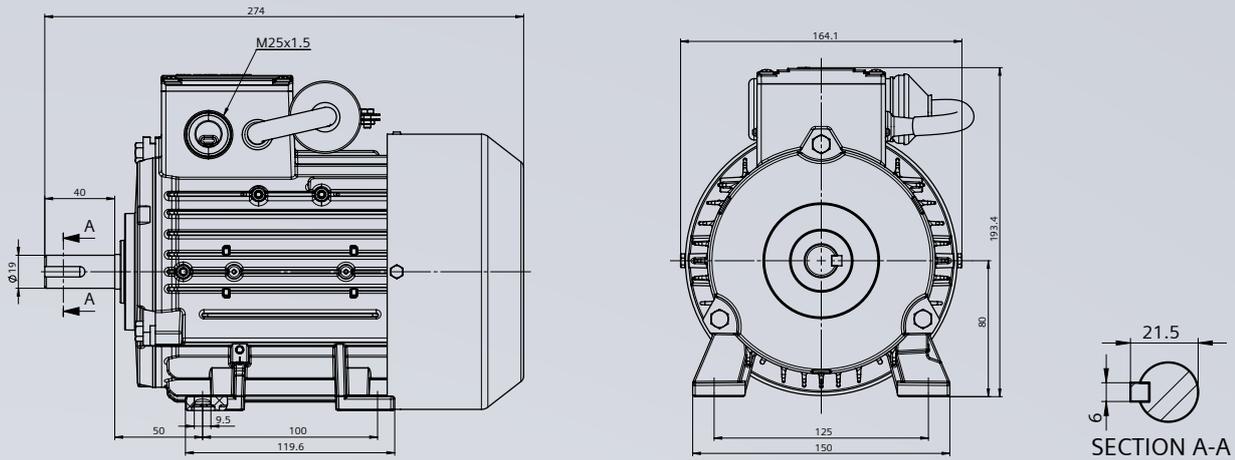
Para el motor tipo 096-4

- ① 70 ⑥ 77
- ⑤ 110 ⑦ 215

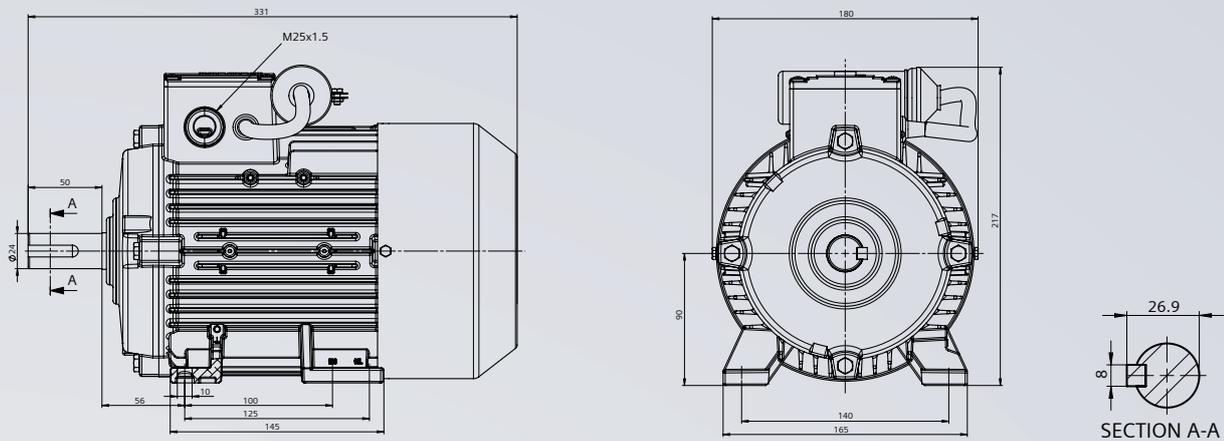


Dimensiones Motores Monofásicos Cerrados

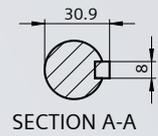
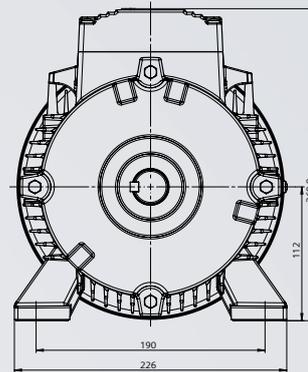
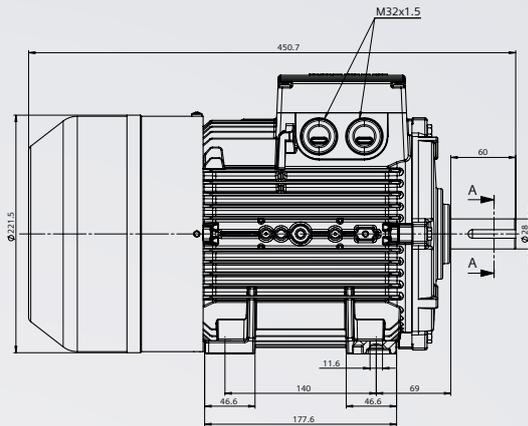
Dimensiones tamaño constructivo 80 (mm)



Dimensiones tamaño constructivo 90 (mm)



Dimensiones tamaño constructivo 112 (mm)



Calidad y Gestión Ambiental bien certificada



Siemens S.A. Productos Eléctricos Industriales

Colombia

Tenjo - Cundinamarca
Km 9.2 vía Bogotá el Vino
Vereda la Punta
200 mts antes del Peaje Siberia
☎ 294 2430 - 294 2567
☎ 294 2254
📠 80150

Occidente (Cali)
Cle. 64 Norte No. 5 B-146,
Of. 24, Centroempresa
☎ (92) 664 4400
Fax. (92) 665 3056
📠 2435 Cali

Barranquilla
Cra. 51 B No. 76-136, piso 5
☎ (95) 358 9777
☎ (95) 368 9509
📠 31170

Medellín
Cra. 30 No 10C-228 Of.607
Edificio Interplaza
☎ (94) 325 30 66
Fax. (94) 325 30 66
📠 3494

Venezuela

Sede Caracas
Av. Don Diego Cisneros,
Edificio Siemens, Urb.
Los Ruices, Caracas 1071
☎ ++58.212.238 1733
Fax. ++58.212.203 8200
📠 3616 Caracas 1010-A

Sucursal Valencia
Centro Empresarial
Este Oeste, Local 18, Calle Este
Oeste 2 C/Cruce Av. Norte Sur 3,
Zona Industrial Norte - Valencia
☎ ++58.241.833 4211
Fax. ++58.241.833 4518
📠 455

Sucursal Maracaibo
Calle 69A con Av. Baralt, Ed.
Adelcomar, No.17-64 Diagonal a
la Clínica San Lucas,
Maracaibo - Edo Zulia
☎ ++58.261.751 8297
Fax. ++58.261.751 5712
📠 4005

Of. de Ventas Puerto Ordaz
C.C. Los Pinos, Piso 1, Of. 8
Zona Industrial Los Pinos
Puerto Ordaz
☎ ++58.286.994 0290
Fax. ++58.286.994 0861
📠 8015

Ecuador

Quito
Calle Manuel Zambrano Avenida
Panamericana Norte, Km 2,5
☎ ++593.2.294 3900
Fax. ++593.2.294 3901

Sucursal Guayaquil
Vía Daule km. 14,5
☎ ++593.4.216 0050

Perú

Oficina Lima
Av. Domingo Orué 971,
Surquillo - Lima
☎ ++51.1.215 0030
Fax. ++51.1.421 9292
📠 490, Lima 100

Bolivia

Siemens S.A.
Sede principal
Santa Cruz de la Sierra
Av. San Martín No. 1800,
Edificio Tacuaral, Piso 5,
Equipetrol Norte
☎ ++59.1.3.311 0011
Fax. ++59.1.3.311 2000

Oficina Trujillo
Av. Teodoro Valcárcel 275, Urb.
Primavera
☎ ++51.4.429 7963
Fax. ++51.4.429 7942

Argentina

Siemens S.A.
Sede Buenos Aires
Av. Presidente Julio A. Roca
530/516 C1067ABN
☎ ++54.11.4340 8400
Fax. ++54.11.4331 9997

Chile

Siemens S.A.
Sede Santiago de Chile
Avenida Providencia 1760
Pisos 10, 11, 12C.P. 750-0498
Casilla 242-V
☎ ++56.2.4.77 1000
Fax. ++56.2.4.77 1001

**HOTline
TÉCNICA**



Colombia 018000518884
Venezuela 08001005080
Perú 080070033
Ecuador 1800101555
Bolivia 800100502

hotline.andina.col@siemens.com

www.siemens.com.co/motorescolombia