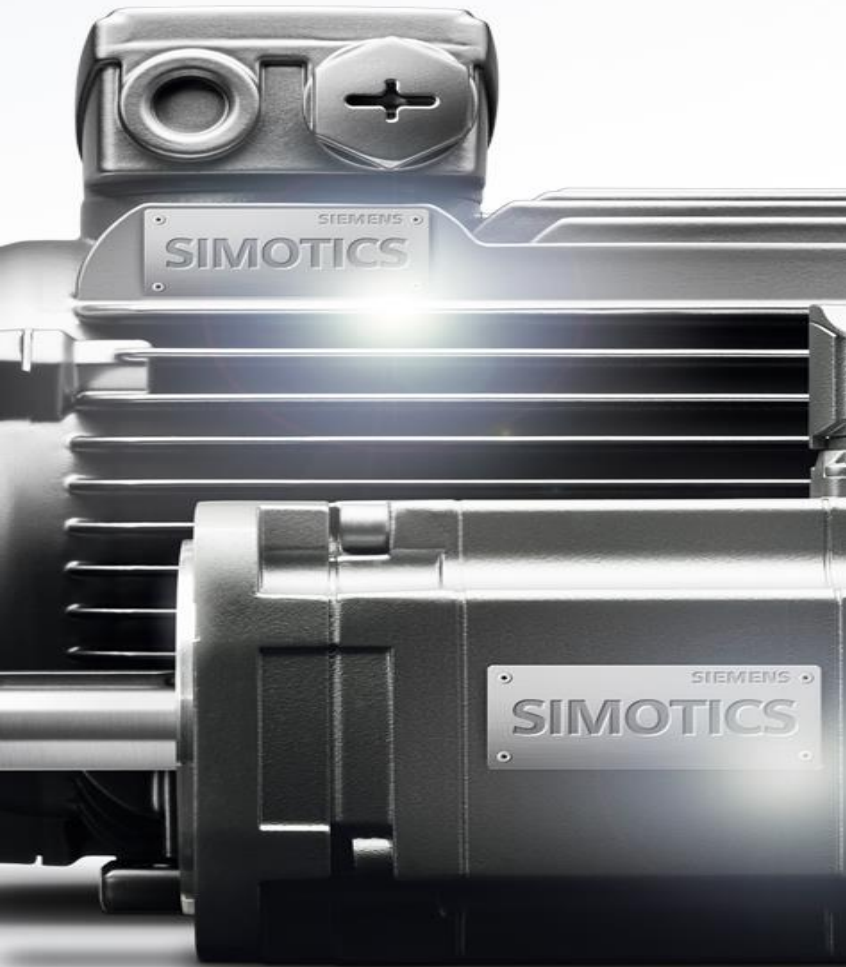
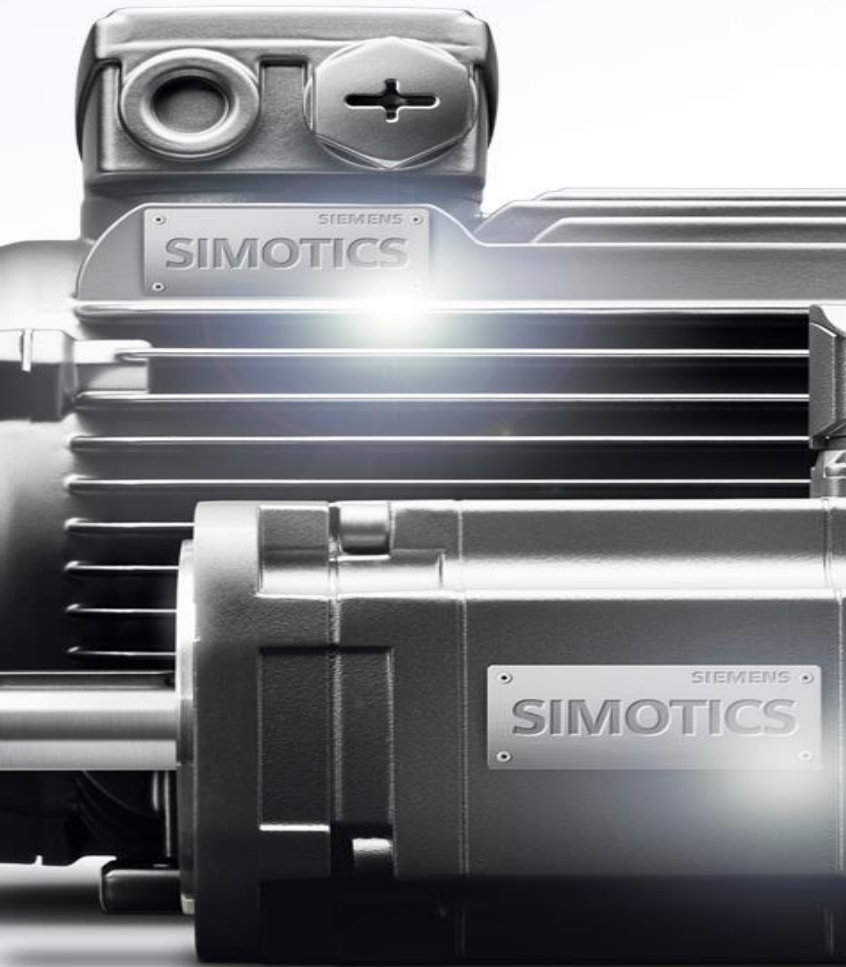


# Motores Eléctricos Trifásicos de Baja Tensión





**Francisco Godoy Britez**  
Low Voltage Motors  
Siemens Argentina, DI MC LVM

## General

1. Portafolio
2. Construcción de motores
3. Términos motores básicos
4. Operación del motor
5. Curvas de velocidad-par
6. Curvas de velocidad-corriente
7. Clases térmicas
8. Protección del motor
9. Métodos de enfriamiento
10. Caja de terminales
11. Conectando un motor
12. Métodos de inicio
13. Vida útil de un motor

## Electrica

14. Eficiencia
15. Reducción de potencia
16. Factor de servicio
17. Tipos de servicio
18. Desviaciones en el voltaje y la frecuencia de suministro

## Mecanica/Digitalización




19. Grado de protección
20. Tipos de construcción
21. Vibración del motor
22. Ruido
23. Cojinetes y lubricación
24. Operación del convertidor
25. Herramientas de Digitalización

# Siemens ofrece una gama de motores de inducción de uso general específicos para el mercado de la distribución.



## 1. Portfolio

**Familia de motores SIMOTICS®** ▶ La gama más completa de motores, basada en más de 150 años de experiencia en diseño, fabricación y entrega

<b>SIMOTICS®</b>	Low-voltage motors for line and converter operation		<b>General Purpose (GP)</b> Severe Duty (SD) Transnorm (TN) Definite Purpose (DP) Explosion Protected (XP) High Torque (HT)
	Motors for motion control applications		Servo (S) Main (M) Linear (L) Torque (T)
	DC motors		Direct Current (DC)
	High-voltage motors		High Voltage

**Portfolio** ▶ Selección de motores de baja tensión de uso general, específicamente definidos para el mercado de la distribución

Motores de inducción de CA trifásicos para aplicaciones de uso general (como bombas o ventiladores):

### Serie de motores de hierro fundido (1LE0)

	IE1	IE3
Frame size	80 - 355	80 - 355
Rated output	0.55 - 315 kW	0.55 - 315 kW
Number of poles	2, 4, and 6	2, 4, and 6
Voltage & frequency	400V ± 5% / 50Hz and other voltages / frequencies	
Type of construction	IM B3 and other construction types	

### Serie de motores de aluminio(1LE10)

	IE1	IE3
Frame size	63-160	80-160
Rated output	0.12 - 18.5 kW	0.55 - 18.5 kW
Number of poles	2, 4, and 6	2, 4, and 6
Voltage & frequency	400V ± 5% / 50Hz and other voltages / frequencies	
Type of construction	IM B3 and other construction types	

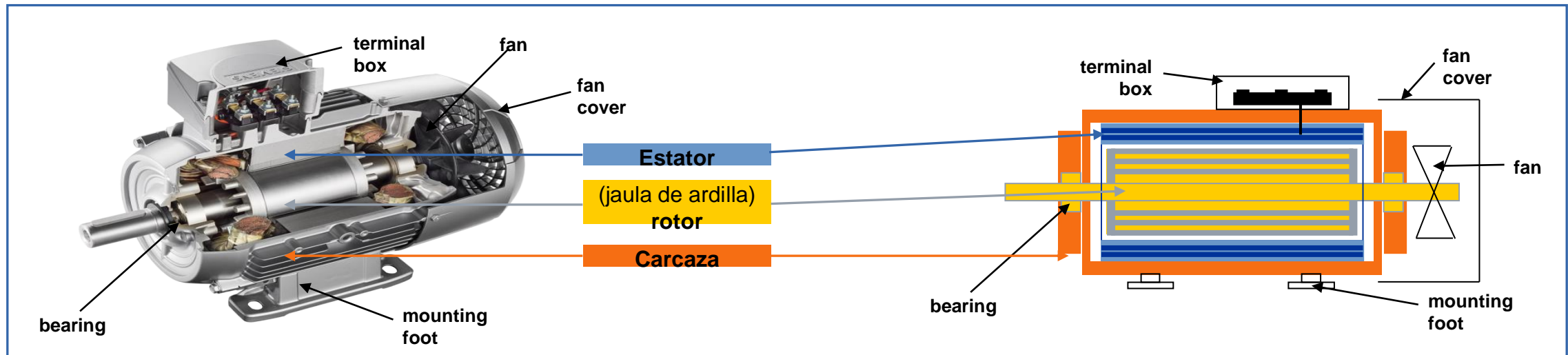
# Un motor de inducción en corriente alterna está compuesto de un rotor, estator y una carcasa envolvente

## 2. Construcción de un Motor (1/4)

Los motores trifásicos de inducción en corriente alterna (con rotor jaula de ardilla) son los más utilizados para todas las aplicaciones de la industria en general.

Las partes fundamentales un motor trifásico de inducción son:

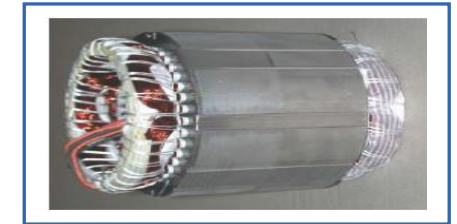
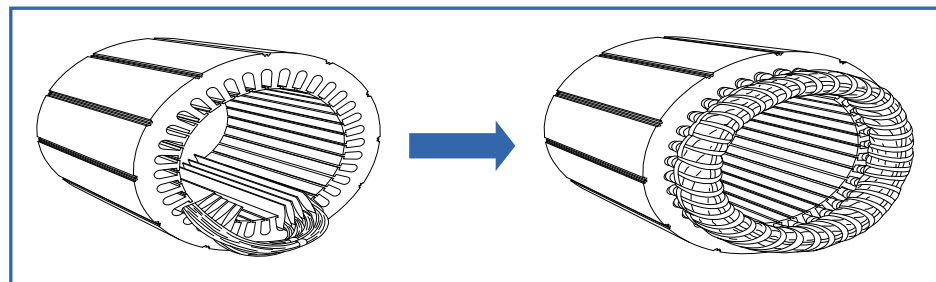
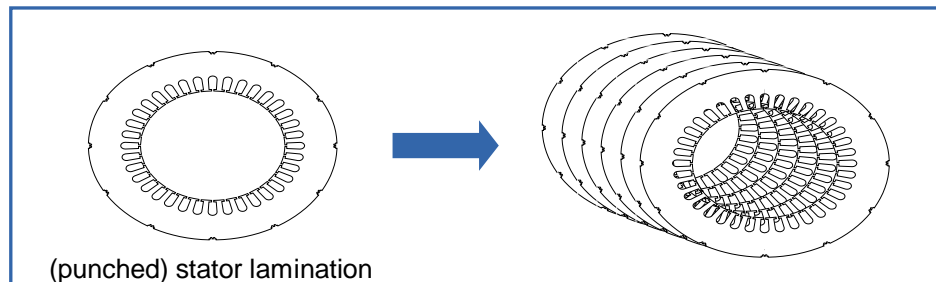
- Estator y Rotor ▶ componen un circuito electromagnético & “hacen el trabajo”
- Carcasa ▶ protege el estator y el rotor



# El estator está compuesto de núcleo hueco cilíndrico y un bobinado con conductores aislados

## 2. Construcción de un Motor (2/4)

**Estator:** parte estática del circuito electromagnético del motor



### Núcleo estático

Consiste de láminas de acero delgadas y eléctricamente aisladas (**laminado**) apiladas para formar un núcleo cilíndrico hueco

- ▶ El tipo de construcción en capas reduce las pérdidas de energía derivadas de corrientes de Foucault<sup>1</sup>

### Bobinado estático

Son bobinas de un alambre conductor aislado que se inserta en las ranuras del núcleo

- ▶ Los bobinados del estator están conectados a la fuente de alimentación: durante el funcionamiento, cada grupo de bobinas funciona como un electroimán.

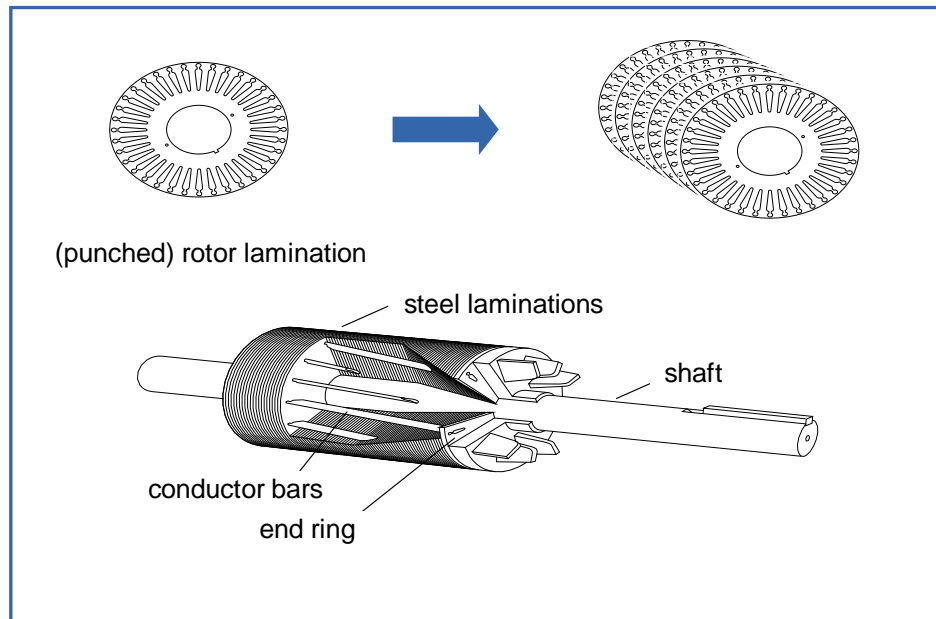
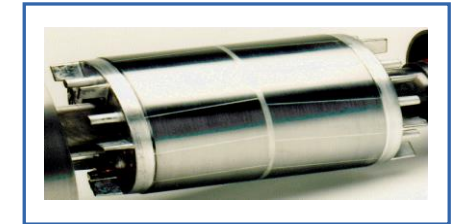
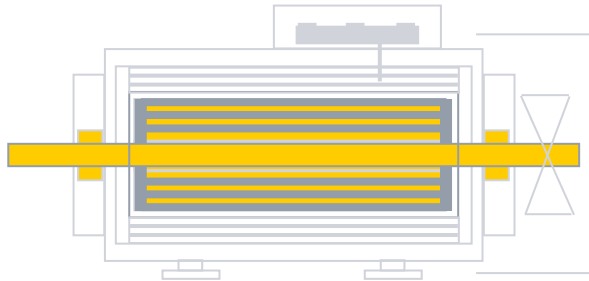
1) Las corrientes parásitas son inducidas por un campo magnético cambiante en un conductor y generan pérdidas resistivas que se convierten en calor. Los gaps aislantes entre laminaciones evitan que las corrientes parásitas circulen en bucles conductivos, reduciendo las pérdidas asociadas a ellas.

**Note:** El bobinado influye directamente en las características técnicas del motor. El diseño y aislación del bobinado influyen considerablemente en la vida útil del motor.

# El rotor está compuesto de un núcleo cilíndrico y una jaula interna de barras conductoras

## 2. Construcción de un Motor (3/4)

(Jaula de ardilla) rotor: parte rotante del circuito electromagnético del motor



### Núcleo Rotórico

Consiste de láminas delgadas eléctricamente aisladas apiladas para formar un cilindro

► Nuevamente, el tipo de construcción en capas disminuye las pérdidas

### Barras conductoras

▪ Son de aluminio y/o cobre

▪ Incrustadas en ranuras espaciadas uniformemente alrededor del cilindro

▪ Conectados mecánica y eléctricamente con anillos extremos (de manera que están permanentemente en cortocircuito)

► En operación, la corriente fluye a través de las barras del rotor, junto con el núcleo de acero laminado, generándose campos magnéticos

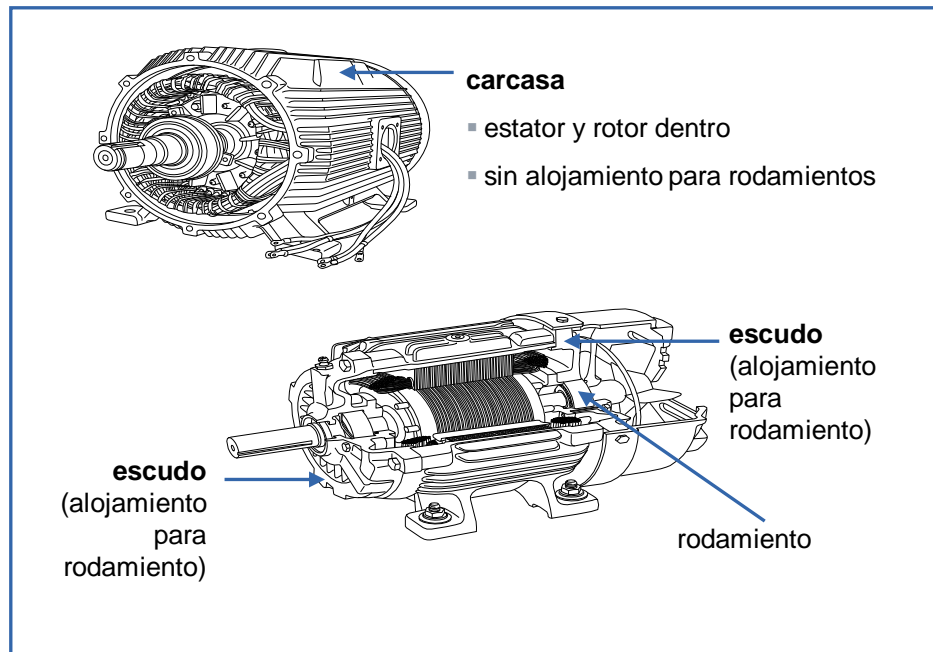
El rotor se prensa sobre un **eje de acero**

**Nota:** La forma de las barras rotóricas (determinadas por la forma de los slots) influyen las características de torque del motor.

# La carcasa consiste de una envolvente que contiene el estator; los escudos contienen el rotor

## 2. Construcción de un Motor (4/4)

**Carcasa:** reúne los componentes del motor y protege las partes internas de agua y otros elementos del ambiente



### Carcasa

Consiste de una **envolvente** y dos **escudos** (alojamientos para rodamientos)

- El estator está montado dentro de la **envolvente**
- El rotor se ajusta dentro del estator (c/entrehierro), sostenido por dos **escudos**
- Cada escudo posee un alojamiento para contener el **rodamiento** sobre el cual se apoya el eje del rotor
- Bearings support the rotor and allow it to turn

### SIEMENS motors

Materiales utilizados en las carcasas:

- **Fundición de hierro** para motores **1LE0-1LE15**
- **Aluminio** para motores **1LE10**



# El tamaño constructivo de un motor indica la altura de eje y el largo de la máquina

## 3. Términos básicos asociados a motores

Tamaño constructivo & dimensiones de montaje están **estandarizadas** (ej. IEC 60072)

**Ejemplo:** altura de eje, distancia entre orificios de montaje, dimensiones del eje, dimensiones de las bridas (si aplica)

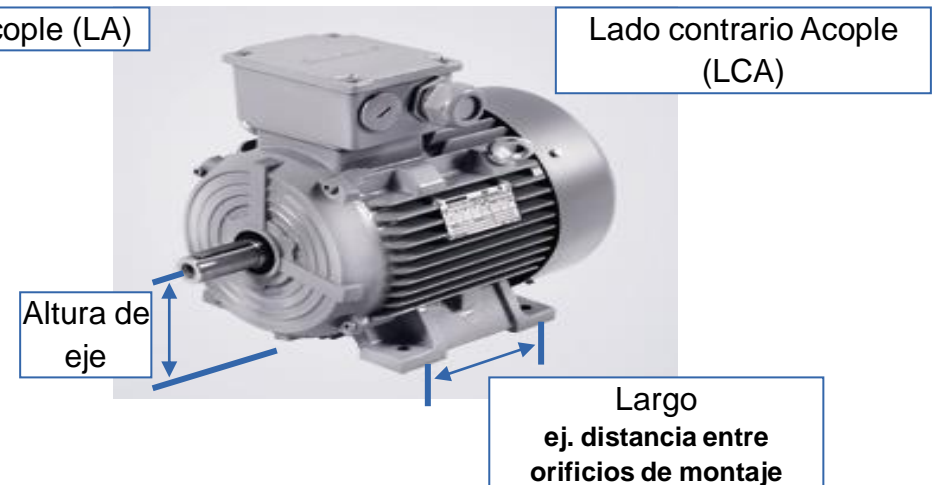
### Tamaño constructivo (conforme a IEC 60072)

El **tamaño constructivo** de un motor indica la altura de eje y el largo:

- **Altura de eje:** distancia desde el centro del eje a la superficie de montaje (en milímetros)
- **Largo de carcasa:** largo relativo de la carcasa del motor (S: pequeño, M: promedio, L: largo), e.j. determinado con la distancia entre orificios de montaje

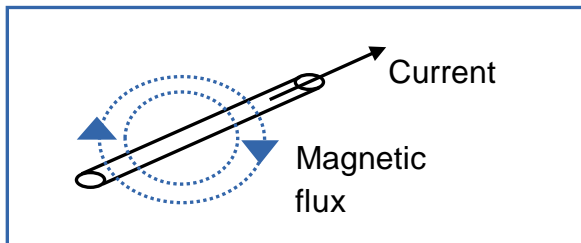
### Ejemplos:

- **132S** ▶ altura de eje = 132mm, largo de carcasa = pequeño (140 mm entre orificios de montaje)
- **132M** ▶ altura de eje = 132mm, largo de carcasa = promedio (178 mm entre orificios de montaje)

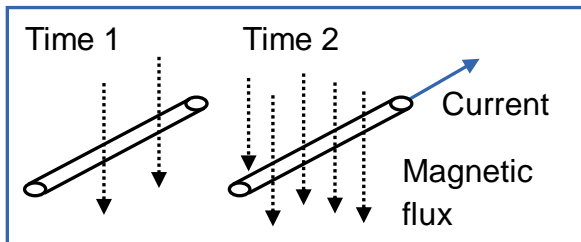


# La operación de un motor AC de inducción está basada en los principios del electromagnetismo

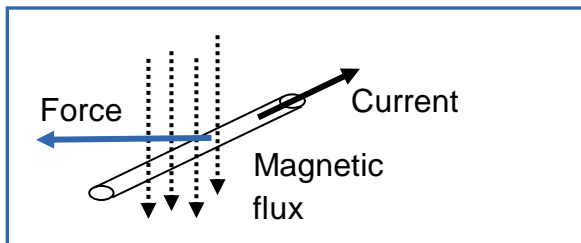
## 4. Operación de un motor (1/4)



Una corriente a través de un conductor genera un campo magnético (proporcional a la cantidad de corriente)



Un campo magnético variable induce una tensión sobre un conductor (resultando en un flujo de corriente)



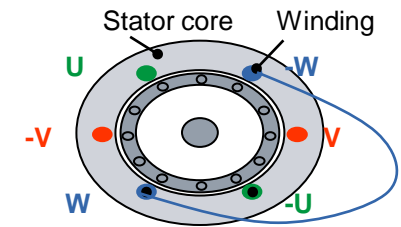
Un conductor que transporta una corriente que es expuesto a un campo magnético experimenta una fuerza (fuerza de Lorentz)

# Aplicando una corriente alterna trifásica al bobinado estático se genera un campo magnético rotante



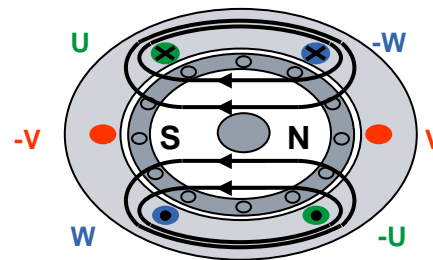
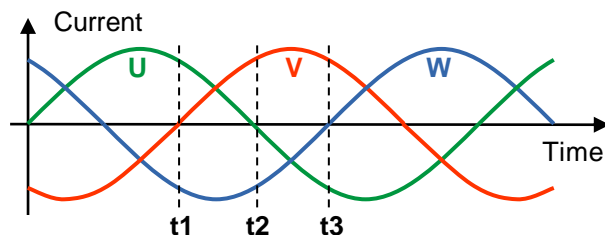
## 4. Operación de un Motor (2/4)

El bobinado del estator contiene **tres fases separadas (U, V, W)** simétricamente dispuestos alrededor del estator.

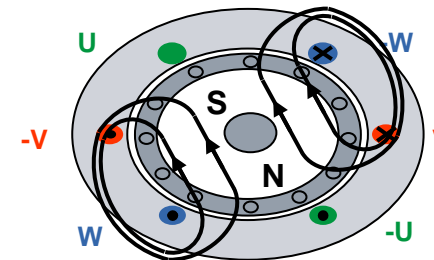


El bobinado está conectado a la **fuerza de tensión alterna AC trifásica**:

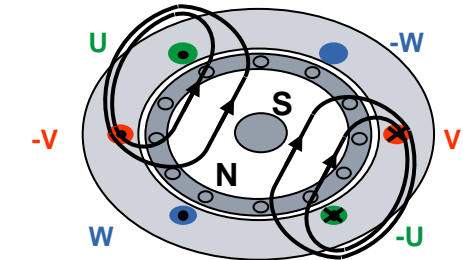
- **Corrientes alternas** circulan por las fases del bobinado **desfasadas 120°**
- A medida que fluye la corriente, el bobinado estático crea un **campo magnético rotante** en el tiempo con las corrientes alternas



Time t1



Time t2



Time t3

Velocidad del campo magnético rotante: **velocidad sincrónica  $n_s$**

# La velocidad sincrónica depende de la frecuencia de la señal y del número de polos del bobinado

## 4. Operación de un Motor (3/4)

La **velocidad sincrónica**  $n_s$  (velocidad de rotación del campo estático) depende de

- **Frecuencia** de la corriente alterna (ej. 50 Hz o 60 Hz)
- **Número de polos** (determinado por la disposición del bobinado en el estator)

### Número de polos

#### 2 polos

(por fase de bobinado, ej. U, -U)

una **rotación** del campo magnético **por período** de la corriente AC

#### 4 polos

(por fase de bobinado, ej. 2x U, -U)

Media **rotación** del campo magnético **por período** de la corriente AC

### Relación

Velocidad sincrónica:

$$n_s \text{ [rpm]} = 120 \cdot f \text{ [1/s]} / p$$

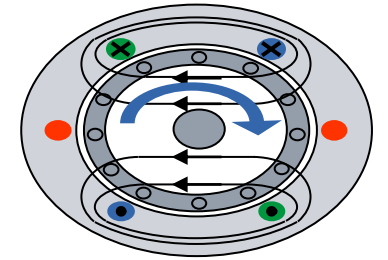
f: frecuencia aplicada  
p: número de polos

Line frequency f	Number of poles	Synchronous speed $n_s$ [1/min]
50 Hz	2	3000
	4	1500
	6	1000
60 Hz	2	3600
	4	1800
	6	1200

# Las fuerzas electromagnéticas causadas por el campo estático permiten que el rotor desarrolle torque y aceleración

## 4. Operación de un Motor (4/4)

- El campo magnético rotante del estator fluye sobre el rotor (▶ campo variable) e **induce una tensión**
- La tensión inducida causa un **flujo de corriente en las barras conductoras** del rotor
- **La interacción** entre el campo magnético rotante y las barras conductoras del rotor **resultan en una fuerza dinámica**
- El rotor desarrolla **torque y aceleración** tras la velocidad del campo magnético rotante
- **La velocidad de operación del rotor** ( $n$ ) será levemente **menor a la velocidad sincrónica** ( $n_s$ ), dependiendo de la carga



### Por qué el rotor no puede girar a la velocidad sincrónica del campo?

- Si el rotor alcanzara la velocidad del campo estático, las barras del rotor no podrían “ver” una **variación** del campo magnético
  - ▶ 0 tensión inducida / 0 corriente rotor / 0 torque
- A mayor **gap de velocidad** entre campo estático y rotor, mayor tensión inducida en las barras rotóricas y mayor torque disponible
  - ▶ A la velocidad de operación, el torque producido equivale al torque que demanda la carga

### Resbalamiento

- ▶ Diferencia relativa entre la velocidad del campo estático y el rotor:

$$s = (n_s - n) / n_s$$

$n$ : velocidad del rotor

$n_s$ : velocidad de campo (sincrónica)

### Ejemplo

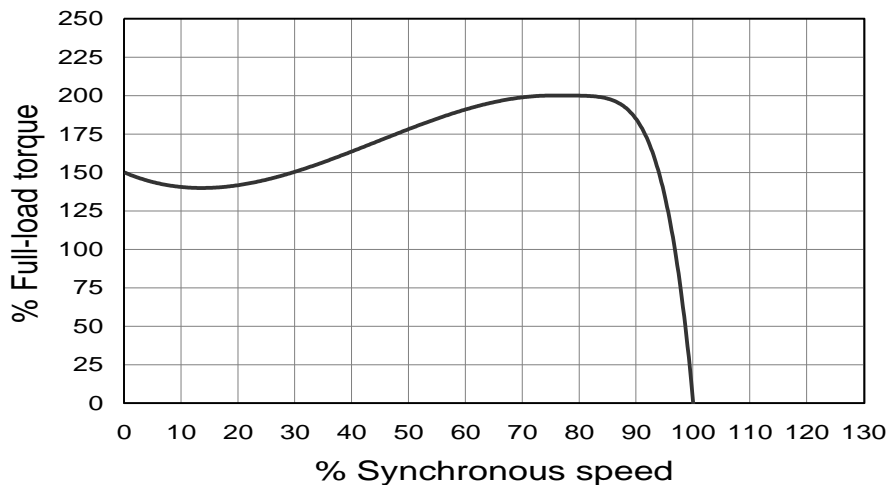
- Velocidad sincrónica:  $n_s = 3000$  rpm (motor 2 polos, 50Hz)
- Velocidad del rotor (velocidad del motor):  $n = 2880$  rpm
- ▶ **Resbalamiento:**  $s = (3000 - 2880) / 3000 = 0.04 = 4\%$

# La relación entre el torque y la velocidad habitualmente se muestra en un gráfico característico, llamado curva de par-velocidad

## 5. Curva par-velocidad (1/4)

**Curva de par-velocidad:** muestra el torque producido por un motor funcionando a diferentes velocidades de rotación

**Nota:** curvas específicamente para motores trifásicos de inducción AC



**Torque o Par (M):** fuerza de torsión que genera que un objeto rote

▶ medido en Newton-Metro [Nm]

**Velocidad (n):** determina cuánto le toma a un objeto rotar una distancia angular

▶ medido en revoluciones por minuto [rpm]

Torque & Velocidad determinan la **potencia mecánica (P)** producida por el motor:

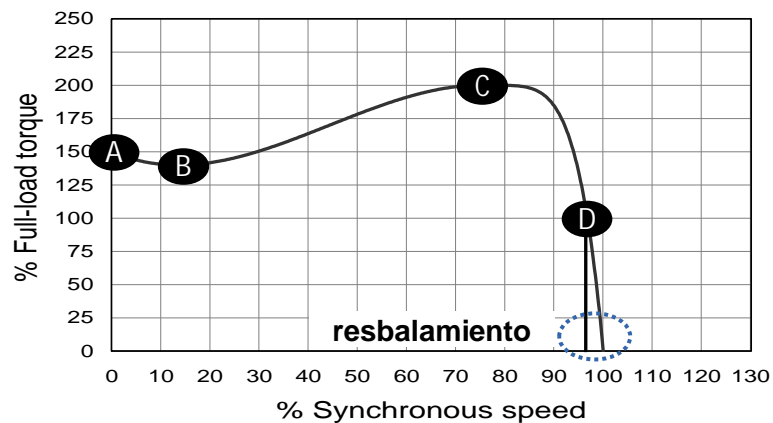
$$P \text{ [kW]} = M \text{ [Nm]} \cdot n \text{ [rpm]} / 9550$$

▶ Los motores son diseñados con características de par-velocidad para cubrir requerimientos de aplicaciones habituales (como por ej. ventiladores ▶ ver próximos slides)

# Una curva de par-velocidad se caracteriza por valores específicos de torque en el gráfico

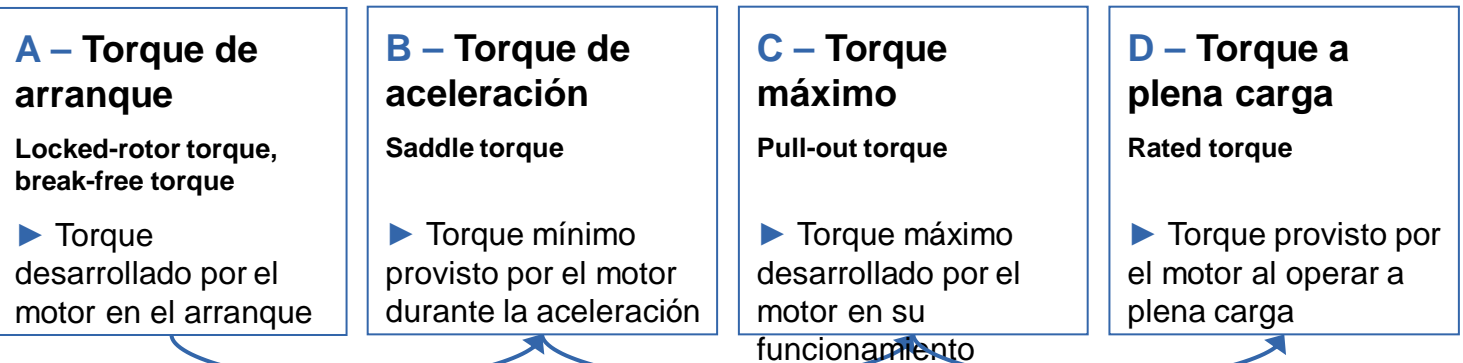
## 5. Curva par-velocidad (2/4)

Cuando un motor es alimentado por una tensión y frecuencia determinada, una **curva típica de par-velocidad** se forma tal como se ve a continuación:



**Nota: el resbalamiento es el** % de diferencia entre la velocidad sincrónica del campo estático y la velocidad del motor (del rotor)

► Si el motor funcionara a velocidad sincrónica, no habría torque disponible



Cuando el motor comienza acelerar, el torque disminuye hasta que se alcanza el par de aceleración

Mientras la velocidad sigue incrementándose, el torque se incrementa a su nivel máximo

El par disminuye rápidamente cuando la velocidad se incrementa por encima del punto de par máximo

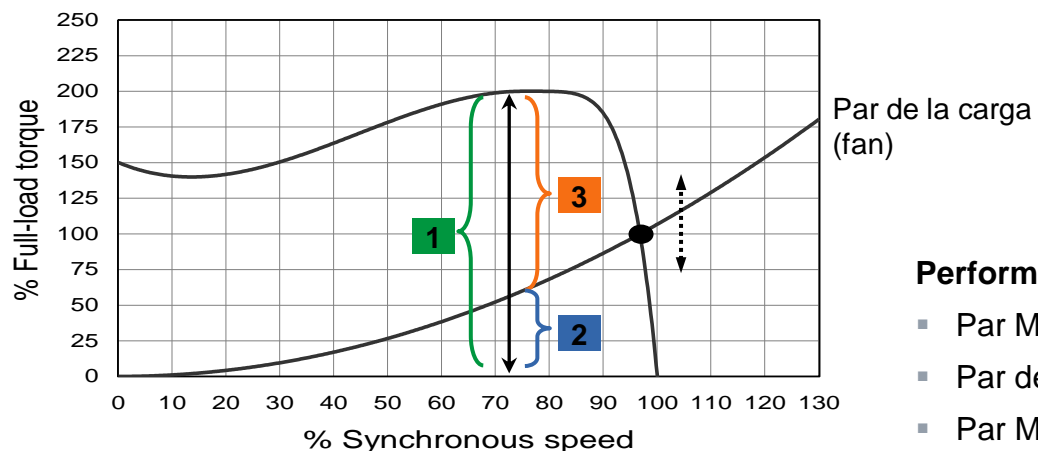
# Las curvas de par-velocidad son útiles para entender la performance de un motor bajo carga

## 5. Curva par-velocidad (3/4)

La carga conectada al motor crea un **par de carga** que contrarresta el movimiento de rotación.

Para poder **mover o acelerar la carga**, el torque producido por el motor debe ser al menos igual al torque requerido por la carga.

Gráfico ilustrativo



1 - **Torque del motor disponible**

2 - **Porción del torque del motor requerido por la carga<sup>1</sup>**

3 - **Porción del torque del motor disponible para aceleración**

### Performance del Motor

- Par Motor > Par de carga ► crece la velocidad del motor
- Par de carga > Par motor ► decrece la velocidad del motor
- Par Motor = Par de carga ► velocidad constante

**Nota:** Si la carga cambia, la curva de par-velocidad se modifica, y la velocidad y par de operación del motor cambiarán.

1) El motor sólo entrega lo que la carga requiere – si no hay carga conectada, el par disponible del motor se utiliza mayormente para aceleración.



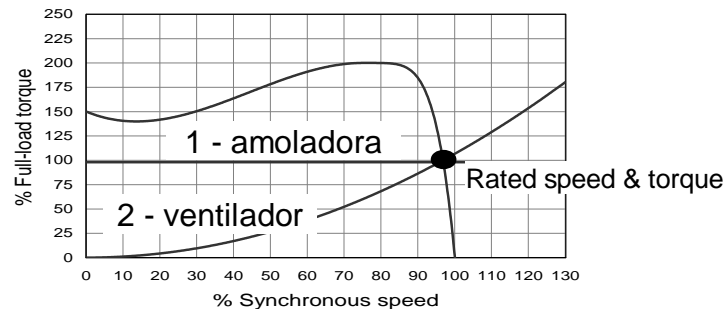
# Para seleccionar el motor conforme a la carga, la curva par-velocidad del motor se compara al par requerido por la carga

## 5. Curva par-velocidad (4/4)

Idealmente, el motor debería operar a su velocidad y torque nominal

- ▶ El par motor debe ser suficiente para poder acelerar el motor y la carga a la velocidad nominal
- ▶ A velocidad nominal, el par de carga debería equivaler al par nominal del motor

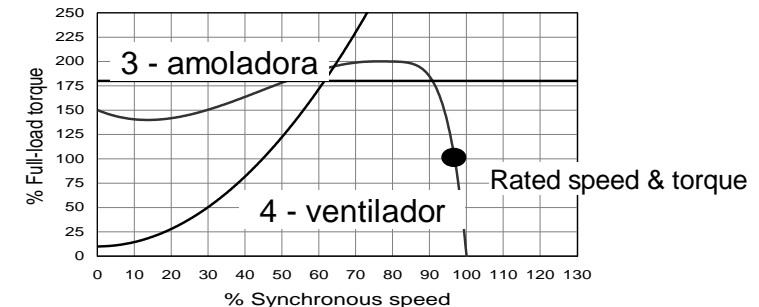
### Ejemplo ▶ motor dimensionado BIEN



**Par de carga 1 & 2:** El motor provee torque suficiente

- ▶ El motor va a acelerar y operar a su velocidad y par nominal

### Ejemplo ▶ motor dimensionado MAL (subdimensionado)



**Par de carga 3:** par de arranque insuficiente para mover el rotor

- ▶ El motor no arranca y se sobrecalienta (debido a una alta larr)

**Par de carga 4:** par insuficiente para alcanzar velocidad nominal

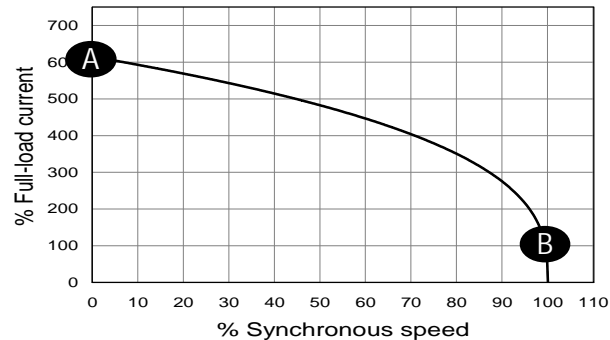
- ▶ El motor funciona a baja velocidad y se sobrecalienta (debido a altas corrientes y menor ventilación)

# Una curva de velocidad-corriente describe la corriente consumida por el motor en diferentes velocidades de rotación

## 6. Curva de par-corriente

**Curva par-corriente:** muestra la corriente consumida por el motor funcionando en diferentes velocidades de rotación (durante el proceso de aceleración)

Cuando un motor es alimentado por una tensión y frecuencia determinada, una **curva típica de par-corriente** se forma tal como se ve a continuación:



### A – Corriente de arranque

Locked-rotor current

▶ Corriente suministrada al motor antes de comenzar a operar

### B – Corriente nominal

Rated current

▶ Corriente suministrada al motor funcionando a carga nominal

La corriente de arranque y la nominal son utilizadas para caracterizar la relación entre la velocidad del motor y la corriente del mismo.

### Notas:

- I<sub>arr</sub> puede alcanzar 8-10x la corriente a plena carga lo cual supone un estrés eléctrico para la línea
- Si un motor es operado considerablemente por debajo de su velocidad nominal, va a consumir más corriente, sobrecalentándose y poniendo en riesgo su vida útil

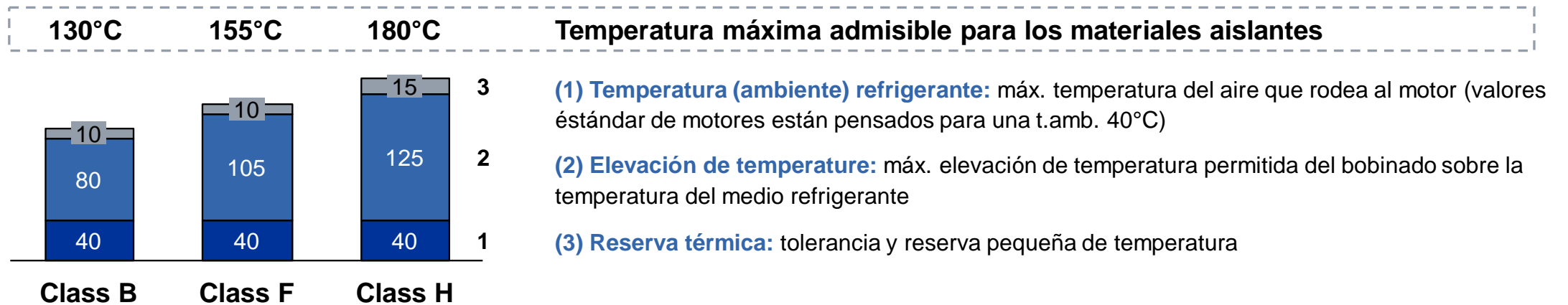
# Los límites de sobre-elevación de temperatura de los aislantes son indicados por las clases térmicas

## 7. Clases térmicas (1/2)

El bobinado del motor está eléctricamente aislado por un sistema de aislación<sup>1</sup>.

**Clases térmicas:** indican la temperatura máxima en la que el sistema de aislación puede operar sin fallas (► no implican otros materiales o componentes del motor)

### Definición de las clases térmicas (conforme a IEC 60085)



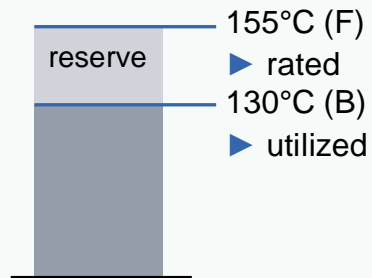
# Los motores Siemens poseen aislantes clase 155 (F) pero operan en el límite de la clase 130 (B) a potencia nominal

## 7. Clases térmicas (2/2)

### SIEMENS motors

Siemens provee motores **clase 155 (F)** utilizados hasta el límite de la **clase 130 (B)**;

- Provistos con **clase 155 (F)** en todos los materiales (permitiendo operación permanente a 155°C)
- Pero operan hasta el límite de la **clase 130 (B)** (funcionando DoL sobre condiciones nominales)



**La reserva de temperatura** permite un incremento extra de calor, por ej. Debido a sobrecargas, mayores temp. ambientes, o utilización con VFD.

Los motores estándar de Siemens pueden ser operados por ej.

- a 10% (IE1) o 15% (IE2) **de sobrecarga** (40°C t. amb.)
- a 50°C **temp. amb.** (a carga nominal) o
- con accionamiento **convertidor** (carga nominal)

*Cada situación resultando en la utilización térmica al límite de la clase 155 (F).*

### Y qué ocurre con la clase H?

A pesar que en la Unión Europea usamos en parte alambres que soportan la clase 180 (H), no etiquetamos los motores como clase H.

- ▶ Otros componentes del motor (como rodamientos o la pintura) se podrían dañar a temperaturas por sobre el límite de la clase 155 (F). ▶ La **vida útil esperada** del motor se podría reducir con utilización sobre el límite de la Clase F.
- ▶ Siemens sólo clasifica motores como clase 180 (H) si el motor completo (incluyendo todos los materiales y componentes) es clase-H.

# Protección por sobrecarga térmica vía monitoreo de corriente del motor y temperatura del bobinado

## 8. Protección del Motor (protección del bobinado) (1/2)

La **temperatura del motor** se incrementa durante la operación fruto de las potencias de pérdidas:

- Un **daño** térmico es posible si la temperatura se incrementa demasiado en un período de tiempo extenso, ej. debido a cargas de alto par, número de arranques, o un rotor bloqueado<sup>1</sup>

► **Protección del bobinado del Motor** puede ser requerido para prevenir sobrecargas térmicas

### A) Relés de sobrecarga / interruptores

► *Protección asociada a la corriente*

- **Mide la corriente** suministrada por la línea, lo cual impacta directamente en la temperatura del motor
- Si se suministra demasiada corriente por un tiempo extendido, se interrumpe el suministro de energía al motor para **evitar un daño térmico**

-----  
Ej. Protección efectiva para casos de rotor bloqueado

### B) Sensores de temperature en el bobinado

► *Protección asociada a la temperatura*

#### ▪ **Medición directa de la temperatura en bobinado**

- Un dispositivo de disparo evalúa el estado de la temperatura: cuando se alcanza una determinada temperatura, el flujo eléctrico al motor se interrumpe para evitar daños térmicos

-----  
Ej. Protección adicional en caso de arranques severos, conmutación en el servicio, cambios en el estado de carga, alta temp. amb, uso con VFD, etc.

1) En cada caso, el motor tendrá una corriente elevada que dará como resultado altas temperaturas de bobinado y motor.

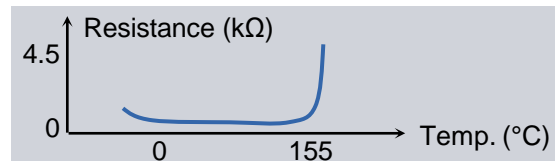
# Sensores de temperatura incluidos (PTC, KTY, PT100) miden directamente la temperatura en las bobinas

## 8. Protección del Motor (protección del bobinado) (2/2)

### Tipos de sensores de temperatura para la protección del motor<sup>1</sup>:

#### PTC

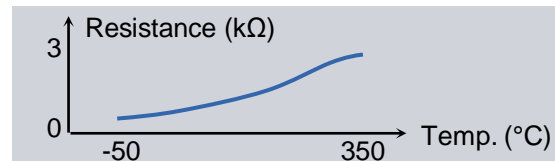
- Baja resistencia por debajo & aumento pronunciado de la resistencia por encima de la temperatura de disparo



- 3 PTCs para disparo, otros 3 PTCs para alarma a una temperatura menor
- Evaluación con unidad de disparo externa

#### KTY84-130

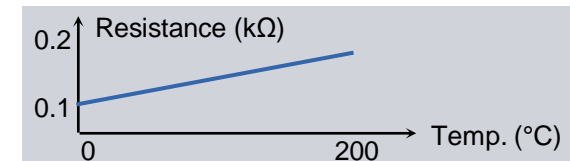
- Resistencia cambia con la temperatura de acuerdo a una curva definida



- Se puede parametrizar temperatura de alarma y disparo
- Se puede evaluar con VFD

#### PT100

- Resistencia cambia linealmente con la temperatura
- Alta precisión / sensibilidad / confiable



- Se puede parametrizar temperatura de alarma y disparo
- Se puede evaluar con VFD

#### SIEMENS motors

- Motores 1LE0 IE2 provistos con 3 PTC (disparo) en versión estándar para FS 132 en adelante
- Todos nuestros motores pueden contar con el opcional de incluir PTCs (opcional A11)
- KTY84-130 y PT100 disponibles a pedido para motores 1LE1

1) Los sensores están instalados en cabeza de bobina. Posible conexión a través de terminales auxiliares en la caja de bornes.

## 9. Métodos de ventilación (codificación IC) (1/3)

La transformación de energía eléctrica en mecánica tiene asociadas pérdidas mecánicas y eléctricas que causan un **incremento en la temperatura del motor**

► Para contrarrestar este sobrecalentamiento, existen diferentes **métodos de ventilación**

### Tipo de circulación del refrigerante

- Refrigeración de **circuito abierto**

Circulación a través del motor con contacto directo entre el refrigerante y las partes del motor (por ejemplo, aire que pasa a través del motor)

- Refrigeración **superficial**

Transferencia de calor a través de la superficie externa del motor (ej. vía la superficie acanalada)

- Refrigeración de **circuito cerrado**

Circulación del refrigerante intermedio en circuito cerrado a través del motor y el intercambiador de calor (e. motor refrigerado por agua con intercambiador de calor)

### Refrigerante

- Aire
- Agua
- Aceite
- ...

### Tipo de movimiento del refrigerante

- Refrigeración **natural**

Refrigerante movido por el flujo de aire natural creado por el aire caliente que se eleva por encima o en la máquina

- **Auto-ventilado**

Refrigerante movido por la propia máquina (por ejemplo, por el efecto de un ventilador montado en el eje)

- Refrigeración **separada**

El refrigerante se mueve independientemente de la velocidad del motor (por ejemplo, mediante un ventilador accionado por separado)

# El método utilizado de ventilación se clasifica en la codificación internacional IC (IEC 60034-6)

## 9. Métodos de ventilación (codificación IC) (2/3)

IC (international cooling): clasifica los métodos de ventilación (conforme a IEC 60034-6)

**Código IC**

IC 4 A 1 A 1

**Tipo de circulación del refrigerante / disposición del circuito (1<sup>er</sup> dígito)**

**Refrigerante primario (2<sup>do</sup> dígito) & método de movimiento del mismo (3<sup>er</sup> dígito)**  
El refrigerante primario elimina el calor de la máquina a través del contacto directo con las piezas

**Refrigerante secundario (4<sup>to</sup> dígito) & método de movimiento del mismo (5<sup>to</sup> dígito) (si aplica)**  
El refrigerante secundario elimina el calor del primario a través de la superficie externa del motor o intercambiador de calor

**Nota:** si el refrigerante primario y secundario es **aire (A)**, el 2<sup>do</sup> y 4<sup>to</sup> dígito se pueden omitir ► ej. IC 4A1A1 puede reducirse a IC 411

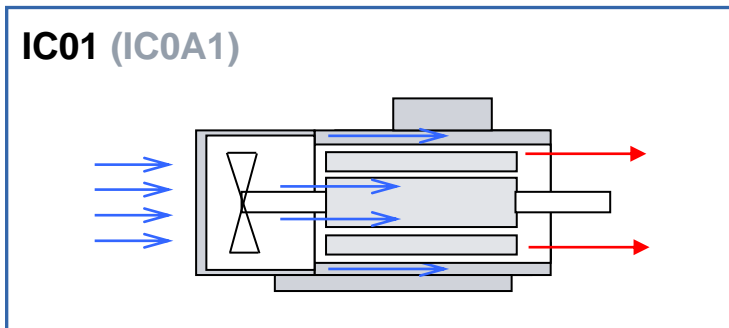
1 <sup>st</sup> digit		2 <sup>nd</sup> / 4 <sup>th</sup> digit		3 <sup>rd</sup> / 5 <sup>th</sup> digit	
Type of coolant circulation		Coolant used		Type of coolant movement	
0	Machine with free air inlet and outlet	A	Air	0	Natural cooling
1	Pipe-ventilated machine, one inlet duct	F	Freon	1	Self-cooling
2	Pipe-ventilated machine, one outlet duct	H	Hydrogen	...	
3	Pipe-ventilated machine, inlet and outlet duct	...		5	Separate cooling (using integrated cool. device)
4	Frame surface cooled	W	Water	6	Separate cooling (using mounted cooling device)
5	Machine w/ integrated heat exchanger (using surrounding medium)	U	Oil	7	Separate cooling (using separated cool. device)
6	Machine w/ mounted heat exchanger (using surrounding medium)	S	Other	8	Relative displacement cooling
...		...		...	



# Los motores estándar son “TEFC: Totally enclosed fan-cooled” (IC411)

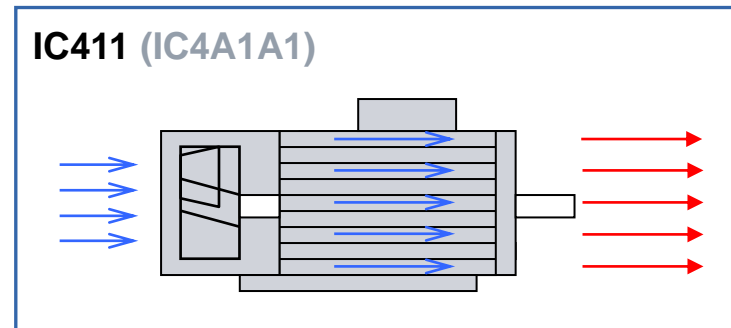
## 9. Métodos de ventilación (codificación IC) (3/3)

Ejemplos de métodos habituales de ventilación:

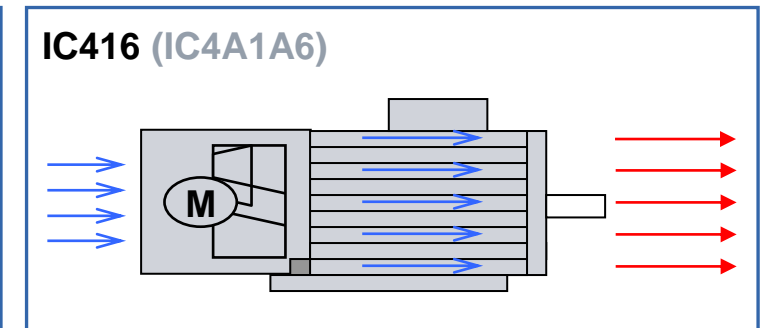


- Open-circuit cooled & self-ventilated
- Refrigeración por aire suministrado **a través del motor**

*0: free air inlet & outlet (open circuit), A1: air moved by fan mounted on shaft (self-cooling)*



- Totally enclosed fan-cooled (TEFC)
  - Refrigeración por aire suministrado **sobre la superficie** (por **ventilador montado sobre el eje**)
- 4: surface cooled, A1: air inside of motor transports heat to surface (self-cooling), A1: surrounding air absorbs heat from surface, moved by fan mounted on shaft (self-cooling)*



- Totally encl. forced-ventilated (TEFV)
  - Refrigeración por aire suministrado **sobre la superficie** (por **ventilación forzada**)
- 4: surface cooled, A1: air inside of motor transports heat to surface (self-cooling), A6: surrounding air absorbs heat from surface, moved by separately-driven fan (separate cooling)*

### SIEMENS motors

Los motores Siemens estándar son TEFC (totally enclosed and fan-cooled; IC 411)

# La conexión del motor con la línea de suministro se establece a través de la caja de conexión

## 10. Caja de Terminales

El motor se conecta uniendo los conductores que provienen de la línea a los conductores del devanado del estatórico.

- ▶ Los terminales para permitir esta conexión están accesibles en la [caja de terminales](#)

### SIEMENS motors

#### Ubicación & montaje

- Montaje **superior** sobre carcasa
- Atornillado en su lugar de montaje



#### Terminales

- Caja de conexiones preconfigurada con la placa de terminales (que posee los terminales de conexión)
- Placa de terminales firmemente ajustada a la carcasa (los cables de conexión al motor no se tuercen al girar la caja)
- Instalación más simple y rápida en espacios confinados ya que se cuenta con acometida desde cualquier dirección

#### Diseño & material

- **Dos entradas de cables**, selladas con prensacables
- **Rotación** 4 x 90° ▶ acometida posible LA, LCA, o cualquiera de los lados del motor (para motores 1LE1 FS 80-90, rotación 360° posible)
- Fundición de hierro (1LE0) o aluminio (1LE1)



# Los conductores de la línea de suministro están conectados a los puntos de inicio de las fases del bobinado

## 11. Conectando un motor (1/3)

El **bobinado trifásico** de un motor puede representarse como un sistema de tres inductores:

- **U1, V1, W1** indican los puntos de **inicio**
- **U2, V2, W2** indican los puntos de **fin**

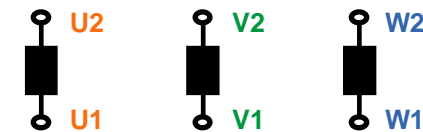
Starting & end points of the winding phases are connected to and accessible through six terminals in the motor's **terminal box**.

Al **conectar un motor a la línea**, los tres conductores principales (L1, L2, L3) se conectan a los puntos de inicio de las fases del bobinado (U1, V1, W1).

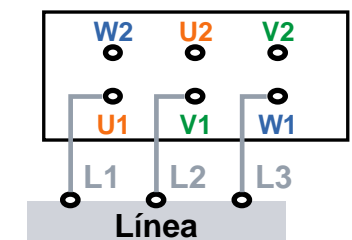
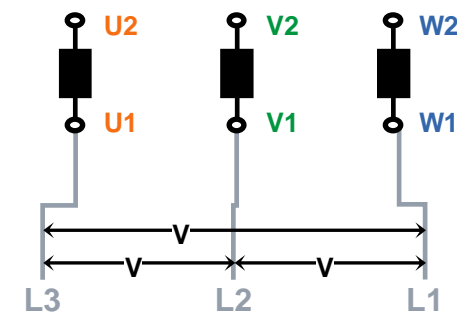
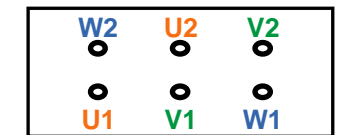
La dirección de rotación puede revertirse si se intercambian dos puntos de conexión.

La **tensión de la línea** (V) refiere la tensión entre cada par de los tres conductores principales (**tensión entre fases**).

Esquema bobinado



Caja de conexiones



# Las fases del bobinado se pueden conectar en configuración $\Delta$ -triángulo o Y-estrella

## 11. Conectando un motor (2/3)

Un motor se puede conectar con dos **configuraciones de circuito**:

- **Triángulo ( $\Delta$ )** ► el fin de una fase se conecta con el comienzo de la próxima fase
- **Estrella (Y)** ► se conectan el fin de las fases del bobinado

Para los motores que pueden operar en ambas configuraciones, la **tensión nominal de línea en Y es mayor a la tensión en  $\Delta$** .

### Ejemplos

**230V $\Delta$  / 400VY** motores ► pueden conectarse a:

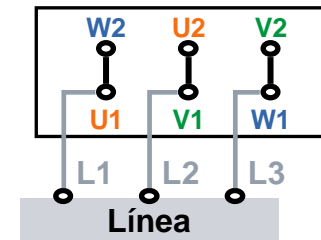
- 230V en configuración  $\Delta$  y
- 400V en configuración Y

**400V $\Delta$  / 690VY** motores ► pueden conectarse a:

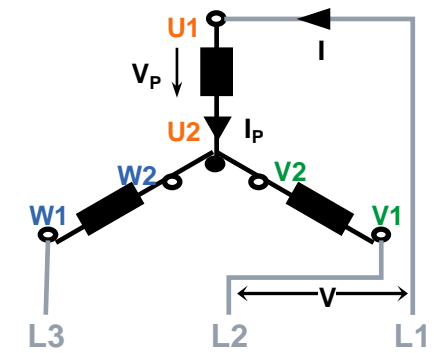
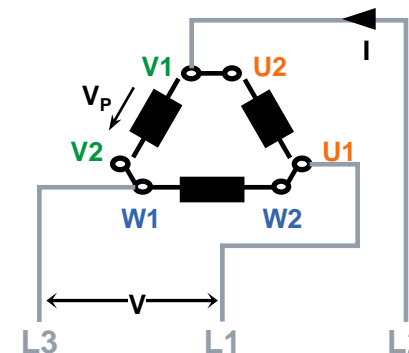
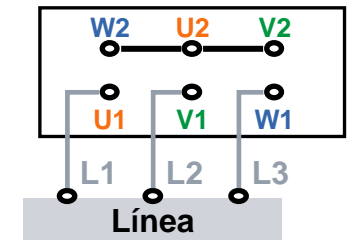
- 400V en configuración  $\Delta$  y
- 690V en configuración Y

► En ambas configuraciones, el motor provee su potencia nominal con el mismo torque y velocidad nominal

Triángulo ( $\Delta$ )



Estrella (Y)



# En Y-Estrella, se requiere una tensión superior para producir la misma potencia y torque que en $\Delta$ -Triángulo

## 11. Conectando un motor (3/3)

Por qué existe esta diferencia de tensión entre la configuración  $\Delta$  y la Y?

En  $\Delta$ -triángulo

- tensión en cada fase del bobinado = tensión de línea ( $V_p = V$ )
- resultando en corrientes específicas en cada fase, torque y potencia

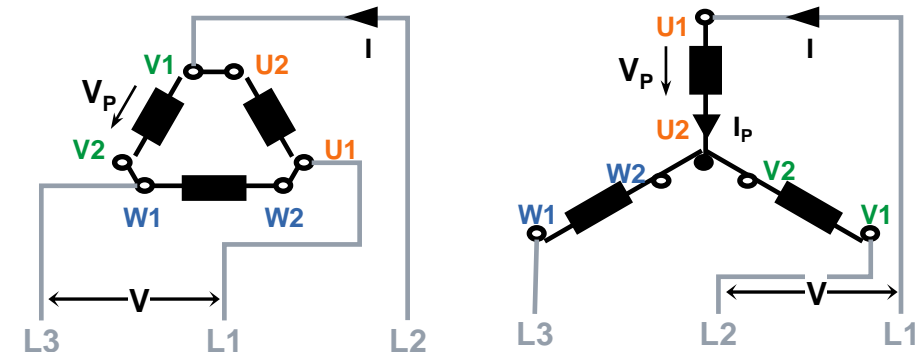
En Y-estrella

- tensión en cada fase del bobinado < tensión de línea ( $V_p < V$ )
- resultando en **menores** corrientes por fase, torque y potencia

▶ En Y-estrella, una **tensión de suministro superior V** debe ser aplicada para alcanzar el mismo nivel de corrientes por fase, torque y potencia como en  $\Delta$ -triángulo<sup>1</sup>

Dada una fuente de tensión constante (V), aplica:

- Corriente en fases en  $\Delta$   $\sqrt{3}x$  superiores que en Y.
- Corriente de arranque del motor en  $\Delta$   $3x$  superior que en Y.
- Torque de arranque del motor en  $\Delta$   $3x$  superior que en Y.



	Triángulo ( $\Delta$ )	Estrella (Y)
Tensión e/fase bobinado	$V_{p\Delta} = V$	$V_{pY} = V / \sqrt{3}$
Corriente e/fase bobinado	$I_{p\Delta} = V_{p\Delta} / Z$	$I_{pY} = V_{pY} / Z$
Corriente larr del motor (en cables)	$I_{\Delta} = I_{p\Delta} \cdot \sqrt{3}$	$I_Y = I_{pY}$
Torque Marr del motor	$M_{\Delta} = k \cdot V_{p\Delta}^2$	$M_Y = k \cdot V_{pY}^2$

$k =$  constante (dependiente del motor),  $Z =$  resistencia por fase

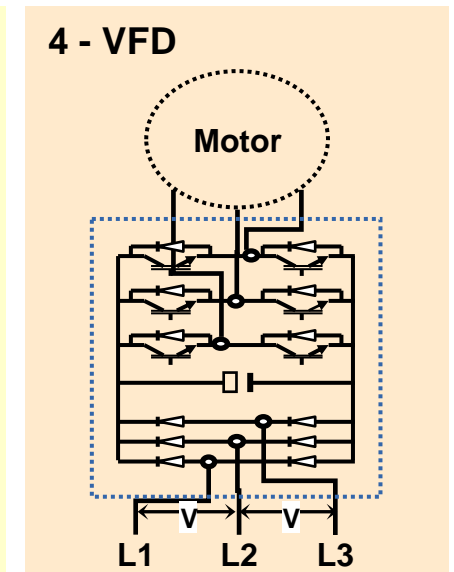
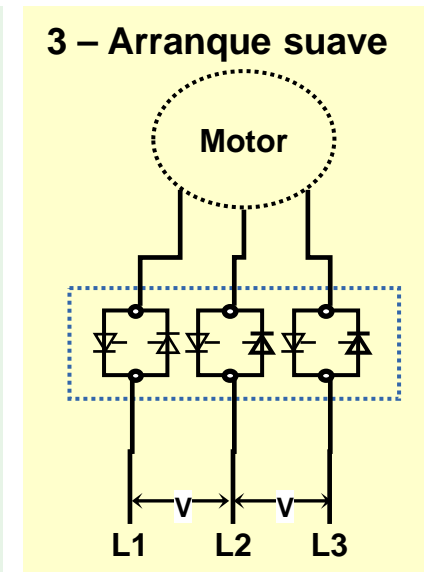
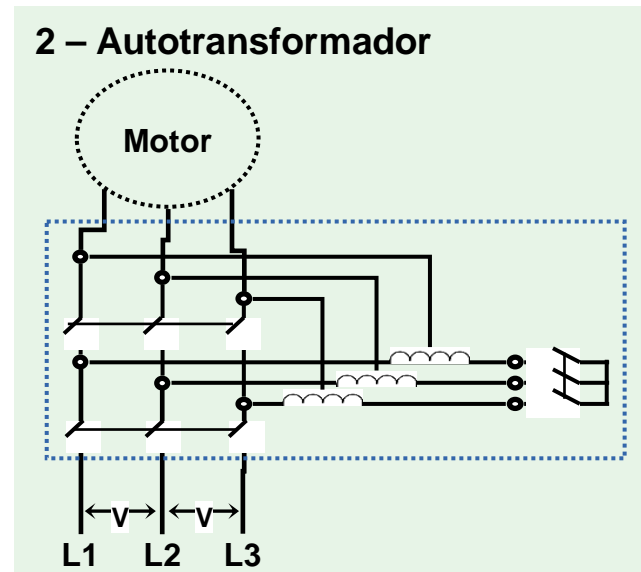
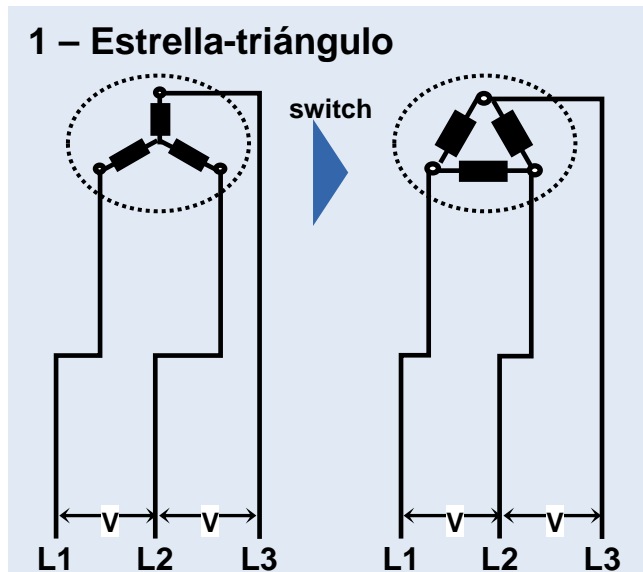
1) Tensión de suministro en Y debe ser  $\sqrt{3}$  veces superior que en  $\Delta$ . Ej: una tensión 400V en  $\Delta$  requiere  $400V \cdot \sqrt{3} = 690V$  en Y ( $400V\Delta/690VY$ ).

Para reducir la corriente y el torque en el arranque, se puede utilizar un arranque suave (en lugar de DoL)

## 12. Métodos de Arranque

Algunos motores no deberían arrancarse **directo de la línea (DOL)**, como por ejemplo:

- Un alto **torque de arranque** puede causar estrés mecánico en la máquina accionada (ej. Cinta transportadora)
  - Una alta **corriente de arranque**<sup>1</sup> puede causar estrés eléctrico en la red (ej. caídas de tensión)
- Un **Arranque suave** puede ayudar temporalmente a reducir corriente y torque en el arranque



# La vida útil de un motor se ve limitada principalmente por los aislantes eléctricos y los rodamientos

## 13. Vida útil de un motor

### Factores de estrés térmico

#### Altas temperaturas en bobinado

- Sobrecarga (operación sobre potencia nominal)\*
- Tensión/frecuencia suministrada debajo de valores nominales\*
- Carga térmica en arranque\*
- Alta temperatura ambiente
- Baja eficiencia (► pérdidas adicionales)

### Otros factores de estrés

#### Ambientales/eléctricos/mecánicos:

- Agua (humedad, ingreso de agua, etc.)
- Picos de tensión
- Tipo de operación con VFD
- Shocks mecánicos / vibraciones

- Cuanto más frío funciona un motor, mayor es su expectativa de vida útil
- Un aumento permanente en la temperatura de devanado de aprox. 10°C reduce la vida útil del aislante

Vida útil del  
**Aislante  
eléctrico**

**Vida útil  
del Motor**

Vida útil de  
**rodamientos**

- Condición previa de lubricación adecuada para una larga vida útil del rodamiento
- Si la vida útil de la grasa es menor que la vida útil del rodamiento, se requiere volver a lubricar en ciertos intervalos de tiempo.

### Fatiga del material

#### Reducción de vida útil por fatigas

- Elevadas cargas mecánicas (radiales & axiales)
- Altas velocidades de funcionamiento (sobre velocidad nominal) (► mayor vibración y cargas radiales & axiales)

### Fallas en la lubricación

#### Reducción de vida útil del lubricante debido a:

- Altas velocidades en el rodamiento (por el tamaño del rodamiento o la velocidad del motor)
- Mayores vibraciones por la instalación u otro equipamiento
- Altas temperaturas del medio ambiente (► un incremento de 10°C reduce a la mitad la vida útil del lubricante)

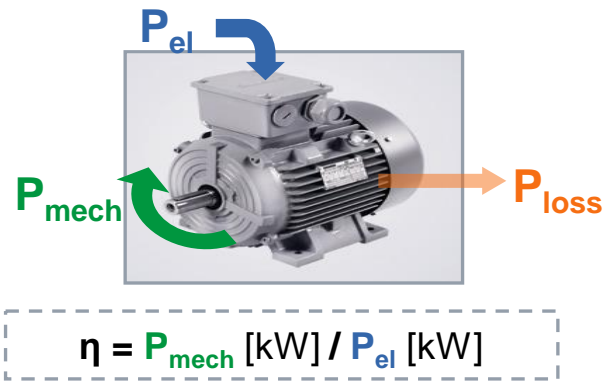
\*) Elevación de la temperatura causada por elevadas corrientes del motor

# La eficiencia del motor indica la porción de energía eléctrica que se transforma efectivamente en energía mecánica disponible

## 14. Eficiencia (1/3)

Un motor de inducción de corriente alterna **transforma potencia eléctrica** (V, I) **en potencia mecánica** (M, n). Este proceso está asociado con las **potencias de pérdidas** (► cierto % de la energía no puede ser utilizado)

**Eficiencia del Motor ( $\eta$ ):** ratio de la potencia mecánica utilizadble ( $P_{mech}$ ) vs la potencia eléctrica real consumida ( $P_{el}$ ).



- Potencia eléctrica real (in):  $P_{el} \text{ [W]} = \sqrt{3} \cdot V \text{ [V]} \cdot I \text{ [A]} \cdot \cos(\rho)$
- Potencia mecánica (out):  $P_{mech} \text{ [kW]} = M \text{ [Nm]} \cdot n \text{ [rpm]} / 9550$
- Potencias de pérdidas:  $P_{loss} \text{ [kW]} = P_{el} \text{ [kW]} - P_{mech} \text{ [kW]}$ 
  - Pérdidas en el estator (perdidas electricas)
  - Pérdidas en el rotor (pérdidas eléctricas y mecánicas)

**Ejemplo:** eficiencia  $\eta = 92\%$  ► salida motor  $P_{mech}$  representa el 92% de la potencia eléctrica real  $P_{el}$  tomada de la línea

► Las pérdidas de energía son **emitidas como calor** a través de la superficie del motor



# De acuerdo al estándar internacional de la IEC, los motores se clasifican en clases de eficiencia IE1-IE4

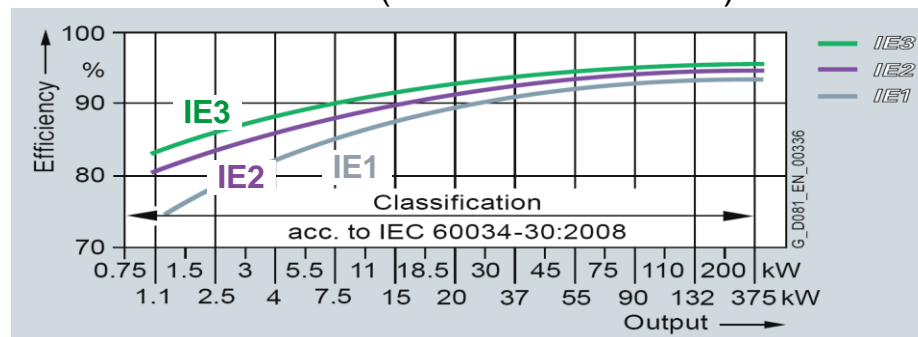
## 14. Eficiencia (2/3)

A los Motores se los puede **clasificar** de acuerdo a su **eficiencia**.

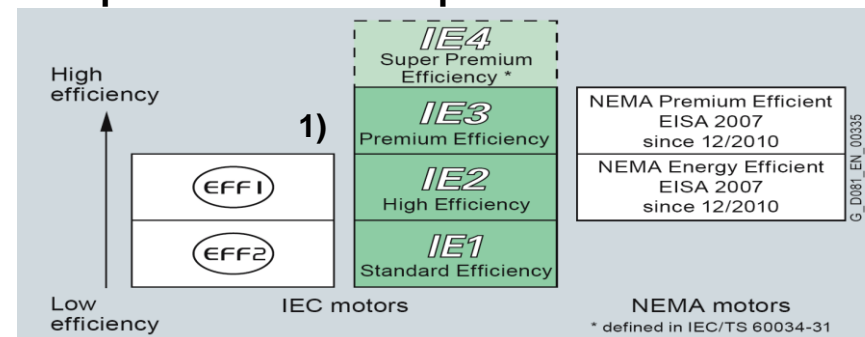
► El **estándar IEC** fué creado para promover la armonización internacional de los esquemas de clasificación de eficiencia (válido desde Octubre 2008)

**IEC 60034-30: 2008:** agrupa motores asíncronos de baja tensión en clases de eficiencia **IE1, IE2, IE3 e IE4**

**Clases de eficiencia (IEC 60034-30: 2008)**



**Comparación de los esquemas de clasificación**



1) In the European Union, efficiency classes EFF1-3 have been replaced by IEC efficiency classes. Due to a different measuring method, indicated efficiency percentages may have changed.

**Nota:** En la UE, los fabricantes están (and will) avalados a suministrar motores en el mercado que cumplan con determinados niveles de eficiencia (EU directive 640/2009). Desde 06/16/2011, el nivel mínimo requerido es IE2; desde 01/01/2015, el nivel mínimo es IE3 para un determinado rango de potencia, o como alternativa, motor IE2 y convertidor (► más información [www.siemens.com/international-efficiency](http://www.siemens.com/international-efficiency))

# Siemens posee motores estándar en niveles de eficiencia IE1, IE2, IE3 e IE4

## 14. Eficiencia (3/3)

### Motores SIEMENS

Siemens cumple con los estándares internacionales de eficiencia y ofrece motores IE1, 2, 3, 4.

#### Por que elegir motores IE3 sobre motores IE1?

**Ahorro en costo energético:** Los motores de mayor eficiencia consumen menos energía durante el funcionamiento (► IE3 mejora hasta un **10%** vs. IE1)

► Dado que el costo de energía incurrido durante la vida útil de un motor es enorme en comparación con el precio de compra, la prima pagada por mayores eficiencias se amortiza después de un período corto

#### Cuando elegir un motor IE3 sobre un motor IE1?

Para tiempos de funcionamiento prolongados (Ej., en solo turno al 75% de carga) y

- Operación con arranques directos (DOL)
- Si se utiliza un convertidor / arrancador suave para acelerar antes de la operación DOL
- Si se desea la función de derivación del convertidor

#### Como mejoramos la eficiencia?

La eficiencia del motor aumenta reduciendo las pérdidas, por ejemplo mediante

- Uso de más cobre  
(ej. bobinado, barras de rotor)
- Laminaciones de mayor calidad

#### ¿Cuál es el impacto en el costo de producción?

La cantidad y la calidad de los materiales utilizados hacen que los motores de mayor eficiencia sean más costosos de producir.

**Notes:** a) Motors with further improved efficiency available upon request ► 1LE1 motors with **IE3** efficiency available for a wide power range;  
b) Variants for **specific markets** can be provided in add. to general IE1/IE2 solutions ► e.g. 1LE1 variants for Korean, Indian, Chinese market

# Las temperaturas ambientales más altas o las altitudes del sitio requieren una reducción de la potencia admisible del motor

## 15. Derating (1/2)

Los valores nominales se refieren a las siguientes condiciones de funcionamiento (acorde a IEC 60034-1):

- **Coolant temperature:** between -20°C and 40°C

*Higher coolant temperatures or site altitudes result in higher motor temperatures<sup>1</sup>*

- **Altitude:** max. of 1000 m above sea-level

**Derating:** for higher coolant temperatures and/or site altitudes, admissible motor output must be reduced to maintain utilization within specified temperature limits<sup>2</sup>

### Derating factor (and admissible output calculation)

Depending on coolant temperature & site altitude, the rated output ( $P_{\text{rated}}$ ) is reduced to a lower admissible value ( $P_{\text{adm}}$ ) by using factor  $k_{\text{HT}}$ <sup>3</sup>:

$$P_{\text{adm}} = k_{\text{HT}} \cdot P_{\text{rated}}$$

▶ Utilization at lower output level **reduces heat produced** by motor (temperature rise), compensating increased motor temperatures resulting from altered site conditions

1) Higher site altitudes (>1000m) also increase the motor temperature because the air is thinner and heat is not dissipated as quickly

2) Distribution motors are rated to class 155 (F) and utilized in class 130 (B) – derating can ensure that class-130 (B) utilization is maintained

3) Derating factors for different coolant temperatures and/or altitudes are listed in the brochure

# En caso de temperatura ambiente no estándar Los motores en altura deben seleccionarse en función de su salida recalificada

## 15. Derating (2/2)

### Example

#### Standard conditions ▶ rated motor output

- Ambient temperature: up to 40°C
- Site altitude: 1000 m
- ▶ Select motor based on rated outputs
- ▶ E.g.  $P_{\text{rated}} = 4 \text{ kW}$  or  $P_{\text{rated}} = 5.5 \text{ kW}$

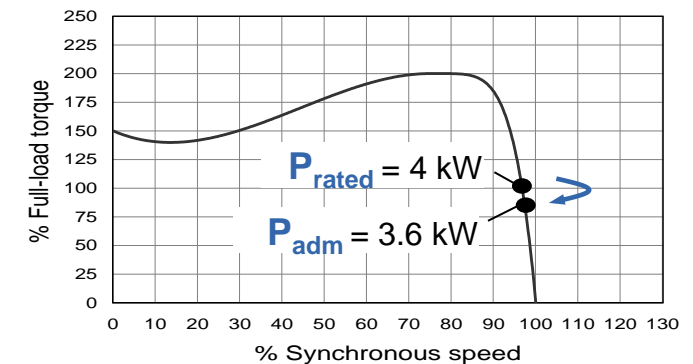
#### Non-standard conditions ▶ reduced adm. output

- Ambient temperature: 45°C
- Site altitude: 2000 m
- ▶ Select motor based on reduced admissible outputs
- ▶ E.g.  $P_{\text{rated}} = 4 \text{ kW}$  ▶  $P_{\text{adm}} = 0.9 \cdot P_{\text{rated}} = 3.6 \text{ kW}$
- ▶ E.g.  $P_{\text{rated}} = 5.5 \text{ kW}$  ▶  $P_{\text{adm}} = 0.9 \cdot P_{\text{rated}} = 4.95 \text{ kW}$

From table:  
 $k_{\text{HT}} = 0.9$

Site altitude above sea level	Ambient / coolant temperature					
	< 30°C	30-40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
1000 m	1.07	1.00	0.96	0.92	0.87	0.82
1500 m	1.04	0.97	0.93	0.89	0.84	0.79
2000 m	1.00	0.94	0.90	0.86	0.82	0.77
2500 m	0.96	0.90	0.86	0.83	0.78	0.74
3000 m	0.92	0.86	0.82	0.79	0.75	0.70
3500 m	0.88	0.82	0.79	0.75	0.71	0.67
4000 m	0.82	0.77	0.74	0.71	0.67	0.63

Illustration of  
derating in speed-  
torque diagram



**Note:** the above derating factors ensure that thermal utilization within class 130 (B) is maintained under the specified site conditions

# Las clases de servicio influyen en la temperatura del motor y por ende en la potencia admisible

## 16. Clases de servicio (1/5)

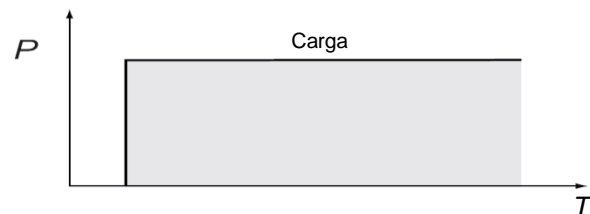
La potencia nominal de los motores suele referir a un **servicio continuo** (ej. operación permanente a un determinado nivel)

**Problema:** la mayoría de los motores son utilizados para servicios que no continuos (cargas variables, paradas, etc.)

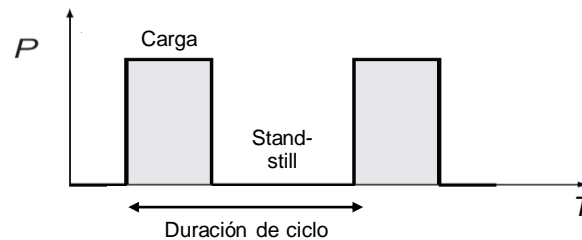
- Dependiendo de la clase de servicio, un motor podrá **sobrecalentarse de una manera diferente**
- Dependiendo del sobrecalentamiento, una **potencia diferencial podría ser la admisible**
- ▶ Considerar el servicio en operación cuando **se selecciona un motor** (para evitar sobredimensionamiento)<sup>1</sup>

### Ejemplos

#### Servicio Continuo



#### Servicio intermitente



- El motor se calienta en el tiempo de carga y se enfría en los periodos de descanso
- Es posible admitir una mayor exigencia de potencia del motor en periodos de carga intermitente (dado que el motor se calienta por un tiempo limitado)<sup>2</sup>

▶ El motor para un servicio intermitente puede ser **menor** que el motor para un servicio continuo

1) El objetivo es seleccionar el motor más pequeño posible que pueda accionar la carga y al mismo tiempo evitar sobrecargas térmicas y/o mecánicas.

2) Duración del período de máxima potencia admisible del motor y de la carga armonizada de manera tal que la temperatura límite del bobinado no se supera.

# Las clases de servicio se clasifican en 10 niveles: S1-S10

## 16. Clases de servicio (2/5)

Las clases de servicio se clasifican conforme a IEC 60034-1

- Los datos nominales de un motor refieren a una de las clases de servicio tipificadas (S1 para motores estándar)
- La potencia de salida varía conforme la clase de servicio en la que se opera

▶ Clases de servicio diferentes de S1 se utilizan para motores de uso específico o por ejemplo por OEMs que requieren un motor para condiciones específicas

Duty types (acc. to IEC 60034-1)	
-	<b>S1</b> Continuous duty
Periodic duty with periods of rest	<b>S2</b> Short-time duty
	<b>S3</b> Intermittent periodic duty
	<b>S4</b> Intermittent periodic duty with starting
	<b>S5</b> Intermittent periodic duty with starting & electrical braking
Periodic duty, motor permanently switched on	<b>S6</b> Continuous-operation periodic duty
	<b>S7</b> Continuous-operation periodic duty with starting & electrical braking
	<b>S8</b> Continuous-operation periodic duty with related load/speed changes
Non-periodic duty	<b>S9</b> Duty with non-periodic load & speed changes
	<b>S10</b> Duty with discrete constant loads & speeds

### Nota

Dependiendo de la clase de servicio, **la potencia admisible puede incrementarse o reducirse** en comparación al servicio continuo S1:

**- S2, S3, S6 -**

**Se puede admitir mayor potencia**

- No hay un uso continuo a plena carga
- El motor se puede enfriar en periodos sin carga

▶ Se pueden requerir motores de menor porte (comparado a S1)

**- S4, S5, S7, S8 -**

**Potencia admisible reducida**

- Arranques y paradas causan mayores temperaturas que en servicio continuo

▶ Se pueden requerir motores de mayor porte (comparado a S1)

# Tolerancias para los desvíos en tensión y frecuencia del motor

## 18. Desvíos en tensión y frecuencia (1/6)

Variaciones en tensión y frecuencia (**operación de línea: “DoL”**) pueden impactar en la **performance del motor** y su vida útil.

**Tolerancias:** hay dos categorías admisibles de tolerancia (conforme a IEC 60034-1)

	Categoría A	Categoría B
Máximo desvío tensión	±5%	±10%
Máximo desvío frecuencia	±2%	+3% and -5%
Operación del motor	<b>Permanente</b> operación posible en el rango tensión-frecuencia definido <sup>1</sup>	Operación posible en el rango tensión-frecuencia definido, pero <b>largos períodos de tiempo no recomendado</b>

1) En la Categoría A, la temperatura del motor se puede incrementar 10K

► **Entre estas tolerancias, el motor operara correctamente**

### Ejemplo

Un motor de **380V 50Hz** (dato en placa):

- Puede operar en forma permanente a: **380V ± 5% y 50Hz ± 2%**
- Puede operar a **380V ± 10%** y **50Hz +3%/ -5%** (sólo largos período de tiempo no son recomendables)

# Los efectos individuales de la desviación de voltaje / frecuencia y el voltaje desequilibrado se combinan para obtener un efecto general

## 18. Desviaciones en el voltaje y la frecuencia de suministro (6/6)

En resumen, se pueden encontrar las siguientes variaciones de la fuente de alimentación:

- 1) Desviación de tensión del valor nominal
- 2) Desviación de frecuencia del valor nominal
- 3) Voltaje desequilibrado entre fases

▶ Si se encuentra una combinación de estas variaciones, los efectos individuales sobre el rendimiento del motor se superponen

▶ Cuando tanto el voltaje como la frecuencia se cambian al mismo tiempo, un motor funcionará correctamente si la relación voltaje-frecuencia se mantiene constante (▶ ver operación del convertidor)



# El grado de protección mecánica provisto por la envolvente del motor **SIEMENS** se clasifica en los grados de protección IP

*Ingenuity for life*

## 19. Grado de protección mecánica (IP) (1/2)

Los motores pueden variar en la medida en que están protegidos contra el ingreso de polvos, cuerpos extraños, y agua.

**Clasificación IP (ingress protection):** clasifica los grados de protección provistos por la carcasa contra el ingreso de sólidos y líquidos conforme a IEC 60034-5

**IP code**

IP **5** **5**

**Sólidos (1<sup>er</sup> dígito)**  
*Nivel de protección de la envolvente contra el ingreso de sólidos, objetos extraños y contra el acceso a partes peligrosas del motor (ej. conductores eléctricos, partes en movimiento, etc.)*

**Líquidos (2<sup>do</sup> dígito)**  
*Nivel de protección de la envolvente contra el ingreso de agua de manera tal que pueda ser perjudicial para el motor*

1 <sup>er</sup> dígito	Protección contra sólidos
0	Sin protección
1	Protección contra objetos >50 mm
2	Protección contra objetos > 12.5 mm
3	Protección contra objetos >2.5 m
4	Protección contra objetos >1 mm
5	Protección contra polvos
6	Hermético

2 <sup>nd</sup> dígito	Protection against water
0	Sin protección
1	Protección contra goteo de agua
2	Protección contra goteo de agua cuando se inclina hasta 15°
3	Protección contra rociado de agua
4	Protección contra salpicaduras de agua
5	Protección contra chorros de agua
6	Protección contra chorros de agua potentes
7	Protección contra la inmersión hasta 1 mts
8	Inmersión superior a 1 mts, por un tiempo y presión determinados

Nota: el grado de protección mecánica IP por ejemplo depende de:

- tolerancias de la fabricación
- sellos en los rodamientos y en el eje
- sellos y juntas en la caja de conexiones
- diseño de la cubierta de la caja de conexiones y del prensacables
- diseño de la carcasa

**Siemens offers IP55 as standard, covering the majority of applications & being stable over the lifetime of a motor**

## 19. Degree of protection (IP code) (2/2)

### SIEMENS motors

While some manufacturers offer protection above IP55, Siemens offers a **true IP55 as a standard**

▶ protection against dust & water jets, complete touch protection

Motor protection above IP55 is available as an option.

### Advantages of IP55 as a standard (over higher degrees of protection)

- IP55 **covers** the **majority of applications** as it offers dust and rain protection
- IP55 is **stable** over the life of the motor
  - ▶ Higher degrees of protection can require shorter maintenance intervals or an exact assembly to ensure that the higher protection is real
- IP55 motors **allow for modifications** while maintaining that degree of protection
  - ▶ This may not be guaranteed for higher degrees of protection

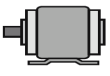
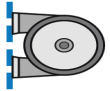
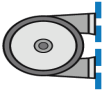
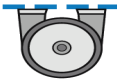


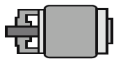


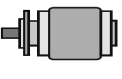


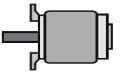


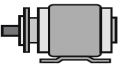

# Diferentes tipos de ejecución constructiva de los motores redundan en posibilidades diversas de montaje

## 20. Tipos de ejecución constructiva (codificación IM: International Mounting) (1/2)

Los motores pueden ser provistos en diferentes tipos de ejecución constructiva, lo cual permite **posibilidades de montaje** variados.

- Pueden ser **montados sobre la base** o **sobre la brida** (o ambas a la vez)
- Pueden ser diseñados para ser montados en **pisos**, **paredes**, **techos**, o en la **máquina accionada**
- Pueden ser montados en diferentes **orientaciones**

**IM (international mounting):** clasifica los motores de acuerdo a su construcción y cómo pueden montarse conforme a IEC 60034-7

Tipos de construcción (conforme a IEC 60034-7)						Ejemplos		
 IM B3	 IM B6	 IM B7	 IM B8	 IM V5	 IM V6	 IM B14	 IM V18	 IM V19
 IM B5	 IM V1	 IM V3	 IM B9	 IM V8	 IM V9	 IM B35	 IM B34	

▪ **IM B3:** montado sobre su base sobre el piso, orientación horizontal

▪ **IM B5:** montaje sobre la máquina con brida, orientación horizontal ► diámetro de brida superior a escudo

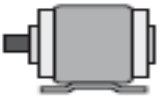
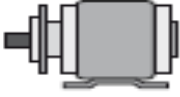
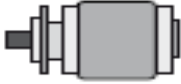


▪ **IM B14:** montaje sobre la máquina con brida, orientación horizontal ► diámetro de brida similar a escudo

# Motors in the distribution portfolio are offered with the most common types of construction

## 20. Types of construction (IM code) (2/2)

### SIEMENS motors

Siemens provides **most common types of construction** for motors in the distribution portfolio.

IM B3	IM B35	IM B5	IM V1	IM B14
				
FS 63-355	FS 63-355	FS 63-315	FS 63-355	FS 63-160

- Many **other mounting types** can be achieved **through modification** of these basic types, e.g. by mounting motors in diverse orientations
- Up to FS 225, motors for **horizontal** mounting are equipped with the **same bearings** as for **vertical** mounting, allowing for modification from horizontal to vertical and vice versa

### What to consider when mounting motors in orientations other than the intended?

- Consider the **location of drain holes** ► they must be at the lowest point to drain water
- In certain cases, mounting motors in orientations other than these intended could lead to mechanical or structural premature failure ► if in any doubt, please consult a Siemens partner

# Motor vibration has negative effects and is therefore reduced by balancing rotating motor parts

## 21. Motor vibration (1/2)

Motor vibration is associated with several negative effects, e.g.

- Increased mechanical stress on bearings, causing a reduction in bearing lifetime
- Increased motor noise
- Decline in machining quality
- ▶ To limit the vibration severity, rotating motor parts are (dynamically<sup>1</sup>) balanced.

**Balancing:** procedure of checking & adjusting the mass distribution of a rotor in order to reduce motor vibration to a non-critical level and achieve satisfactory running properties

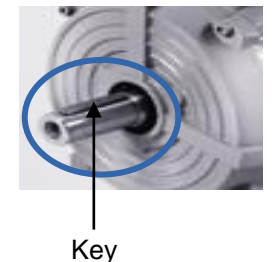
### Positive and negative balancing

To achieve the desired running (i.e. dynamic) balance, weights can be

- attached to the rotor (**positive balancing**) or
- removed from the rotor (**negative balancing**)

### Key convention

- When balancing a rotor, the shaft extension keyway may be filled with a **full** (F), a **half** (H), or with **no key** (N)
- The key convention is stamped on the side of the shaft
- The methods for balancing motor & driven machine should match to reduce balancing errors in the assembly



**1)** Static balancing ensures a balanced mass distribution when rotor stands still (balanced with respect to radial direction), dynamic balancing ensures a balanced mass distribution when rotor is running (balanced with respect to radial and axial direction)

# Motor noise mainly results from magnetic & mechanical noise during operation

## 22. Noise (1/2)

During its operation, a motor generates **noise**, which comprises

- **Fan** noise (aerodynamic noise)
- **Magnetic** noise (vibration of stator core packets due to magnetic forces)
- **Bearing** noise (roll motion in the bearing)

Amongst others, the overall motor noise level depends on motor speed, the number of poles, and motor size.

### What influences the noise level of a motor?

- **Fan noise** increases with **motor speed**<sup>1</sup> (▶ dominates for 2-pole motors)
- **Magnetic noise** increases with **number of poles** (▶ **can** dominate for motors with a high number of poles / running at low speeds)
- **Overall noise** increases with **output / size** of a motor<sup>2</sup> (▶ fan & magnetic noise increase due to size)
- **Cast iron** motors tend to run at lower noise level than **aluminum** motors of same size (▶ due to better noise absorption properties)
- **Converter operation** results in higher noise level than **line operation** at same speed (▶ due to increased magnetic noise)

1) This applies to self-cooled motors (and thus for all motors in distribution portfolio) as fan speed is similar to motor speed

2) When comparing similar motor types which only differ in size / output

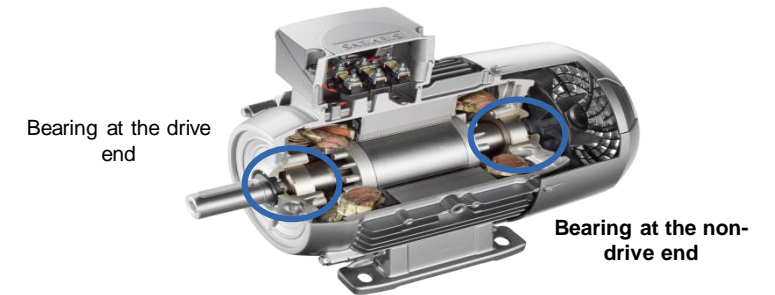
# Los motores estándar están equipados con rodamientos de contacto rodante

## 23. Rodamientos y lubricación (1/5)

**Rodamientos:** soportan el rotor y permiten que funcione y gire.

Una **selección apropiada del rodamiento** garantiza intervalos extendidos de lubricación, bajo nivel de ruido, menor vibración y mayor vida útil.

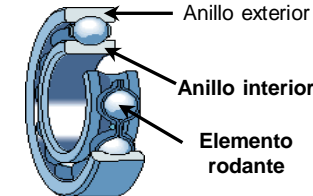
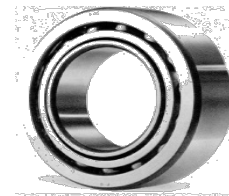
Para motores estándar, se utilizan **rodamientos a bolas**<sup>1</sup>.



### Rodamientos de contacto rodante

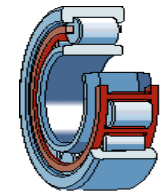
**Bolas o rodillos** se mueven entre

- anillo exterior estático (montado en el escudo)
- anillo interno giratorio (montado en el eje)



Ejemplo: rodamiento a bolas

Rodamiento rígido de bolas  
(Ej. Rodamientos 62XX o 63XX)



Ejemplo: rodamiento a rodillos

Rodamiento cilíndrico  
(Ej. Rodamientos NU)

**Nota:** En las ejecuciones estándar, el rodamiento **LCA** está fijo o “**localizado**” (► sostiene la posición del eje), y el rodamiento **LA** está libre o “**flotante**” (► permite el crecimiento térmico (axial) del eje)

1) En general, existen diferentes tipos de rodamientos. Por ejemplo, cuando se usan cojinetes o sleeve bearings, el eje simplemente flota sobre una película lubricante

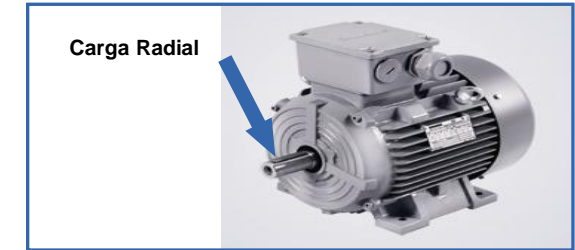
# Algunas aplicaciones requieren que el eje deba soportar mayores cargas axiales

## 23. Rodamientos y lubricación (2/5)

Puede ocurrir que los motores tengan que soportar una **fuerza radial superior**.

Ej. la carga radial se incrementa si el acople de la máquina al motor es mediante una **polea** (conectando así el eje del motor y el de la máquina).

► En estos casos, se deben utilizar **rodamientos para cargas radiales superiores**



### SIEMENS motors

Los rodamientos estándar soportan considerables cargas radiales y permiten una operación suave del motor.

- Rodamientos para **cargas radiales considerables** como estándar (a bolas)
- Rodamientos para **cargas radiales superiores** se cuenta como opcional con rodamientos a rodillos o NU

### Rodamientos para cargas radiales superiores

Ej. Rodamiento a bolas LA reemplazado por **rodamiento a bolas mayor** (mayor diámetro & ancho)

*Ej. rodamiento rígido de bolas de la serie 62 reemplazado por uno de serie 63*

P.ej. rodamiento de bolas en DE reemplazado por **rodamiento de cilindro** diseñado para aceptar cargas radiales aumentadas

*Ej. Rodamiento rígido de bolas serie 63 reemplazado por rodamiento NU*



# Bearing lifetime e.g. depends on load and operating conditions



## 23. Bearings & Lubrication (5/5)

The **bearing lifetime** as a whole is defined by bearing size, bearing load, operating conditions, speed, grease lifetime.

### Examples of factors reducing expected bearing lifetime

#### Operation beyond rated speed

Increases motor vibration, alters mechanical running smoothness, and results in higher radial & axial forces

#### Increased motor vibration due to environmental factors

Alters mechanical running smoothness and results in higher radial & axial forces

#### High coolant (ambient) temperatures

Increase in coolant temp. by 10 K reduces grease lifetime by half (reducing bearing life if not re-greased at respective intervals)

### SIEMENS distribution motors

Nominal bearing lifetime  $L_{h10}$  of distribution motors

- **40,000+ hours** using coupling output w/ no additional axial loading
- **20,000+ hours** under maximum admissible loads

**Note:** values refer to horizontally mounted motors operated on-line at 50Hz (ambient temp. between -20 and +40°C)

1)  $L_{h10}$  is the lifetime reached/exceeded by 90% of bearings when operated in compliance w/ motor data (calculated acc. to DIN/ISO 281)

# Los convertidores se pueden utilizar para variar la frecuencia aplicada y controlar la velocidad del motor

## 24. Operación con Convertidor (VFD) (1/7)

Muchas aplicaciones requieren **variar y controlar la velocidad del motor**, ej. bombas, ventiladores, maquinaria textil, aplicaciones metalmecánicas, etc.

**Convertidores:** dispositivos electrónicos que permiten variar la frecuencia y la tensión aplicada al motor controlando su velocidad, entre otras variables

### SIEMENS motors

Al accionar un motor con VFD existen **potenciales ahorros de energía de hasta 70%** comparado a sistemas convencionales de accionamiento:

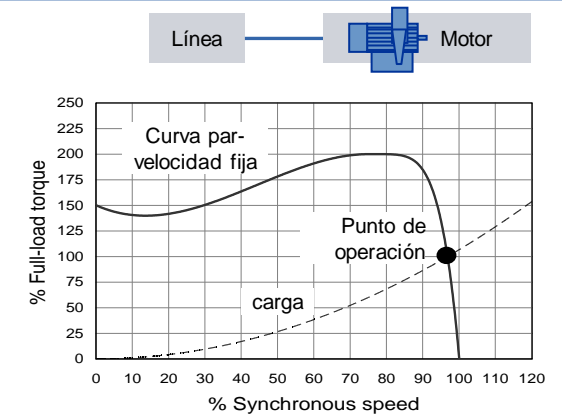
- El control de la velocidad asegura que el motor sólo genera la potencia realmente requerida por la carga en cada punto de operación

### Operación DoL

#### Frecuencia y Tensión fijas

- ▶ Curva par-velocidad fija
- ▶ Velocidad de operación continua fija

Tensión de línea: tensión y corriente con señales sinusoidales

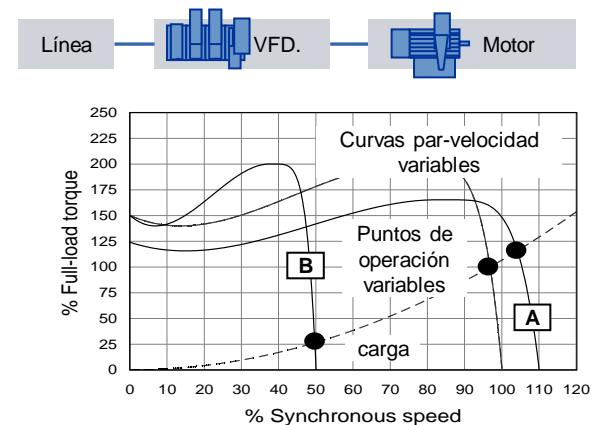


### Operación VFD

#### Frecuencia y Tensión variable

- ▶ Curva par-velocidad variable
- ▶ Velocidad continuamente variable

Tensión a salida del VFD: tensión y corriente no-sinusoidales



A – frecuencia 110% de valor nominal

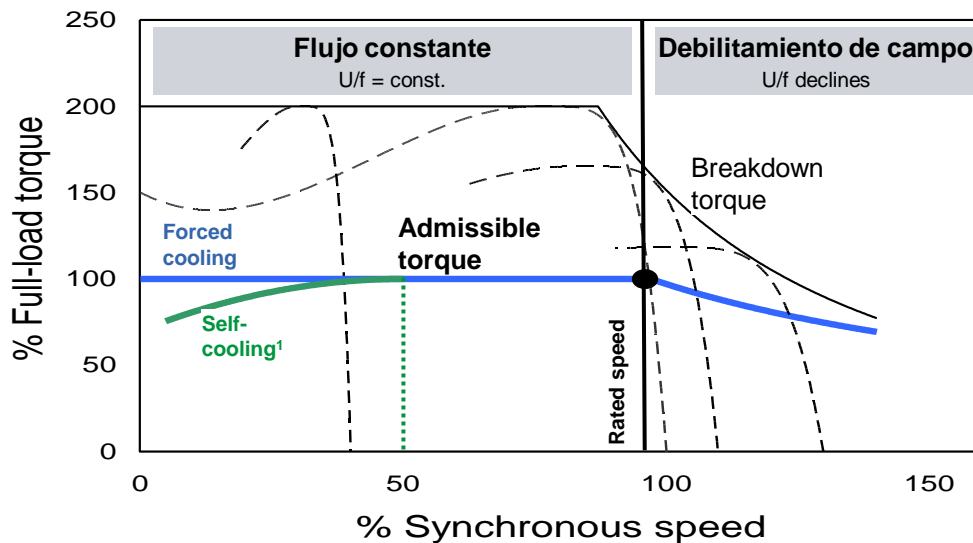
B – frecuencia y tensión 50% de valor nominal

**Note:** the speed-torque curve of the motor can be shifted/controlled in a way that at every speed level only the steep range of the (variable) torque characteristic is used

# La curva de torque indica el par admisible para operación continua por debajo y por encima de la velocidad nominal

## 24. Operación con Convertidor (VFD) (2/7)

**Características del límite de torque:** especifica el par de carga térmicamente admisible en operación continua a diferentes velocidades para un motor accionado con VFD



1) Para motores auto-ventilados, el torque admisible se debe reducir para bajas velocidades (<50% de la frecuencia nominal) debido a una menor ventilación.

### Operación debajo de la velocidad nominal (flujo constante)

- La velocidad del motor se incrementa conforme lo hace la frecuencia
- Si la relación  $U/f$  es constante, el motor opera con un **flujo constante**, resultando en un desplazamiento paralelo de la curva de velocidad-torque<sup>1</sup>
- Cuando se opera a flujo constante, se puede proporcionar el mismo par continuamente a diferentes niveles de velocidad (depende del flujo, Imagnetización, etc)

▶ A flujo constante, el **torque admisible permanece constante**

### Operación por encima de la velocidad nominal (debilitamiento de campo)

- Cuando la frecuencia supera el valor nominal, la velocidad del motor se incrementa
- La tensión aplicada permanece constante (no puede exceder su valor nominal)
- Si la frecuencia aumenta (por un factor  $x$ ) mientras la tensión es constante, el motor funciona con un **debilitamiento de campo** y el par disponible disminuye

▶ En debilitamiento de campo, **el torque admisible decrece** (aprox.  $1/x$ ) mientras que **la potencia eléctrica permanece constante (menor torque pero mayor rpm)** (torque máximo decrece aprox.  $1/x^2$ )

# Cuando se opera con un convertidor, se deben considerar efectos como el ruido o el sobrecalentamiento

## 24. Operación con Convertidor (VFD) (3/7)

### SIEMENS motors

Todos los motores estándar de Siemens son aptos para la [operación con convertidor](#), con tensión admisible de hasta 690V para uso DoL y 460V para uso VFD.

Antes de utilizar un motor con convertidor, diversos aspectos deben ser considerados, como por ejemplo:

#### Estrés térmico

- [Utilización térmica más exigente](#) debido a tensión no-sinusoidal
- [Capacidad de refrigeración](#) reducida al operar a menores velocidades

#### Estrés dieléctrico

- [Estrés dieléctrico](#) de los aislantes del bobinado

#### Corrientes en rodamientos

- Riesgo en los rodamientos debido a la circulación de [corrientes parásitas](#)

#### Ruido

- Incremento potencial del [ruido magnético](#)
- Incremento del [ruido del ventilador](#) a altas velocidades

#### Estrés mecánico y velocidad límite de operación

- [Estrés mecánico en rodamientos](#) a velocidades por encima de la nominal
- [Torque decreciente del motor](#) a velocidades por encima de la nominal

# When operating on a converter, general effects such as motor noise or thermal utilization should be considered

## 24. Converter operation (7/7)

### Mechanical stress & speed limits

#### Mechanical stress on bearings at speeds above rated motor speed

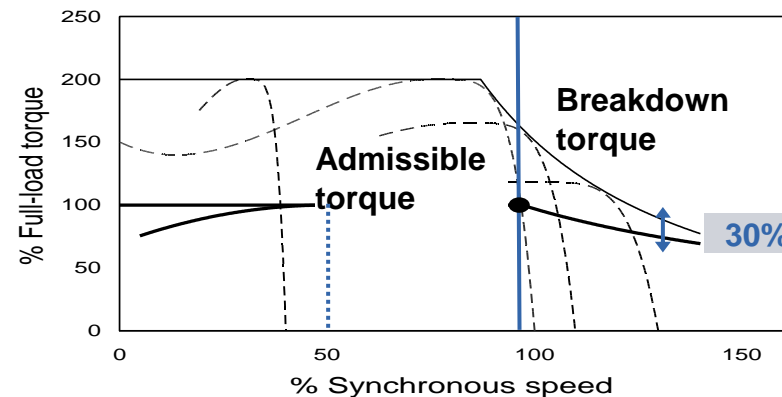
- At speeds above rated speed, **bearing lifetime and grease lifetime** are reduced
- This is due to enhanced mechanical stress caused by increased motor vibrations
- ▶ Compliance with **mechanical speed limits** is essential (mainly determined by the bearings used)

#### SIEMENS distribution motors

- Mechanical speed limits for converter operation & corresponding limits for the applied frequency are provided with the motor data
- Special balancing required if operated above 60Hz for compliance with specified limit values.

#### Declining motor torque at speeds above rated speed

- For speeds above rated speed, **motor torque declines** when operating the motor at declining flux
- When increasing speed, breakdown torque should remain sufficiently large in relation to adm. load torque



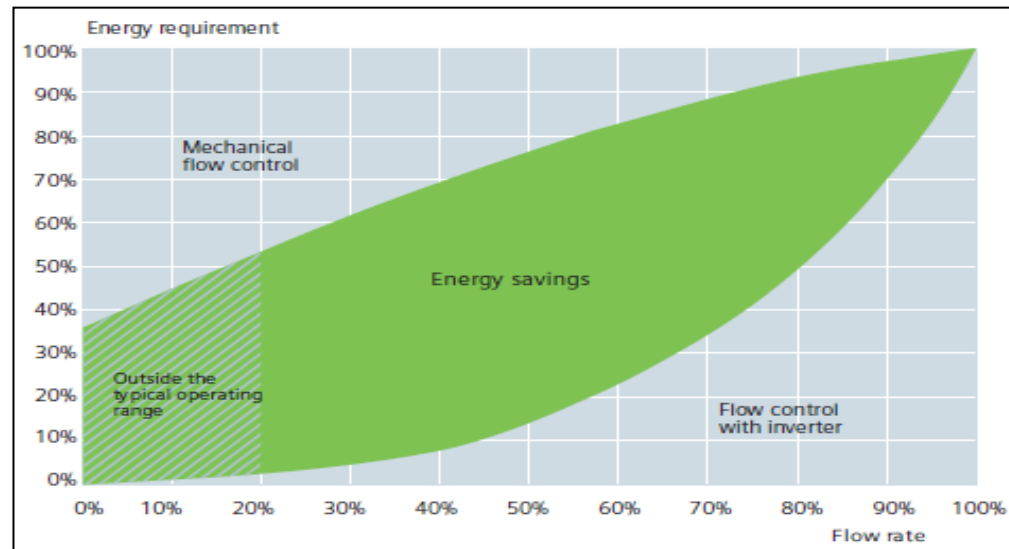
*Load torque should not exceed 70% of breakdown torque*

# Energy savings through converter operation – an example

## Converter operation (additional info – 2/5)

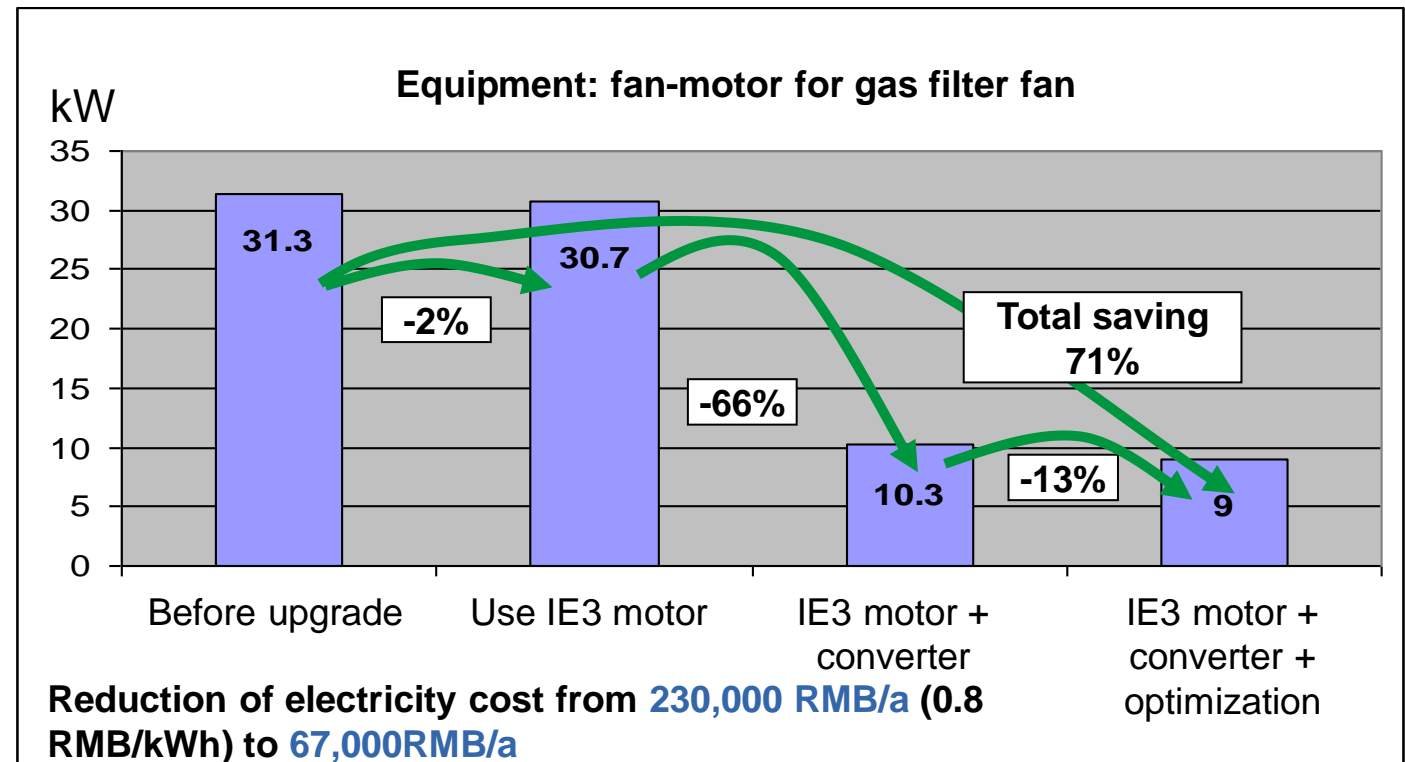
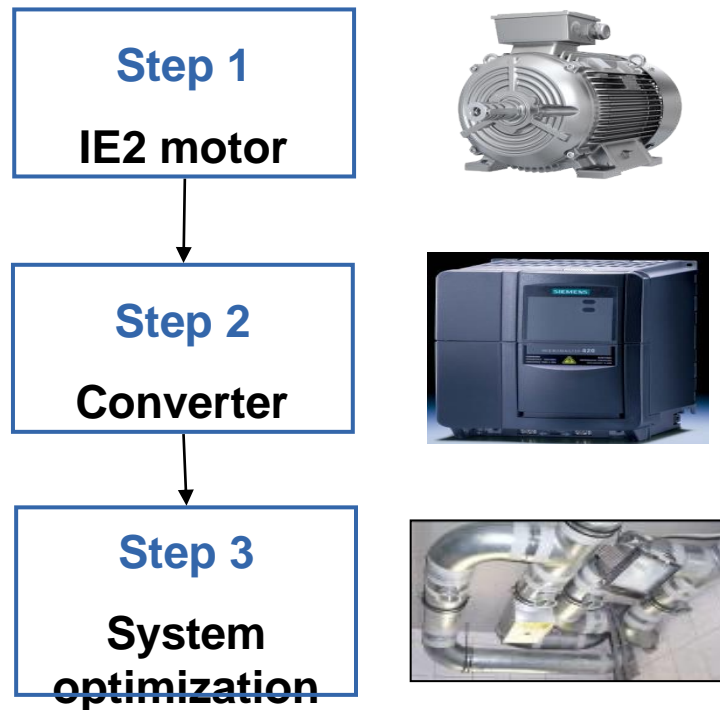
Application example: aluminum melting furnace gas filter

- Flow rate controlled through a **variable speed drive** (motor & converter)
- Significantly **lower energy consumption** compared to mechanical flow control

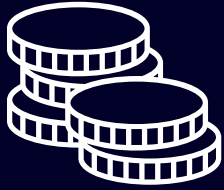


# Energy savings through converter operation – an example

## Converter operation (additional info – 3/5)

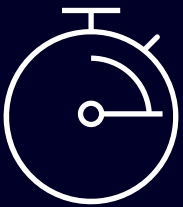


# SIDRIVE IQ Fleet & SIMOTICS CONNECT 400



## Monitoreo de motor rentable

SIDRIVE IQ Fleet ofrece un motor rentable solución de monitoreo, con bajo hardware inicial modelo de inversión y pago por uso



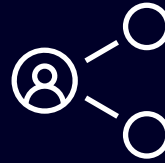
## Modulo Plug-and-play

Puede montar y poner en marcha SIMOTICS CONNECT 400 en minutos. El sensor mide datos sin procesar y los transfiere automáticamente a la nube. No se necesita experiencia ni desarrollo de software propio.



## Previene que los motores fallen

Mediante el uso de análisis en profundidad y detección de anomalías, SIDRIVE IQ Fleet le informa sobre las fallas antes de que ocurran. Puede tomar medidas de manera proactiva y evitar costosos tiempos de inactividad de su equipo.



## Flexibilidad en el manejo de datos

Con nuestras posibilidades abiertas, flexibles y sencillas para compartir datos dentro y fuera de MindSphere, puede crear sus propios modelos de negocio.



## El más alto nivel de seguridad de datos

Al proporcionar una seguridad de datos de extremo a extremo con medidas sofisticadas en hardware, software y nivel de nube, SIDRIVE IQ Fleet es la solución a prueba de industria para el monitoreo de motores.



## Desarrollo ágil y continuo

Para aumentar la calidad, precisión y exactitud del sistema completo, nuestro equipo de desarrollo está ampliando y mejorando constantemente el alcance de las funciones de SIDRIVE IQ Fleet



# SIDRIVE IQ Fleet & SIMOTICS CONNECT 400

## Cómo monitorear motores de bajo tensión



Mide los parámetros de estado del motor una vez cada 5 minutos con SIMOTICS CONNECT 400



Transferencia automática de datos a través de WLAN a MindSphere una vez al día



Análisis de datos y cálculo KPI para los motores en SIDRIVE IQ Fleet



Reciba notificaciones automáticas basadas en la detección de anomalías



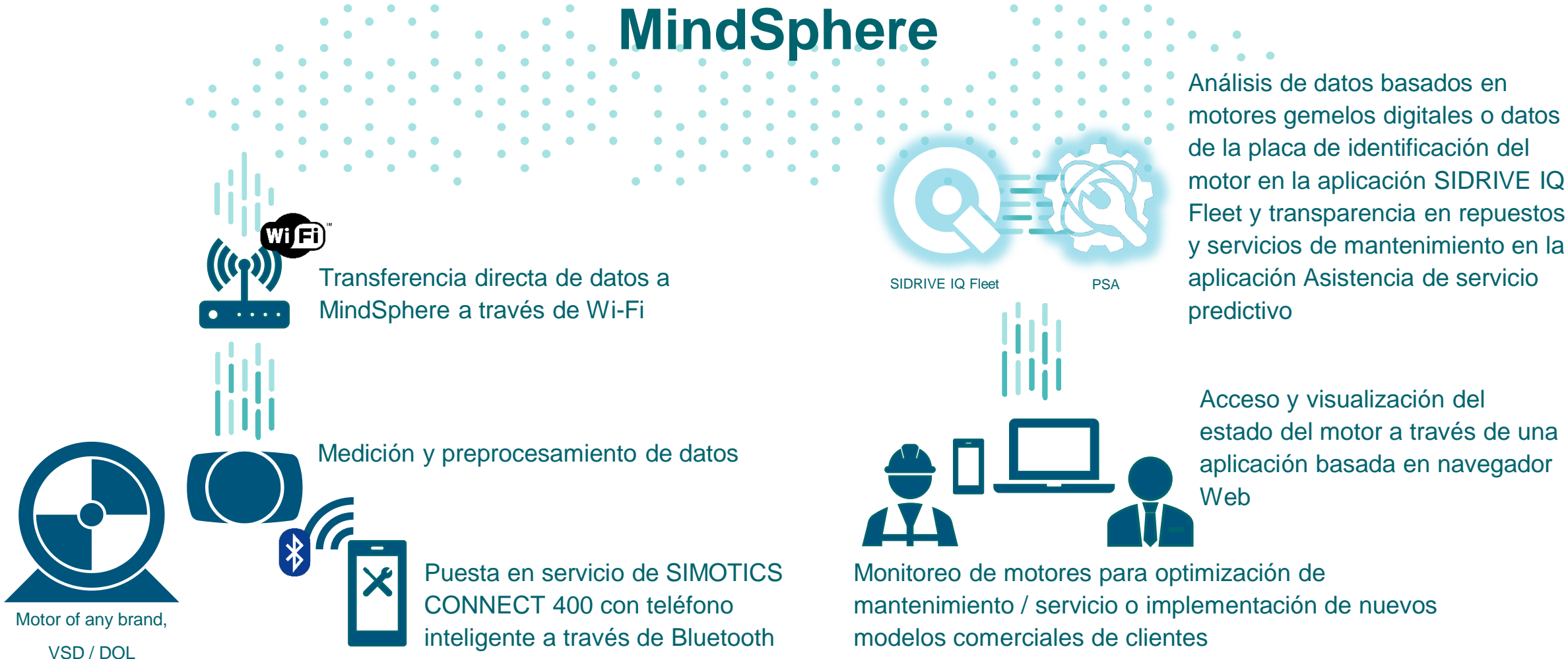
Obtenga transparencia operativa y administre sus activos



Mejore el rendimiento y obtenga ahorros de costos

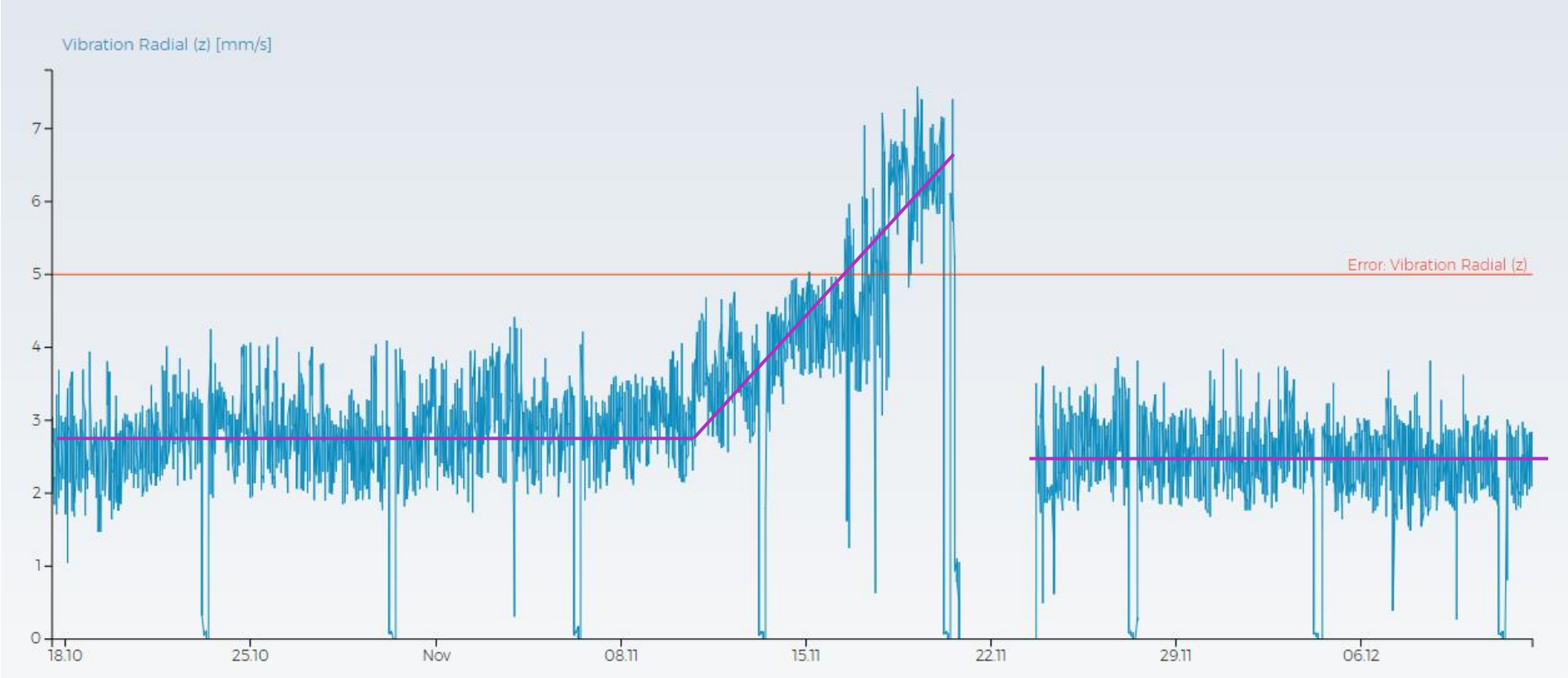
# SIDRIVE IQ Fleet con SIMOTICS CONNECT 400 Arquitectura

## MindSphere

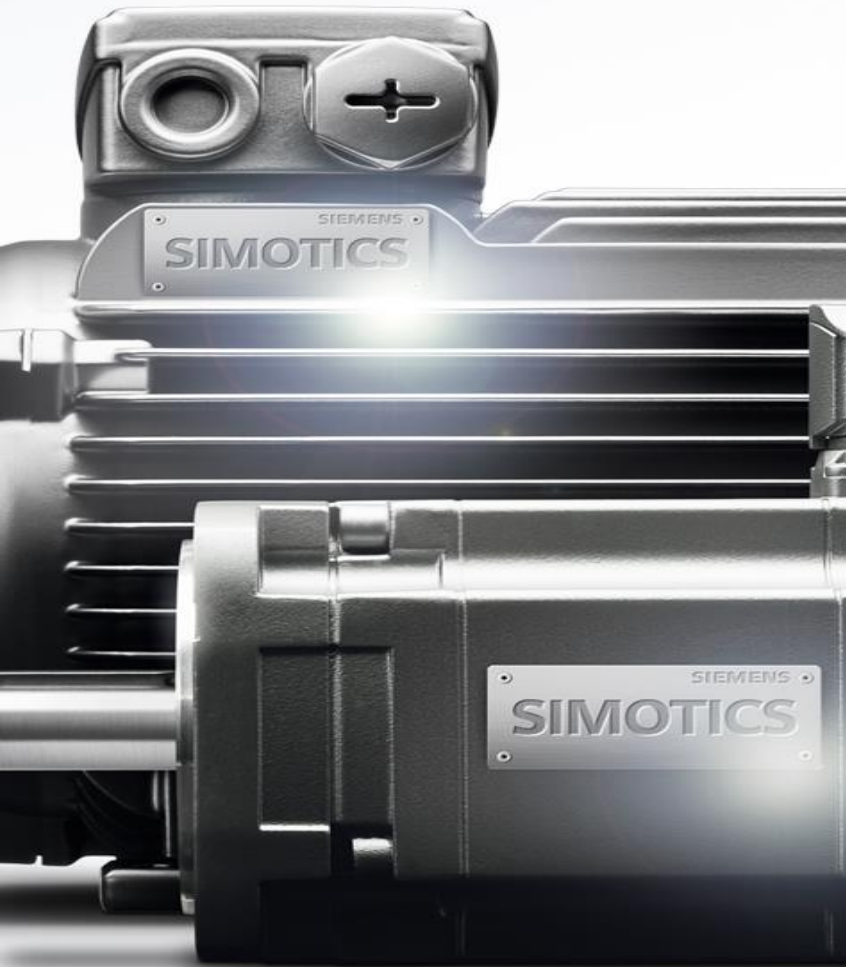


# SIDRIVE IQ Fleet con SIMOTICS CONNECT 400

## Ejemplo de Aplicación



**Muchas gracias!**



**Francisco Godoy Britez**  
Low Voltage Motors  
Siemens Argentina, DI MC LVM