



**VI JORNADAS** sobre  
**TECNOLOGÍAS y SOLUCIONES PARA**  
**LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**  
Vigo, 3 al 7 de NOVIEMBRE de 2014  
Universidade de Vigo | Escola de  
Enxeñaría Industrial



**3ª SESIÓN**



**MARTES 4, 16:00-17:10**

# **Eficiencia energética con sistemas de electrónica de potencia**

**Ponente:**

- **D. Javier de la Morena**  
**(Responsables de grandes cuentas, WEG)**





# FÁBRICAS Y FILIALES EN EL MUNDO

Argentina	Estados Unidos	Reino Unido	Emiratos Árabes	Japón
Chile	Portugal	Alemania	Rusia	Australia
Colombia	España	Belgica	India	Africa del Sur
Venezuela	Italia	Holanda	China	Perú
Mexico	Francia	Suecia	Singapur	



Brasil



Argentina



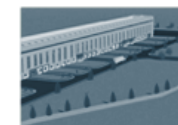
México



Portugal



La China



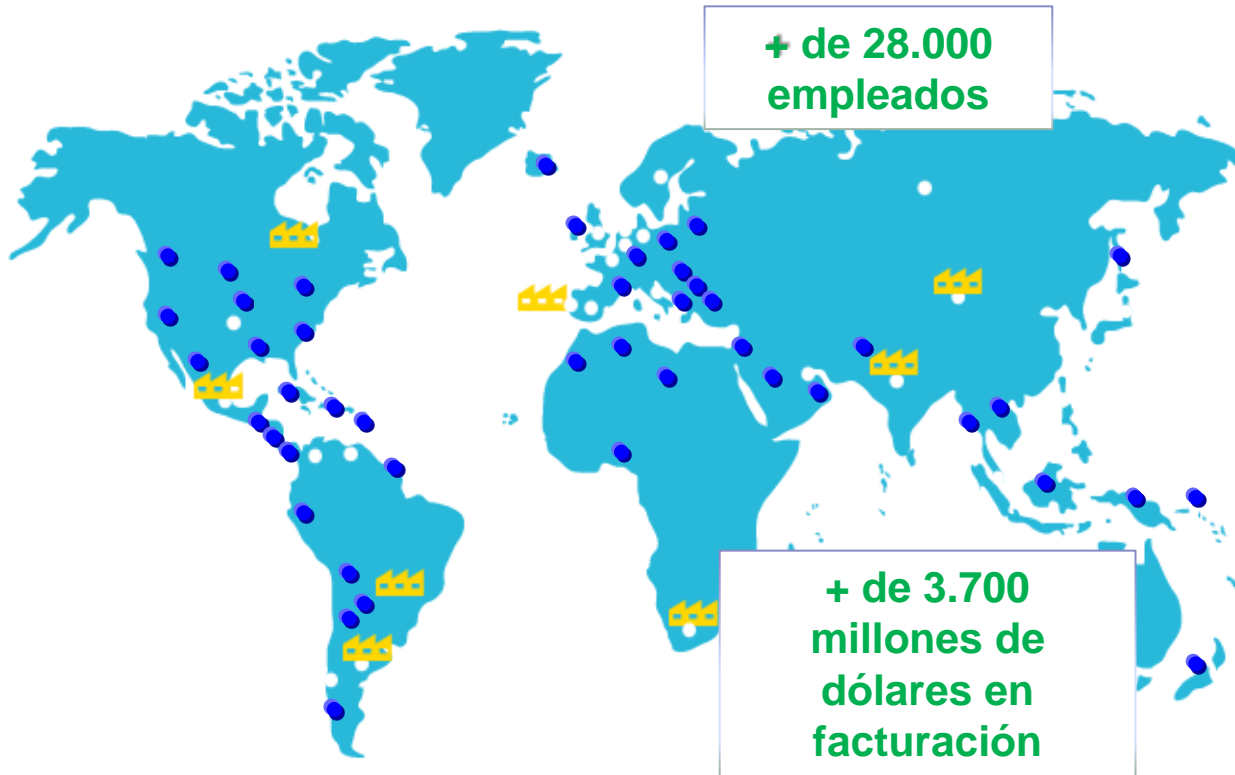
La India



África del Sur



Estados Unidos



- Ventas, distribución y servicio en **135 países**

# Nuestras divisiones



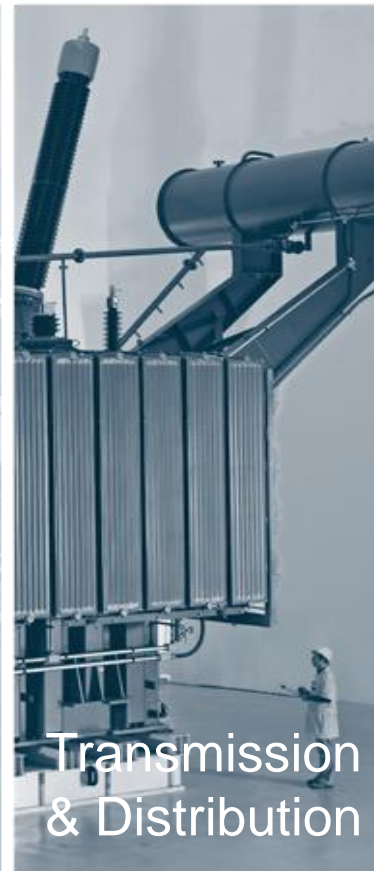
Motors



Automation



Energy



Transmission  
& Distribution



Coatings



# Variadores y Arrancadores



Convertidores de Frecuencia BT hasta 2.000 kW

Convertidores de Frecuencia MT hasta 16.000 kW

Arrancadores Suaves BT hasta 1.400 kW

Arrancadores Suaves MT hasta 3.600 kW



# Control y Protección

- Temporizadores y protectores electrónicos
- Interruptores de caja moldeada
- Contactores y relés de sobrecarga
- Guardamotores
- Pulsantera y señalizadores
- Fusibles tipos D y NH
- Arrancadores en cajas metálicas y termoplásticas
- Condensadores para arranque de motores
- Condensadores para corrección de factor de potencia



# Motores Industriales BT

- Motores Trifásicos TEFC / abiertos / potencias hasta 1200kW (1650HP)

*Tipos: \* Para uso genérico*

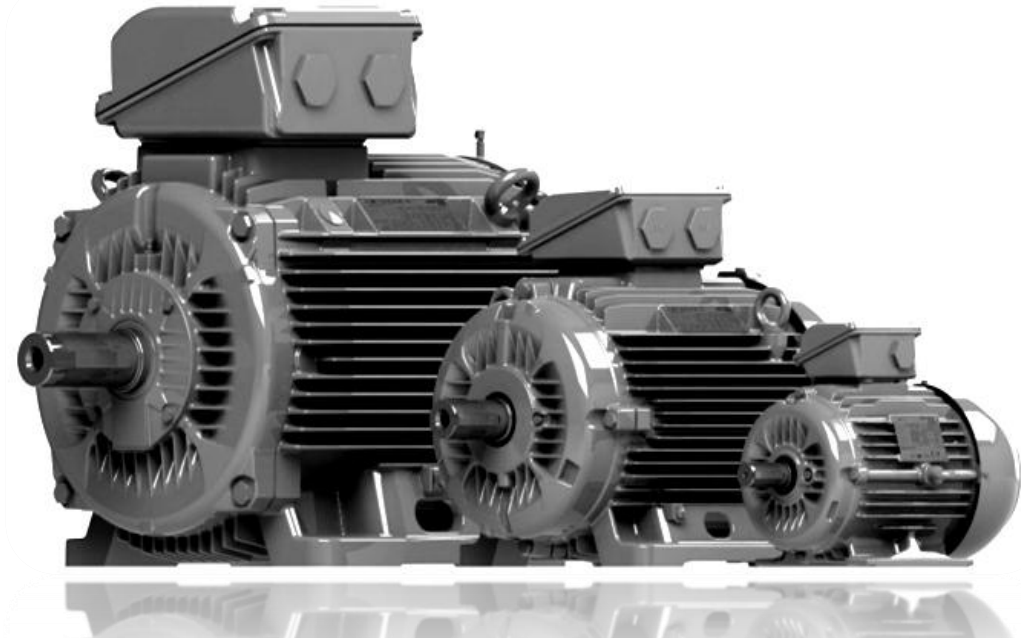
*\* Zonas peligrosas (ATEX)*

*\* Altas temperaturas (Motores smoke)*

*\* IE2, IE3, IE4, IE5 ...*

*\* Imanes permanentes*

*\* Carcasa multi-montaje aluminio y fundición*

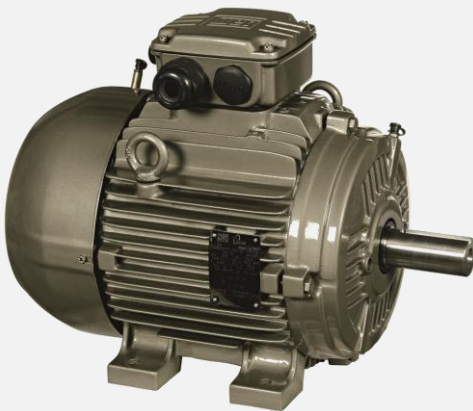


# Motores IE5



## Wquattro (motor híbrido – Jaula de ardilla + imanes permanentes en el rotor)

- ✓ Arranque directo
- ✓ Funcionamiento síncrono
- ✓ Diseñado para trabajo con variadores de velocidad
- ✓ Niveles de eficiencia superior a IE4
- ✓ Carcasas estandarizadas
- ✓ Intercambiabilidad con los motores de inducción existentes



## Wmagnet (Imanes permanentes)

- ✓ Funcionamiento con variador: Precisión y variación de velocidad con aporte de par constante
- ✓ Funcionamiento síncrono
- ✓ Niveles de eficiencia superior a IE4
- ✓ Tamaño reducido (promedio del 47% en volumen) y en peso (promedio del 35%)
- ✓ Bajos niveles de ruido



# Motores de Media y Alta Tensión



## Motores Trifásicos

Línea Master, carcassas 280 hasta 1800 (125-16.000kW), tensiones hasta 13.8 kV

Línea H, carcassas 315 hasta 630 630 (160-2800kW), tensiones 220V a 11kV

Motores Síncronos, carcassas 280 hasta 1800, tensiones hasta 13.8 kV

DC Motors, carcassas hasta 1800

**Minería**  
**Plantas de Acero**  
**Agua & Saneamiento**  
**Pulpa y Papel**  
**Petróleo & Gas**  
**Cemento**  
**etc.**



# Transformadores & Subestaciones

## • Aceite

- Fuerza: hasta 450 MVA, tensiones hasta 550 kV
- Industriales: desde 500 hasta 5.000 kVA, niveles de tensión 15; 24.2 ó 36.2 kV
- Distribución: desde 15 hasta 300 kVA, niveles de tensión 15 ó 24.2 kV

## • Secos: desde 300 hasta 15,000 kVA, niveles de tensión 15; 24.2 ó 36.2 kV

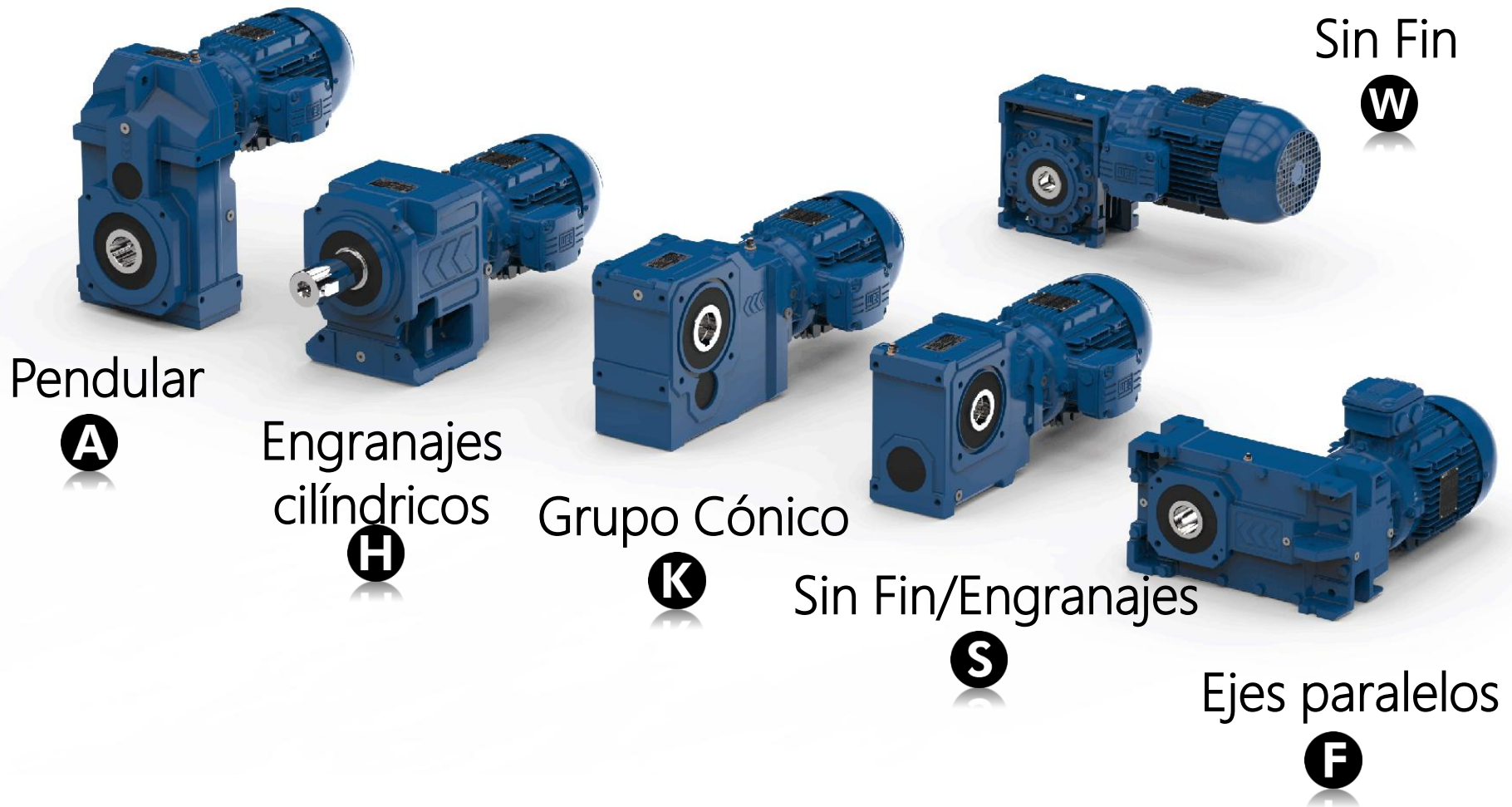
## • Estacionarios: hasta 550 kV

## • Móviles: hasta 145 kV

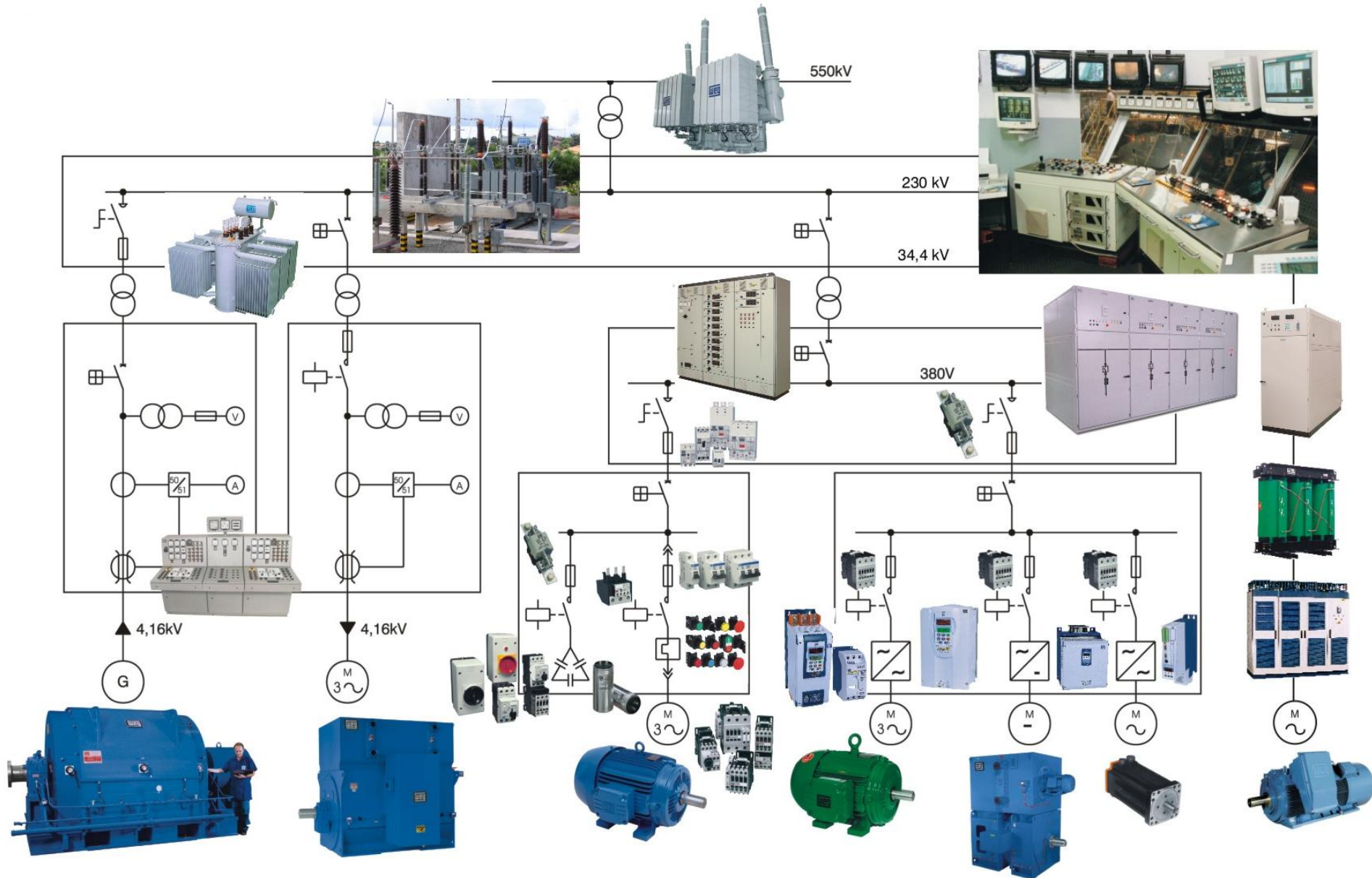




# Reductores, motorreductores



# SOLUCIÓN WEG PARA SISTEMAS INDUSTRIALES



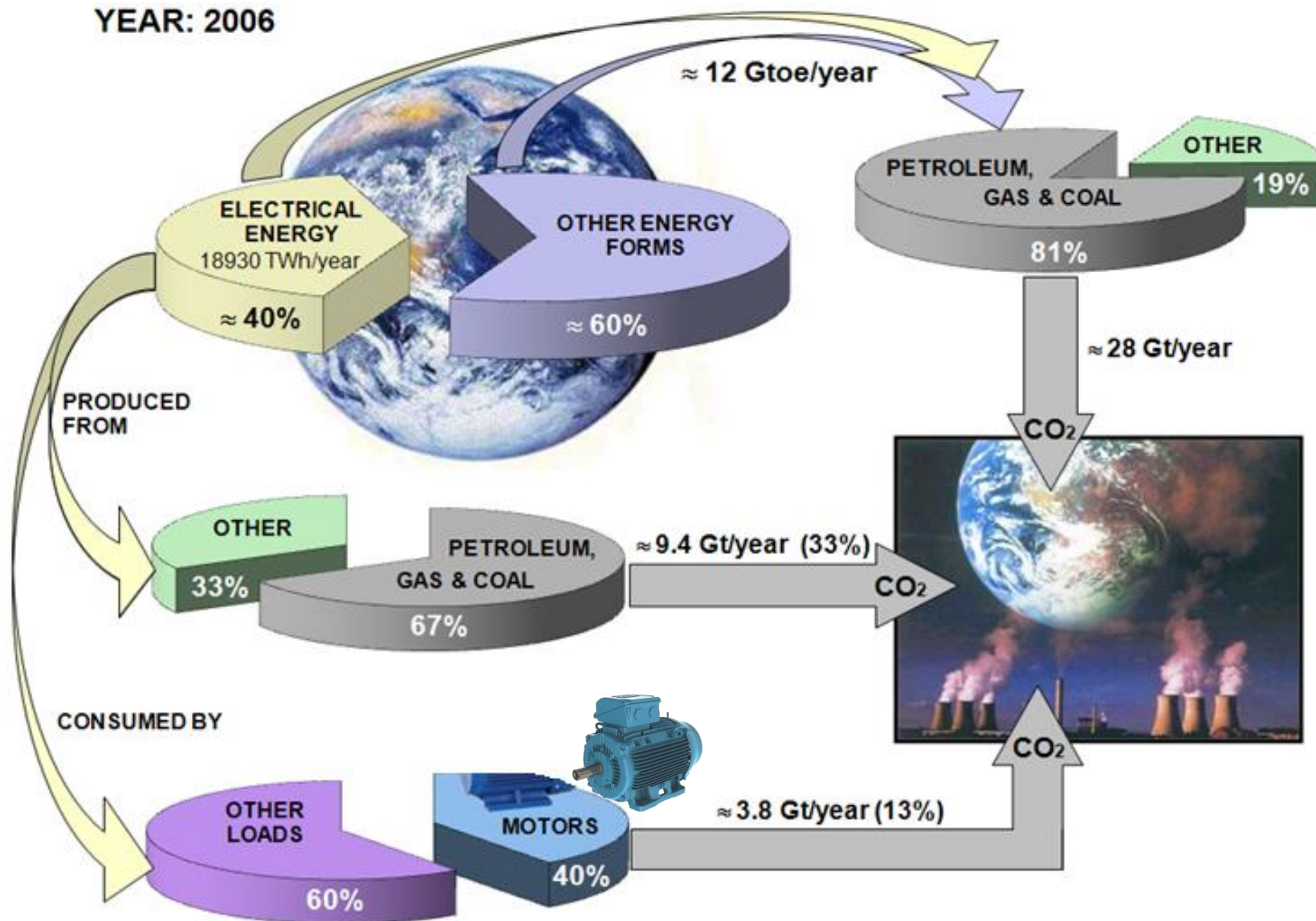


# Eficiencia energética con sistemas de electrónica de potencia



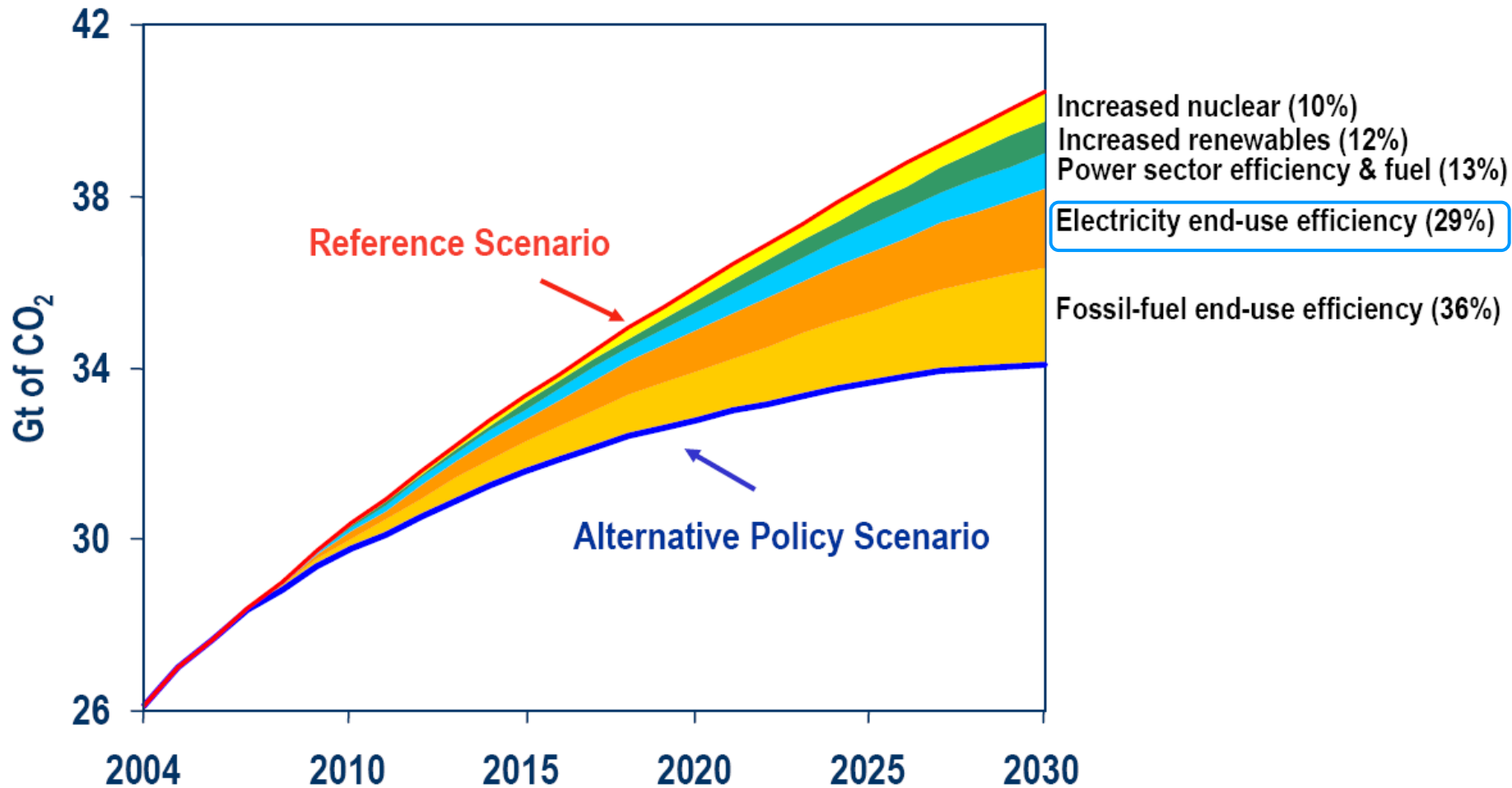
# Importancia de los Motores Eléctricos

YEAR: 2006



Gtoe= Giga tonne of oil equivalent  
GT/year= Gigatonne/year

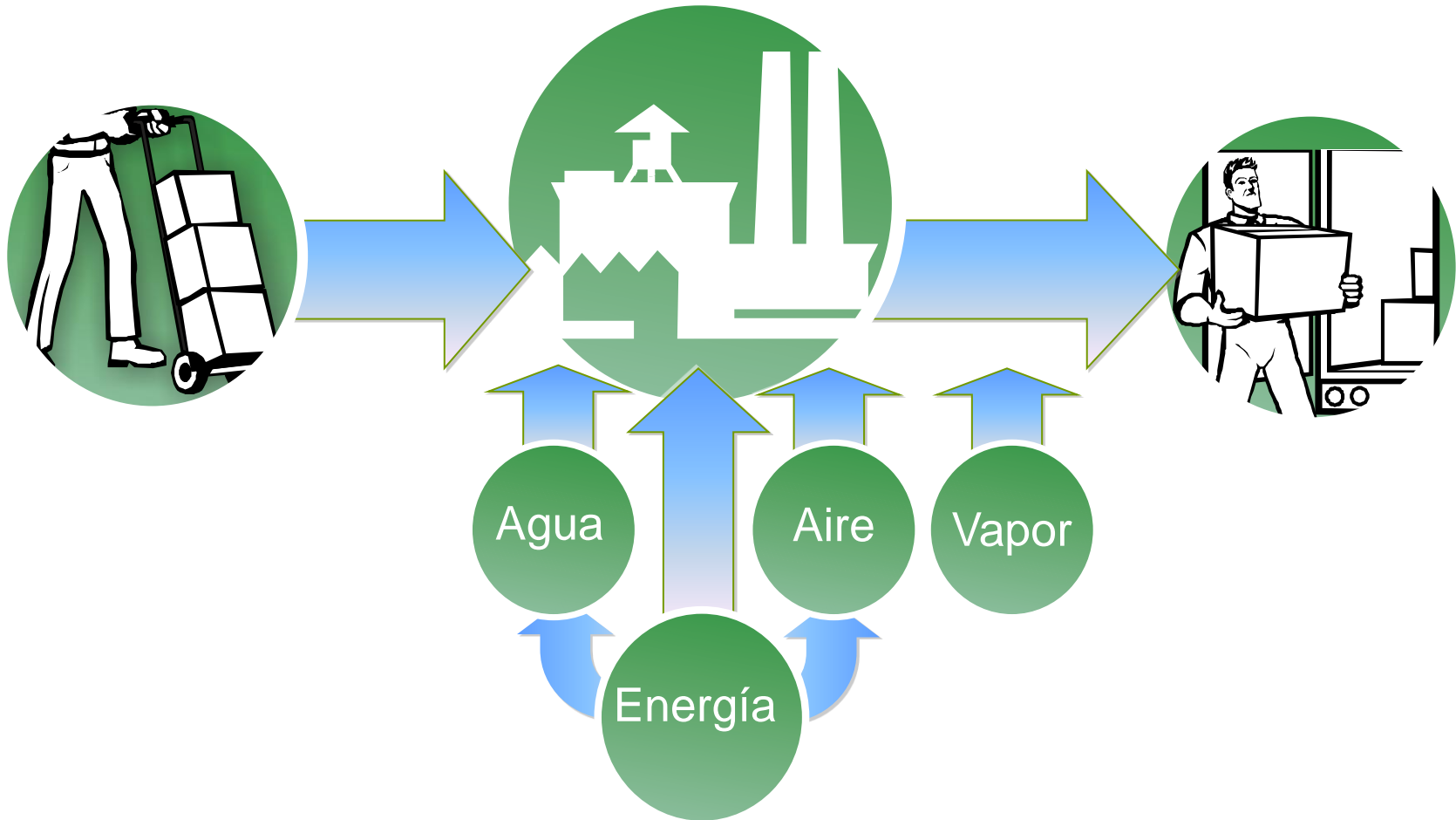
# Importancia de la Eficiencia Energética en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>





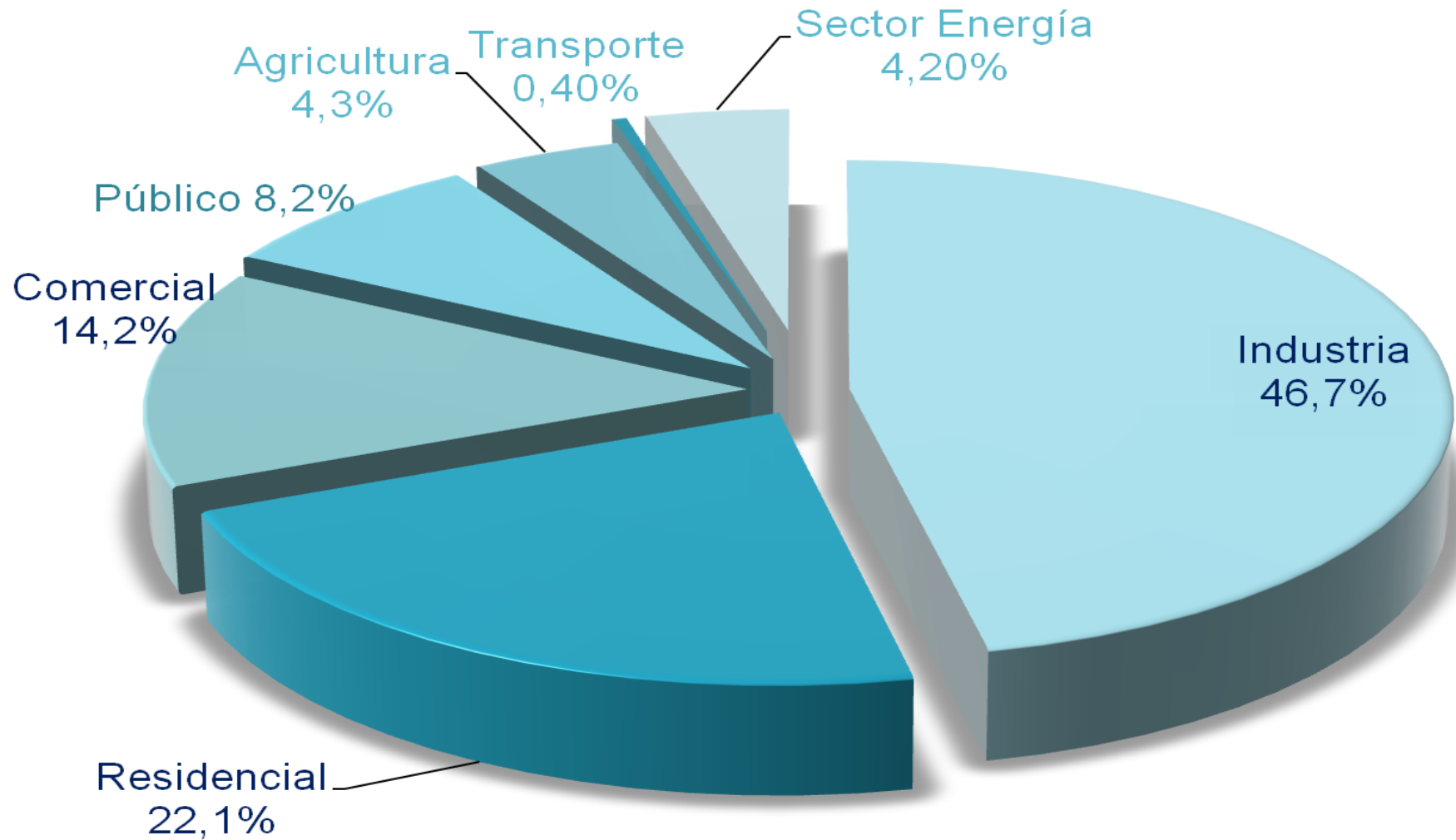
# Costes Operacionales

En la Industria





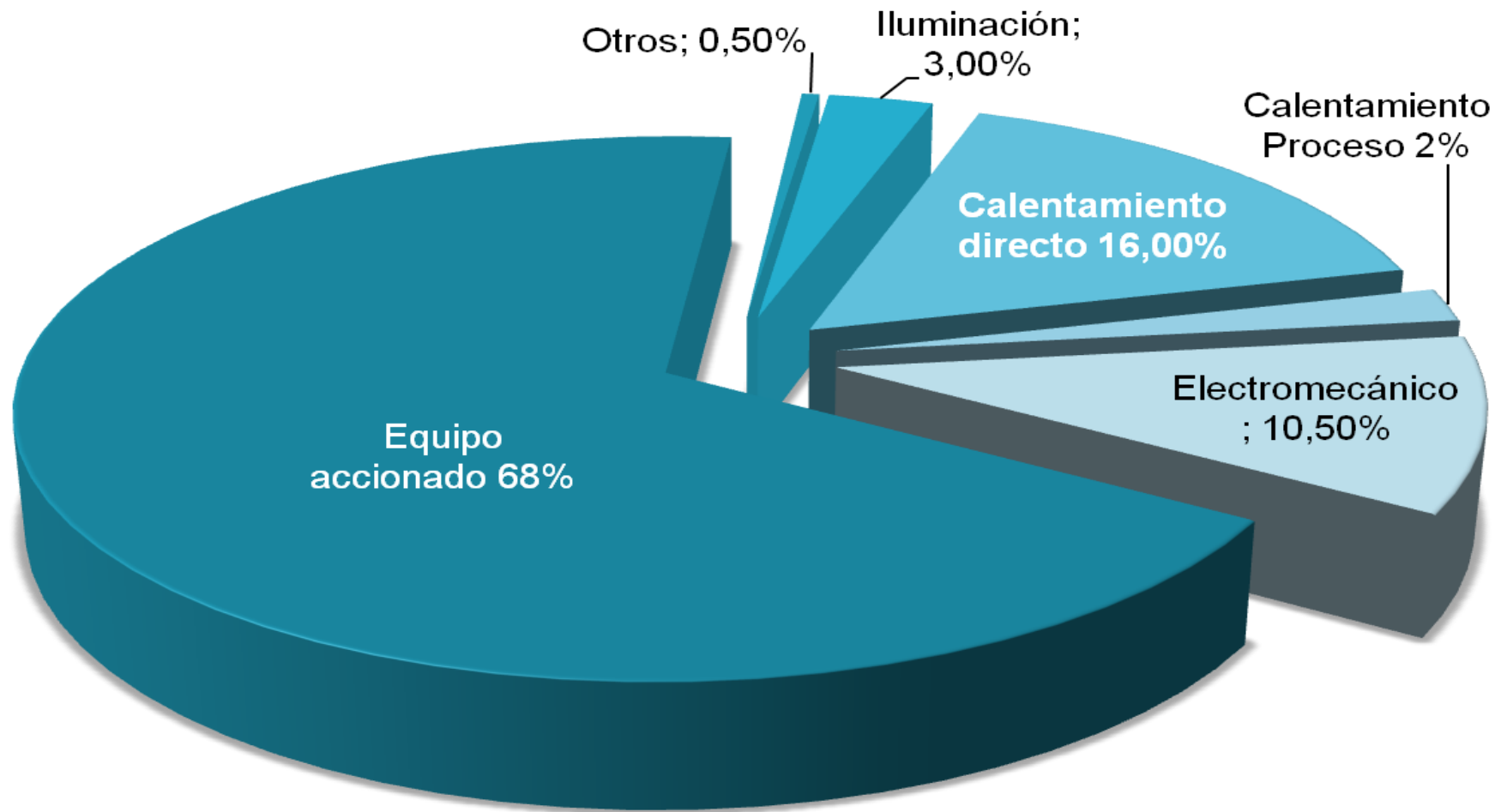
# Consumo energético por segmento



Fuente: MME, BEN 2008 – Año 2007



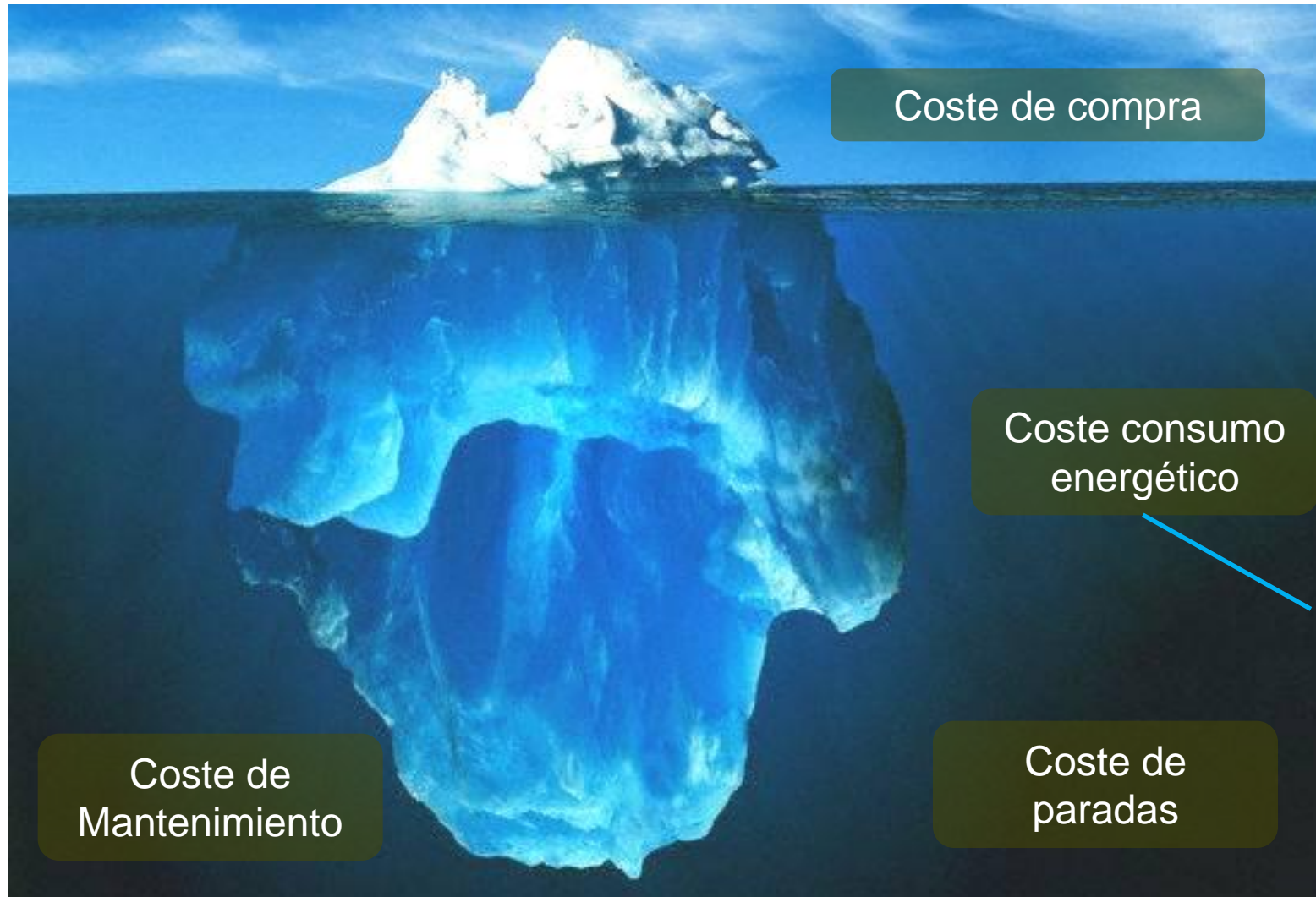
# Consumo energético por tipo de aplicación en el sector industrial



Fuente: MME, BEN 2008 – Año 2007



# Diversos tipos de costes de un motor



# CFW-11





# Eficiencia Energética Asociada a los Motores y VDF

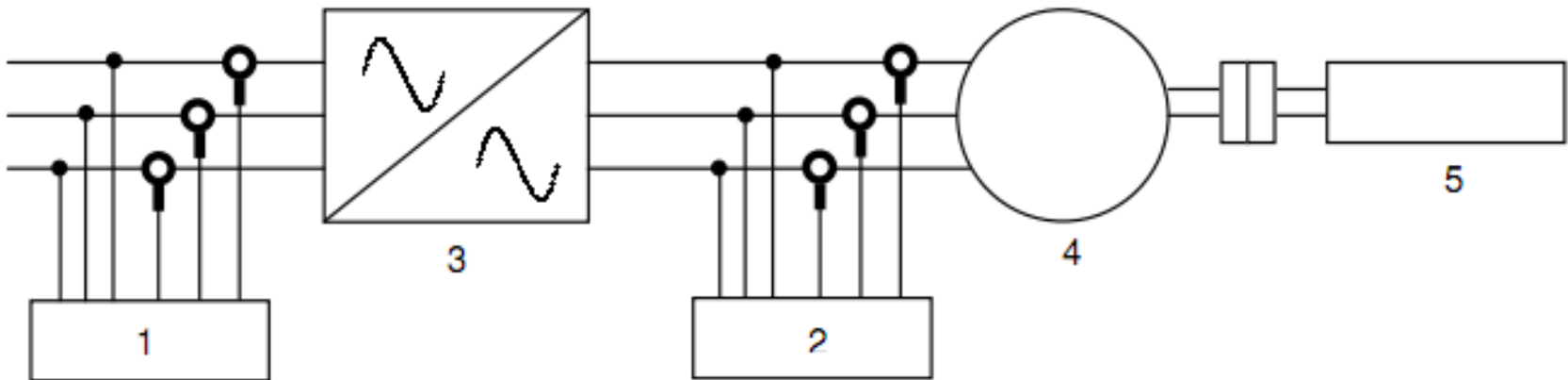
La eficiencia del convertidor de frecuencia y del motor depende de los siguientes factores:

- a) Carga en el eje del motor.
- b) Frecuencia de trabajo.
- c) Tipo del control: V/F, Vectorial Sensorless o Vectorial con Encoder.
- d) Ajuste del Boost de par, curva V/F u otros parámetros relacionados.
- e) Frecuencia de conmutación del convertidor de frecuencia.

# Eficiencia Energética Asociada a los Motores y VDF

## Ensayo para la Determinación de la Eficiencia:

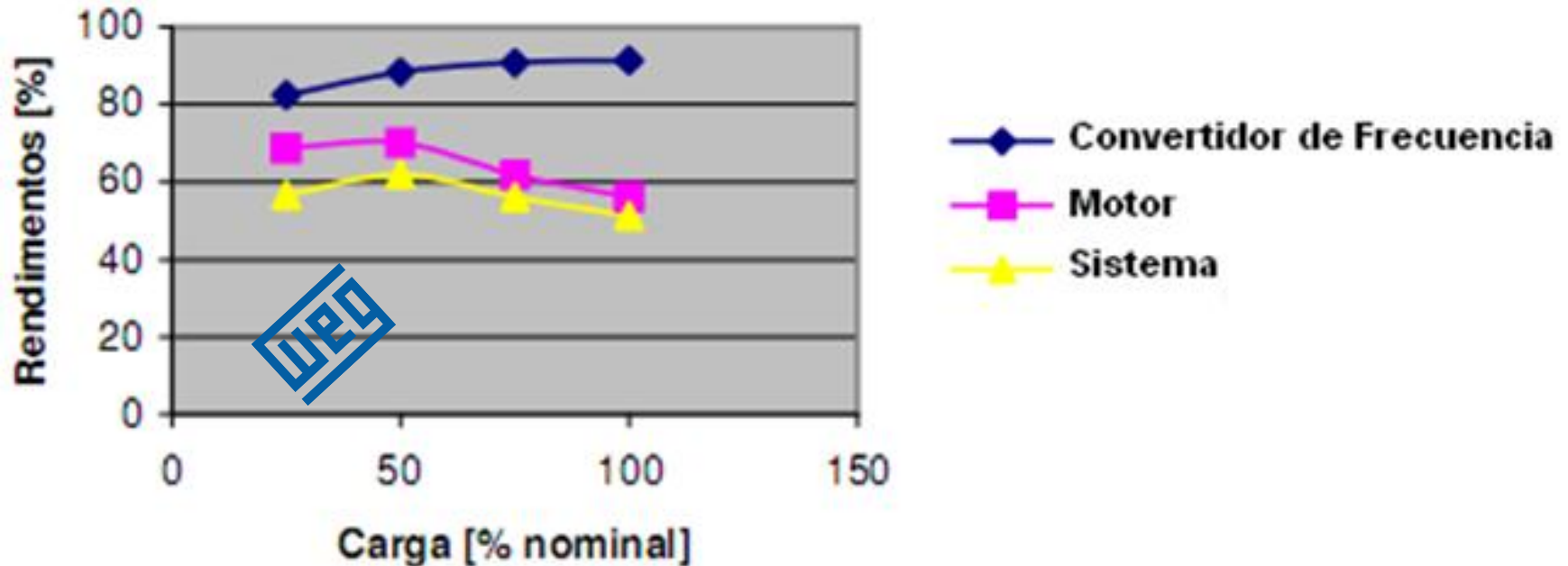
En los ensayos se consideró un motor de 3,7kW (5HP) en una red eléctrica de 380Vca, 60Hz, 4 polos y el Convertidor de Frecuencia operando en V/F con una frecuencia de conmutación de 5kHz



- 1 – Analizador de Potencia
- 2 – Analizador de Potencia
- 3 – VDF
- 4 – Motor bajo ensayo
- 5 - Dinamómetro

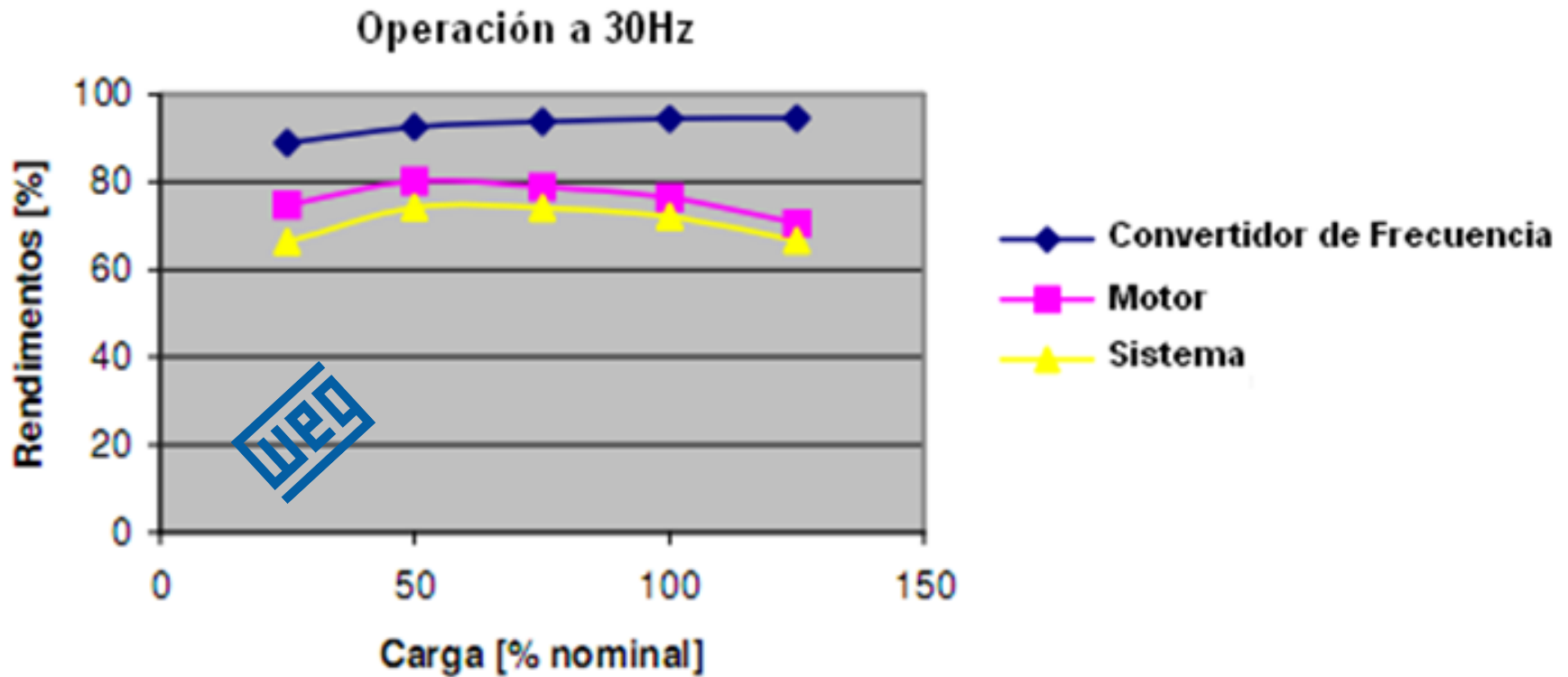
# Ensayo 1: Consigna de Velocidad de 15Hz

## Operación a 15Hz



Carga (%)	Inversor - $\eta_{INV}$ (%)	Motor - $\eta_{MOTOR}$ (%)	Sistema - $\eta_{SISTEMA}$ (%)
25	82,35	68,73	56,60
50	88,42	70,07	61,96
75	90,67	61,83	56,06
100	91,35	56,07	51,22

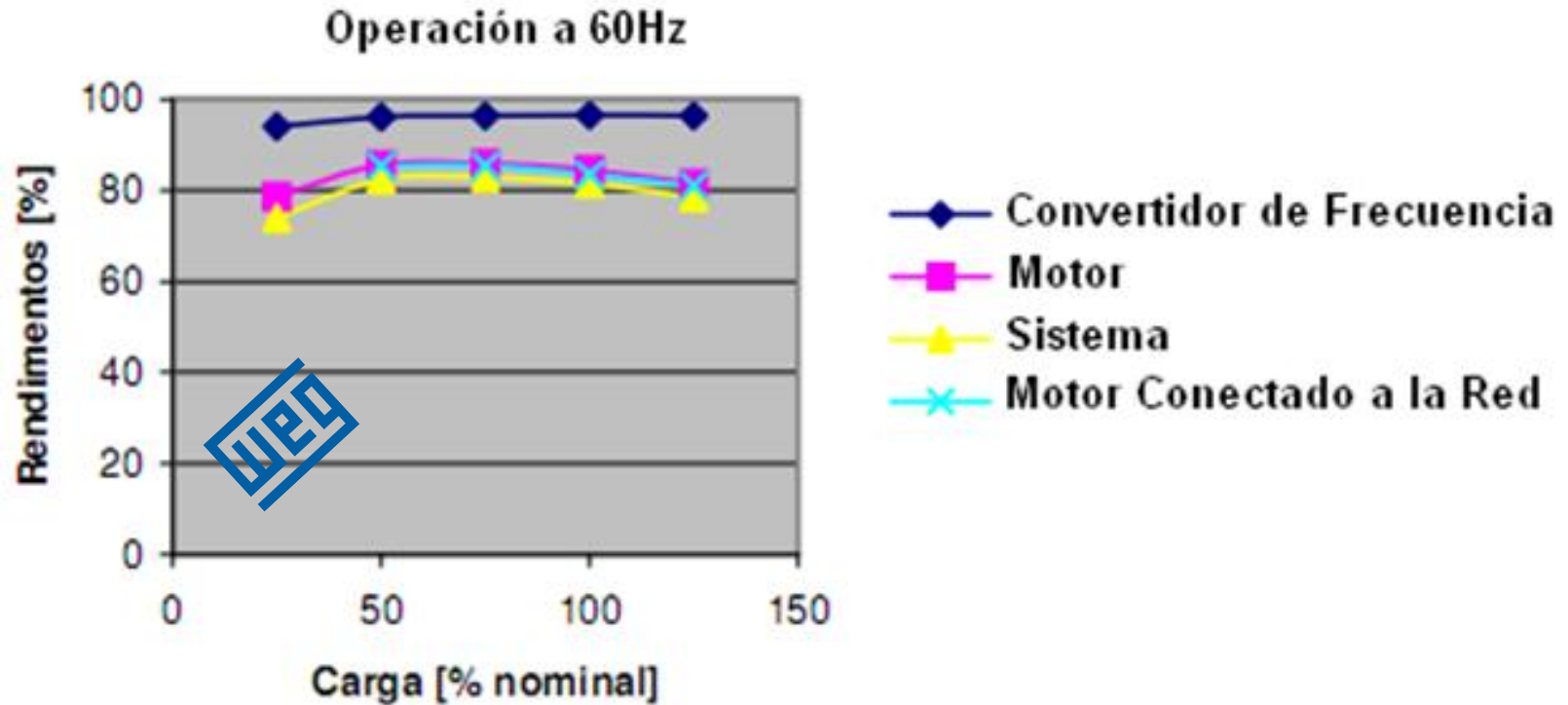
# Ensayo 2: Consigna de Velocidad de 30Hz



Carga (%)	Inversor - $\eta_{INV}$ (%)	Motor - $\eta_{MOTOR}$ (%)	Sistema - $\eta_{SISTEMA}$ (%)
25	88,97	74,65	66,42
50	92,54	80,12	74,14
75	93,78	78,92	74,02
100	94,44	76,37	72,13
125	94,52	70,49	66,63

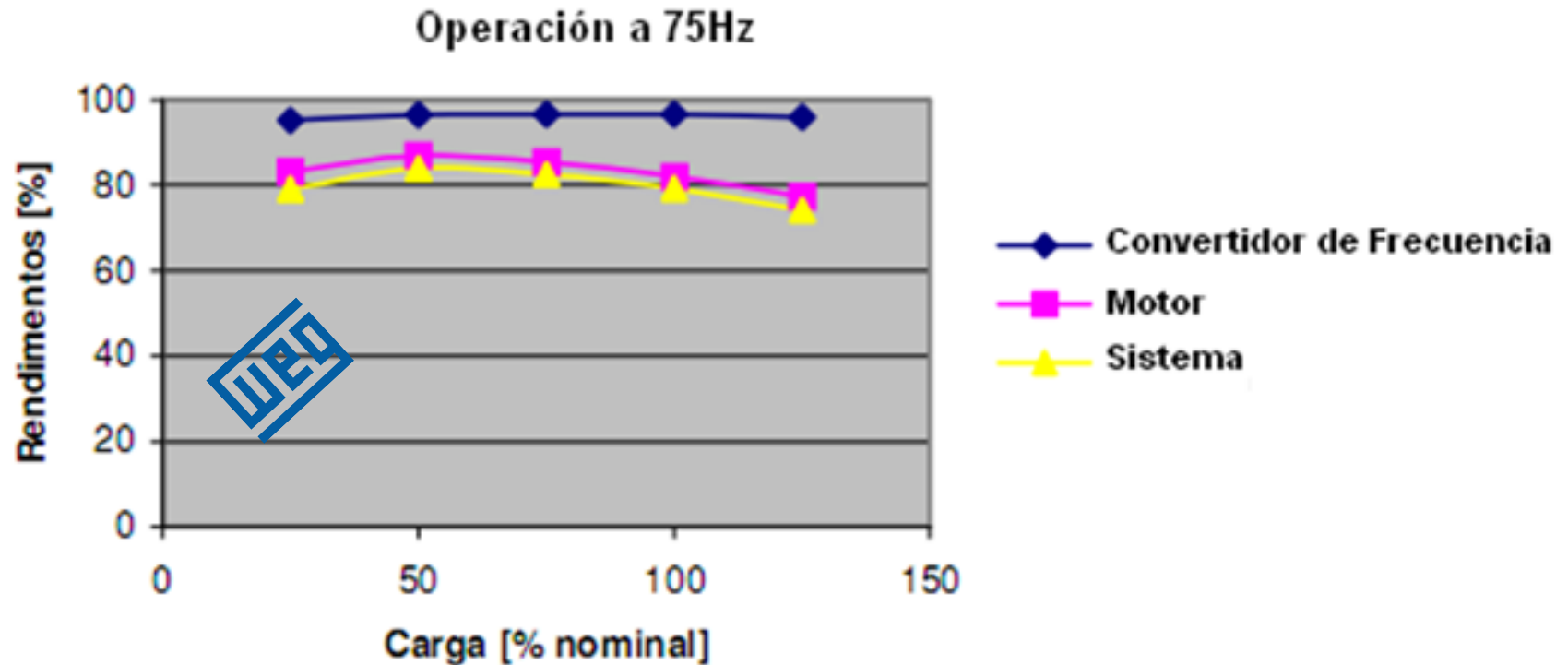


# Ensayo 3: Consigna de Velocidad de 60Hz



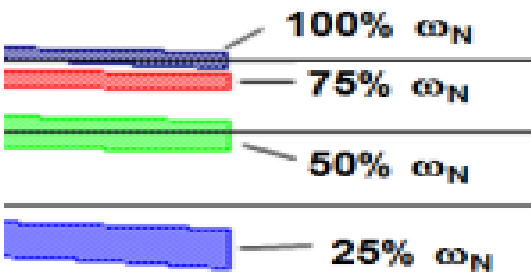
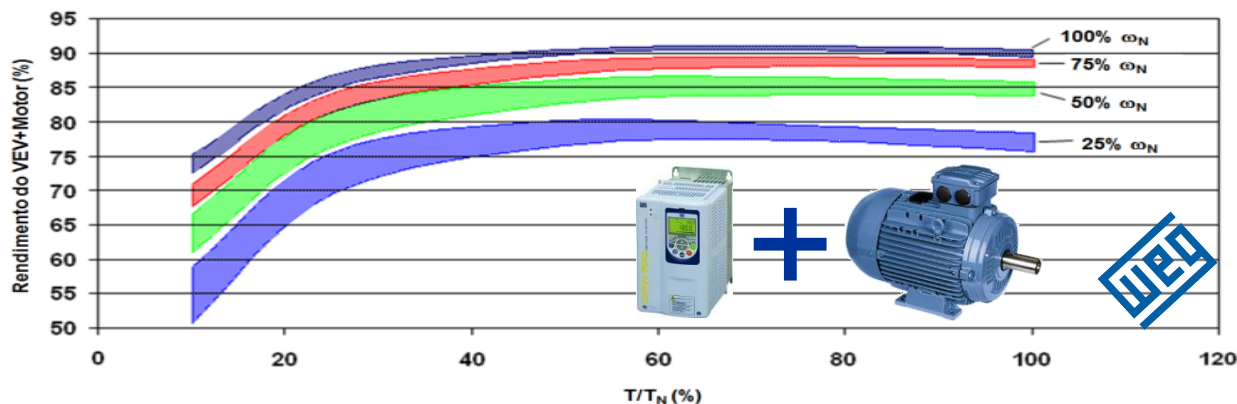
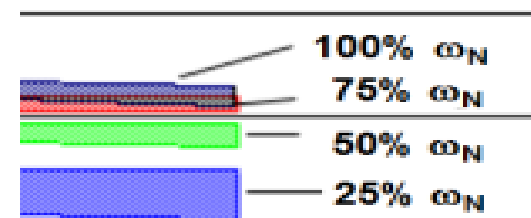
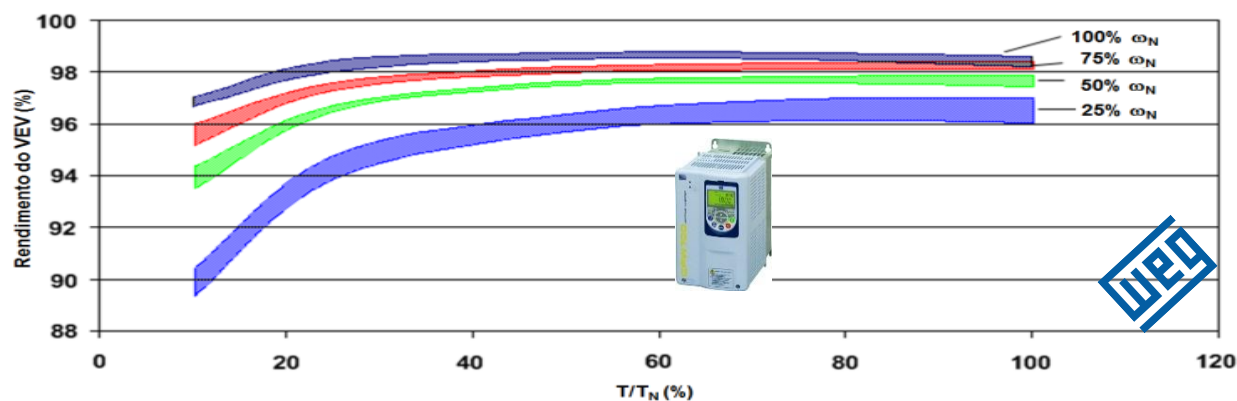
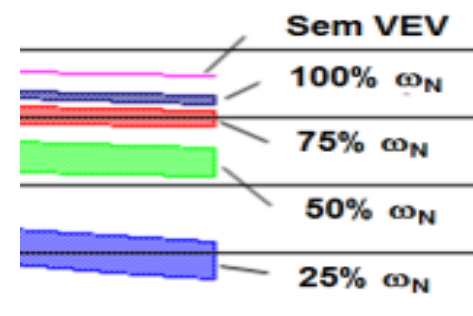
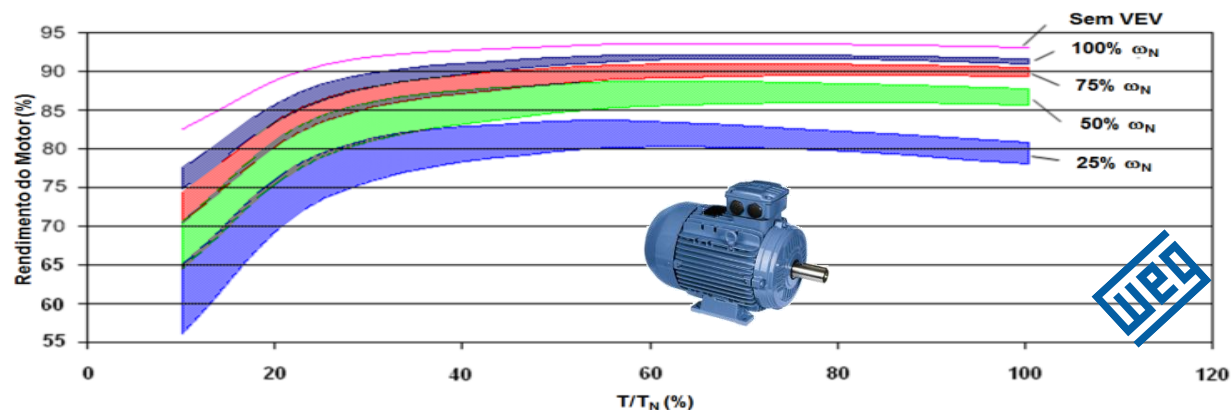
Carga (%)	Inversor - $\eta_{INV}$ (%)	Motor - $\eta_{MOTOR}$ (%)	Motor direto na rede - $\eta_{MOTOR}$ (%)	Sistema - $\eta_{SISTEMA}$ (%)
25	94,02	78,67	-	73,97
50	96,15	85,68	85,36	82,38
75	96,34	85,90	85,35	82,76
100	96,44	84,48	83,46	81,47
125	96,39	81,45	80,95	78,52

# Ensayo 4: Consigna de Velocidad de 75Hz

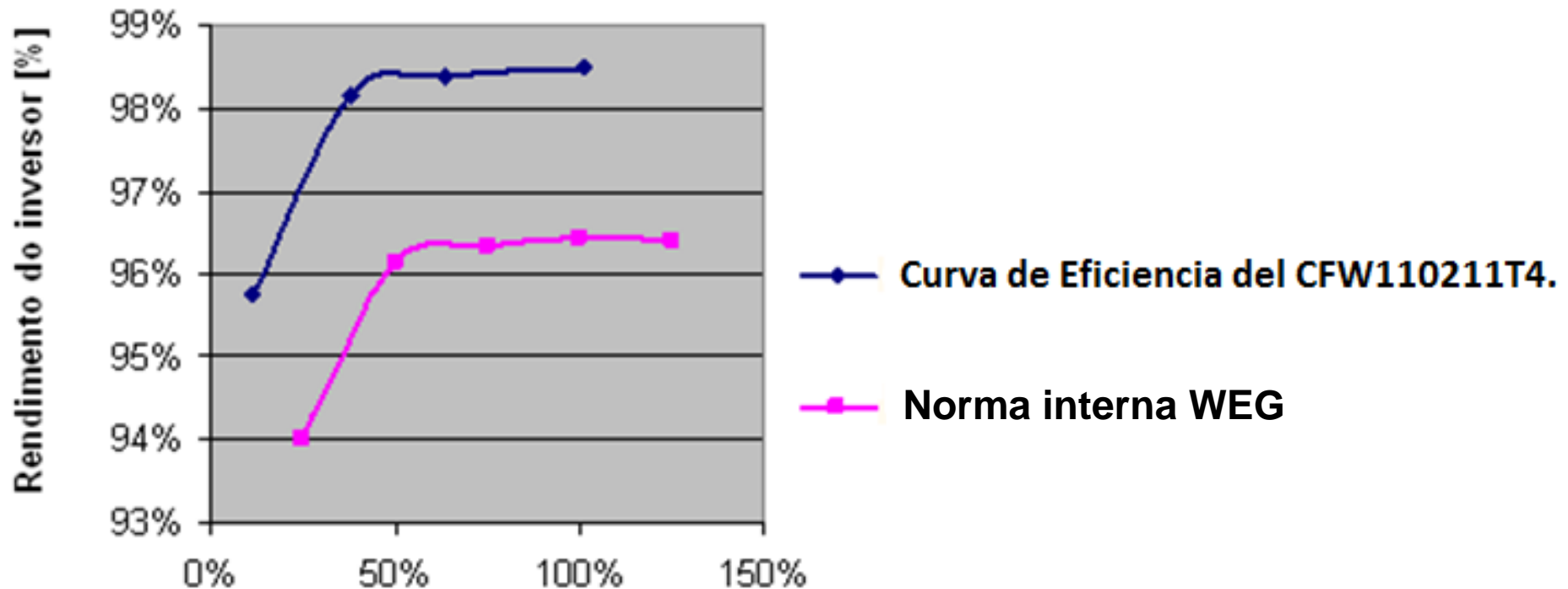


Carga (%)	Inversor - $\eta_{INV}$ (%)	Motor - $\eta_{MOTOR}$ (%)	Sistema - $\eta_{SISTEMA}$ (%)
25	95,24	83,15	79,19
50	96,44	87,02	83,92
75	96,63	85,39	82,51
100	96,65	82,00	79,26
125	95,95	77,33	74,20

# Experimento 1: Accionamiento 37kW vs. Carga/Velocidad



# Experimento 2: Accionamiento CFW110211T4



## Potencia de Salida [% de la potencia nominal de salida]

**Observación:** la curva de eficiencia puede sufrir variaciones en función del modelo ensayado, del motor utilizado, de las condiciones de operación del VDF y del método de medición utilizado.

## Experimento 3: Accionamiento 700kW vs. Cargas/Velocidad

Load (%)	PMEC (kW)	POUTPUT-INV (kW)	PINPUT-INV (kW)	$\eta_{\text{MOTOR-INV}}$	$\eta_{\text{INV}}$
10	75	88	94	86	94
25	188	201	208	93	97
50	375	392	401	96	98
75	563	583	595	97	98
100	750	777	793	97	98

**Table 1 - Values at N= 100 % (rated motor speed)**

Load (%)	PMEC (kW)	POUTPUT-INV (kW)	PINPUT-INV (kW)	$\eta_{\text{MOTOR-INV}}$	$\eta_{\text{INV}}$
10	56	69	75	82	92
25	141	154	161	91	96
50	281	298	306	94	97
75	422	442	453	95	98
100	563	590	603	95	98

**Table 2 - Values at N= 75 % (rated motor speed)**



## Experimento 3: Accionamiento 700kW vs. Cargas/Velocidad

Load (%)	PMEC (kW)	POUTPUT-INV (kW)	PINPUT-INV (kW)	$\eta$ MOTOR-INV	$\eta$ INV
10	38	50	56	75	90
25	94	107	114	87	94
50	188	204	212	92	96
75	281	302	311	93	97
100	375	402	414	93	97

Table 3 - Values at N= 50 % (rated motor speed)

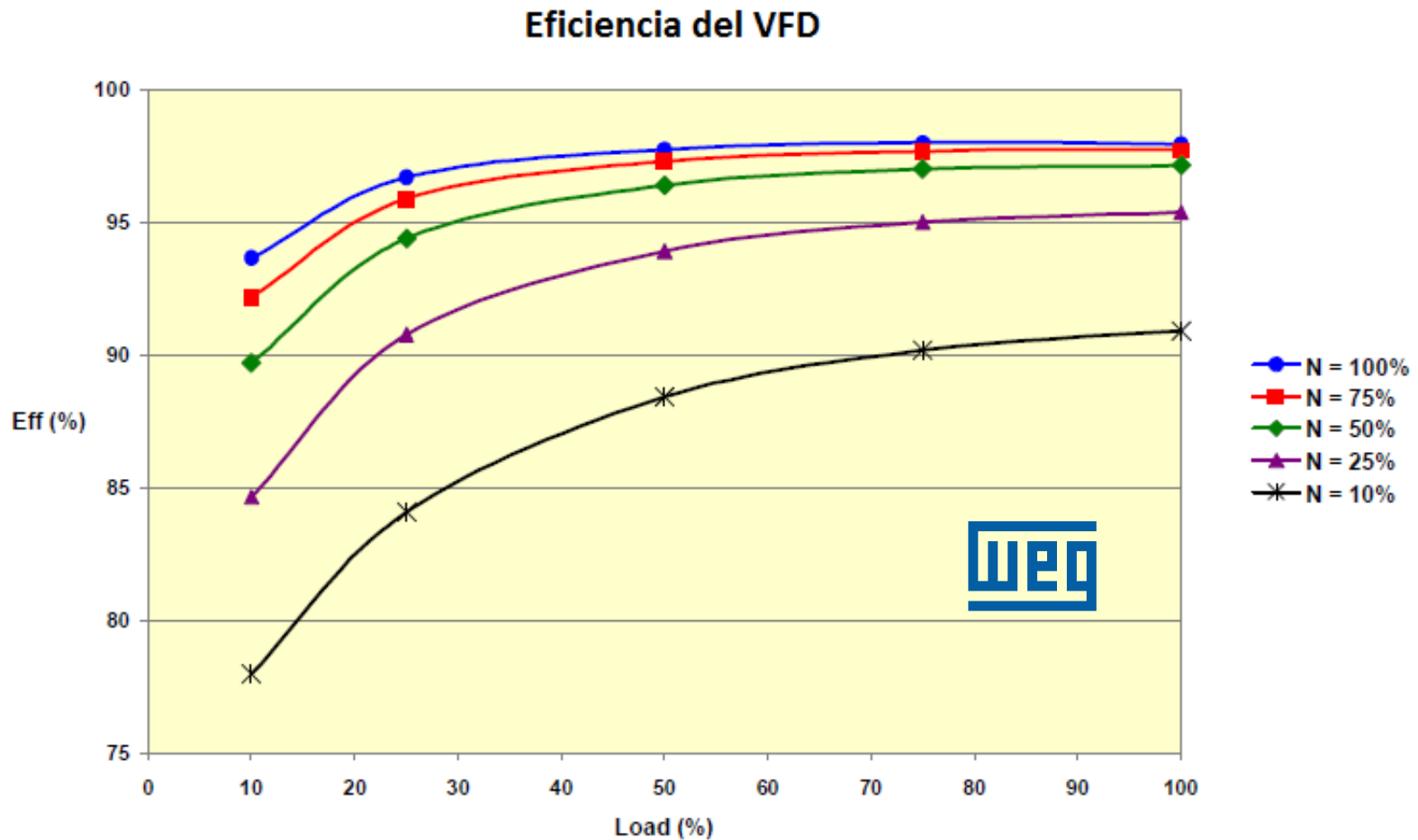
Load (%)	PMEC (kW)	POUTPUT-INV (kW)	PINPUT-INV (kW)	$\eta$ MOTOR-INV	$\eta$ INV
10	19	31	37	60	85
25	47	60	67	78	91
50	94	110	118	85	94
75	141	161	169	87	95
100	188	215	225	87	95

Table 4 - Values at N= 25 % (rated motor speed)

Load (%)	PMEC (kW)	POUTPUT-INV (kW)	PINPUT-INV (kW)	$\eta$ MOTOR-INV	$\eta$ INV
10	8	20	26	37	78
25	19	32	38	58	84
50	38	54	61	69	88
75	56	77	85	74	90
100	75	102	112	74	91

Table 5 - Values at N= 10 % (rated motor speed)

# Experimento 3: Accionamiento 700kW vs. Carga/Velocidad



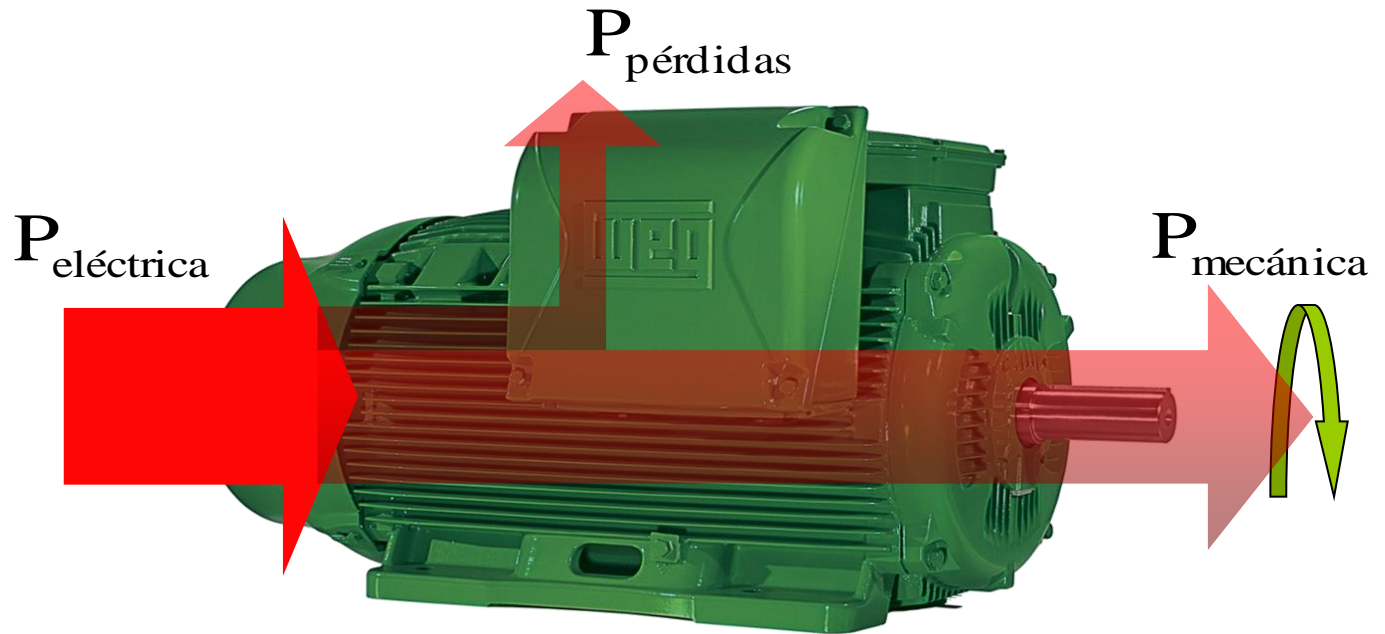
**Valores de Eficiencia del VFD en función de la carga, para diferentes valores de N**

# Eficiencia Energética Asociada a los Motores y VDF

## CONCLUSIONES:

- a) Los valores de eficiencias obtenidos dependen del modelo del convertidor de frecuencia ensayado, de la velocidad de funcionamiento y del método de ensayo utilizado.
- b) La eficiencia del motor cambia de acuerdo con su potencia nominal. Motores de mayor potencia normalmente presentan un rendimiento mayor. Consecuentemente el rendimiento del sistema total también será mejor.

# Relación entre la eficiencia y el consumo

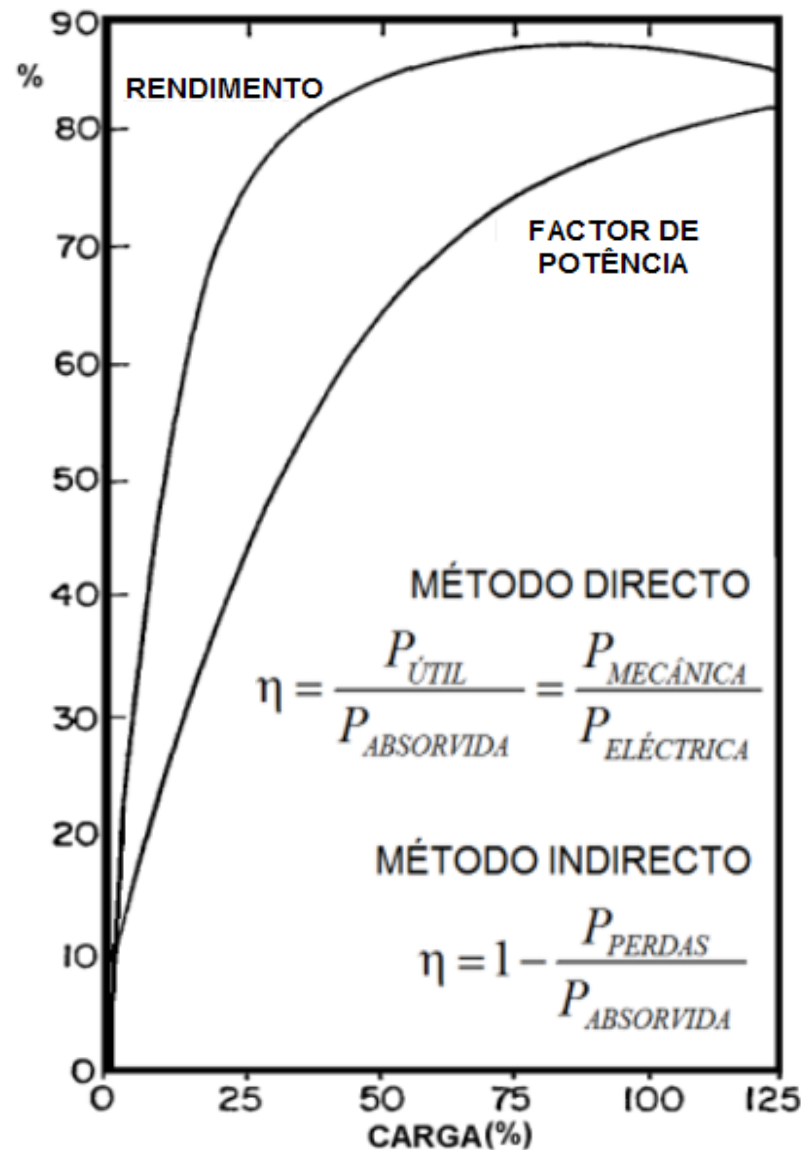


$$\eta = \frac{P_{\text{mecánica}}}{P_{\text{eléctrica}}}$$

$$\text{Consumo kWh (año)} = \frac{\% \text{ carga} \times P_N \text{ (kW)}}{\eta(\%)}$$

x horas/día x días/año

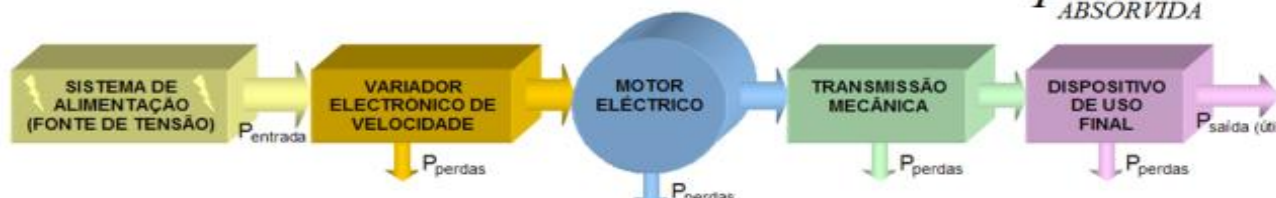
# Eficiencia Energética Asociada a los Motores y VDF



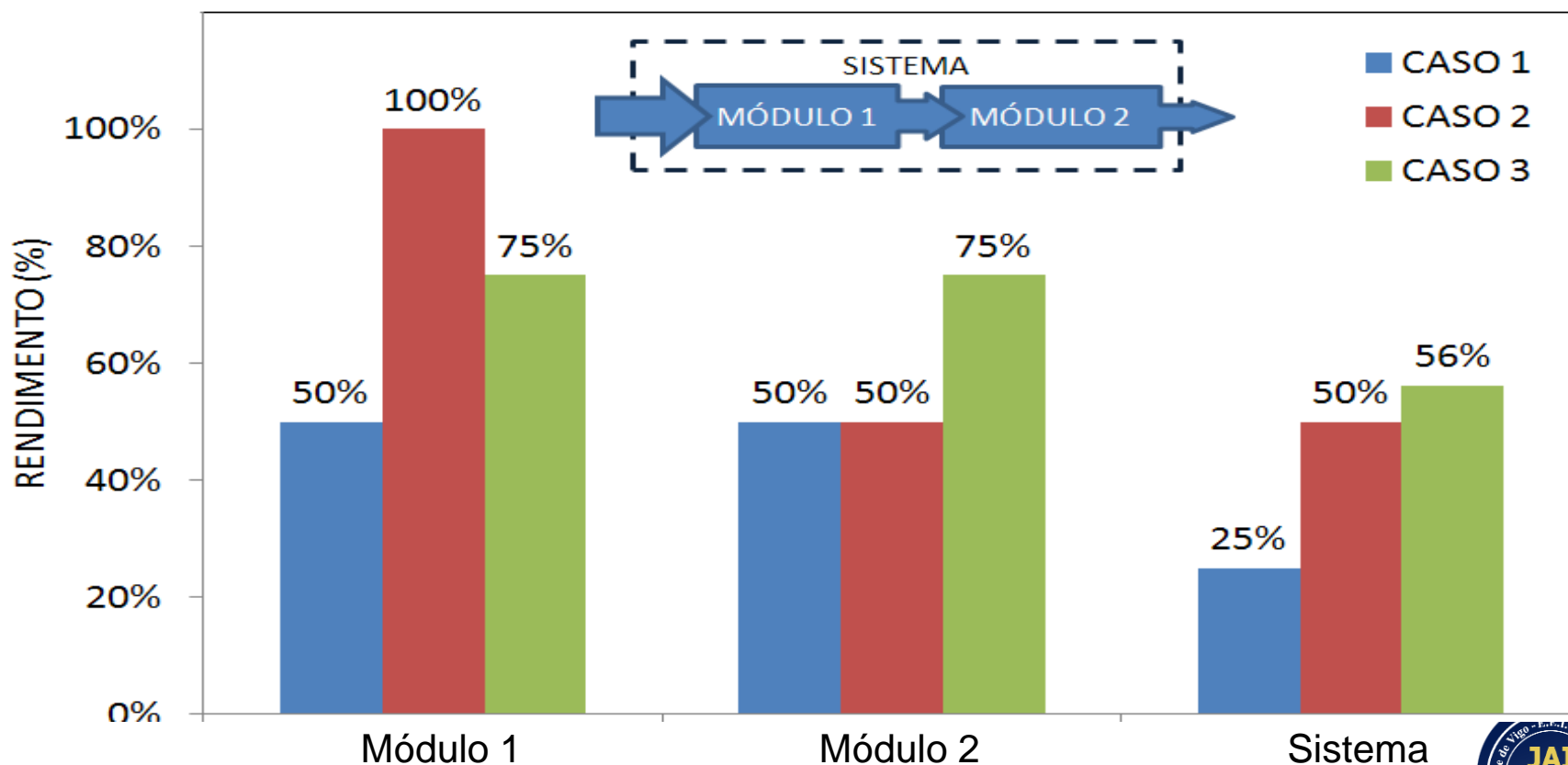


# Rendimiento de los Motores y de los Sistemas

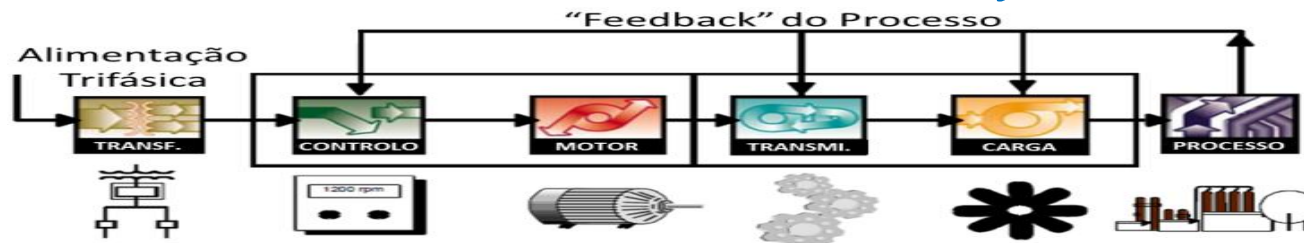
$$\eta_{SISTEMA} = \eta_{VEV} \cdot \eta_{MOTOR} \cdot \eta_{TRANSMISSÃO} \cdot \eta_{APLICAÇÃO} = \frac{P_{ÚTIL}}{P_{ABSORVIDA}}$$



IMPORTANCIA DE  
OPTIMIZAR EL  
SISTEMA

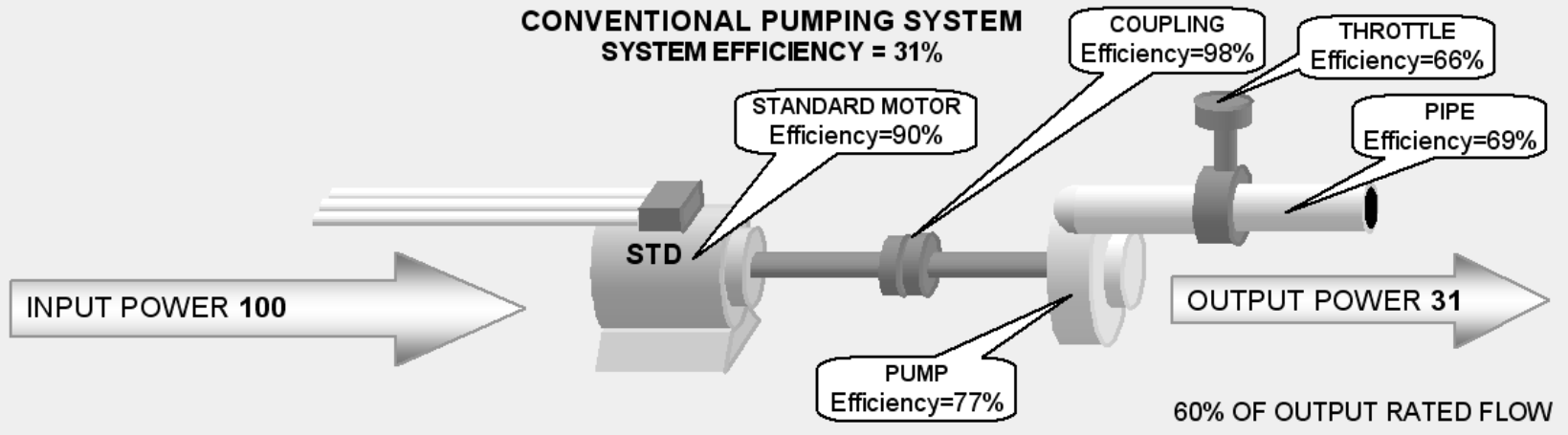


# Rendimiento de los Motores y de los Sistemas

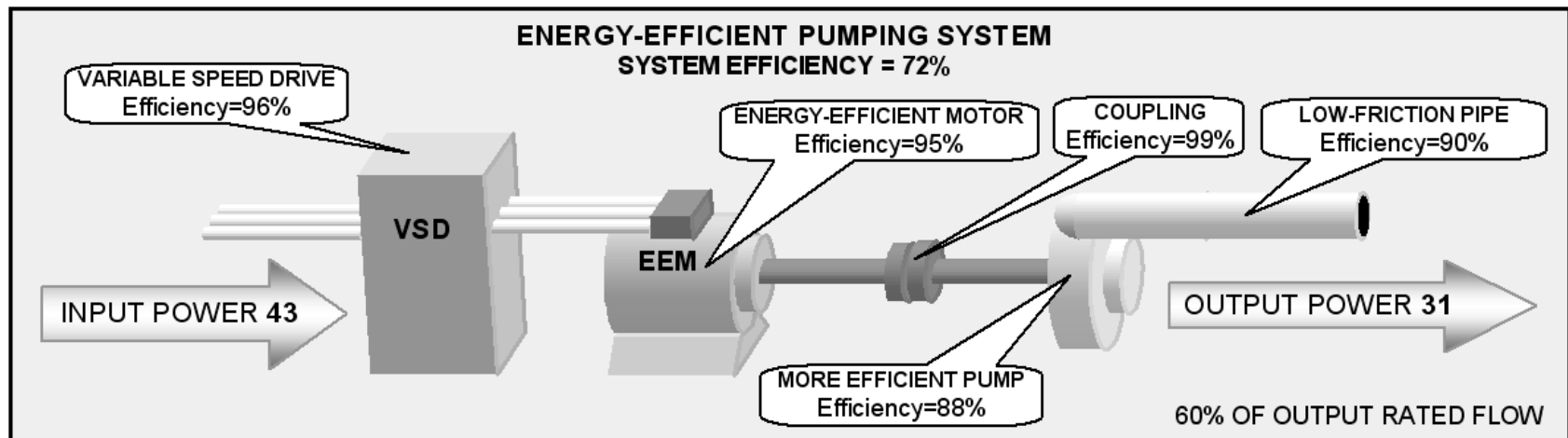


IMPORTANCIA DE  
OPTIMIZAR EL  
SISTEMA

## CONVENTIONAL PUMPING SYSTEM SYSTEM EFFICIENCY = 31%



## ENERGY-EFFICIENT PUMPING SYSTEM SYSTEM EFFICIENCY = 72%



## Guía para Ahorro de Energía con Variadores de Frecuencia

- Instalar variadores de velocidad con la función PID para controlar la velocidad del motor.
- Instalar dispositivos de apagado automático para prevenir el funcionamiento continuo innecesario.
- Instalar dispositivos para mejorar el factor de potencia.
- Investigar sobre el uso de dispositivos de control de cargas para reducir la demanda de pico.
- Investigar las cargas que permitan arranque lento y dispositivos de marcha mínima.
- Realizar mantenimiento preventivo en los Sistemas + Motores + VDFs.

# Ahorro de Energía: Motor Eléctrico + VDF

- El motor de inducción es uno de los mejores modos para obtener energía mecánica a partir de la energía eléctrica – Usar siempre motores de Alto Rendimiento.
- Los motores de inducción tienen la limitación de mantener su velocidad fija sin importar las variaciones de la carga.
- Sin embargo, la mayoría de los procesos industriales requieren variación de velocidad y esta es la función del Variador de Frecuencia.





# Razones para el Uso de Variadores de Frecuencia WEG



1. Control de la Velocidad, del Par y de la Posición para el Proceso.
2. Mejoras en el Control de la Maquina.
3. Reducción del Estrés Mecánico y Eléctrico.
4. Ahorro de Energía.
5. Protección Electrónica del Motor.
6. Aumento de la Vida Útil del Sistema.



JSA - Canadá



Europa



Argentina

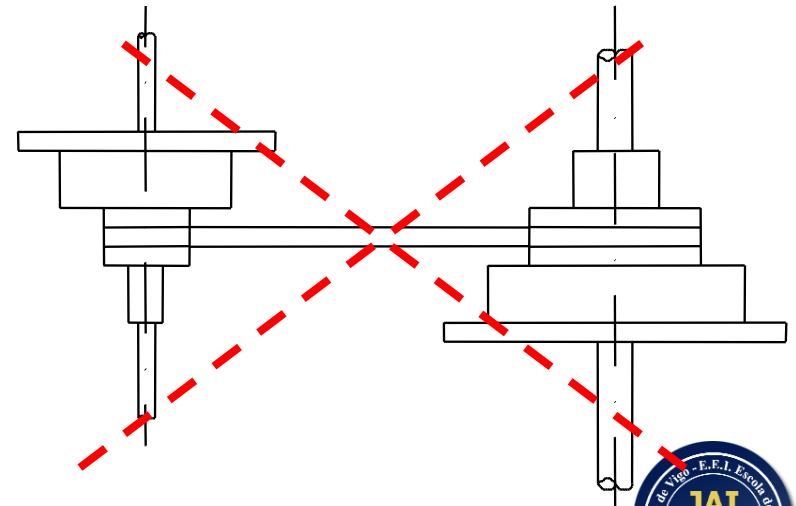
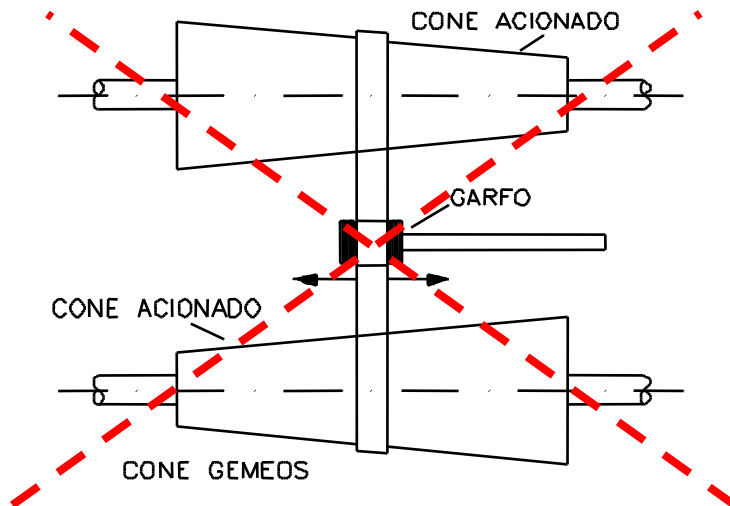


Austrália



# 1. Control de Velocidad, Par y Posición

- Permite eliminar las bandas cónicas y sistemas de poleas.
- No genera corrientes parásitas.
- Permite un amplio rango de variación de Velocidad y de Posición.
- Sustitución de los Motores de DC y de los Drives de DC.



## 2. Mejoras en el Control

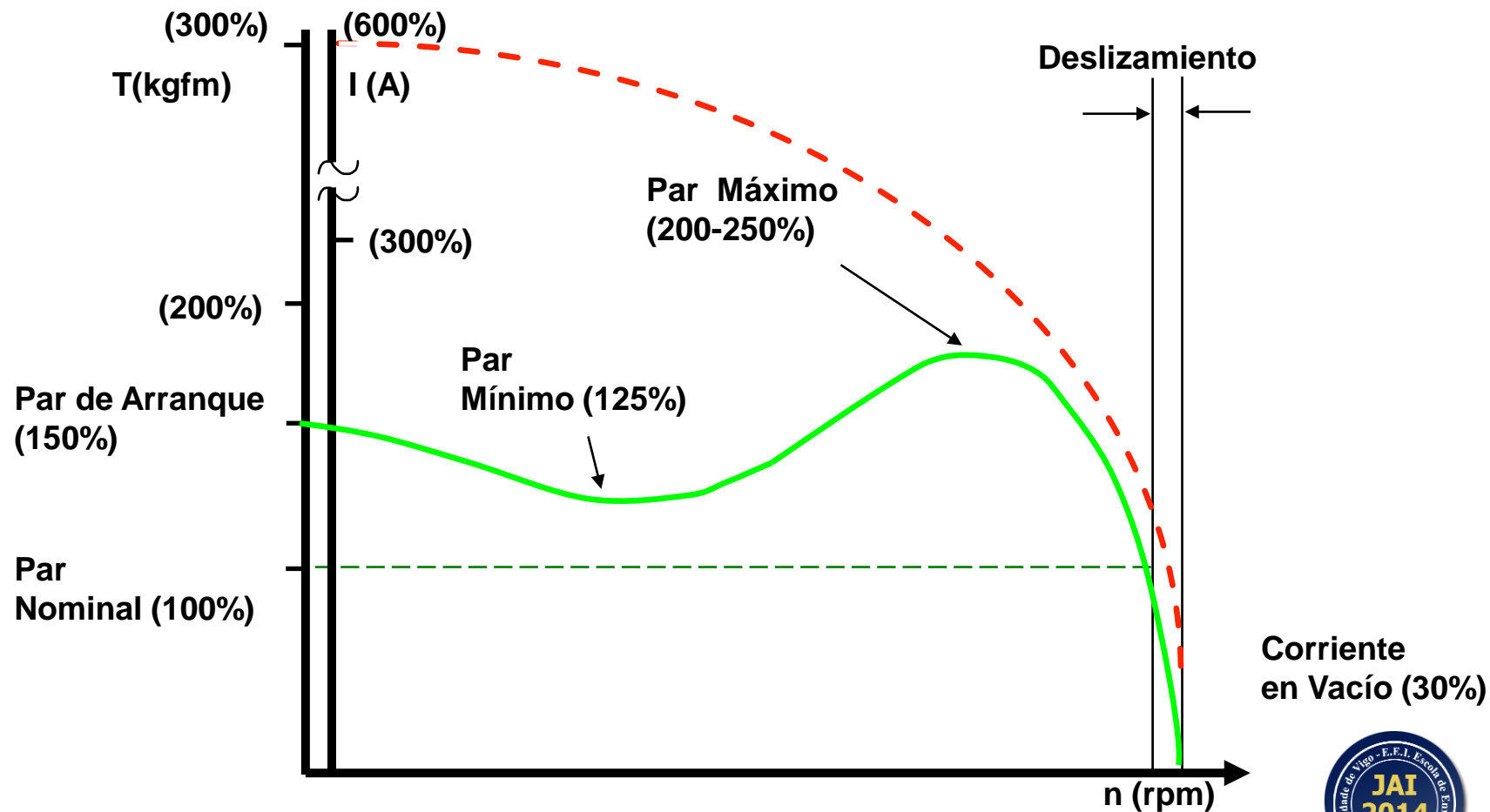
- Regulación de velocidad superior al 0.1%
- Alta respuesta dinámica y alto rendimiento

Ítem	Escalares	Vectoriales		Convertidor CC con Realimentación	Servo Accionamiento con Realimentación
		Sensorless	C/encoder		
<b>Rango ideal de Trabajo</b>	<b>5Hz a 50Hz</b>	<b>2Hz a 50 Hz</b>	<b>0 a 50Hz</b>	<b>15rpm a 1500rpm</b>	<b>0,01Hz a 50Hz</b>
<b>Regulación de Velocidad</b>	<b>Depende del deslizamiento (+/- 1%)</b>	<b>0,5%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,5%</b>	<b>0,005%</b>
<b>Respuesta Dinámica</b>	<b>0,5 a 1 s</b>	<b>0,2s</b>	<b>0,03s</b>	<b>0,06s</b>	<b>0,004s</b>
<b>Control de Par</b>	<b>No disponible</b>	<b>Sólo Limita</b>	<b>Disponible</b>	<b>Disponible</b>	<b>Disponible</b>
<b>Par con Velocidad Cero</b>	<b>No disponible</b>	<b>No disponible</b>	<b>Disponible</b>	<b>Disponible (tiempo restringido)</b>	<b>Disponible</b>

### 3. Reducción del Estrés Mecánico y Eléctrico



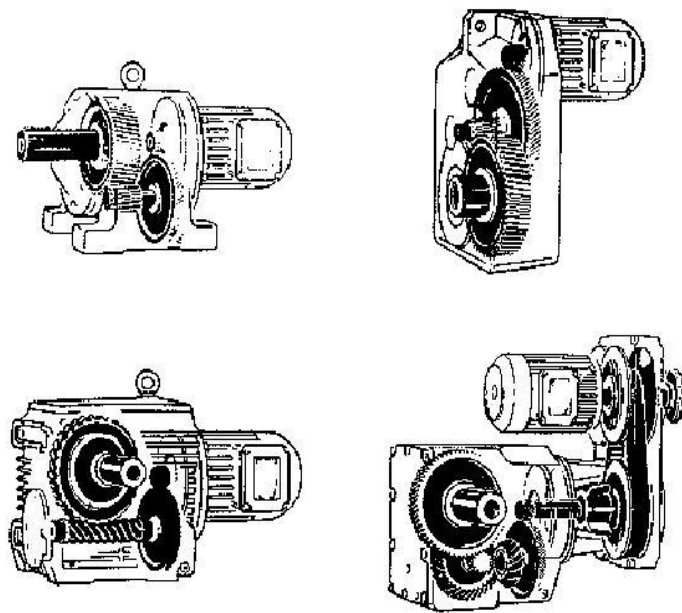
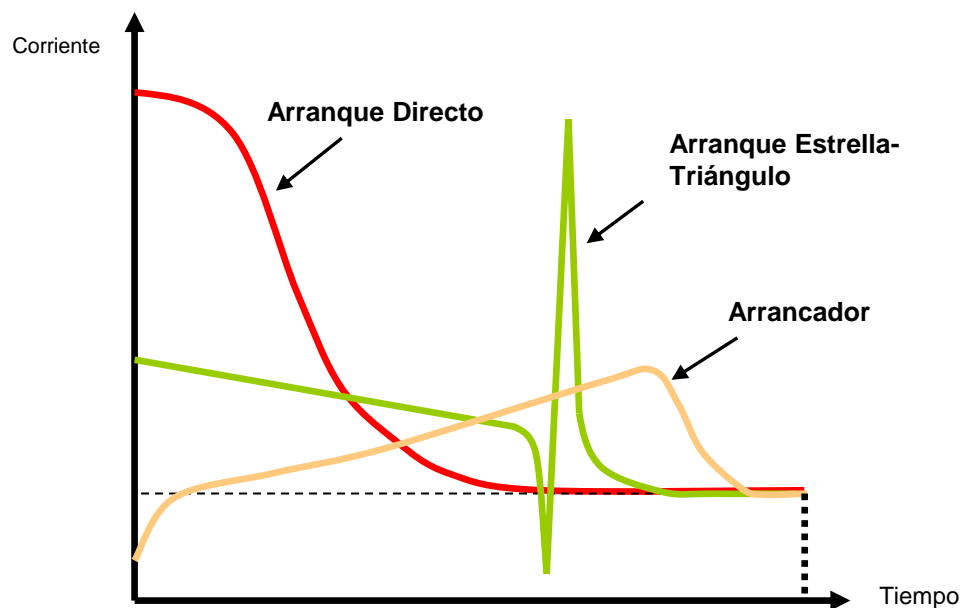
**CURVA DE PAR - VELOCIDAD**





# 3. Reducción del Estrés Mecánico y Eléctrico

- Aceleración y desaceleración tipo rampa o curva S
- Menor coste de mantenimiento por reposición de sellos. Alto par de arranque por lo que se evita que el motor requiera de 6 a 10 veces la corriente nominal del motor, esto implica en una reducción en los picos de demanda y de picos de par



## 4. Ahorro de Energía

- Para estimar el ahorro de energía es necesario conocer el proceso industrial en que se pretende instalar el variador de frecuencia.
- No todos los procesos ahorran energía, incluso hay algunos en que el consumo de energía no aumenta con la velocidad.
- Por lo tanto, es necesario identificar los diferentes tipos de cargas existentes:

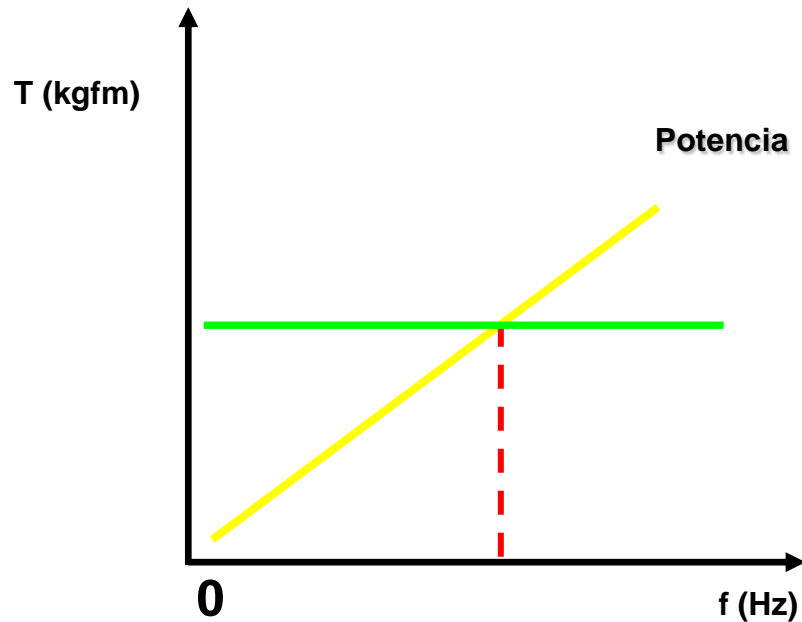
PAR CONSTANTE

PAR PROPORCIONAL

PAR CUADRÁTICO

POTENCIA CONSTANTE

# Par Constante:



- En la industria la mayor parte de las máquinas empleadas funcionan con par constante.
- El par es independiente de la velocidad.
- En el arranque ocurre frecuentemente un soprepárra inicial más elevado que el par nominal.



**Elevación**



**Grúas**



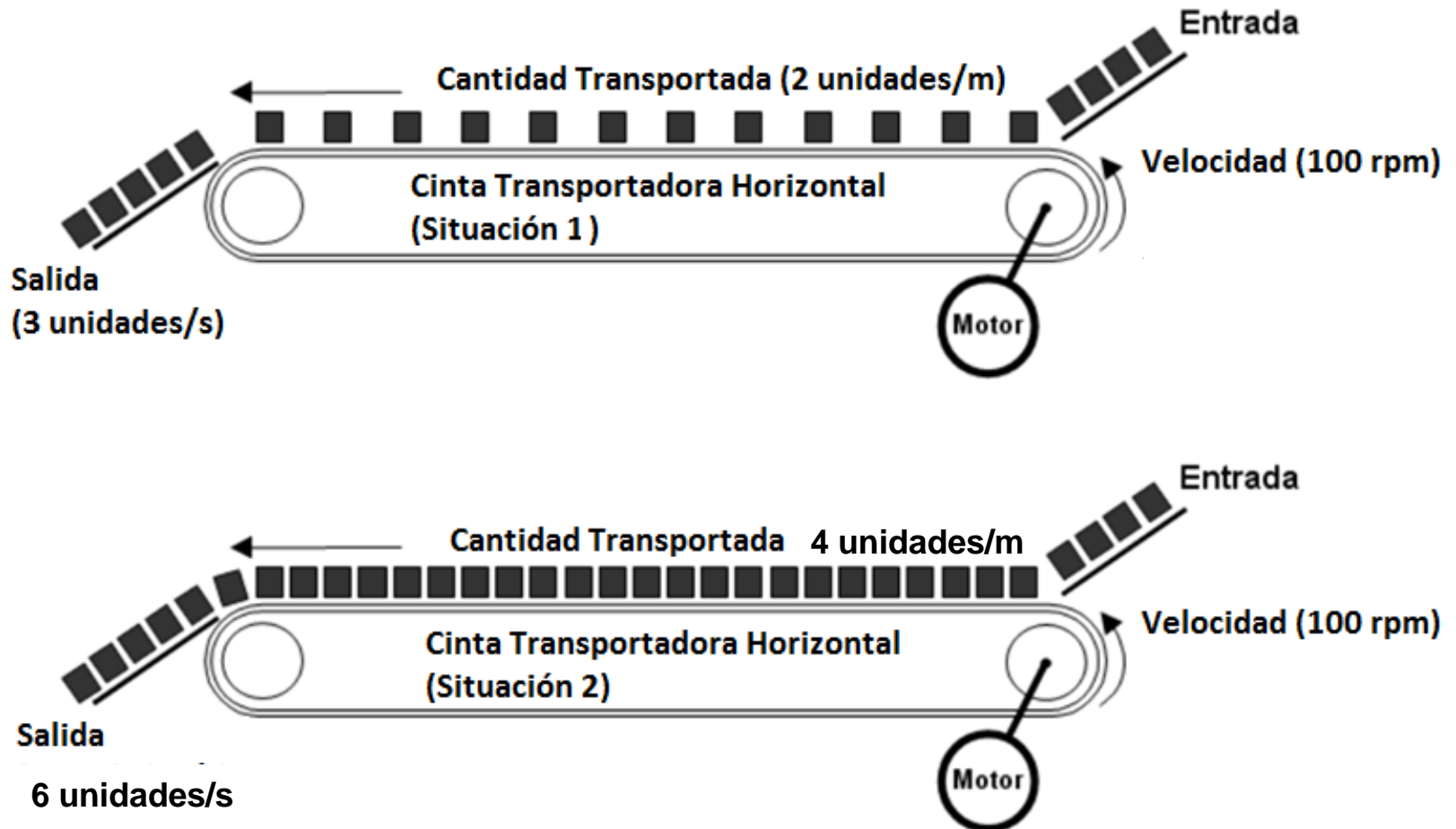
**Alimentadores**



**Transportadores**

# Par Constante: Ahorro de Energía vs. Velocidad

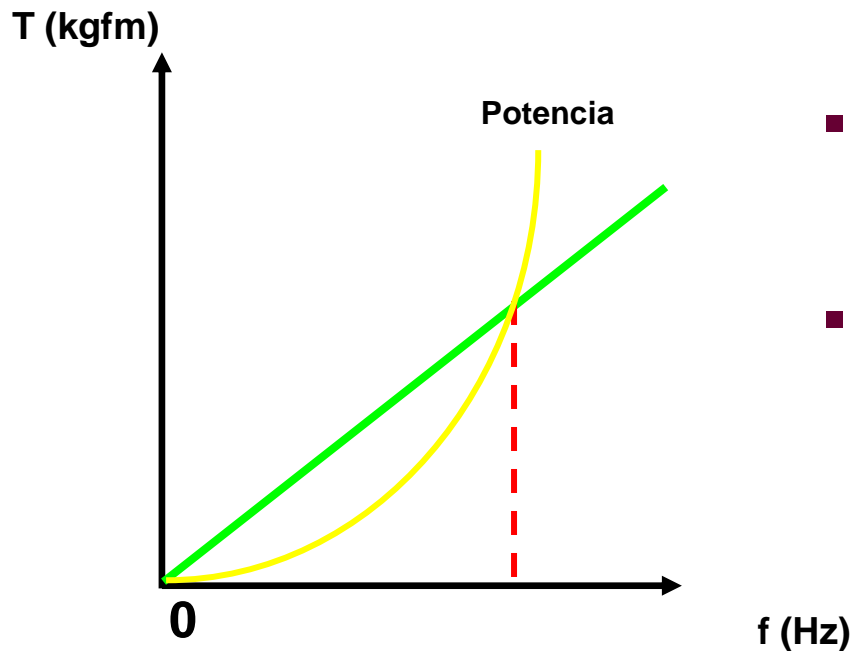
## AHORRO DE ENERGÍA EN CINTAS TRANSPORTADORAS





# Par Proporcional (Lineal):

- En estas máquinas el par varía linealmente con la velocidad.
- La potencia varía con el cuadrado de la velocidad.
- Ejemplos: Bombas de tornillo de Arquímedes, mezcladoras, molinos de bolas, etc.

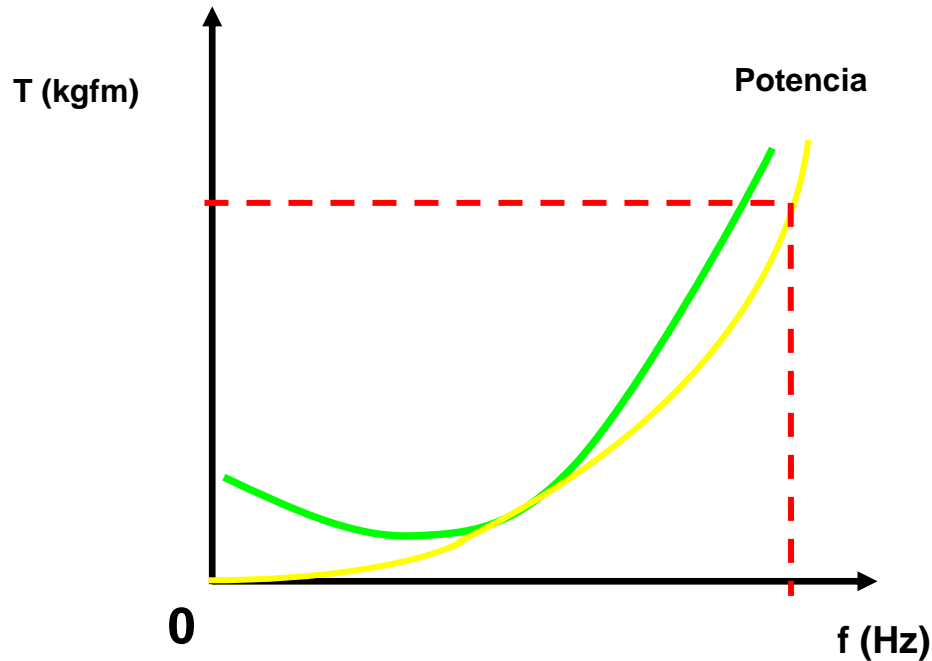


Bomba Tornillo Arquímedes



Mezcladora

# Par Cuadrático:



- En estas máquinas el par varía con el cuadrado de la velocidad.
- La potencia lo hace con el cubo de la velocidad.
- Los casos más común son bombas centrífugas y los ventiladores.



Ventilador Axial



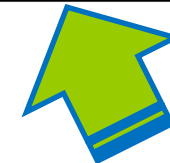
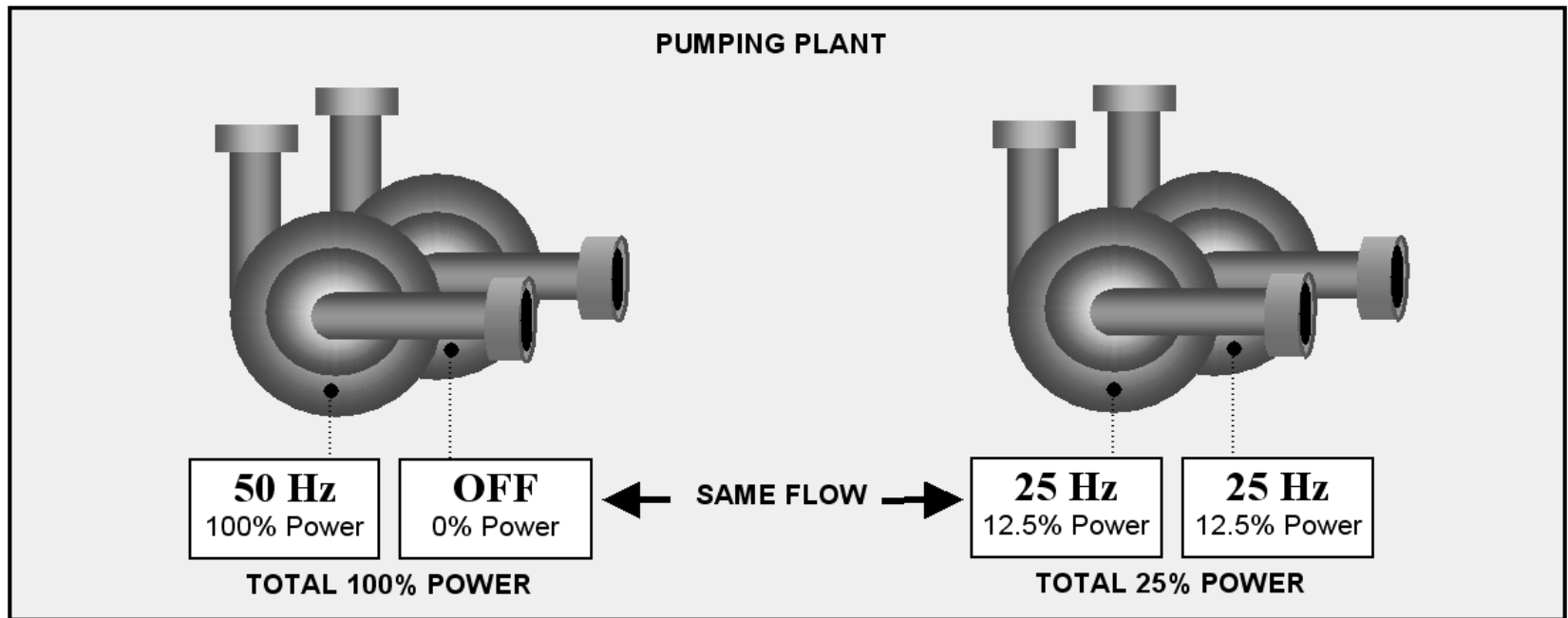
Bomba Centrífuga



# Par Cuadrático: Ahorro de Energía vs. Velocidad

## POTENCIA ABSORBIDA POR BOMBAS EN PARALELO

Sistema de bombeo con 2 sistemas independientes donde la capacidad de elevación no es un factor crítico.



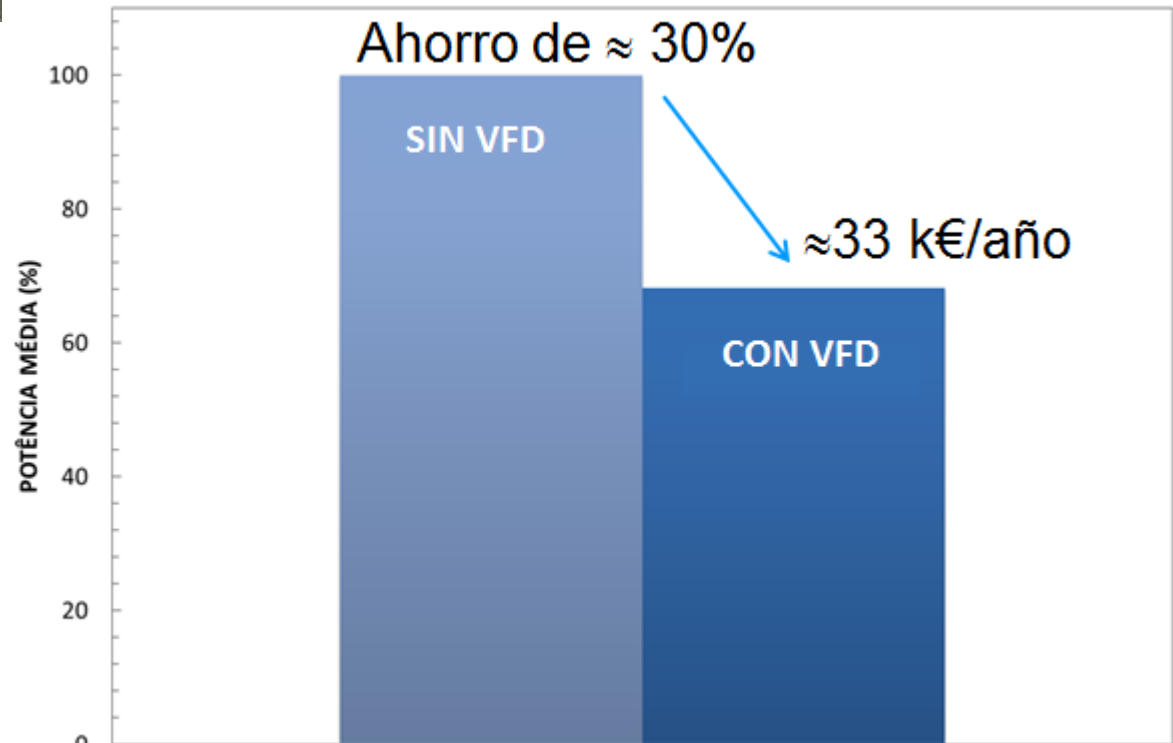
# Par Cuadrático: Ahorro de Energía vs. Velocidad



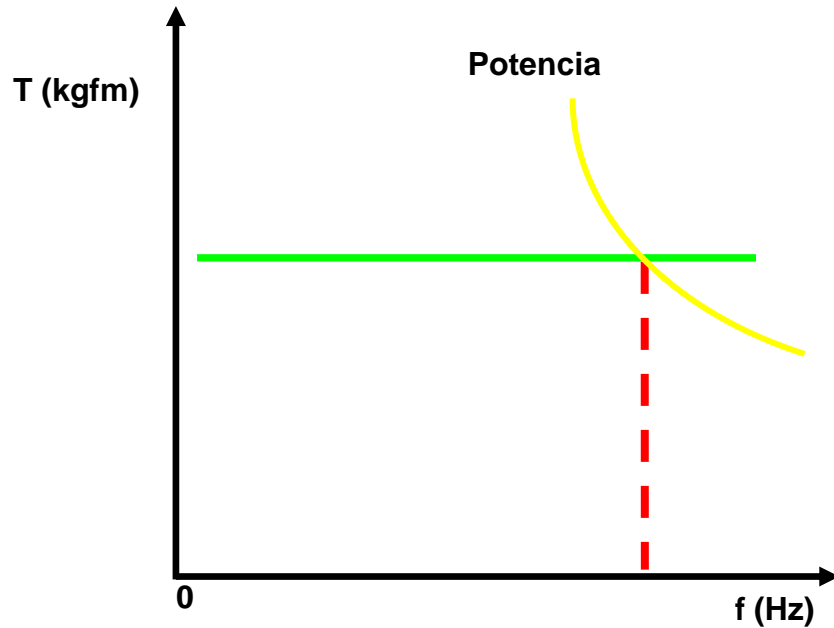
**Ejemplo:** Variador accionando un motor IE2 de 132 kW acoplado a un ventilador de aire primario de un horno.

Velocidad controlada en lazo cerrado a través de una señal de 4 a 20mA proveniente de un PLC, en función de la necesidad de aire/temperatura del horno.

CONSUMO SIN VARIADOR: 1094.3 MWh/año  $\Leftrightarrow$  109.4 k€/año



# Potencia Constante:



- La potencia requerida es prácticamente independiente de la velocidad.
- Comportamiento propio de máquinas herramientas y sistemas de arrollamiento.
- Requieren menor par y por lo tanto se puede utilizar un accionamiento menor.



**Alimentador Prensa**

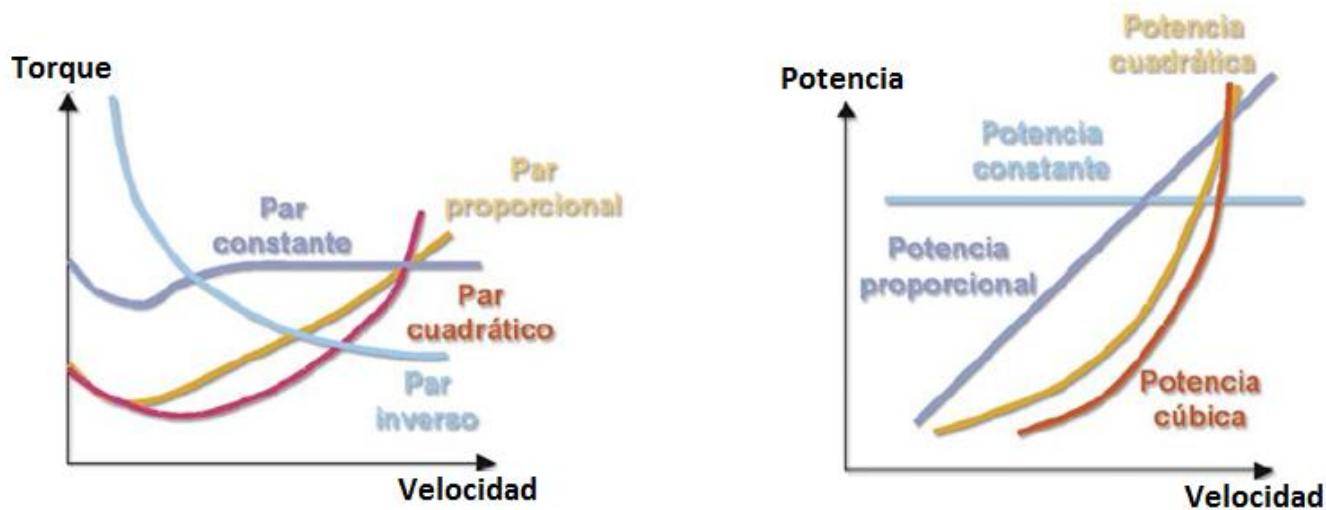


**Bobinador / Desbobinador**



# Conclusiones:

- Como se puede comprobar en las gráficas, los Ahorros de Energía mas importantes los tendremos en las cargas de par cuadrático, donde una pequeña disminución de velocidad produce una gran disminución de potencia absorbida por el motor.
- Los ahorro energético que los VDF permiten son del orden del 25 a 30% del consumo actual de electricidad. Incluso puede ser igual o superior al 30% para motores de elevada potencia y con una gran utilización anual.



Comparativo de Curvas de Potencia de los Equipos en Diferentes Situaciones.

# Ahorro de Energía:



Convertidores de Frecuencia



**Control de la Potencia Entregada  
a los Motores Eléctricos.**



**Promedio de Ahorro de Energía con el uso de  
Convertidores de Frecuencia:**

- |                                     |   |                 |
|-------------------------------------|---|-----------------|
| ■ <i>Bombas Centrífugas</i>         | ⇒ | <b>20 a 50%</b> |
| ■ <i>Bombas Alternativas</i>        | ⇒ | <b>10 a 30%</b> |
| ■ <i>Ventiladores / Extractores</i> | ⇒ | <b>20 a 50%</b> |
| ■ <i>Cintas Transportadoras</i>     | ⇒ | <b>10 a 30%</b> |

# Ahorro de Energía:

**Más del 60% de la Energía Eléctrica Consumida en la Industria es**



**Energía Motriz.**

## **Soluciones Disponibles para la Mejora de la Eficiencia:**

- Utilizar Motores de Alta Eficiencia
- Utilizar Motores de Inducción frente a los motores de Corriente Continua
- Variador de Frecuencia en Motores de Inducción

**Esta Solución permite un Ahorro de 25% en el Consumo de Energía Eléctrica.**

**Amortización Inferior a 2 años.**



# Software WEG para Evaluación del Ahorro de Energía:



## Retorno de Investimento em Inversores de Frequência

Cálculo

Gráfico

Modelos

Configurações

www.weg.net

Português

### Cálculo do retorno de investimento em inversores de frequência WEG

#### Tarefas de arquivo

Abrir

Salvar

Salvar como...

Salvar como texto

A economia de energia apresentada é estimada e resulta da comparação entre sistemas de controle de vazão ou pressão convencionais (Válvula / By-Pass / Damper) e um sistema de controle de vazão ou pressão por variação de velocidade utilizando inversores de frequência.

Nota: A vazão varia com a rotação, e a pressão com o quadrado da rotação, isso quer dizer que, em 70% da rotação a pressão terá um valor teórico de 50% da pressão nominal.

Referência: Software para Evaluacion del Ahorro de Energia

Aplicação: Bomba Centrífuga [Inversor de Frequência x Válvula]

Moeda: EUR

Dias em operação: 260

Potência do Motor: 100 kW

Rendimento (100%): 95

Valor do kWh (EUR): 0.05

Valor do inversor de frequência (EUR): 4000

Calcular

Limpar

Imprimir

Vazão (%)	Tempo de operação diária (em horas)
100	5
90	10
80	5
70	0
60	0
50	0
40	0
30	0
20	0
10	0

#### Resultados

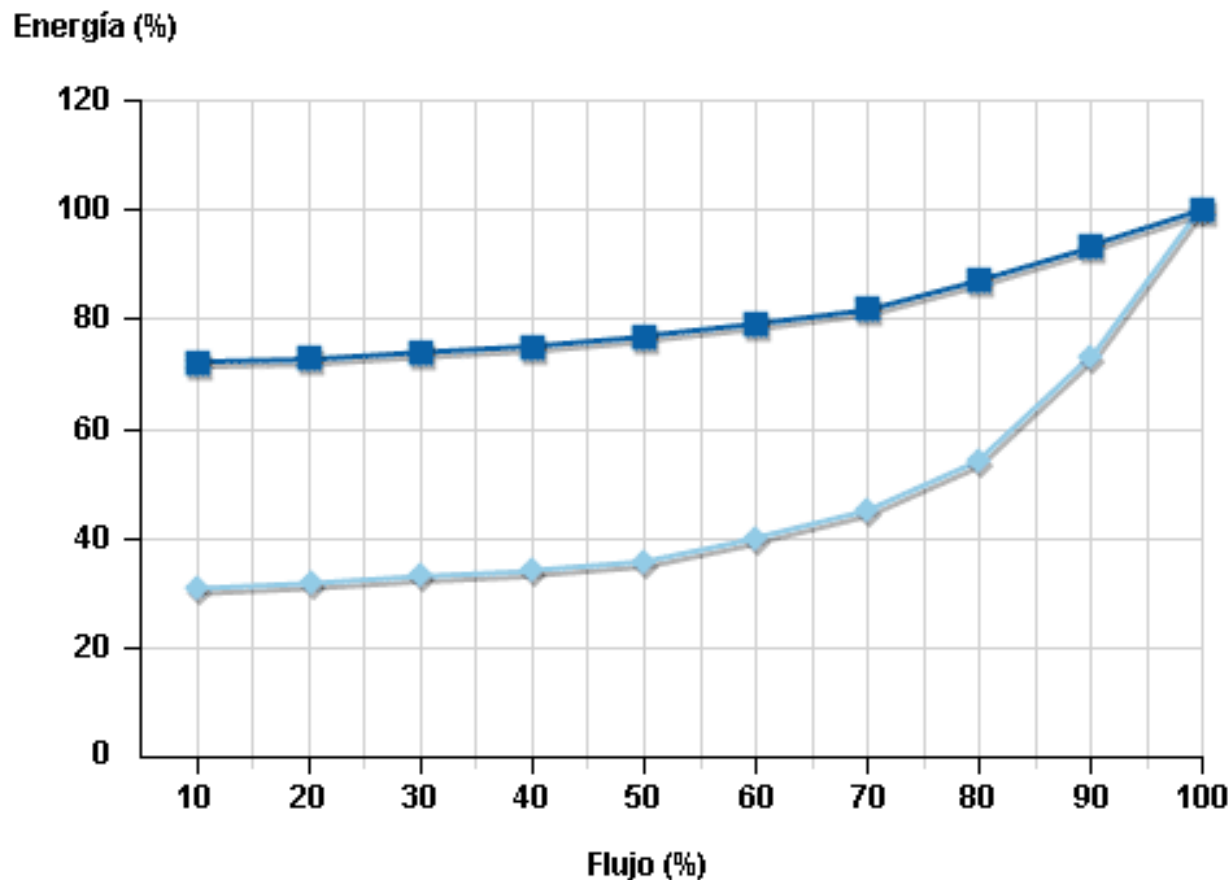
Economia anual (kWh): 99,895

Economia anual (EUR): 4,994.74

Tempo de retorno de investimento (meses): 10



# Bomba Centrífuga: VDF vs. Válvula



- Convertidor de Frecuencia
- Válvula

Por debajo del 50% del flujo, la diferencia de la energía consumida en los dos sistemas se mantiene aproximadamente constante.



# Software WEG para Evaluación del Ahorro de Energía:



## Retorno de Investimento em Inversores de Frequência

[Cálculo](#)[Gráfico](#)[Modelos](#)[Configurações](#)[www.weg.net](#)

Português

Cálculo do retorno de investimento em inversores de frequência WEG

### Tarefas de arquivo

[Abrir](#)[Salvar](#)[Salvar como...](#)[Salvar como texto](#)

A economia de energia apresentada é estimada e resulta da comparação entre sistemas de controle de vazão ou pressão convencionais (Válvula / By-Pass / Damper) e um sistema de controle de vazão ou pressão por variação de velocidade utilizando inversores de frequência.

Nota: A vazão varia com a rotação, e a pressão com o quadrado da rotação, isso quer dizer que, em 70% da rotação a pressão terá um valor teórico de 50% da pressão nominal.

Referência: Software para Evaluacion del Ahorro de Energia

Aplicação: Bomba Centrífuga [Inversor de Frequência x By-Pass]

Moeda: R\$

Dias em operação: 260

Potência do Motor: 100 kW

Rendimento (100%): 95

Valor do kWh (R\$): 0.05

Valor do inversor de frequência (R\$): 4000

[Calcular](#)[Limpar](#)[Imprimir](#)

Vazão (%)	Tempo de operação diária (em horas)
100	5
90	10
80	5
70	0
60	0
50	0
40	0
30	0
20	0
10	0

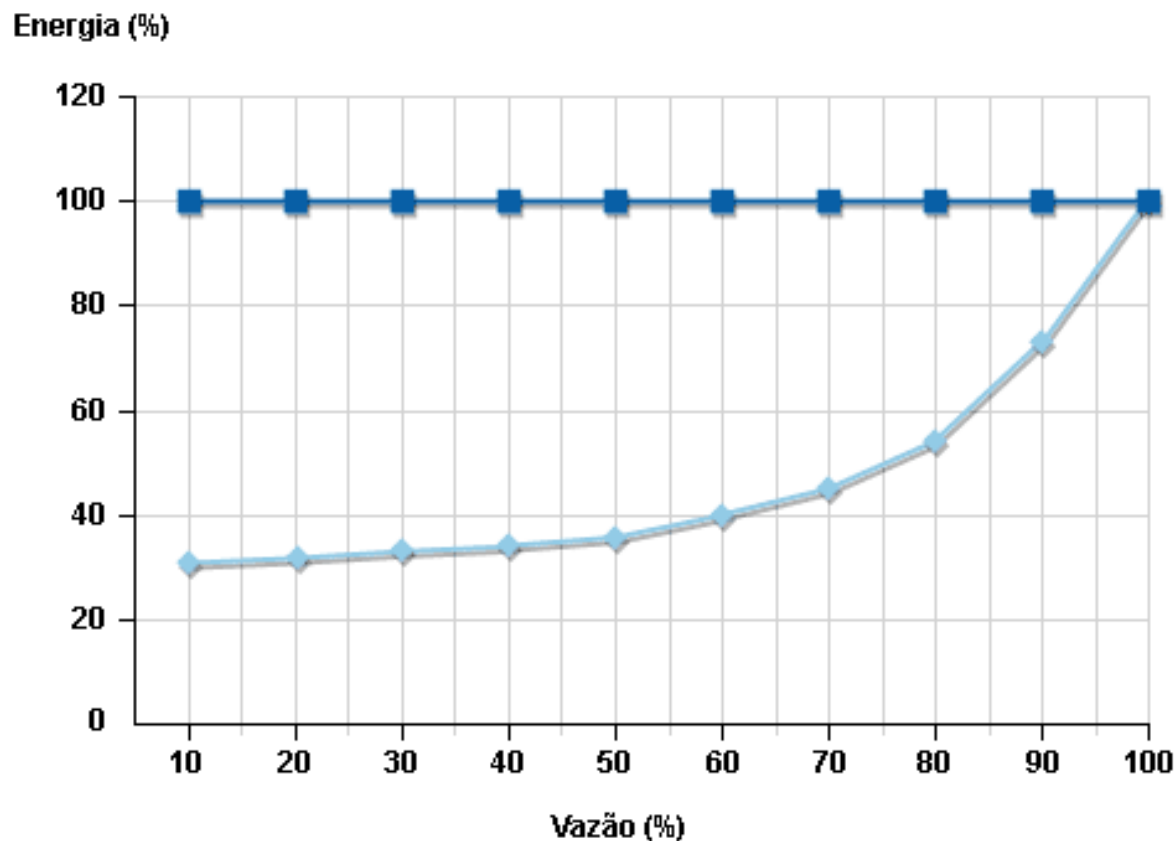
### Resultados

Economia anual (kWh): 136,842

Economia anual (R\$): 6,842.11

Tempo de retorno de investimento (meses): 7

# Bomba Centrífuga: VDF vs. By-Pass



◆ Inversor de Frequência  
■ By-Pass

Por debajo del 50% del flujo, la diferencia de la energía consumida en los dos sistemas se mantiene aproximadamente constante.

# Software WEG para Evaluación del Ahorro de Energía:



## Retorno de Investimento em Inversores de Frequência

Cálculo

Gráfico

Modelos

Configurações

www.weg.net

Português

### Cálculo do retorno de investimento em inversores de frequência WEG

#### Tarefas de arquivo

Abrir

Salvar

Salvar como...

Salvar como texto

A economia de energia apresentada é estimada e resulta da comparação entre sistemas de controle de vazão ou pressão convencionais (Válvula / By-Pass / Damper) e um sistema de controle de vazão ou pressão por variação de velocidade utilizando inversores de frequência.

Nota: A vazão varia com a rotação, e a pressão com o quadrado da rotação, isso quer dizer que, em 70% da rotação a pressão terá um valor teórico de 50% da pressão nominal.

Referência: Software para Evaluacion del Ahorro de Energia

Aplicação: Ventilador/Exaustor [Inversor de Frequência x Damper na Entrada]

Moeda: R\$

Dias em operação: 260

Potência do Motor: 100 kW

Rendimento (100%): 95

Valor do kWh (R\$): 0.05

Valor do inversor de frequência (R\$): 4000

Calcular

Limpar

Imprimir

Vazão (%)	Tempo de operação diária (em horas)
100	5
90	10
80	5
70	0
60	0
50	0
40	0
30	0
20	0
10	0

#### Resultados

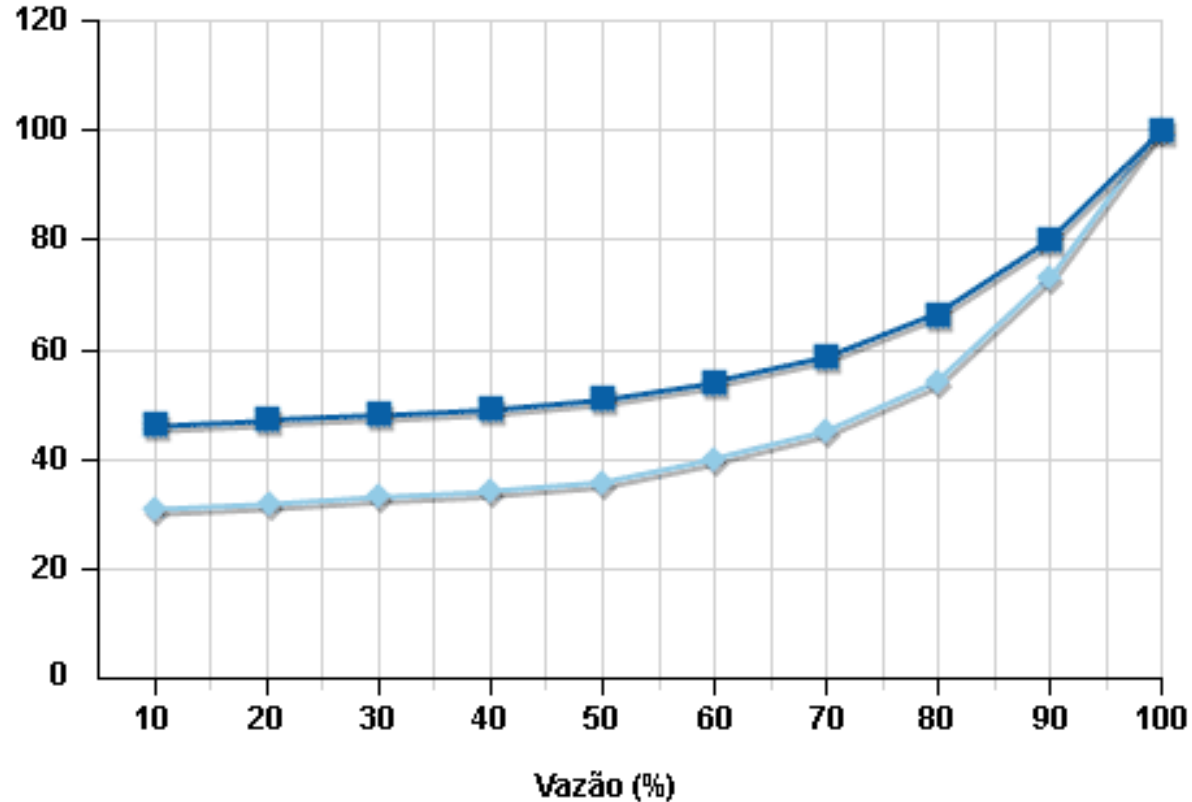
Economia anual (kWh): 36,947



Economia anual (R\$): 1.847.37

Tempo de retorno de investimento (meses): 26

# Ventilador / Extractor de Aire: VDF vs. Damper en la Entrada

Energía (%)



-  Inversor de Frequência
-  Damper na Entrada

Por debajo del 50% del flujo, la diferencia de la energía consumida en los dos sistemas se mantiene aproximadamente constante.

# Software WEG para Evaluación del Ahorro de Energía:



## Retorno de Investimento em Inversores de Frequência

Cálculo

Gráfico

Modelos

Configurações

www.weg.net

Português

### Cálculo do retorno de investimento em inversores de frequência WEG

#### Tarefas de arquivo

Abrir

Salvar

Salvar como...

Salvar como texto

A economia de energia apresentada é estimada e resulta da comparação entre sistemas de controle de vazão ou pressão convencionais (Válvula / By-Pass / Damper) e um sistema de controle de vazão ou pressão por variação de velocidade utilizando inversores de frequência.

Nota: A vazão varia com a rotação, e a pressão com o quadrado da rotação, isso quer dizer que, em 70% da rotação a pressão terá um valor teórico de 50% da pressão nominal.

Referência: Software para Evaluacion del Ahorro de Energia

Aplicação: Ventilador/Exaustor [Inversor de Frequência x Damper na Saída]

Moeda: R\$

Dias em operação: 260

Potência do Motor: 100 kW

Rendimento (100%): 95

Valor do kWh (R\$): 0.05

Valor do inversor de frequência (R\$): 4000

Calcular

Limpar

Imprimir

Vazão (%)	Tempo de operação diária (em horas)
100	5
90	10
80	5
70	0
60	0
50	0
40	0
30	0
20	0
10	0

#### Resultados

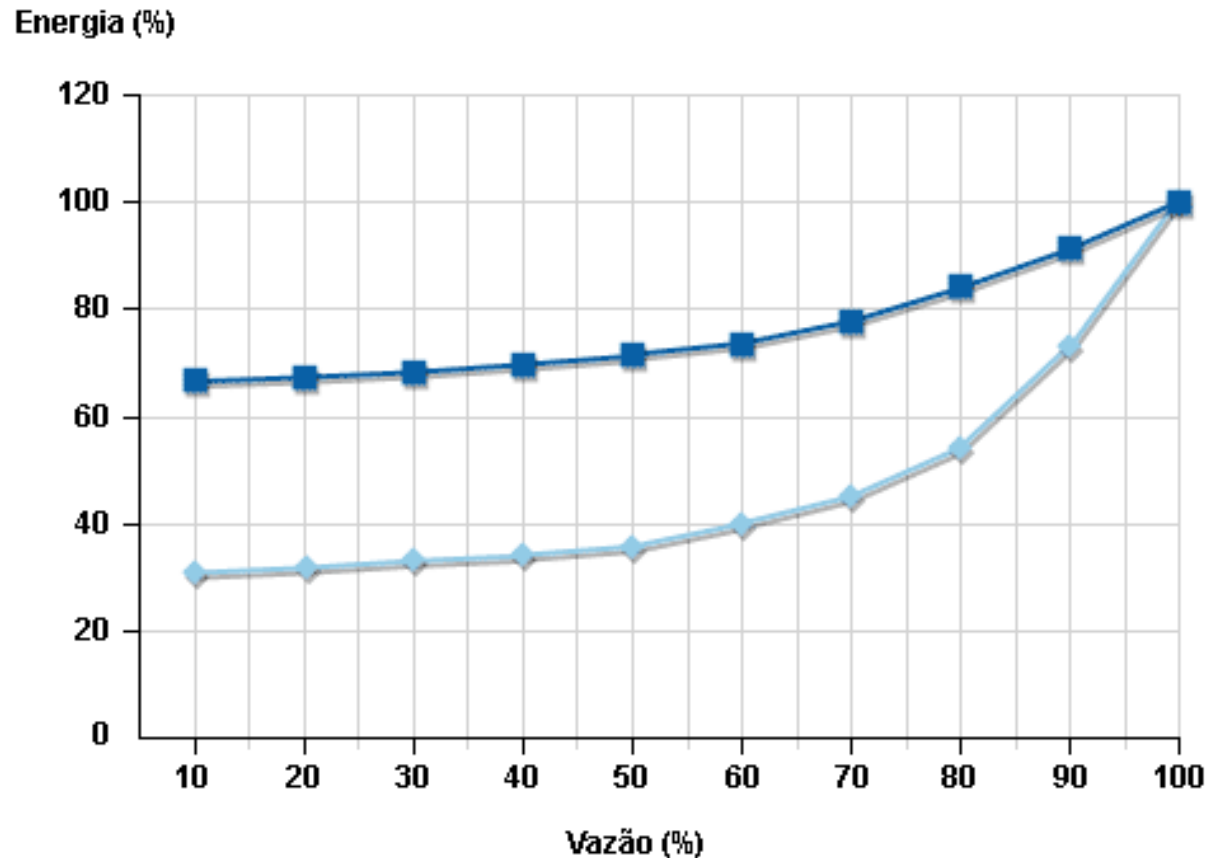
Economia anual (kWh): 92,368



Economia anual (R\$): 4,618.42

Tempo de retomo de investimento (meses): 10



# Ventilador / Extractor de Aire: VDF vs. Damper en la Salida



-  **Inversor de Frecuencia**
-  **Damper na Saída**

Por debajo del 50% del flujo, la diferencia de la energía consumida en los dos sistemas se mantiene aproximadamente constante.

# 5. Protecciones Electrónicas del Motor



- Sobrecorriente / cortocircuito en la Salida
- *Subtensión / Sobretensión en la Potencia*
- Subtensión / Falta de Fase en la Alimentación
- *Sobrettemperatura en la Electrónica de Potencia*
- Sobrecarga en el Transistor de Frenado
- *Sobrecarga en la Salida (IxT)*
- Defecto Externo
- *Error en la CPU / EPROM*
- Cortocircuito Fase-Tierra en la Salida
- *Error de Programación*



## 6. Aumento de la Vida Útil del Sistema



### WEG Insulation System Evolution ® - WISE

Los Motores WEG poseen aislamiento de última generación que permiten ser accionados vía convertidores de frecuencia.

Picos de tensión y aumento de la tasa de tensión durante el funcionamiento con convertidores (dv/dt generados por los IGBT's) pueden reducir la vida útil del motor estándar en 75%.

El exclusivo hilo esmaltado fabricando en WEG es estándar en todos los motores y es hasta 6 veces más resistente a sobrecargas parciales y con calidad superior a las normas de los mercados mundiales.





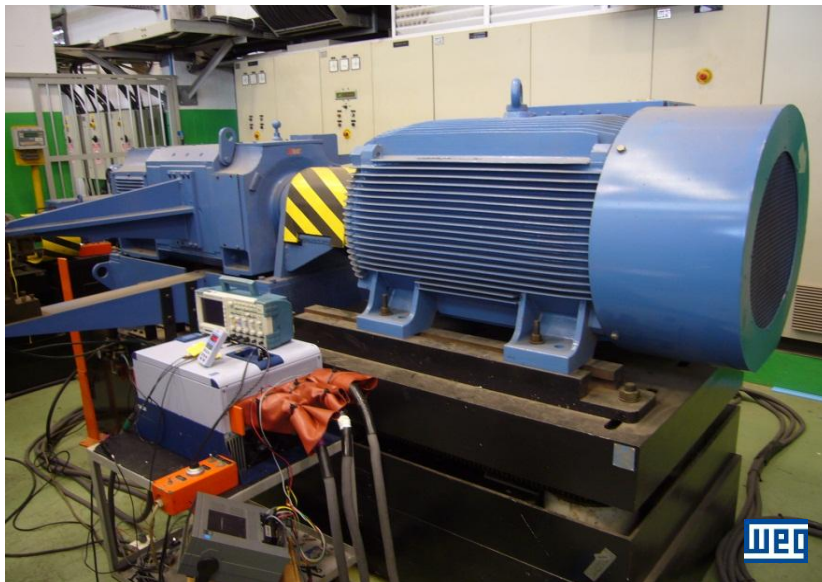
Industrial systems  
enhancing productivity.

## Ahorro de Energía en los Arrancadores Suaves



Algunos fabricantes de arrancadores suaves promocionan el ahorro de energía obtenido durante los arranques de los motores de inducción con la utilización del control de par. **¿Será este ahorro verdadero?**

Los ensayos siguientes intentarán contestar esta pregunta.



Datos del Motor:  
Potencia nominal: 300CV / 220kW  
Corriente Nominal: 345Aca  
Tensión Nominal: 440Vca  
Cosφ: 0,88  
Número de Polos: 4  
Velocidad Nominal: 1790Rot/m o 29,83Rot/s

**Dinamómetro + Motor + SSW06 Utilizados en los Ensayos**



# Ensayo 1: Arranque por Rampa de Tensión

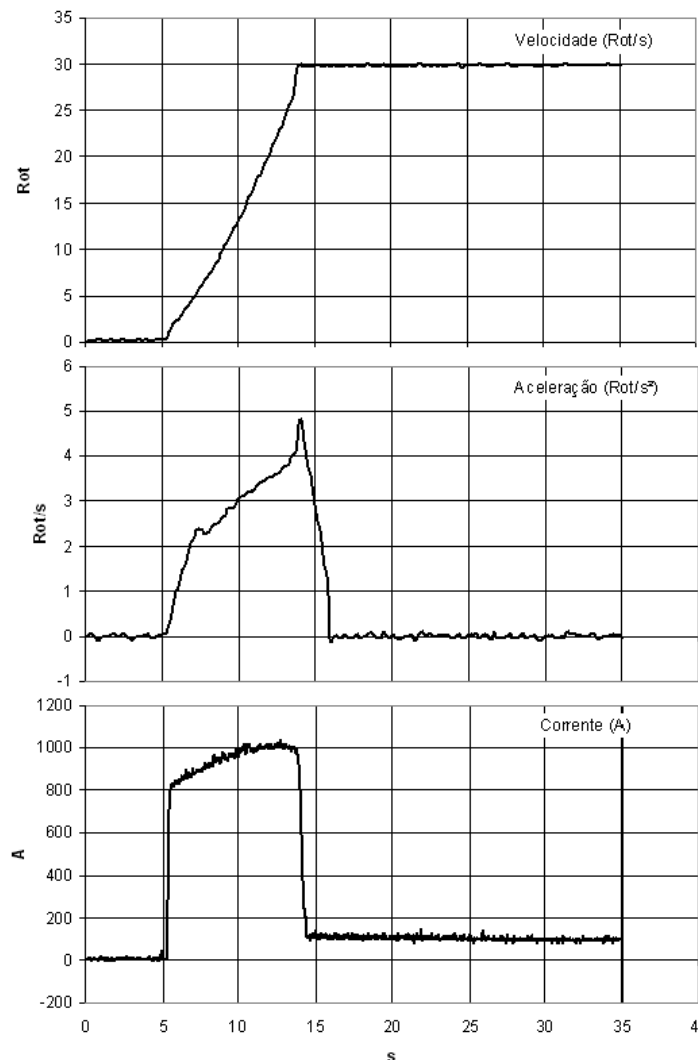


Tensión Inicial: 50%Vn del motor

Tiempo de Arranque: 8 segundos, programado 30s

Dinamómetro con carga 6%Tn del motor

Energía total Consumida: **0,269kWh / 1,455kVarh**



Verde: Corriente (200A / div.) Naranja: Par (5% Tn / div.) Rosa: Velocidad (331 Rot / div.)

# Ensayo 2: Arranque por Limitación de Corriente

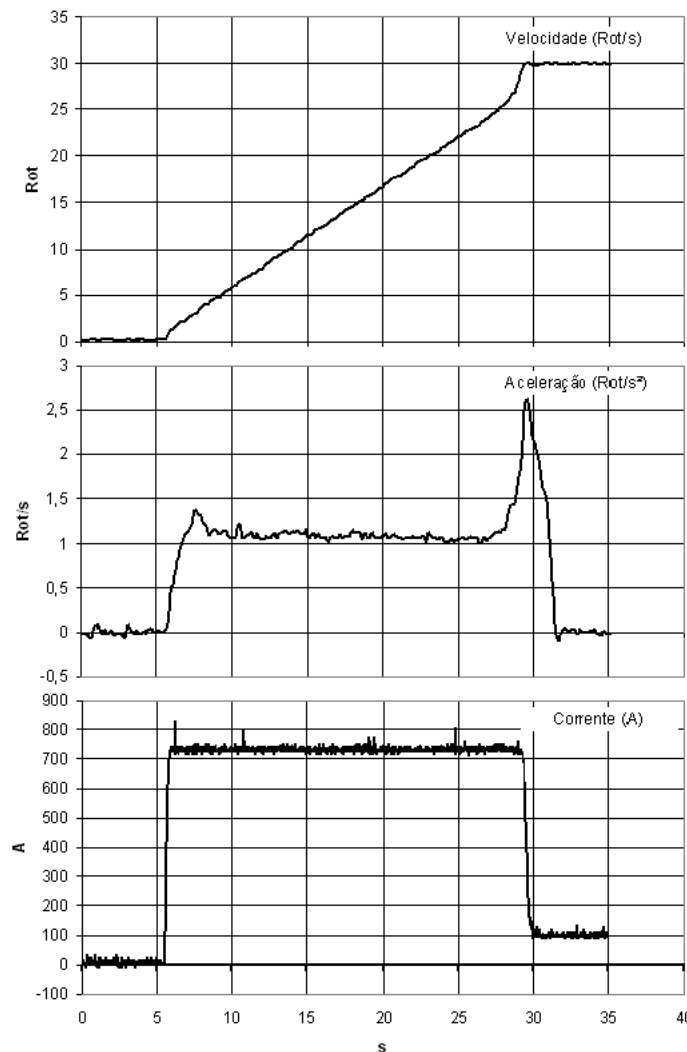
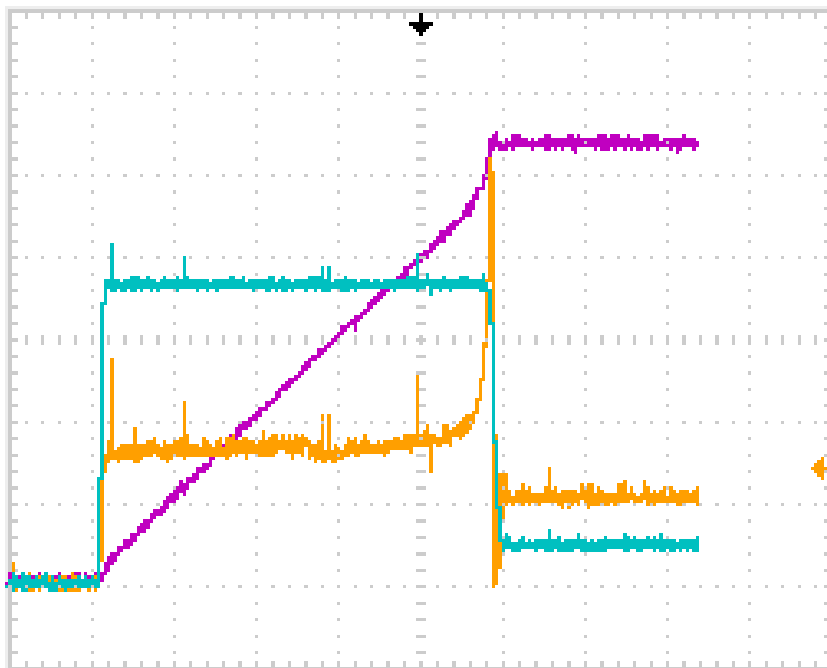


Limitación: 200% In del motor

Tiempo de Arranque: 24 seg.

Dinamómetro con carga 6%Tn del motor

Energía total Consumida: **0,531kWh / 3,592kVArh**



Verde: Corriente (200A / div.) Naranja: Par (5% Tn / div.) Rosa: Velocidad (331 Rot / div.)

# Ensayo 3: Control de Par con 1 Punto - Constante

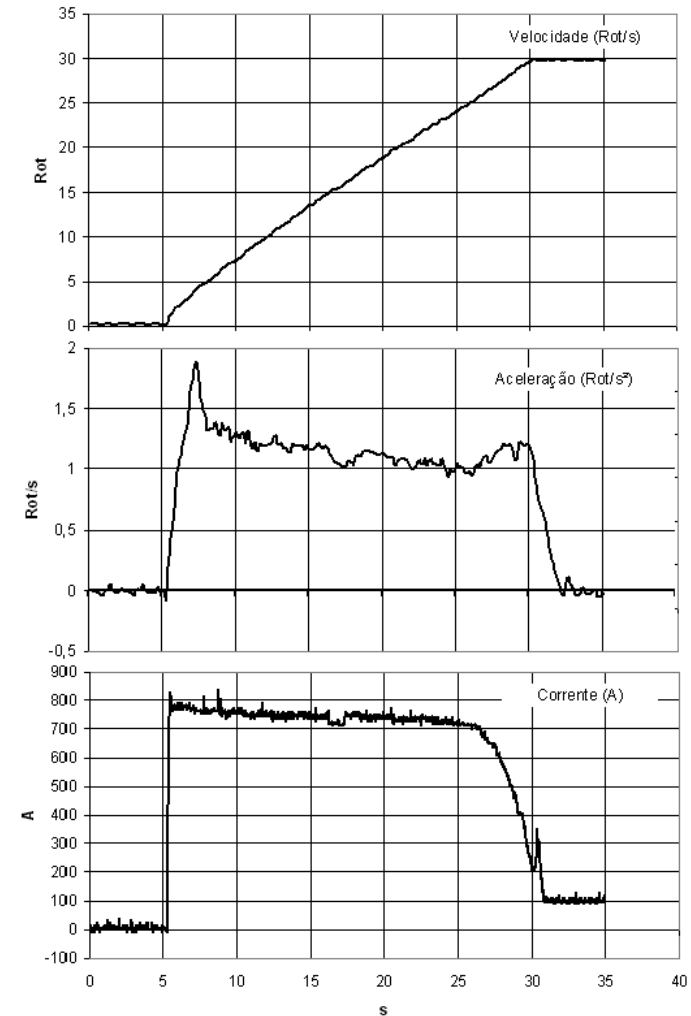
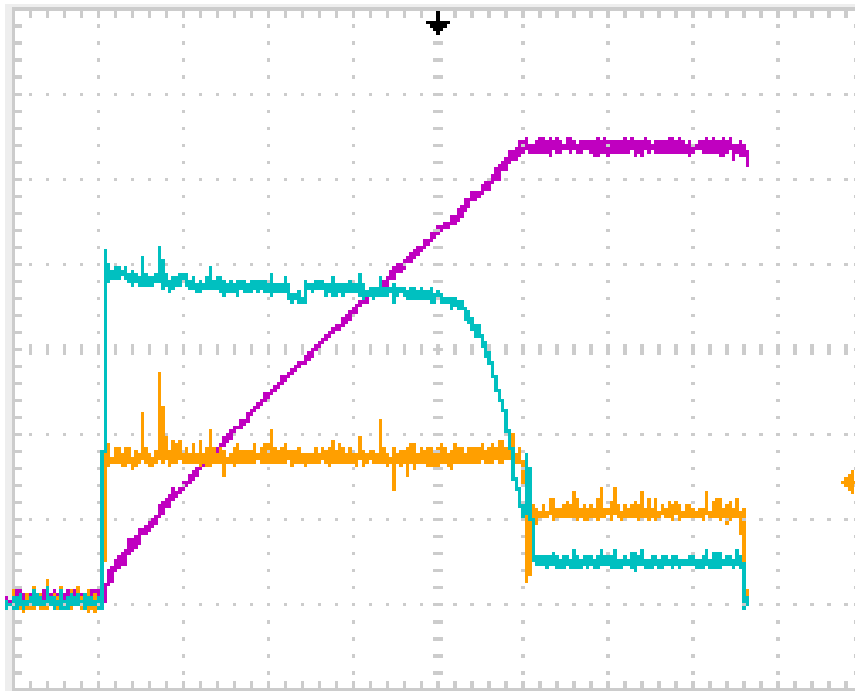


Par Constante: 18% Tn

Tiempo de Arranque: 25 seg.

Dinamómetro con carga 6%Tn del motor

Energía total Consumida: **0,550kWh / 3,691kVArh**



Verde: Corriente (200A / div.) Naranja: Par (5% Tn / div.) Rosa: Velocidad (331 Rot / div.)

# Ensayo 4: Control de Par con 3 Puntos – Rampa S



Par Inicial: 10%  $T_n$

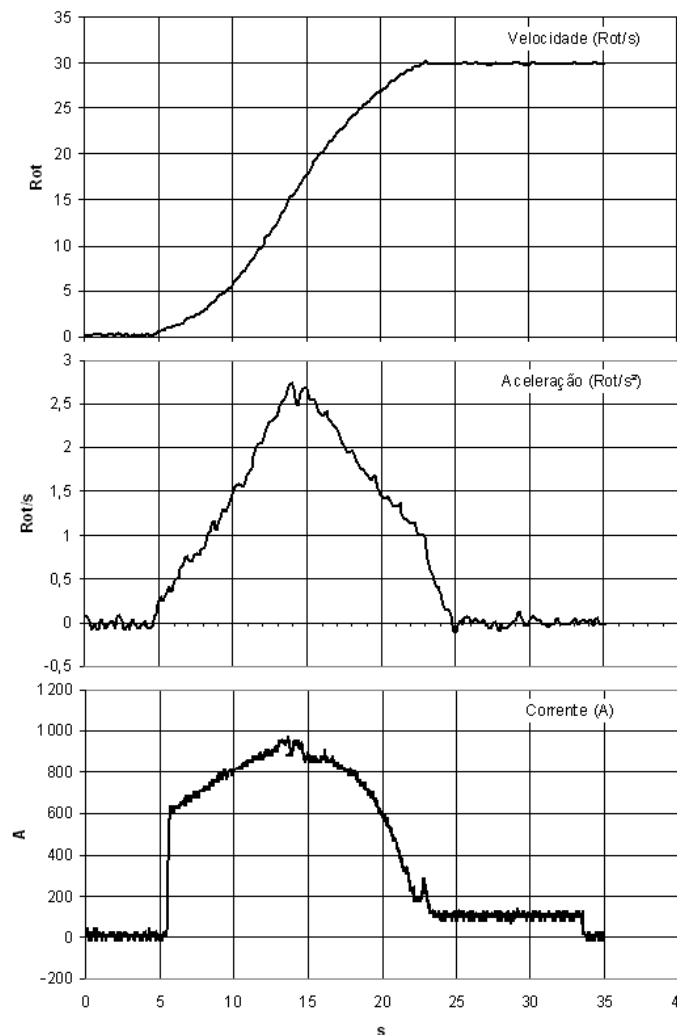
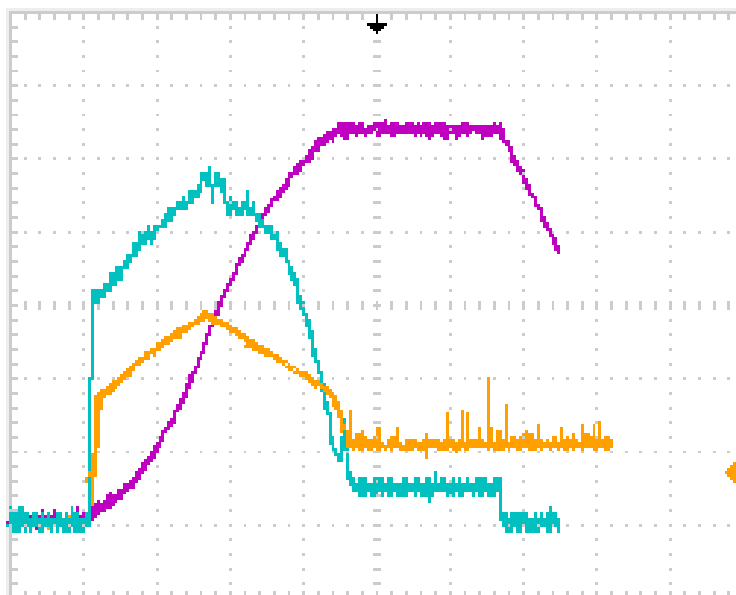
Par intermedio: 29%  $T_n$

Par Final: 10%  $T_n$

Tiempo de Arranque: 17 seg.

Dinamómetro con carga 6%  $T_n$  del motor

Energía total Consumida: **0,430kWh / 2,484kVarh**

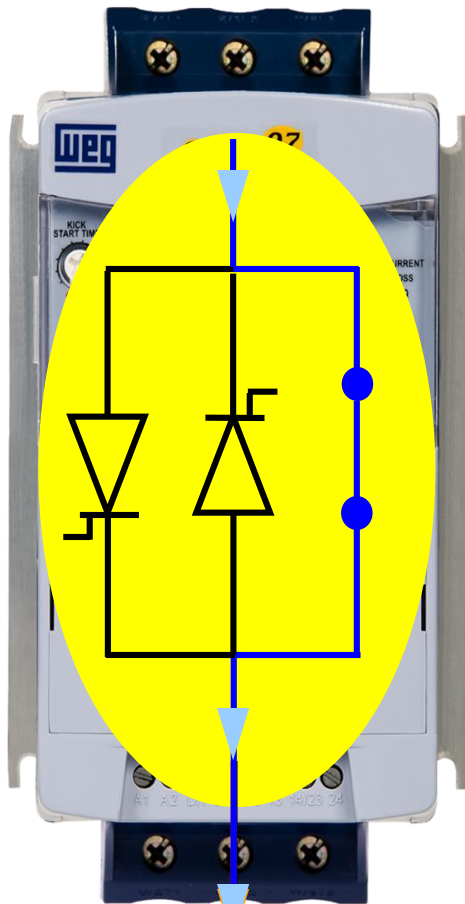


Verde: Corriente (200A / div.) Naranja: Par (5%  $T_n$  / div.) Rosa: Velocidad (331 Rot / div.)

# Arrancadores Suaves

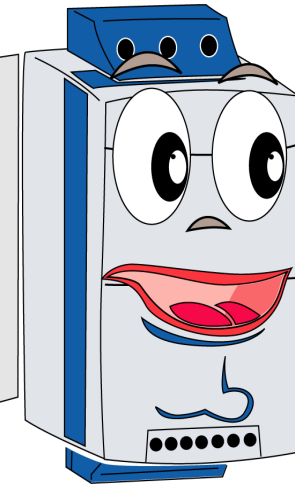


Ahorro de Energía con ByPass integrado



Perdidas (W)

En el arranque

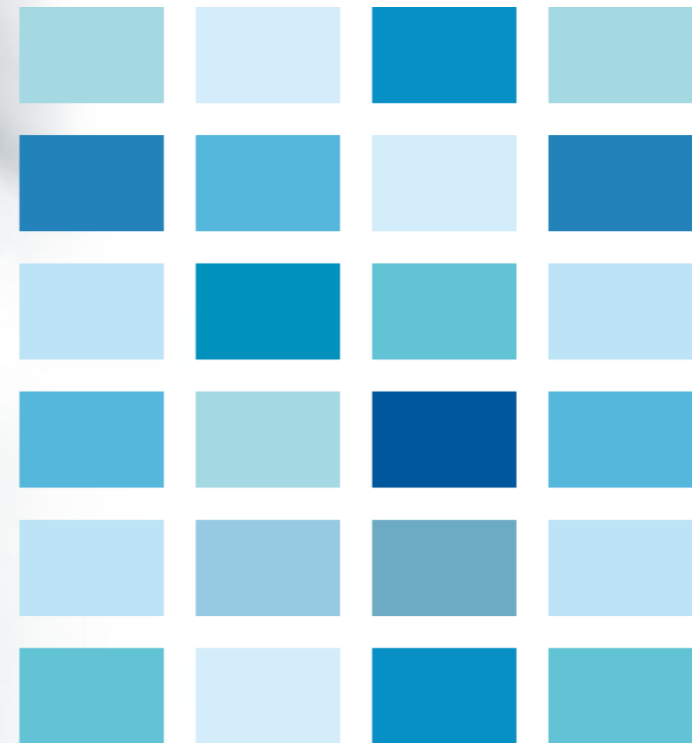


En régimen

Tiempo (s)



¡Muchas Gracias!



[jdelamorena@wegiberia.es](mailto:jdelamorena@wegiberia.es)