

Medidas Electricas en Ingeniería de Procesos

Clase 6

POTENCIA ELECTRICA





Temas de la clase de hoy:

- Potencia eléctrica AC
- Activa, Reactiva y Aparente
- Medición de energía eléctrica en el consumo domiciliario e industrial
- Corrección de reactiva



+ + + Potencia en AC

+ + +

+ + + La situación en corriente alterna es un poco más complicada.

+ + + Analizaremos el caso de la corriente monofásica. Aquí es importante el módulo de la corriente y la fase relativa entre ellas.

+ + +
+ + +
+ + +
+ + +
+ + +
+ + +



+ + + Potencia en AC

+ + +

+ + + En el ejemplo mecánico, la potencia es el producto de
+ + + la fuerza por la velocidad.

+ + +

¿Qué ocurre si la fuerza y la velocidad son perpendiculares?

El trabajo realizado es cero y consecuentemente la potencia entregada es cero

En el caso eléctrico esto se manifiesta en el ángulo de fase entre la corriente y la tensión

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +



Cálculo de la potencia media en AC

Recordamos la definición de potencia media

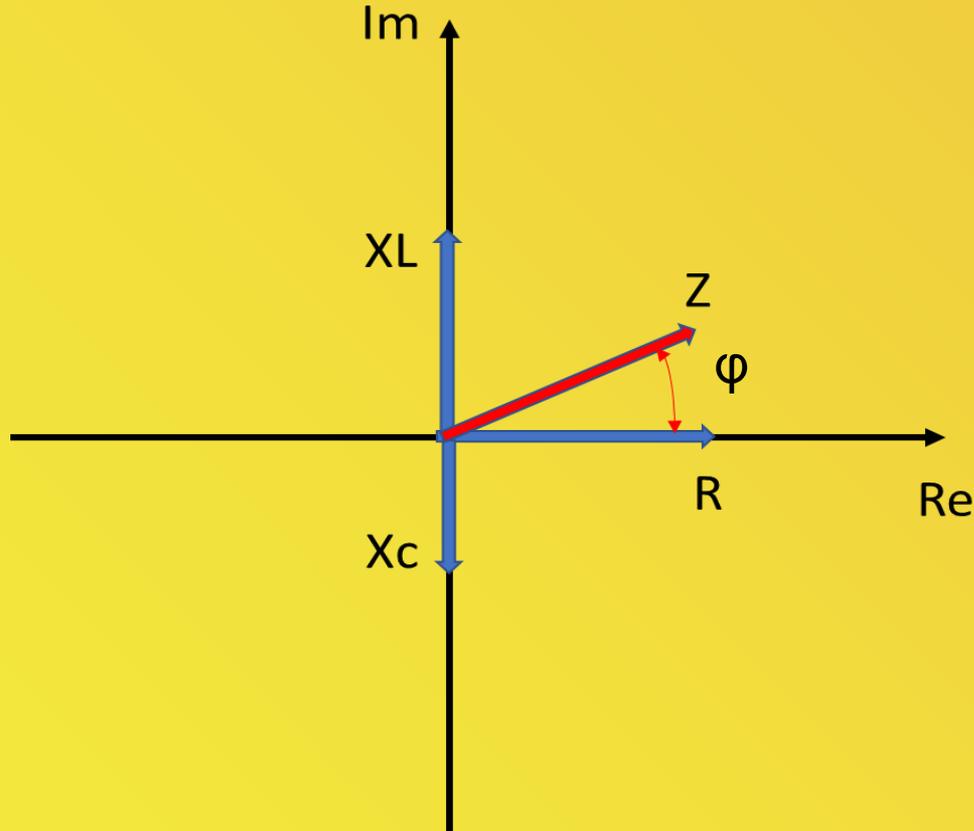
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot v(t) dt$$

Si la corriente y la tensión no están en fase

$$v(t) = \sqrt{2} V_{eff} \cos(\omega t)$$

$$i(t) = \sqrt{2} I_{eff} \cos(\omega t - \varphi)$$

Diagrama de impedancias



Cálculo de la potencia media en AC

Recordamos la definición de potencia media

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot v(t) dt$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{2} V_{eff} \cos(\omega t) \cdot \sqrt{2} I_{eff} \cos(\omega t - \varphi) dt$$

$$P = V_{eff} \cos(\omega t) \cdot I_{eff} \cos(\varphi)$$

Recordamos el calculo

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{2} V_{eff} \cos(\omega t) \cdot \sqrt{2} I_{eff} \cos(\omega t - \varphi) dt$$

$$P = \frac{2}{T} V_{eff} I_{eff} \int_0^T \cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t - \varphi) dt$$


$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) \pm \cos(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) \mp \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta)$$

$$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan(\alpha) \pm \tan(\beta)}{1 \mp \tan(\alpha) \cdot \tan(\beta)}$$


Recordamos el calculo

$$P = \frac{2}{T} V_{eff} I_{eff} \int_0^T \cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t - \varphi) dt$$

$$\cos(\omega t - \varphi) = \cos(\omega t)\cos(\varphi) + \sin(\omega t)\sin(\varphi)$$

Recordamos el calculo

$$\int_0^T \cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t) dt = \frac{T}{2}$$

$$\int_0^T \cos(\omega t) \cdot \sin(\omega t) dt = 0$$

Recordamos el calculo

$$P = \frac{2}{T} V_{eff} I_{eff} \int_0^T \cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t - \varphi) dt$$

$$\cos(\omega t - \varphi) = \cos(\omega t)\cos(\varphi) + \sin(\omega t)\sin(\varphi)$$

$$P = V_{eff} I_{eff} \cos(\varphi)$$



Definición potencia activa P



Es el trabajo por unidad de tiempo entregado en promedio en un ciclo de la corriente alterna

$$P = V_{eff} I_{eff} \cos(\varphi)$$

Esta es energía efectivamente entregada a la carga.



+ + +

Definición potencia reactiva Q

+ + +

Es la energía por unidad de tiempo que se utiliza para generar campos magnéticos en las bobinas o campos eléctricos en los condensadores.

$$Q = V_{eff} I_{eff} \sin(\varphi)$$

+ + +

Durante la mitad del ciclo fluye hacia la carga y en el restante vuelve a la fuente. No hay una transferencia neta de energía

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

Definición potencia aparente S

+ + +

Es la energía por unidad de tiempo que se determina por la medición de V_{eff} e I_{eff} sin considerar el ángulo de fase

$$S = V_{eff} I_{eff}$$

Las instalaciones (cables, protecciones, estructuras de soporte) se diseñan en base a el valor eficaz



+ + +

+ + +

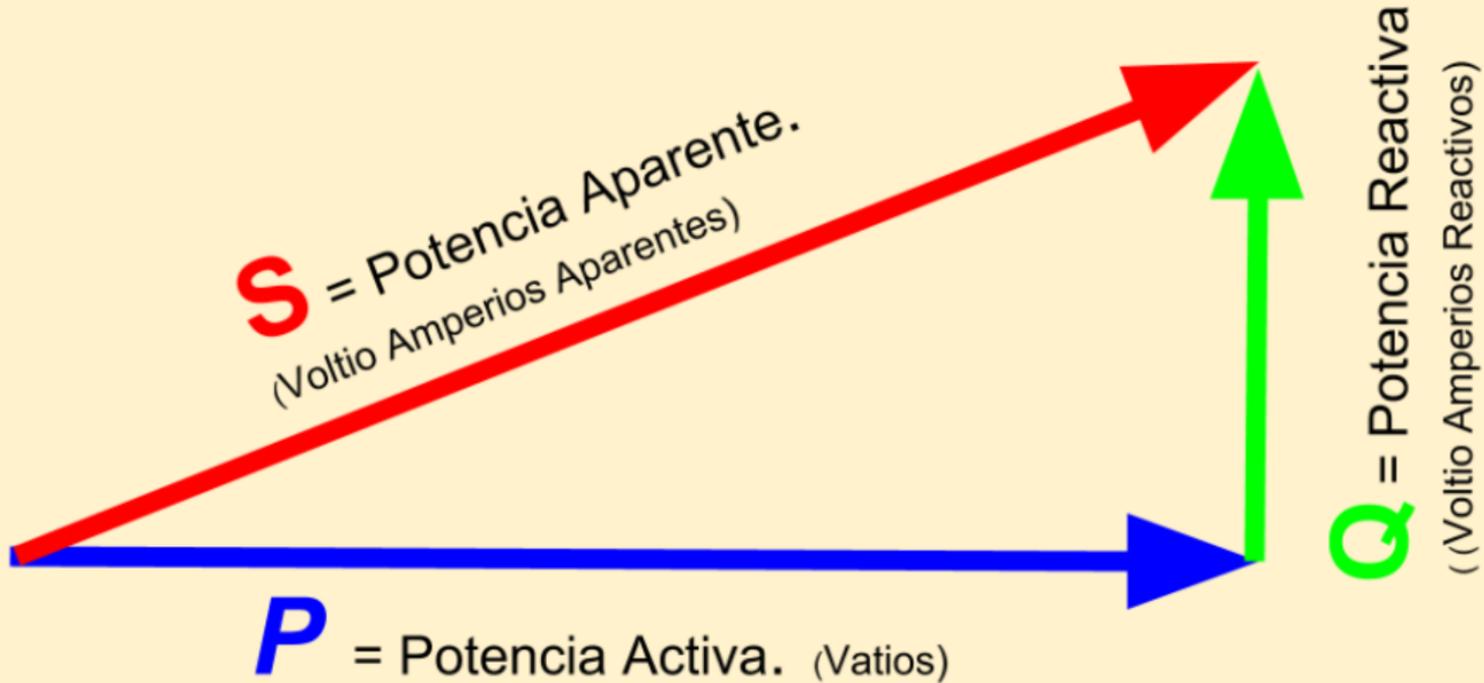
+ + +

+ + +

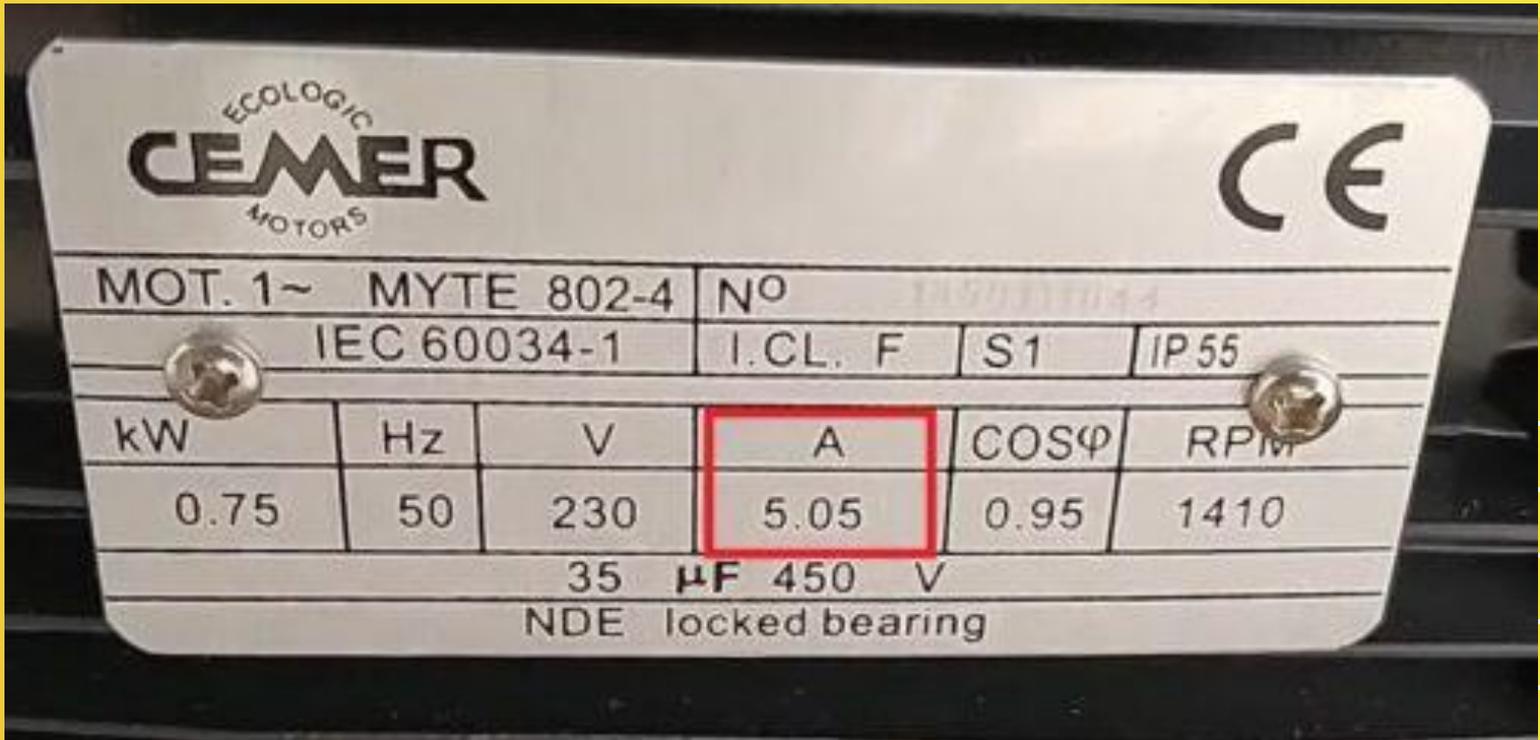
+ + +

+ + +

TRIÁNGULO DE POTENCIAS.



Ejemplo motor monofásico



Ejemplo motor monofásico



+ + + ¿Es muy diferente en trifásica?

+ + +

+ + +

+ + + 1) Hay tres bobinados funcionando al mismo tiempo.

+ + +

+ + + 2) Hay dos formas habituales de conectar esos bobinados, estrella y triangulo

3) La potencia se calcula

$$P = \sqrt{3} V_{eff} I_{eff} \cos(\varphi)$$



Donde las corrientes y voltaje son de línea

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

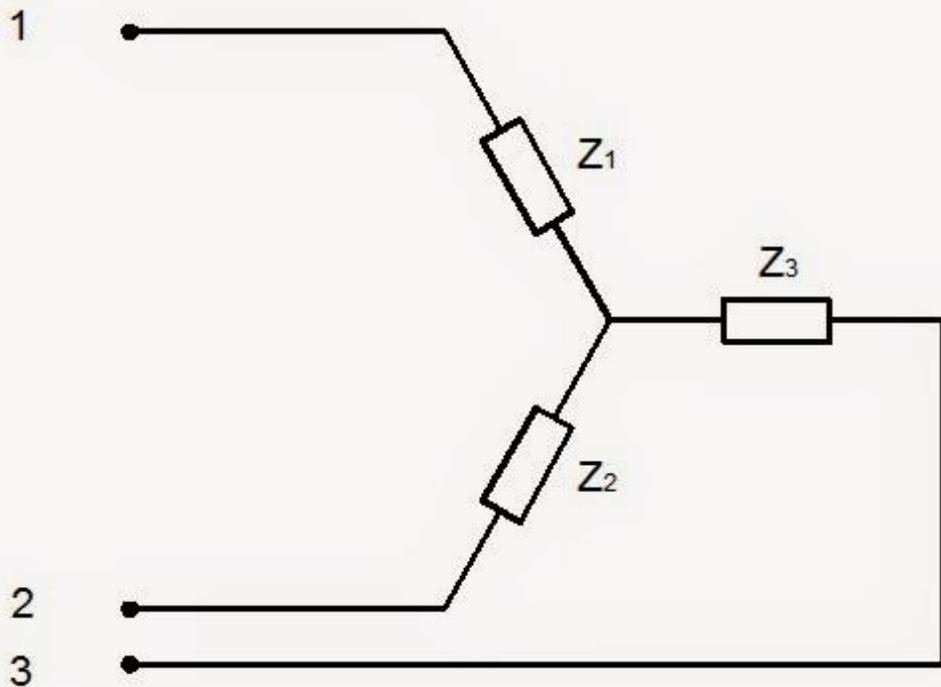


+ + + ¿Es muy diferente en trifásica?

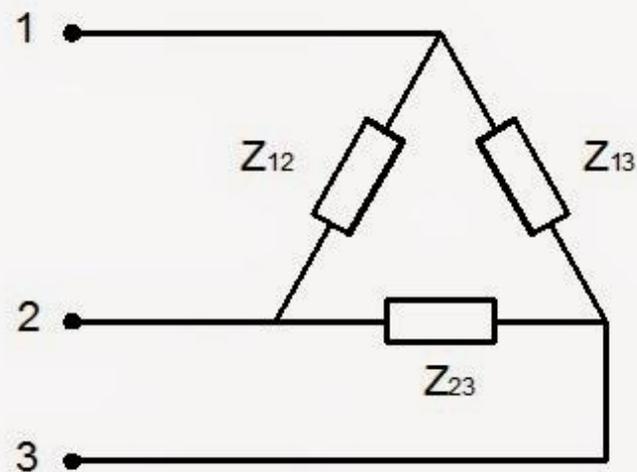
+ + +



Estrella



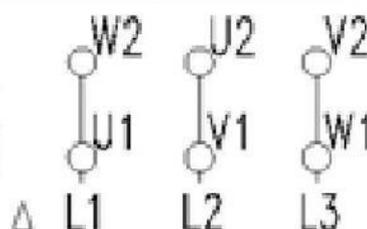
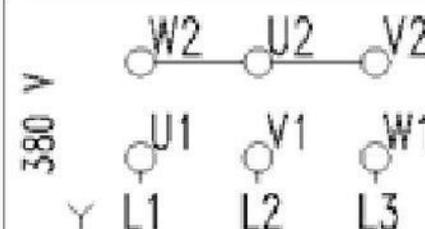
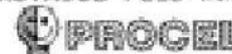
Triángulo



Ejemplo motor trifásico

□		□	
Typ 250M			
3~	Mot.	Nr.	IM B3
Δ Y	400 / 690 V	102 / 58 A	
S1	55 kW	cos φ 0,86	
1475 U/min		50 Hz	
V		A	
Iso.-Kl. F	IP 44	t	
□	IEC34-1 / VDE 0530		□

Ejemplo motor trifásico

MADE IN BRAZIL			W22 Premium								
	21SEP10 1000000000										
~	3	kW(HP-cv)	1 1 (15)	CARC. FRAME	132M/L	MOTOR INDUCAO - GAIOIA INDUCT. MOTOR-SQUIRREL CAGE					
V	220/380			A	37.6/21.8						
RPM min ⁻¹	1760	Hz	60	FS SF	1.25	A/N P/N	8.3	F.P. P.F.	0.83		
REND(%) NOM. EFF.	92.4	AMB.	40°C	ISOL INSL	F ΔT	80 K	I.F.S. S.F.A.	47/27.2 A			
CAT DES	N	IP55	REG DUTY	S1			Alt.	1000	m.a.n.m. m.a.s.l.		
220 V					380 V						79 Kg
								 → 6308-ZZ  → 6207-ZZ			
								MOBIL POLYREX EM			
					RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO  NBR - 17094-1:2008						

Consumo domiciliario

A nivel domiciliario lo que se mide es la energía entregada. Esto se calcula como la integral en el tiempo de la potencia activa

$$E = \int_0^T P(t) dt = \langle P \rangle \Delta t$$



Consumo domiciliario

A nivel domiciliario lo que se mide es la energía entregada. Esto se calcula como la integral en el tiempo de la potencia activa

$$E = \int_0^T P(t) dt = \langle P \rangle \Delta t$$



Consumo domiciliario

+ + +

+ + +

Por ejemplo, si tenemos un motor de 10 Hp funcionando durante 3 horas, ¿cuánta energía consume?

+ + +

$$1 \text{ Hp} = 745.7 \text{ W}$$

$$10 \text{ Hp} = 7457 \text{ W}$$

$$E = 80 \text{ MJ}$$

+ + +

+ + +

Este sería el valor en las unidades MKS, sin embargo, es muy grande para la mayoría de las aplicaciones de consumo eléctrico, mismo para el domiciliario pequeño.

+ + +

Consumo domiciliario

+ + +

+ + +

En su lugar se utiliza el kilo Watt hora (kWh), que es el producto de la potencia media en kW por la cantidad de horas de consumo.

+ + +

En nuestro caso sería

$$E = 7.5 \times 3 = 22,4 \text{ kWh}$$



+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +



Consumo domiciliario

+ + +

+ + +

El suministro especifica la potencia contratada, esto es el consumo máximo instantáneo que puedo tener.

+ + +

Para la facturación se considera además el consumo en franjas, donde generalmente hay un precio .

Electrodoméstico	Potencia kW
Termotanque	1,5
Aire Acondicionado (12000 BTU)	1,5
Horno eléctrico	1,5
Lavarropas	0,3*
Heladera con freezer	0,25
TV Led 50"	0,2
Laptop	0,2
Lámpara bajo consumo	0,015

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +



Consumo domiciliario

Actualmente UTE está instalando medidores inteligentes que permiten una mayor discretización de la información y poseen conexión a internet para la transmisión de datos periódica. Esto permite la aplicación de regímenes de consumo horario, con tarifas dependientes del horario de consumo.



Consumo industrial

Para el caso de consumo industrial, las tarifas sobre la potencia activa incluyen franjas de consumo, potencia instalada, voltaje suministrado y régimen horario. Pero además del consumo de potencia activa, se mide el consumo de reactiva en forma independiente.

UTE instala medición de energía reactiva en todos los servicios con potencia contratada superior a 10kW. Para servicios con potencias contratadas menores a 10kW UTE podrá instalar medición de energía reactiva en caso de que existan indicios que la instalación tiene equipamiento que genere reactiva

Consumo industrial

La facturación depende de los siguientes factores:

El cociente entre las energías reactiva y activa medidas mensualmente.

La tarifa que tiene contratada el servicio.

Siempre que el cociente entre las energías reactiva (E_r) y activa (E_a) mensuales medidas supera el valor de 0,426, se generará un cargo adicional en la facturación de energía eléctrica por exceso de energía reactiva. En caso de que el cociente no supera dicho valor, no se facturarán cargos adicionales.

Compensación de $\cos(\varphi)$



Como el consumo de reactiva tiene un costo adicional para las empresas y como el trabajo útil que generan las máquinas depende solo de la activa, se implementa una estrategia de compensación de la misma.

Como vemos en la descripción de la UTE, se considera la tangente del ángulo

$$tg^{-1}(\delta) = \frac{Er}{Ea}$$



Compensación de $\cos(\varphi)$

+ + +

+ + +

Esta medida aumenta cuanto mayor es el consumo de reactiva en comparación con la activa. En general en la industria se habla de coseno de δ

$$\cos(\delta) = \frac{Ea}{\sqrt{Ea^2 + Er^2}}$$

+ + +

+ + +

+ + +

Idealmente se trata de que el coseno de δ sea lo más parecido a 1. La UTE cobra por el consumo de reactiva y penaliza para un coseno menor que 0,92.

+ + +

Compensación de $\cos(\varphi)$

+ + +

+ + +

Esta medida aumenta cuanto mayor es el consumo de reactiva en comparación con la activa. En general en la industria se habla de coseno de δ

$$\cos(\delta) = \frac{Ea}{\sqrt{Ea^2 + Er^2}}$$

+ + +

+ + +

+ + +

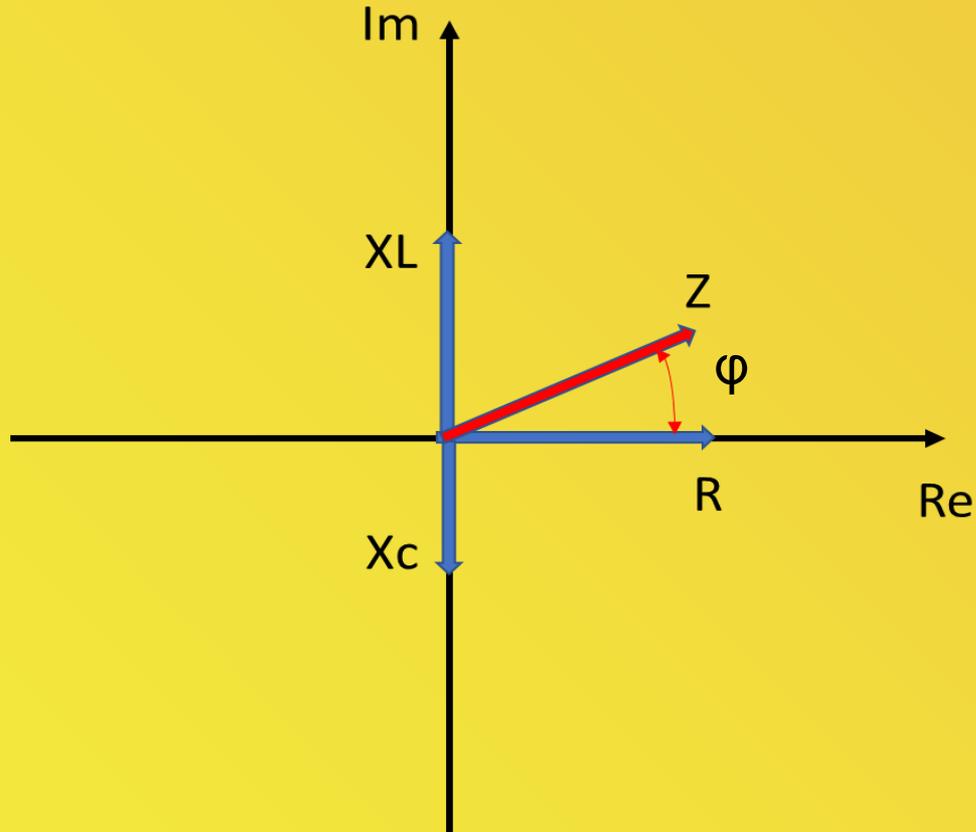
+ + +

+ + +

+ + +



Diagrama de impedancias



Ejemplo motor

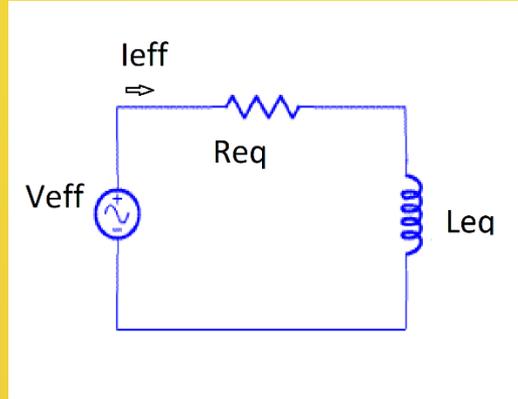
+ + +

+ + +

Puedo pensarlo como una carga inductiva

+ + +

+ + +



+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +

+ + +



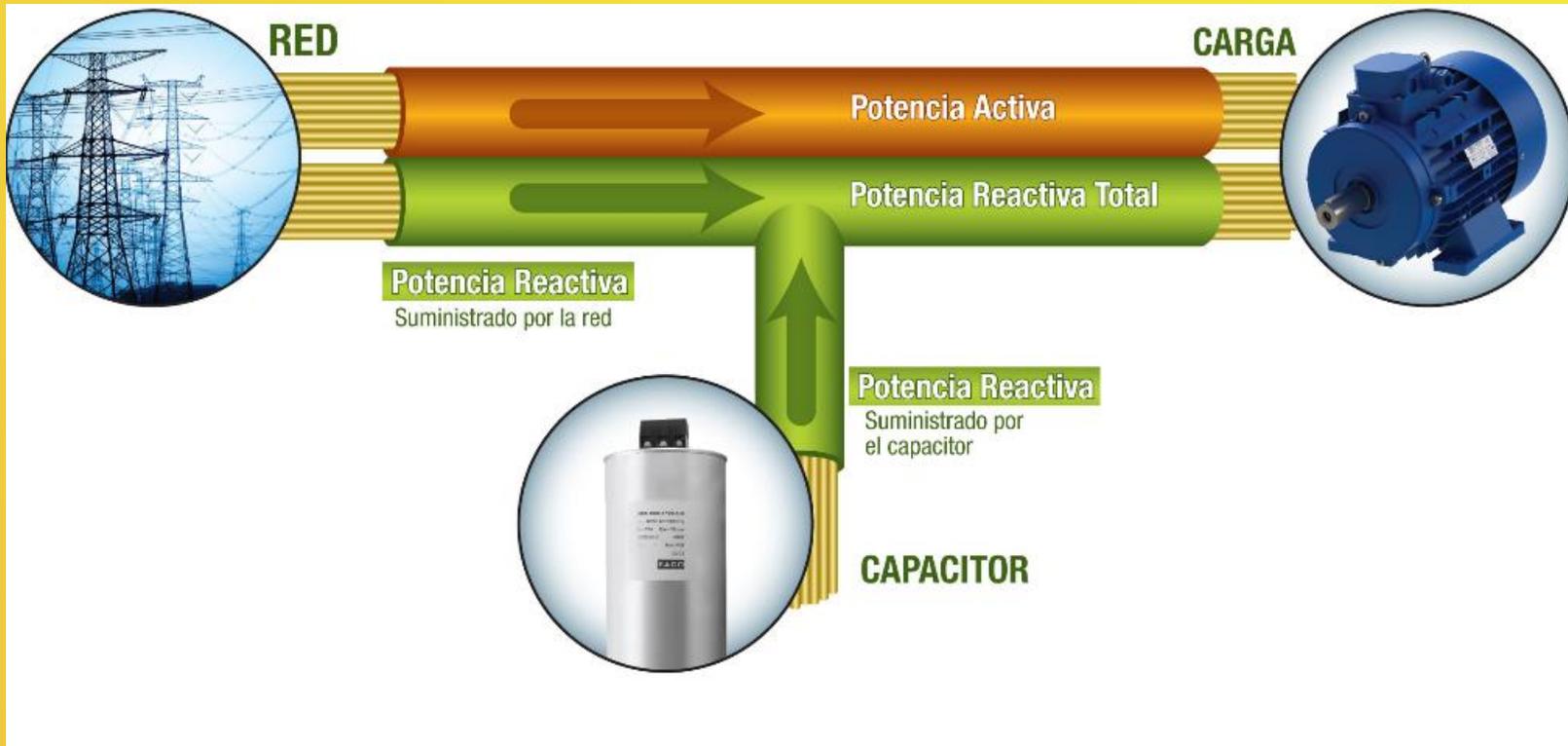
Ejemplo motor

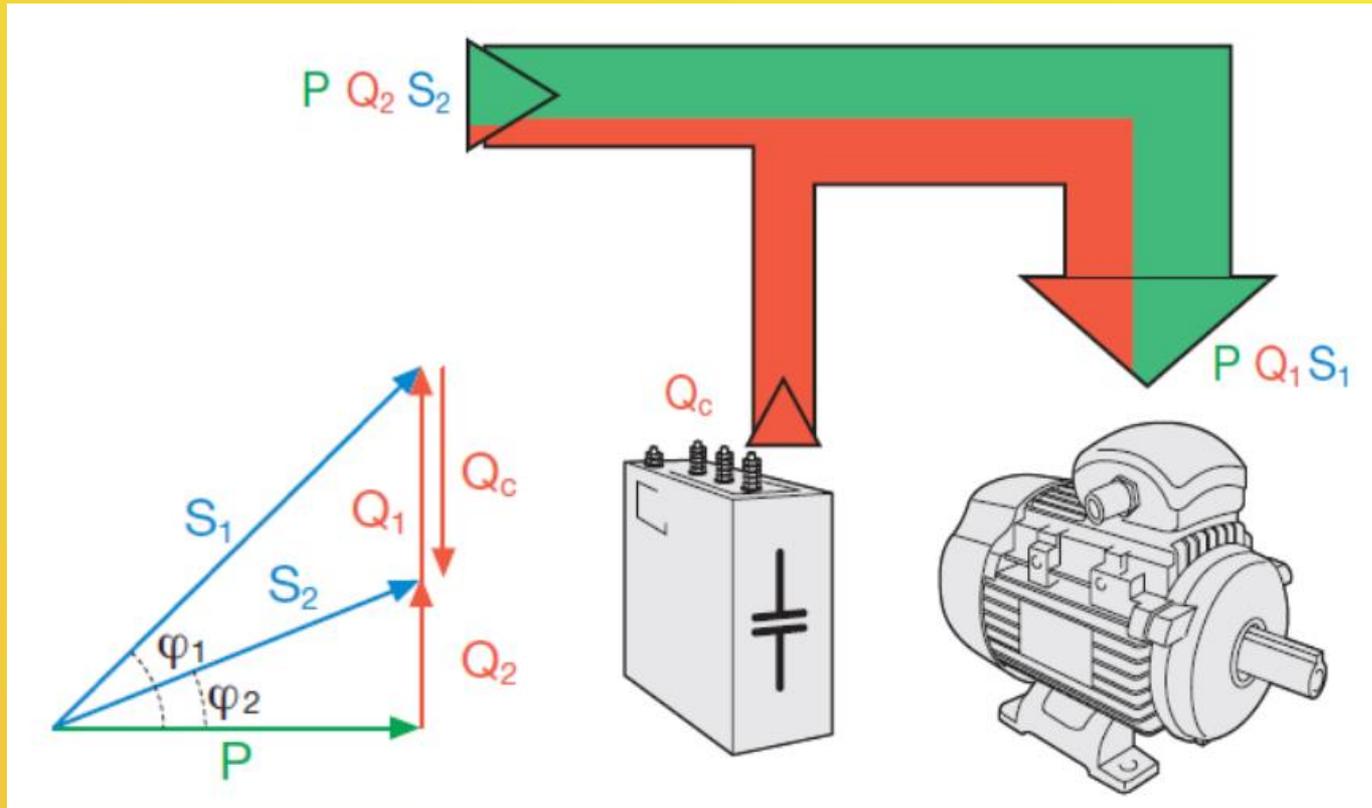
El coseno de la impedancia, que es el mismo que el del diagrama de potencias, se calcula como

$$\cos(\delta) = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

Dependiendo del valor de L y del régimen de operación de la máquina, se aparta de 1 en forma apreciable.

La solución es agregar un condensador en paralelo con la entrada de la red, esto hace la impedancia se haga menos inductiva, disminuyendo el consumo de reactiva y aumentando el $\cos(\varphi)$.



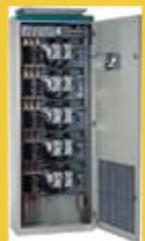








440 V 15-50 kvar
Banco conmutado
tipo intemperie
PoleCap



440 V 100-400 kvar
Banco intemperie

SS:
132/33/13,2 kV
20 MVA

132 kV



13,2 kV
600-4800 kvar, 2-6 pasos
Intemperie con contactor



13,3 o 33 kV
600-25.000 kvar, 1-4 pasos
Pasos intemperie tipo estación



132/33 kV



13,2 kV 200-600 kvar
Banco tipo poste

400/440 V
0,5 - 50 kvar
Banco fijo tipo
intemperie/interior



440 V 125-800 kvar
2RMHX/2RMKX
(desintonizado)



DT

440 V 6-25 kvar
Fijo, intemperie PoleCap



440 V 1,6 kvar
Homecap



Laboratorio 3

Potencia electrica

Objetivo 1) Determinar la potencia electrica entregada por una fuente DC por metodo calorimétrico

Objetivo 2) Determinación del triangulo de potencia monofásica entregada a un motor del laboratoiro

Objetivo 3) Realizar el calculo del condensador de compensación de reactiva para compensar el cos a 0,95

