

1

Compensación de Energía Reactiva

Life Is On

Schneider
Electric

“Energía Eléctrica”

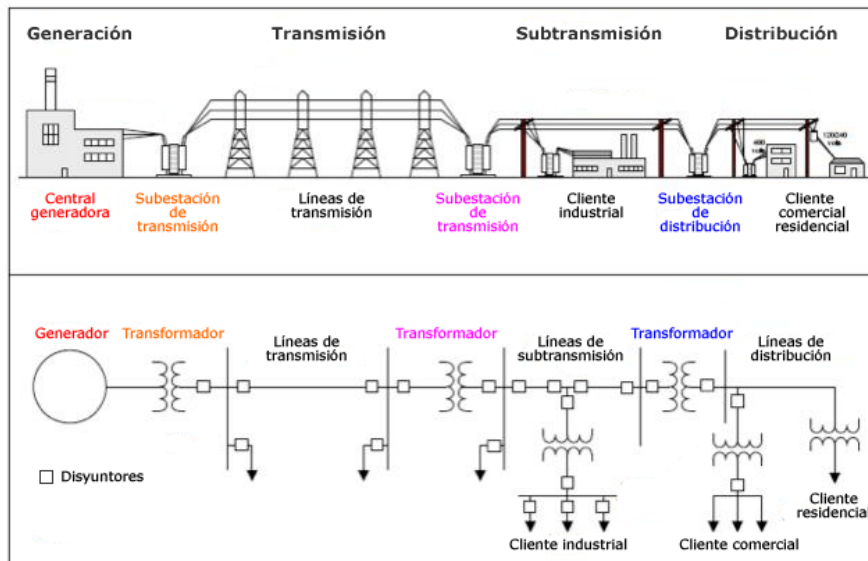
Siglo XIX

“Corriente Continua”
Thomas Alva Edison

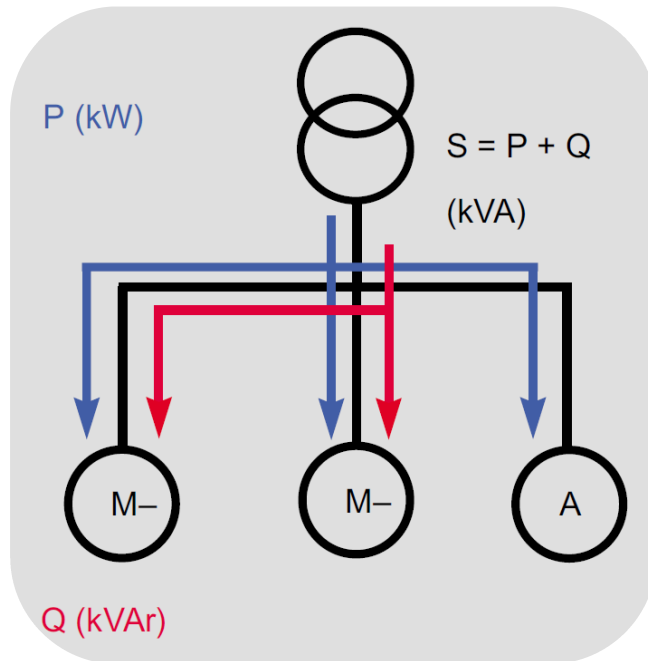
“Corriente Alterna”
Nikola Tesla

Transmisión a grandes distancias y Desarrollo industrial

“Energía Reactiva”



> Naturaleza de la Energía Reactiva



Este trasiego de energía entre los receptores y la fuente, provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores.

Energía activa

Todas las máquinas eléctricas alimentadas en corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en **trabajo mecánico y calor**. Esta energía se mide en kWh y se denomina energía activa.

Energía reactiva

Ciertos receptores necesitan campos magnéticos para su funcionamiento (motores, transformadores...) y consumen otro tipo de energía denominada energía reactiva.

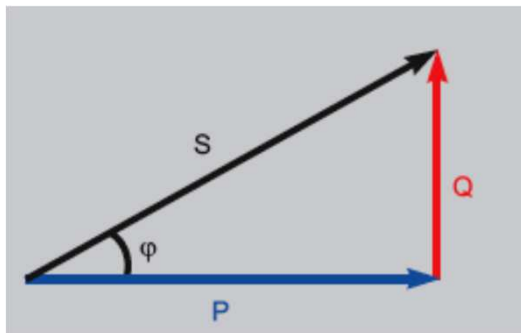
El motivo es que este tipo de cargas (**denominadas inductivas**) **absorben energía** de la red durante la creación de los campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento y la entregan durante la destrucción de los mismos.

> Potencias en Sistemas Trifásicos

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

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

$$S = V_{RMS} I_{RMS}$$



Potencia Activa: Motivada por los elementos resistivos del sistema eléctrico, la cual genera trabajo.

Potencia Reactiva: Producida por los elementos reactivos del sistema, la cual es responsable de generar campos magnético o eléctrico.

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$P = S \cos \varphi$$

$$Q = S \sin \varphi$$

$$Q = P \tan \varphi$$

> Factor de potencia

Bajo condiciones de tensión y corriente senoidales

$$fp = \frac{P}{S}$$

$$fp = \frac{V_{RMS} I_{RMS} \cos(\varphi)}{V_{RMS} I_{RMS}} = \cos(\varphi)$$

$$0 \leq fp \leq 1$$

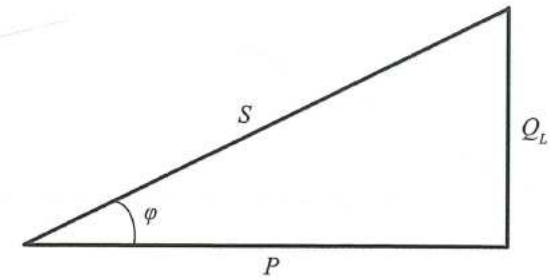
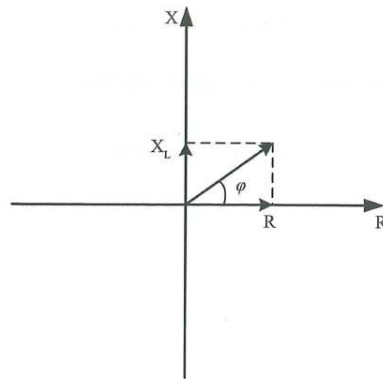
- ❑ Si el desfaseamiento es motivado por la presencia de un inductor entonces el fp es inductivo o atrasado (I atrasado con respecto a la V)
- ❑ Si el desfaseamiento es motivado por la presencia de un capacitor entonces el fp es capacitivo o adelantado (I se adelanta con respecto a la V)
- ❑ Entre mas pequeño es el ángulo de desfaseamiento entre la tensión y la corriente, el fp se acerca mas a la unidad.
- ❑ Un fp cercano a la unidad implica que casi toda la potencia entregada por la fuente de tensión se transforma en trabajo.

El fp indicará el “rendimiento eléctrico” de una instalación.

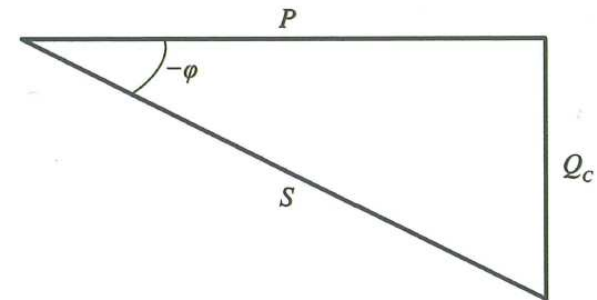
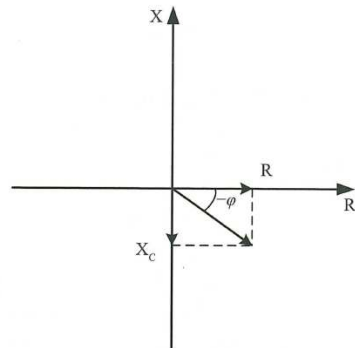


Diagrama de Impedancias

$$Z = R + jX_L$$



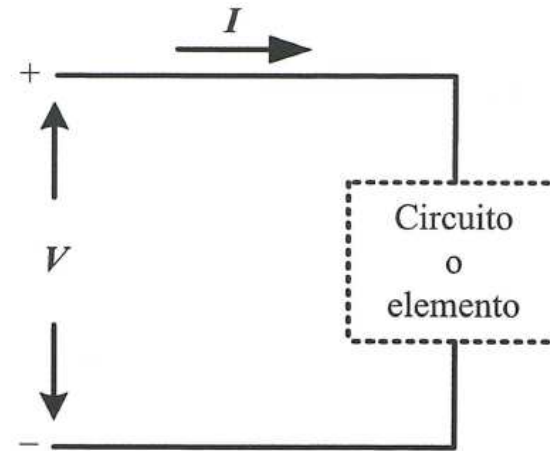
$$Z = R - jX_C$$





Sentido de Flujo de Potencia

$$S = VI^* = P + jQ$$



Condición de potencia	Condición de la potencia respecto al circuito o elemento
$P > 0$	Se absorbe potencia real.
$P < 0$	Se suministra potencia real.
$Q > 0$	Se absorbe potencia reactiva. I atrasa a V .
$Q < 0$	Se suministra potencia reactiva. I adelanta a V .

¿Por qué mejorar el factor de potencia?

Life Is On

Schneider
Electric

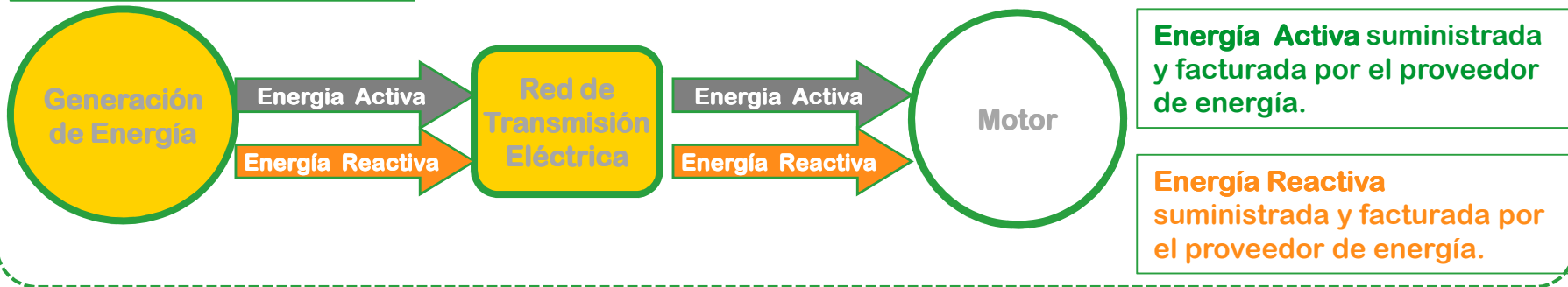
Una mayor corriente significa:

- ❑ Pérdidas adicionales.
- ❑ Más emisiones de CO₂
- ❑ Envejecimiento prematuro del equipo.
- ❑ Mayor costo de la electricidad.
- ❑ Desconexión por interferencias de los relés, detectores de sobre intensidad.
- ❑ Mayores costos de los equipos.
- ❑ Posibles fluctuaciones de la tensión.

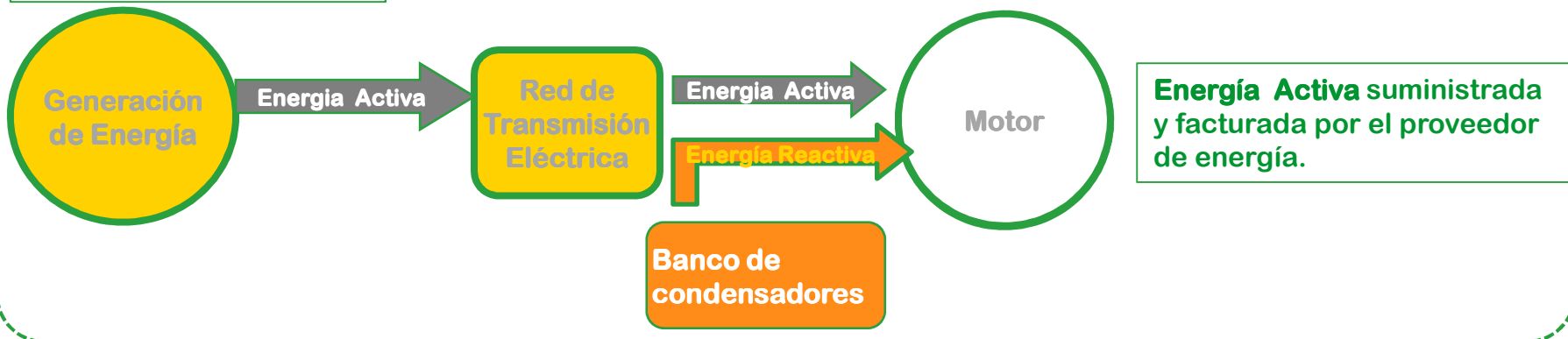


¿Cómo debemos hacer para compensar la Q?

INSTALACION SIN COMPENSAR



INSTALACION COMPENSADA





Factor de potencia de los receptores más usuales

aparato	carga	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
motor asíncrono ordinario	0 %	0,17	5,8
	25 %	0,55	1,52
	50 %	0,73	0,94
	75 %	0,8	0,75
	100 %	0,85	0,62
lámparas de incandescencia		1	0
lámparas de fluorescencia		0,5	1,73
lámparas de descarga		0,4 a 0,6	2,29 a 1,33
hornos de resistencia		1	0
hornos de inducción		0,85	0,62
hornos de calefacción dieléctrica		0,85	0,62
máquinas de soldar por resistencia		0,8 a 0,9	0,75 a 0,48
centros estáticos monofásicos de soldadura al arco		0,5	1,73
grupos rotativos de soldadura al arco		0,7 a 0,9	1,02
transformadores-rectificadores de soldadura al arco		0,7 a 0,9	1,02 a 0,75
hornos de arco		0,8	0,75

Factor de Potencia Típicos en la Industria

Actividad de la industria o comercio	Factor de potencia típico
Textil	0.650-0.750
Química	0.650-0.750
Maquinaria	0.400-0.650
Soldadoras de arco	0.350-0.600
Hornos de arco	0.700-0.900
Hornos de inducción sin núcleo y calentadores	0.150-0.400
Cementeras	0.780-0.800
Cerveceras	0.750-0.800
Imprentas	0.550-0.700
Excavadoras	0.500-0.700
Hoteles	0.750-0.940
Bancos	0.962-0.998
Periódicos	0.790-0.950
Corrugados	0.820-0.980
Oficinas (servicios de alumbrado y contactos)	0.940-0.980
Oficinas (servicios de emergencia)	0.800-0.970
Oficinas (servicios de cómputo)	0.920-0.990
Centros comerciales	0.800-0.950

Ventajas de un sistema de compensación

Life Is On

Schneider
Electric

> Ventajas de la compensación de la energía reactiva.

Aumento de la potencia disponible

Mediante la reducción de la intensidad eficaz, se mejora el rendimiento eléctrico de la instalación, y permite aumentar la potencia disponible en el secundario de un transformador MT/BT. En la siguiente tabla se muestra el aumento de potencia disponible en función del $\cos\phi$ inicial si se corrige hasta un $\cos\phi = 1$.

$\cos \phi$ inicial	Aumento de potencia disponible
1,00	0,00%
0,98	2,00%
0,95	5,20%
0,90	11,10%
0,85	17,60%
0,80	25,00%
0,70	42,80%
0,65	53,80%
0,50	100,00%

Ejemplo Practico



Transformador 1000KVA

Sin bco. de capacitores

F.P. = 0.75 inductivo

Carga = 600KW

Potencia de demanda 800KVA

Con bco. de capacitores
400KVAR

F.P. = 0.98 inductivo

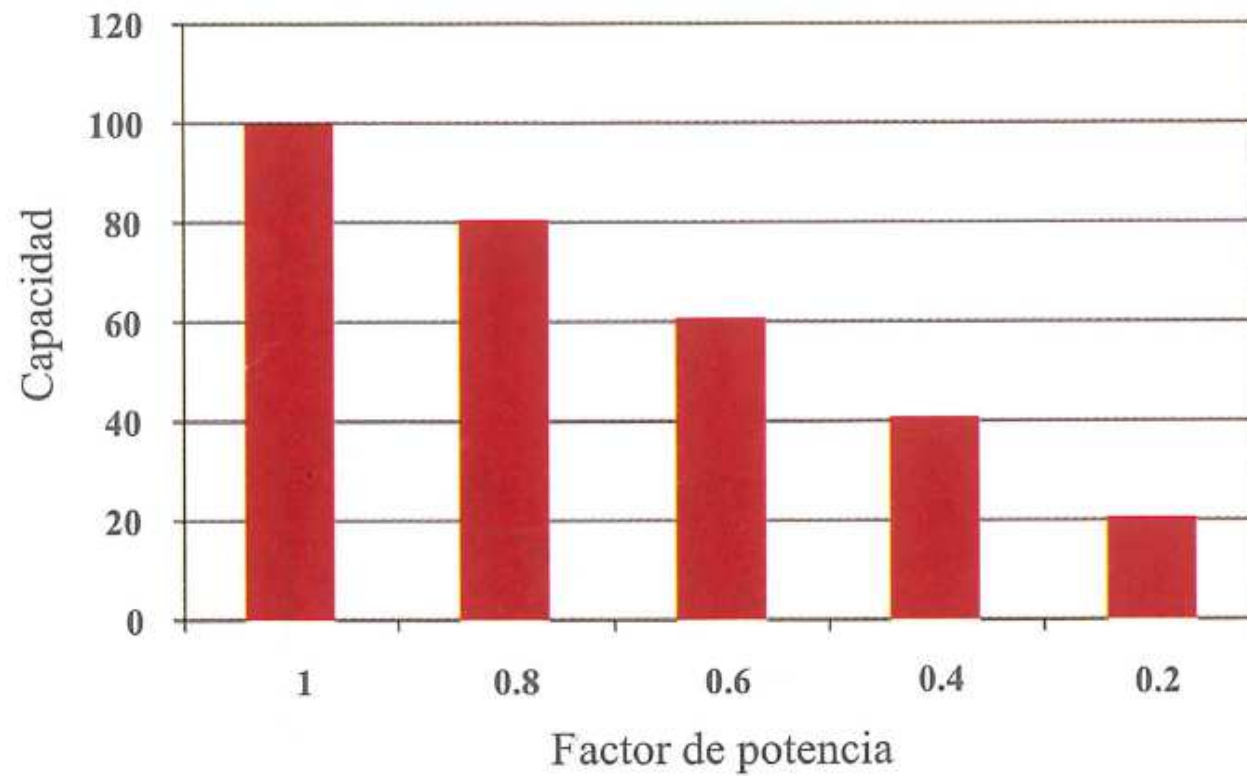
Carga = 600KW

Potencia de demanda 612KVA

Capacidad adicional disponible 188KVA = 18.8%

Uso eficiente de la energía 98%

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR DE ACUERDO CON EL FACTOR DE POTENCIA



Life Is On

Schneider
Electric

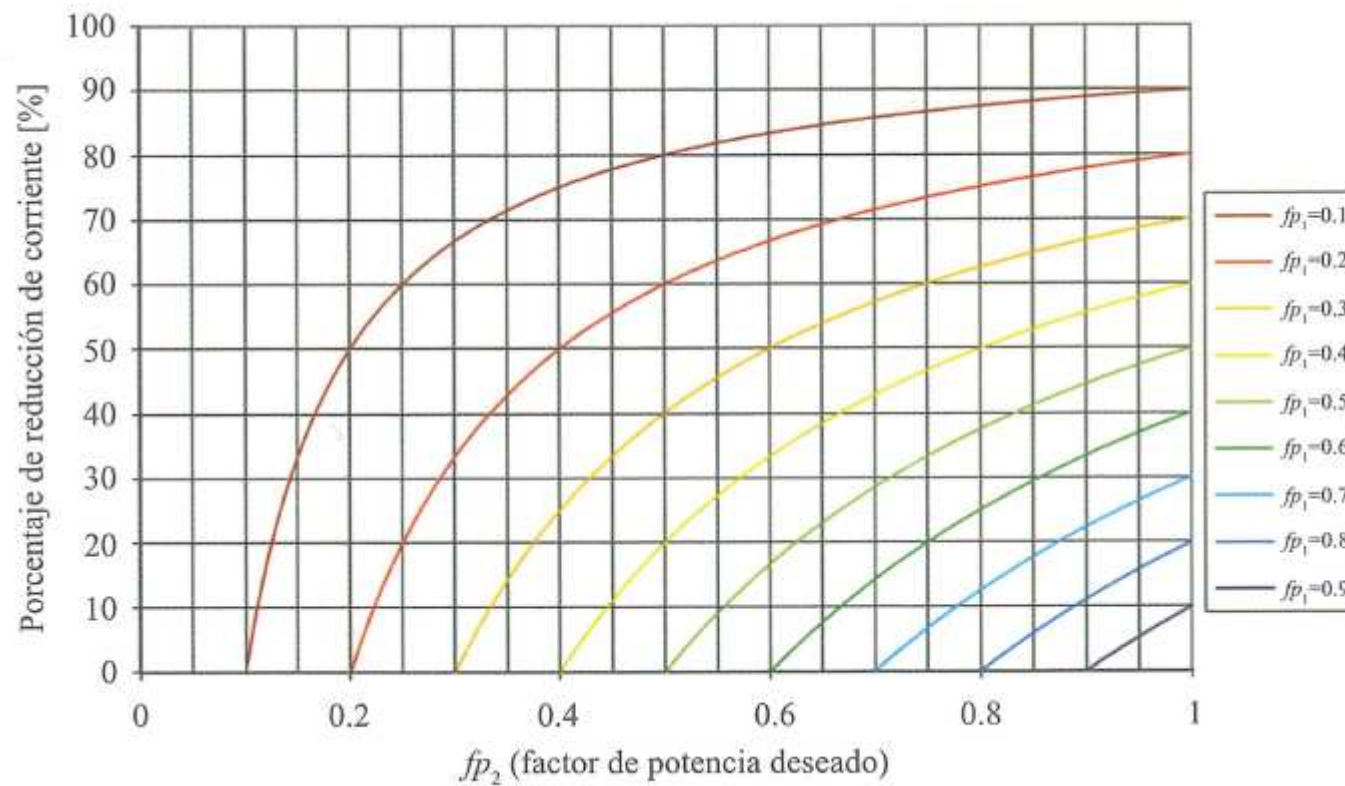
> Ventajas de la compensación de la energía reactiva.

Reducción de la sección de los conductores

Permite la reducción de la sección de los conductores a nivel de proyecto, porque para una misma potencia activa la intensidad resultante de la instalación compensada es menor. En la siguiente tabla se observa el coeficiente multiplicador de la sección del conductor en función del $\cos\phi$ de la instalación.

$\cos \phi$ inicial	Factor de multiplicación de la sección del cable
1,00	1,00
0,80	1,25
0,60	1,67
0,40	2,50

CURVAS DE REDUCCION DE CORRIENTE EN ALIMENTADORES



Ejemplo # 1.

Calcular la corriente en un sistema industrial, una vez que se mejoro el factor de potencia de 0.7 hasta 0.95, si se sabe que la tensión nominal en el secundario del transformador es de 220V y consumo de 350=KW.

Obtener la reducción de corriente en el alimentador.

Solución:

La corriente en el alimentador, antes de realizar la corrección es:

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi_1} = 1312 A$$

Mientras que la corriente después de realizar la compensación es:

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi_2} = 967 A$$

La reducción de corriente en alimentador:

$$\text{reduccion de corriente} = 345 A$$

Mientras que el porcentaje de reducción de corriente es:

$$\%r_c = \left(1 - \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} \right) \times 100 = 26.3\%$$

#1. Ejemplo resuelto

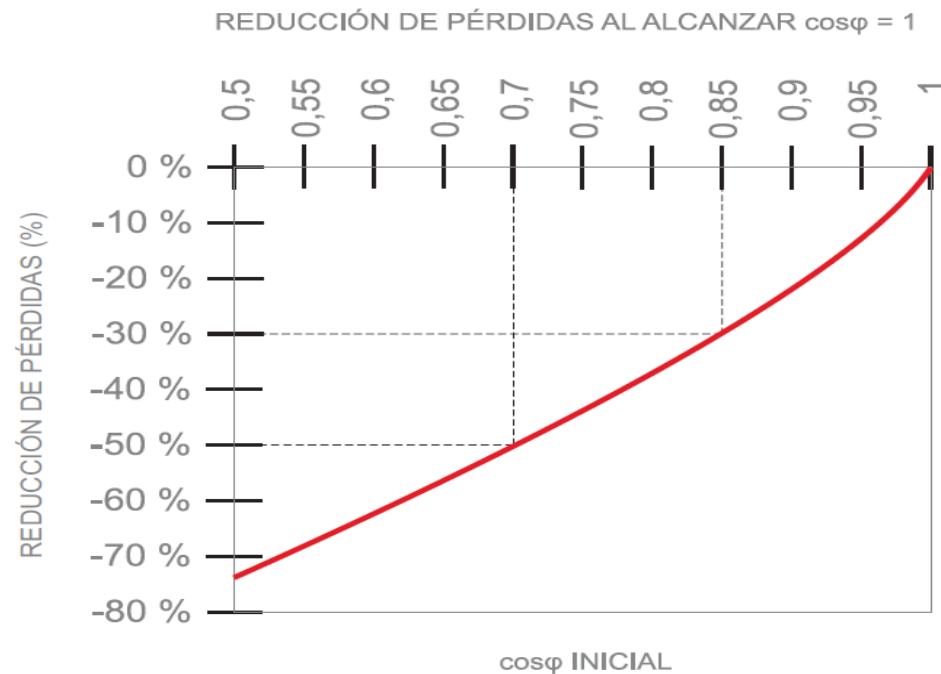
> Ventajas de la compensación de la energía reactiva.

Disminución de las pérdidas

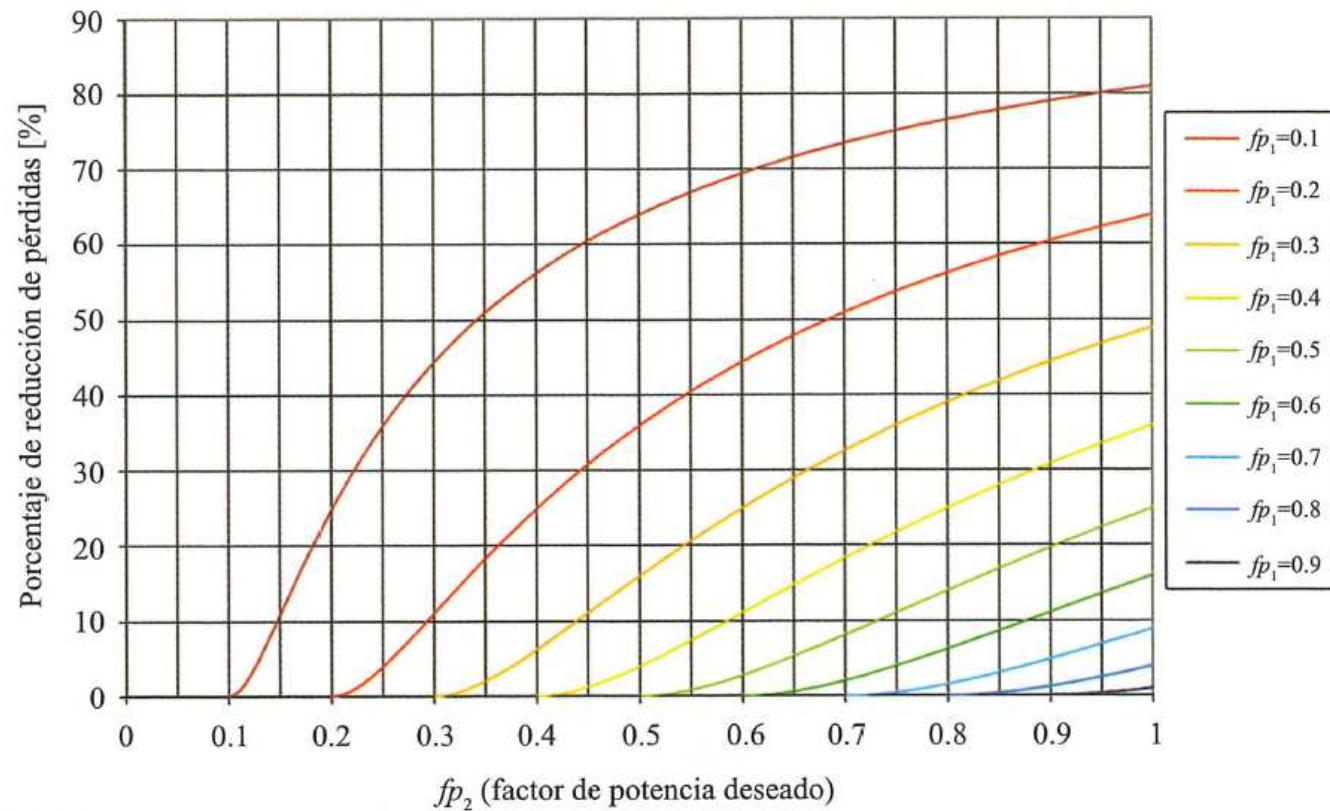
Se reducen las pérdidas por efecto Joule (calentamiento) en los conductores y transformadores. Estas pérdidas son contabilizadas como energía consumida (kWh) en el contador, son proporcionales a la intensidad elevada al cuadrado.

Estas pérdidas se pueden

$$\frac{\text{Pérdidas finales}}{\text{Pérdidas iniciales}} = \left(\frac{\cos \varphi \text{ inicial}}{\cos \varphi \text{ final}} \right)^2$$



CURVAS DE REDUCCION DE PERDIDAS EN LA INDUSTRIA POR CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA



Ejemplo # 2.

Calcular la reducción de pérdidas en los conductores del ejemplo #1 que el circuito tiene una longitud de 100m y un conductores con resistencia longitudinal de 0.0753 (Ω/km).

Solución:

La corriente en el alimentador, antes de realizar la corrección es:

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi_1} = 1312 A$$

Mientras que la corriente después de realizar la compensación es:

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi_2} = 967 A$$

La reducción de corriente en alimentador:

$$\text{reduccion de corriente} = 345 A$$

Mientras que el porcentaje de reducción de corriente es:

$$\%r_c = \left(1 - \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}\right) \times 100 = 26.3\%$$

#2. Ejemplo Propuesto

Cada **kvar** instalado,
equivale a una reducción de
100 gr de emisiones de
C02



Cuidado del medio ambiente



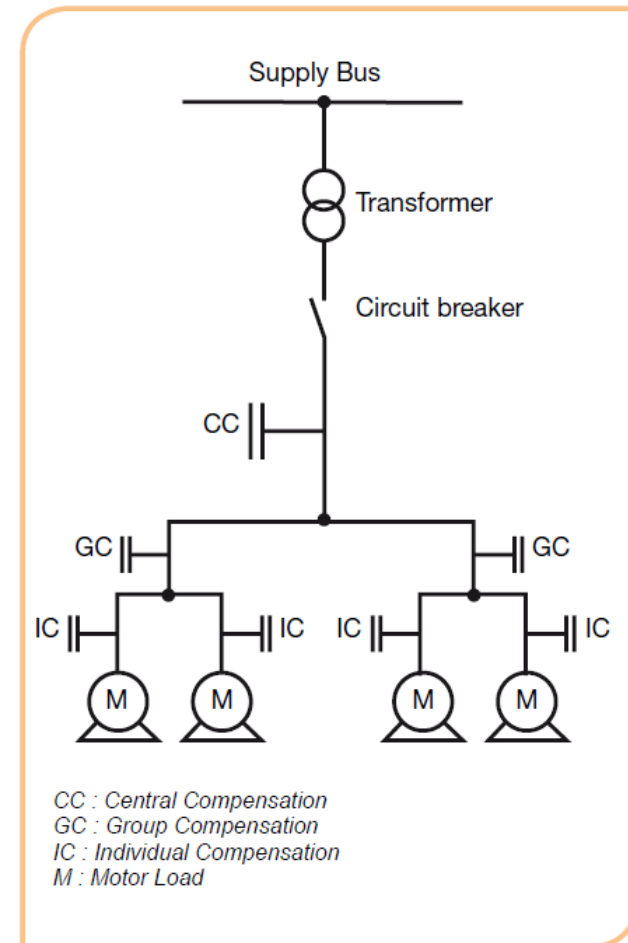
Tipos de compensación de energía reactiva

Life Is On

Schneider
Electric

> ¿Dónde compensar?

- 1 Por el nivel de tensión:
 - Banco de capacitores en AT
 - Banco de capacitores en MT
 - Banco de capacitores en BT
- 2 Por su ubicación en el sistema:
 - Banco de capacitores individual
 - Banco de capacitores parcial
 - Banco de capacitores total
- 3 Por su funcionamiento:
 - Banco de capacitores fijo
 - Banco de capacitores automático





Compensación Automática

Por ejemplo, supóngase que se necesita una batería de 80 kVAr, sabiendo que 60 kVAr los produce un motor concreto y los otros 20 aparecen y desaparecen de forma intermitente a lo largo del día.

2 escalones de 40 kVAr
Relación: 1:1:

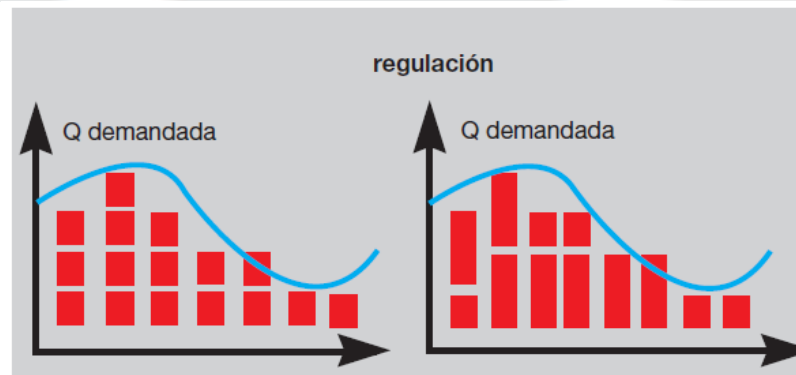
Entra y sale constantemente → **NO**

4 escalones de 20 kVAr
Relación: 1:1:1:1:

Entra y sale a partir de los 60 kVAr → **NO**

2 escalones de 5 kVAr
1 escalón de 10 kVAr
3 escalones de 20 kVAr
Relación: 1:1:2:4:4:4:

Solución óptima → **SÍ**



¿Dónde compensar?

La instalación de los Banco de Capacitores en una red eléctrica dependerá de los siguientes criterios:

Objetivo deseado:

Supresión de penalizaciones, descarga de las líneas, aumento de la capacidad de los transformadores, aumento de la tensión.

Se pueden dar los siguientes tipos de compensación de energía reactiva:

- BC AT en red de distribución AT
- BC MT, regulada o fija, para abonado MT
- BC BT, regulada o fija, para abonado BT
- Compensación fija para motor MT
- Compensación fija para motor BT

Determinación de la potencia reactiva

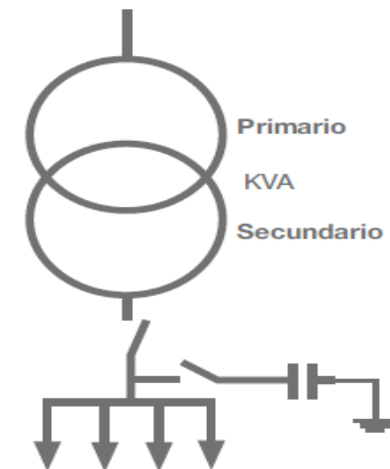
¿Cómo debemos hacer para compensar la Q?



1

Transformadores de Potencia

La compensación de energía reactiva de los transformadores debe ser la necesaria para corregir la reactiva que aparece en su funcionamiento en vacío, que es una cantidad fija (Q_0), y la reactiva que absorbe cuando se encuentra en carga (Q_{carga}).



Ejemplo # 1.

Se requiere compensar un transformador de aceite de 630kVA que alimenta una carga igual al 60% de su potencia nominal.

Datos extraídos de la placa de características del transformador:

$$I_0\% = 1.8\%$$

$$U_{cc}\% = 4\%$$

$$P_{cu} = 8.9 \text{ kW}$$

$$P_{fe} = 1.2 \text{ kW}$$

Solución:

La potencia de corrección del banco de capacitores conectada al transformador deberá ser:

$$Q_c = \sqrt{(I_0 S_n)^2 - P_{fe}^2} + K_L^2 \sqrt{(U_{cc} S_n)^2 - P_{cu}^2} = 19.8 \text{ kVAr}$$

Si realizamos los cálculos con la ecuación simplificada:

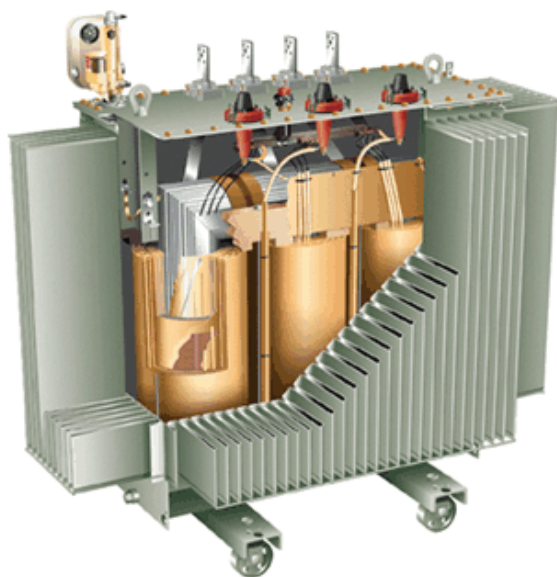
$$Q_c = I_0 S_n + K_L^2 U_{cc} S_n = 20.4 \text{ kVAr}$$

Si calculamos en forma aproximada:

$$Q_c = 0.05 S = 18.9 \text{ kVAr}$$

#3. Ejemplo resuelto

TABLA DE COMPENSACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA EN ACEITE



Transformador					Q _c [kvar]				
S _r [kVA]	u _k % [%]	i ₀ % [%]	P _{fe} [kW]	P _{cu} [kW]	factor de carga K _L				
					0	0.25	0.5	0.75	1
Transformador de distribución de aceite MT-BT									
50	4	2.9	0.25	1.35	1.4	1.5	1.8	2.3	2.9
100	4	2.5	0.35	2.30	2.5	2.7	3.3	4.3	5.7
160	4	2.3	0.48	3.20	3.6	4	5	6.8	9.2
200	4	2.2	0.55	3.80	4.4	4.8	6.1	8.3	11
250	4	2.1	0.61	4.50	5.2	5.8	7.4	10	14
315	4	2	0.72	5.40	6.3	7	9.1	13	18
400	4	1.9	0.85	6.50	7.6	8.5	11	16	22
500	4	1.9	1.00	7.40	9.4	11	14	20	28
630	4	1.8	1.20	8.90	11	13	17	25	35
800	6	1.7	1.45	10.60	14	16	25	40	60
1000	6	1.6	1.75	13.00	16	20	31	49	74
1250	6	1.6	2.10	16.00	20	24	38	61	93
1600	6	1.5	2.80	18.00	24	30	47	77	118
2000	6	1.2	3.20	21.50	24	31	53	90	142
2500	6	1.1	3.70	24.00	27	37	64	111	175
3150	7	1.1	4.00	33.00	34	48	89	157	252
4000	7	1.4	4.80	38.00	56	73	125	212	333

TABLA DE COMPENSACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA TIPO SECO



Transformador de distribución de resina MT-BT									
100	6	2.3	0.50	1.70	2.2	2.6	3.7	5.5	8
160	6	2	0.65	2.40	3.1	3.7	5.5	8.4	12
200	6	1.9	0.85	2.90	3.7	4.4	6.6	10	15
250	6	1.8	0.95	3.30	4.4	5.3	8.1	13	19
315	6	1.7	1.05	4.20	5.3	6.4	9.9	16	24
400	6	1.5	1.20	4.80	5.9	7.3	12	19	29
500	6	1.4	1.45	5.80	6.8	8.7	14	23	36
630	6	1.3	1.60	7.00	8	10	17	29	45
800	6	1.1	1.94	8.20	8.6	12	20	35	56
1000	6	1	2.25	9.80	9.7	13	25	43	69
1250	6	0.9	3.30	13.00	11	15	29	52	85
1600	6	0.9	4.00	14.50	14	20	38	67	109
2000	6	0.8	4.60	15.50	15	23	45	82	134
2500	6	0.7	5.20	17.50	17	26	54	101	166
3150	8	0.6	6.00	19.00	18	34	81	159	269

2

Motores Asíncronos de Potencia

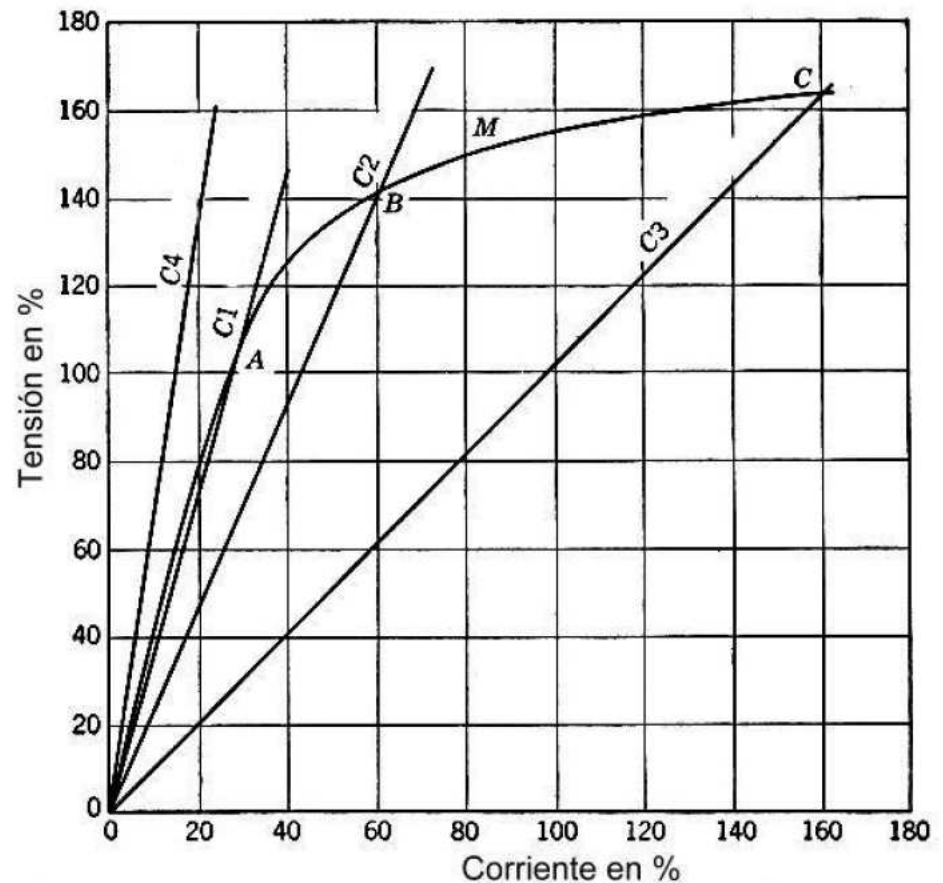
El factor de potencia de un motor de inducción es bueno a plena carga, generalmente entre un 80 ó 90%, dependiendo de la velocidad y del tipo de motor. Sin embargo, para cargas pequeñas, el factor de potencia disminuye rápidamente, generalmente los motores de inducción no trabajan a plena carga, lo que da un bajo factor de potencia durante la operación.



CURVA DE MAGNETIZACION TIPICA DE UN MOTOR ASINCRONO

Cuando un motor arrastra una carga que tiene una gran inercia puede, después del corte de la tensión de alimentación, seguir funcionando utilizando su energía cinética y ser autoexcitado por un capacitor conectado a sus bornes.

Estos le suministran la energía reactiva necesaria para su funcionamiento en generadora asíncrona. Dicha autoexcitación provoca un mantenimiento de la tensión y a veces sobretensiones elevadas. Para evitar este fenómeno, es necesario asegurar que la potencia de la batería es inferior a la potencia necesaria para la autoexcitación del motor.



Compensación Fija de Motores Asíncronos y Transformadores

“ Cuando una capacitor está instalada en los bornes de un motor, es necesario asegurarse que la potencia del capacitor es inferior a la potencia necesaria para la autoexcitación del motor ”

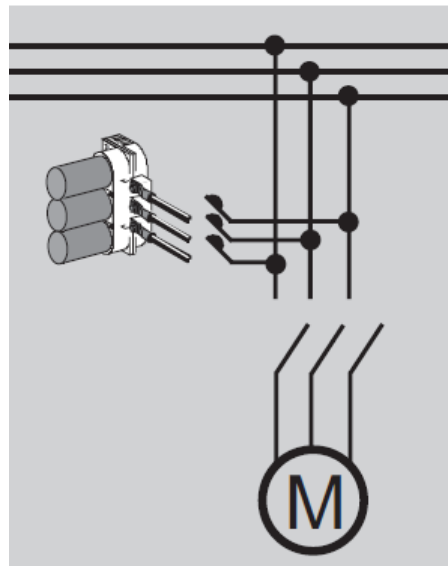
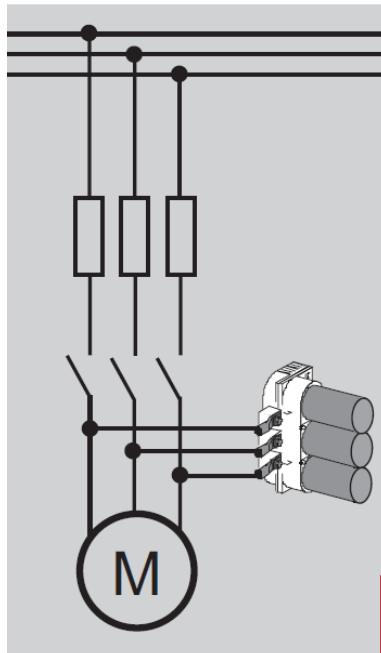
Limitar las corrientes capacitivas de los condensadores, limitando la potencia de la batería de condensadores instalada, para que éstas sean inferiores a la intensidad de vacío del motor.

Realizar la compensación en bornes a través de un contactor, de forma que al desconectar el motor de la alimentación los condensadores queden aislados de los terminales del motor.

Compensación Fija de Motores Asíncronos y Transformadores

Motores asíncronos

“Fenómeno de autoexcitación”



$$Q = P \times (\operatorname{tg} \varphi \text{ inicial} - \operatorname{tg} \varphi \text{ objetivo})$$

Cálculos

$$Q_M \leq 0,9 \times I_0 \times U_n \times \sqrt{3} / Q_M \leq 2 P_0 (1 - \cos \varphi i)$$

Q_M = potencia fija máxima a instalar (VAr).

I_0 = intensidad en vacío del motor.

U_n = tensión nominal (V).

P = potencia nominal motor (kW).

$\cos \varphi i$ = coseno φ inicial.

En la práctica se puede aproximar como:

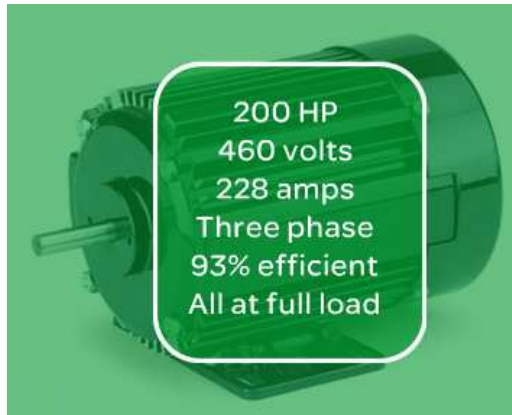
$$Q_{\text{compensar}} = 0,3 \cdot P_{\text{nominal motor}}$$

TABLA DE COMPENSACION DE MOTORES ASINCRONOS

Potencia Nominal (kW) Motor Rating (kW)	Cos ϕ inicial según placa / <i>Cos ϕ initial</i> Características motor (0,8) <i>Cos ϕ initial of motor (0,8)</i>			Cos ϕ inicial según placa / <i>Cos ϕ initial</i> Características motor (0,85) <i>Cos ϕ initial of motor (0,85)</i>		
	Cos ϕ final / <i>Cos ϕ final</i>			Cos ϕ final / <i>Cos ϕ final</i>		
	0,95	0,96	0,98	0,95	0,96	0,98
150	63	69	82	44	49	63
175	74	80	96	51	57	73
200	84	92	109	58	66	83
250	105	115	137	73	82	104
300	126	138	164	87	98	125
350	147	160	191	102	115	146
400	169	183	219	116	131	167
450	190	206	246	131	148	188
500	211	229	273	146	164	208
600	253	275	328	175	197	250
700	295	321	383	204	230	292
750	316	344	410	218	246	313
1000	421	458	547	291	328	417
1200	506	550	656	349	394	500
1250	527	573	684	364	410	521
1400	590	642	766	407	459	583
1500	632	687	820	437	492	625
1750	737	802	957	509	574	729
2000	843	917	1094	582	656	833
2300	969	1054	1258	669	755	958
2500	1053	1146	1367	728	820	1042
3000	1264	1375	1641	873	984	1250
3500	1475	1604	1914	1019	1148	1458

Ejemplo # 2.

Se requiere compensar el siguiente motor asíncrono trifásico:



Con el objetivo de obtener una factor de potencia mayor a 0.9.

Solución...

#4. Ejemplo propuesto

Corrección del factor de potencia a partir de facturas

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO
ORGANISMO SUPERVISOR DE LA
INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA
OSINERGMIN N° 206-2013-OS/CD

NORMA: “Opciones Tarifarias y
Condiciones de Aplicación de
las Tarifas a Usuario Final”

**Artículo 16°.- Facturación de
Energía Reactiva**



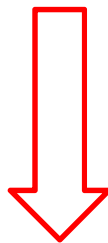
a) Consumo de energía reactiva inductiva **hasta el 30%** de la energía activa total mensual. **Sin cargo alguno.**

b) Consumo de energía reactiva inductiva que **exceda el 30%** de la energía activa total mensual.

Factura = kVAR.h en exceso x CER

CER = Cargo por Energía Reactiva, expresado en S/./kVAR.h

Pago por concepto de consumo de energía reactiva



edelnor
Empresa de Distribución Eléctrica Lima Norte S.A.A.
Calle César López N° 201 Urb. Miraflores Lima 32
R.U.C. N° 2026985900

Ejecutivo de Negocios : JUAN CARLOS URETA BREÑA
Teléfono Oficina : 561-2001 (3160)
Teléfono Móvil : 405*4711

Para consultas su Número de Cliente es:

DATOS DEL SUMINISTRO		FECHA DE LECTURA Y VENCIMIENTO	
Sectores		Nro de Recibo	CL-20988
Atención		Mes de Facturación	AGOSTO 2013
Cargo		Fecha de Lectura Anterior	31/07/2013
Dirección Cliente		Fecha de Lectura Actual	31/08/2013
Dirección Cobranza		Fecha de Próxima Lectura	30/09/2013
R.U.C.		Fecha de Próximo Vencimiento	15/10/2013

DATOS TÉCNICOS COMERCIALES		CONSUMO DE ENERGÍA	
Tarifa	LIBRE		
Potencia Máxima Contratada	3600.00		
Potencia Contratada Horas Punta	3300.00		
Código Alimentador	M-16		
Sub Estación de Distribución	01047U		
Ruta Lectura			

CONSUMO DE ENERGÍA			
Demandas Registradas (kW)	2,677.20	Horas Punta	3,048.80
Energía Activa (kW.H)	236,529.30		1,047,341.90
Energía Reactiva (kVar.H)	131,097.70		564,667.60
Máxima Demanda Leída(kW)	3,113.00		3,212.20

ENERGÍA Y DEMANDA	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMOS	CONSUMOS A FACTURAR	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
CARGO FIJO MENSUAL								13.13
CARGO POR MANTENIMIENTO								72.57
ALUMBRADO PUBLICO								1,650.00
POTENCIA HORAS PUNTA GENERACION					2,677.20	18.390000		49,233.71
PEAJE CONEXION SISTEMA PRINCIPAL DE TRANSMISION					2,677.20	15.649000		41,895.50
PEAJE DISTRIBUCION POTENCIA HORAS PUNTA					3,113.00	9.140000		28,452.82
PEAJE DISTRIBUCION POTENCIA HORAS FUERA PUNTA					99.20	10.750000		1,066.40
ENERGIA HORAS PUNTA GENERACION					236,529.30	0.162800		38,506.97
ENERGIA HORAS FUERA PUNTA GENERACION					1,047,341.90	0.140100		146,732.60
ENERGIA REACTIVA					310,603.94	0.033800		10,498.41
PEAJE TRANSMISION ENERGIA HORAS PUNTA					236,529.30	0.014647		3,464.44
PEAJE TRANSMISION ENERGIA HORAS FUERA PUNTA					1,047,341.90	0.014647		15,340.42
SUBTOTAL MES ACTUAL								336,926.97
I.G.V.								60,646.85
TOTAL MES ACTUAL								397,573.82
REFACTURACION 18%								1,700.99
I.G.V. REFACTURACION 18%								306.18
FISE CUOTA N° 1/1								8,421.36
CARGO POR ELECTRIFICACIÓN RURAL								9,500.65

ENERGÍA Y DEMANDA	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMOS	CONSUMOS A FACTURAR	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
CARGO FIJO MENSUAL								13.13
CARGO POR MANTENIMIENTO								72.57
ALUMBRADO PUBLICO								1,650.00
POTENCIA HORAS PUNTA GENERACION					2,677.20	18.390000		49,233.71
PEAJE CONEXION SISTEMA PRINCIPAL DE TRANSMISION					2,677.20	15.649000		41,895.50
PEAJE DISTRIBUCION POTENCIA HORAS PUNTA					3,113.00	9.140000		28,452.82
PEAJE DISTRIBUCION POTENCIA HORAS FUERA PUNTA					99.20	10.750000		1,066.40
ENERGIA HORAS PUNTA GENERACION					236,529.30	0.162800		38,506.97
ENERGIA HORAS FUERA PUNTA GENERACION					1,047,341.90	0.140100		146,732.60
ENERGIA REACTIVA					310,603.94	0.033800		10,498.41
PEAJE TRANSMISION ENERGIA HORAS PUNTA					236,529.30	0.014647		3,464.44
PEAJE TRANSMISION ENERGIA HORAS FUERA PUNTA					1,047,341.90	0.014647		15,340.42

TOTAL A PAGAR S/.

*****417,503.00

(mes) y de 9:15 a 13:00 horas (Sábados).

VENCIMIENTO 6/SET/2013

TOTAL A PAGAR S/.

*****417,503.00

300160920130000120000000009

300160920130000120000000009



Calculo de la potencia compensar

A partir del recibo de la empresa Suministradora

1. Determinar el cosø la instalación

Sumaremos todos los consumos de
potencia activa (kWh)

Sumaremos todos los consumos de
potencia reactiva (kVArh)

$$\cos \varphi = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVArh^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{kVArh}{kWh}$$

2. Determinar la potencia activa consumida

$$P = \frac{\text{consumo energía activa (kWh)}}{\text{número horas totales trabajadas mes}}$$

3. Aplicar la fórmula general

$$Q = P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Energía Activa (kW.h)			
		Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual	(25/05/2015)	63.210	338.590
Lectura Anterior	(25/04/2015)	55.670	288.350
Diferencia entre lecturas		7.540	50.240
Factor de Medición		4580	4580
Consumo a facturar		34533.20	230099.20

Energía Reactiva (kVAR.h)		
		Inductiva
Lectura Actual	(25/05/2015)	365.170
Lectura Anterior	(25/04/2015)	315.770
Diferencia entre lecturas		49.400
Factor de Medición		4580
Consumo Registrado		226252.00
Consumo a facturar		146862.28

Descripción	Precio Unitario	Consumo	Importe
Cargo Fijo			3.06
Mant. y Reposición de Conexión			23.08
Consumo de Energía Hora Punta	0.1971	34533.20	6,806.49
Consumo de Energía Fuera Punta	0.1642	230099.20	37,782.29
Consumo de Energía Reactiva Inductiva	0.0398	146862.28	5,845.12
Potencia Generación Fuera de Punta	24.7230	1232.02	30,459.23
Potencia Distribución Fuera de Punta	10.1930	1314.46	13,398.29
Alumbrado Público			764.00
Nota Débito Res. N° 057-2015-OS/CD			52.48
I.G.V.			17,124.12
Electrificación Rural (Ley N° 28749)	0.0077	264632.40	2,037.67
SUBTOTAL DEL MES			114,295.83
TOTAL LUZ DEL SUR			114,295.83

1. Calcular el factor de Potencia del sistema
2. Cual es Potencia requerida (Qr) para no pagar por concepto de consumo de energía reactiva.

Considerar : Horas de trabajo 20 H x día

Total de días 30 días

#5. Ejemplo Propuesto

Ejemplo de compensación de energía reactiva

	Energía Activa HP	Energía Activa FHP	Energía Reactiva	Energía Activa TOTAL
	KW-H	KW-H	KVAR-H	KW-H
Enero	240 500.00	1 062 300.00	510 560.00	1 302 800.00
febrero	225 679.00	1 109 800.00	523 980.00	1 335 479.00
marzo	223 061.00	1 100 620.00	499 098.00	1 323 681.00
abril	235 690.00	1 030 790.00	498 069.00	1 266 480.00
mayo	230 640.00	1 041 640.00	470 760.00	1 272 280.00
junio	233 980.00	1 110 570.00	511 850.00	1 344 550.00

Para realizar un análisis de compensación se requiere los 6 últimos datos de energía de consumo de la empresa.

Ejemplo de compensación de energía reactiva

Total	Numero de horas	Potencia Reactiva	Potencia Activa TOTAL	Factor de Potencia		Potencia Reactiva
dias	H	KVAR	KW	Cosø existente	cosø objetivo	KVAR
31	24	686.24	1 751.08	0.9311	0.98	330.67
28	24	779.73	1 987.32	0.9309	0.98	376.19
31	24	670.83	1 779.14	0.9357	0.98	309.56
30	24	691.76	1 759.00	0.9306	0.98	334.58
31	24	632.74	1 710.05	0.9379	0.98	285.50
30	24	710.90	1 867.43	0.9346	0.98	331.70

PROMEDIO	0.93	0.98	328.03
-----------------	------	------	--------

ANALISIS ECONOMICO			
	Pago por concepto de consumo de energia reactiva		Importe S/.
	Consumo	Precio Unitario	
enero	119 720.00	0.0350	4 190.20
febrero	123 336.30	0.0352	4 341.44
marzo	101 993.70	0.0364	3 712.57
abril	118 125.00	0.0360	4 252.50
mayo	89 076.00	0.0361	3 215.64
junio	108 485.00	0.0357	3 872.91
PROMEDIO	110 122.67	0.04	3 930.88

Precio por KVAR instalado \$	70.00
Potencia del Banco de Capacitores KVAR	330.00
Costo del Banco de Capacitores \$	23 100.00
Costo del Banco de Capacitores S/.	64 449.00
Importe promedio mensual	3 930.88
Retorno de la INVERSION (meses)	16.40

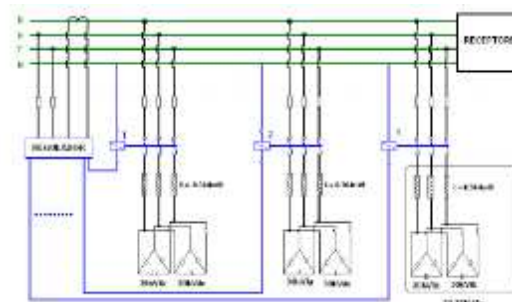
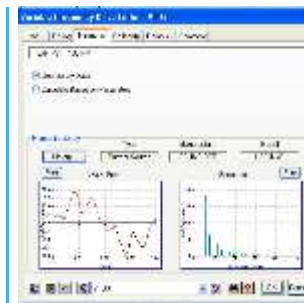
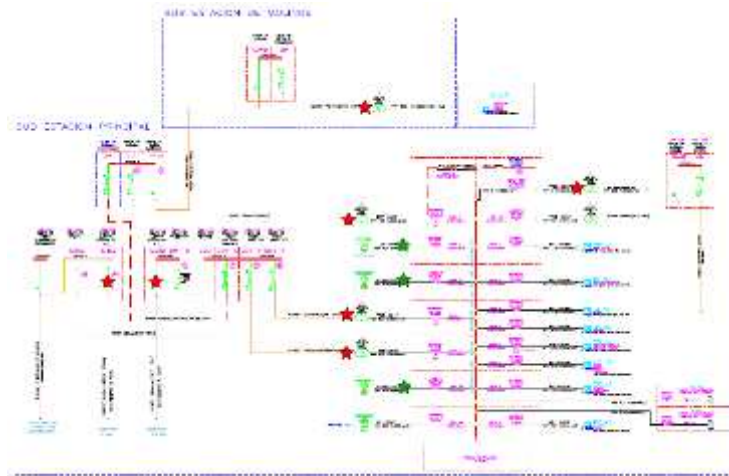
Expectativa de vida de un banco de capacitores: 15-20 años



La monitorización es la
mejor herramienta de
diagnostico



¿Cómo se realiza un estudio de Compensación de energía reactiva en un sistema existente?

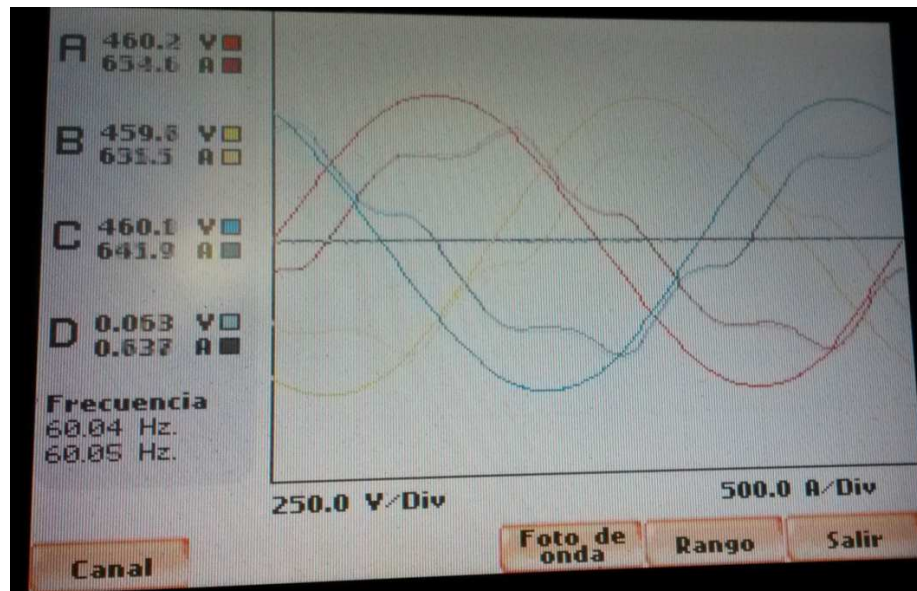


Descripción del Sistema	
Nombre del Proyecto	
Fecha de Emisión	
Elaborado por	
Revisado por	
Aprobado por	
Objetivo del Estudio	
Alcance del Estudio	
Metodología	
Resultados Principales	
Conclusiones	
Recomendaciones	
Observaciones	
Fecha de Emisión	
Elaborado por	
Revisado por	
Aprobado por	
Observaciones	

> Calculo de la potencia compensar

A partir de un análisis de mediciones

Corriente (Irms)
Tension (Vrms)
THDv (%)
THDi (%)
Factor de Potencia



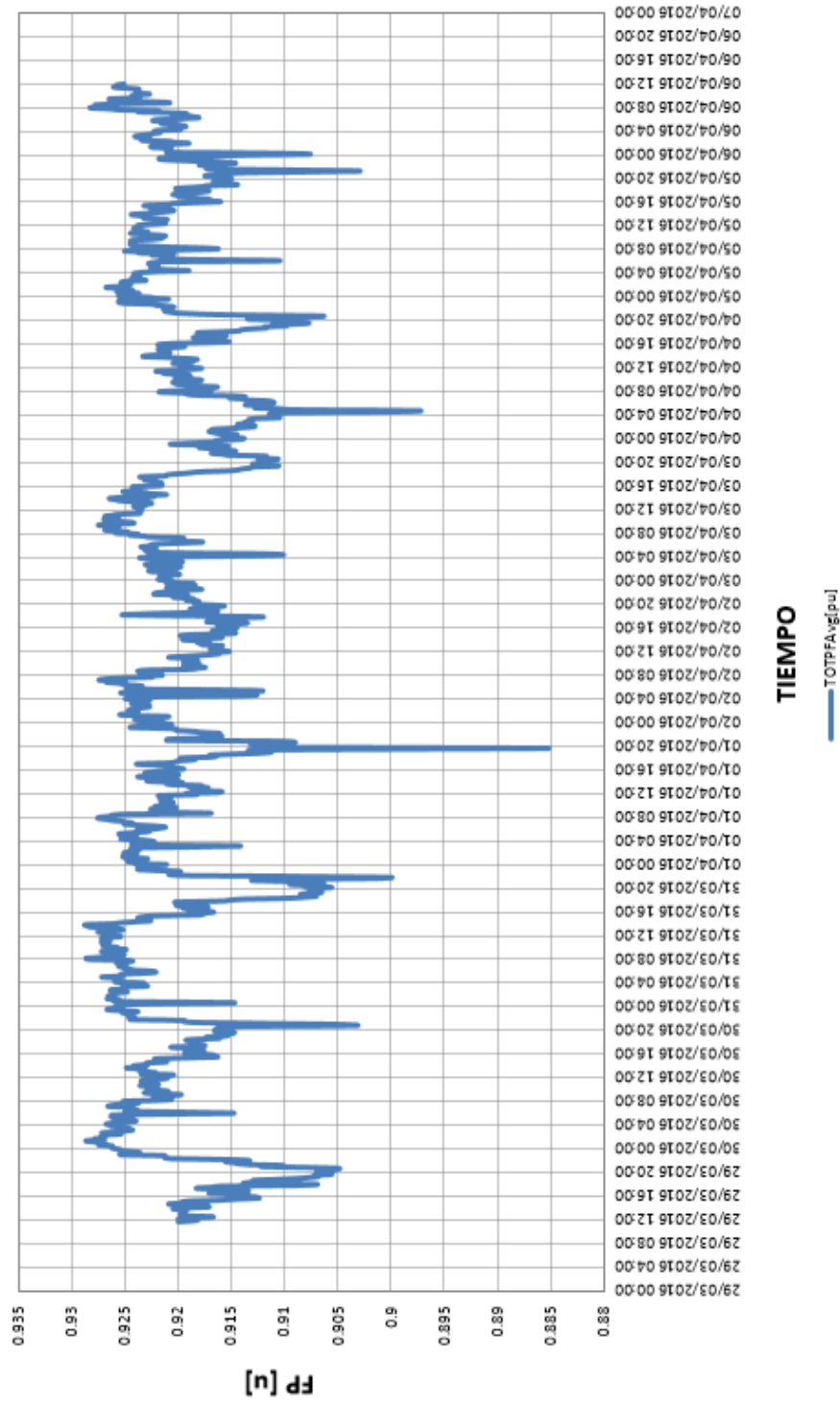
Confidential Property of Schneider Electric



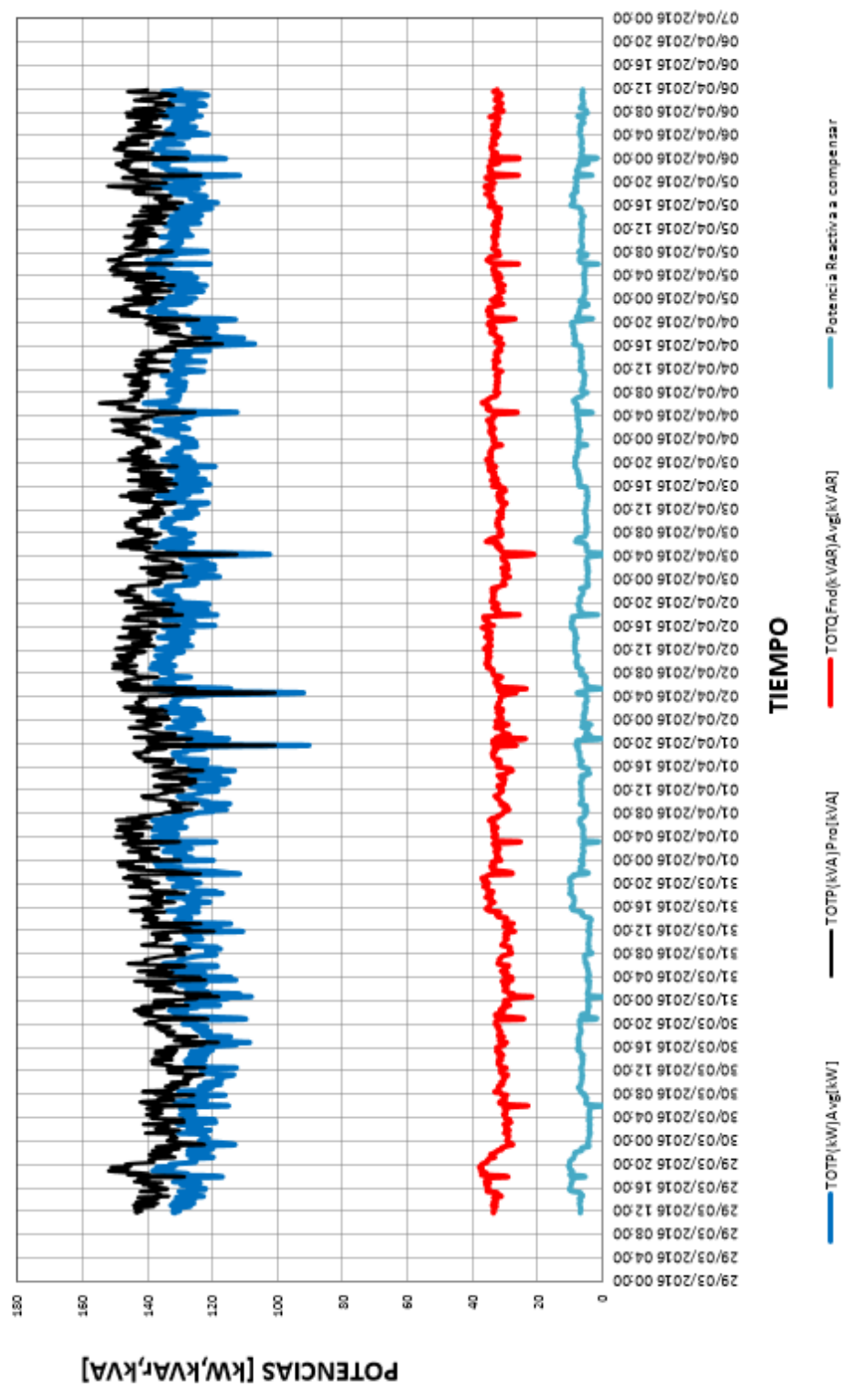
¿Qué es un estudio de Calidad de Potencia?

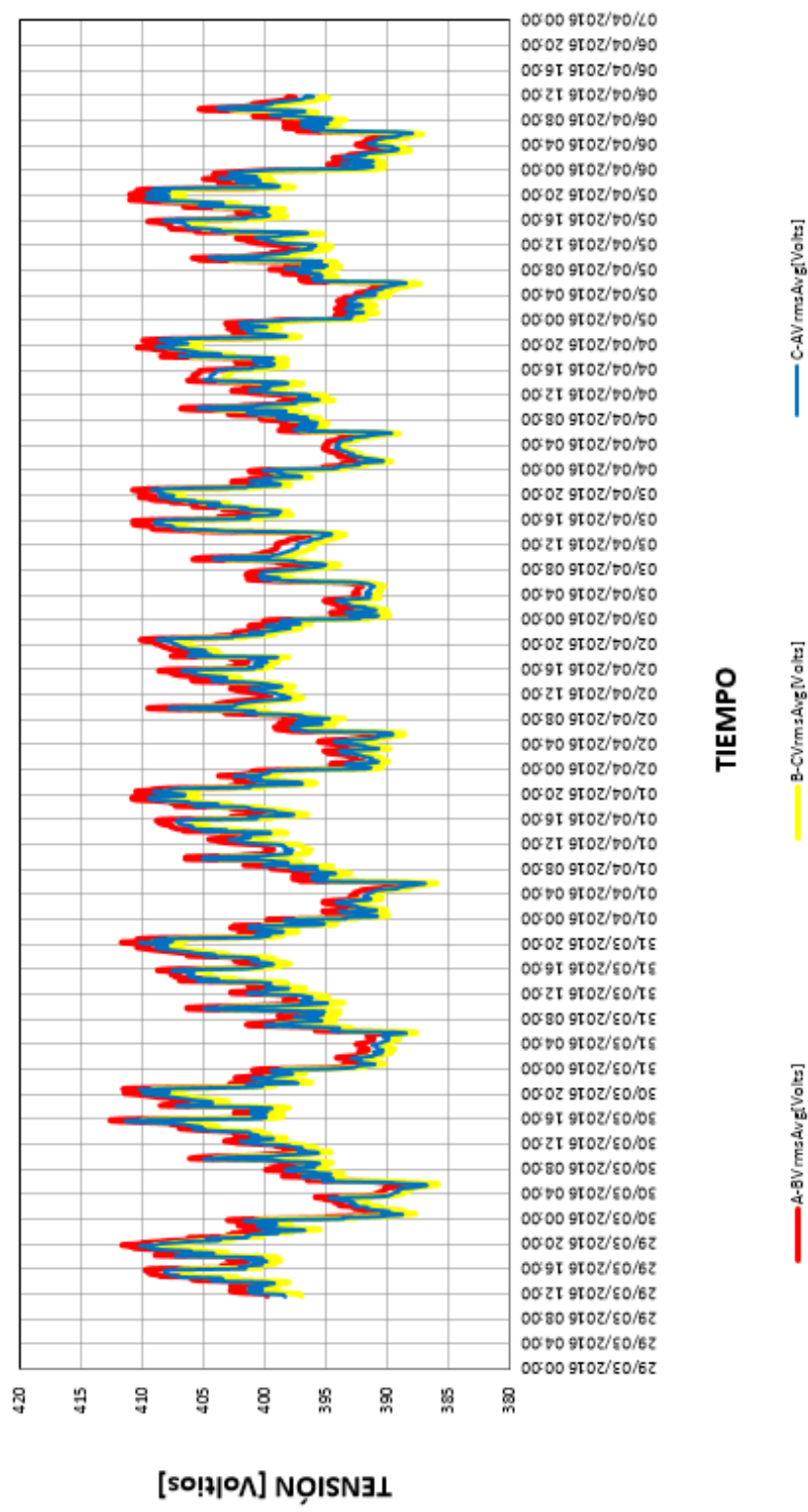
Reporte	Informe de mediciones	Análisis	Estudio
Se realizan mediciones y se hace un reporte con el software del equipo	Se realizan mediciones, se utiliza un formato y se dan algunas recomendaciones.	Se toman los resultados de las mediciones y se proponen soluciones a modo de recomendación sin entregar hojas de datos técnicos y/o detalle de las soluciones.	Se analiza la información de las mediciones, Se modela el sistema en un software de sistemas de potencia. Se explica a detalle el dimensionamiento de las soluciones. Soluciones del estudio es el dimensionamiento de la solución con ficha de datos técnicos que puedan ser interpretados y aceptada

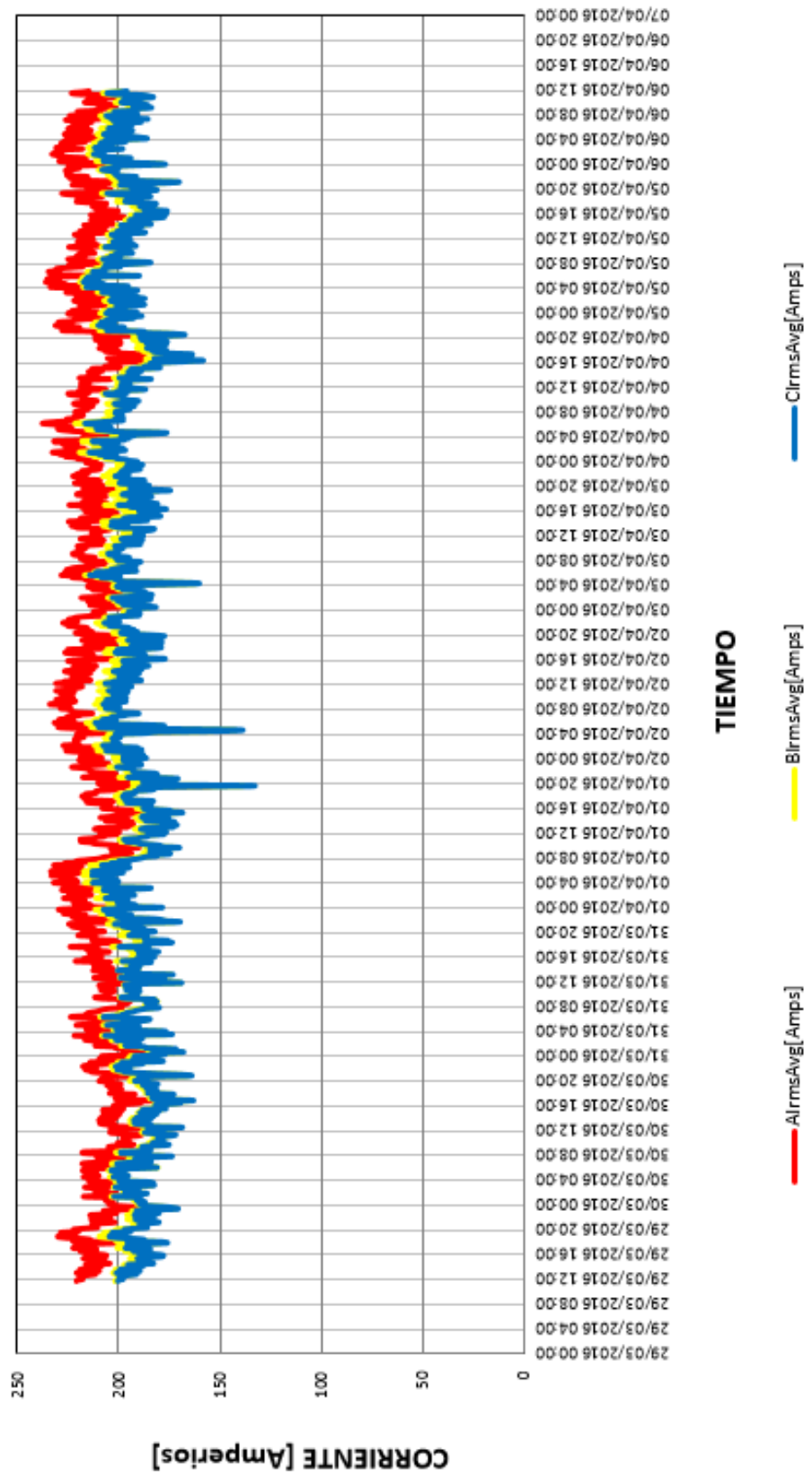
GRÁFICA DEL FACTOR DE POTENCIA



GRÁFICA DE POTENCIAS TOTALES







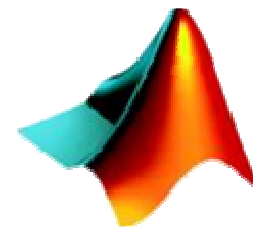


Calculo de la potencia compensar

A partir de un simulaciones Software

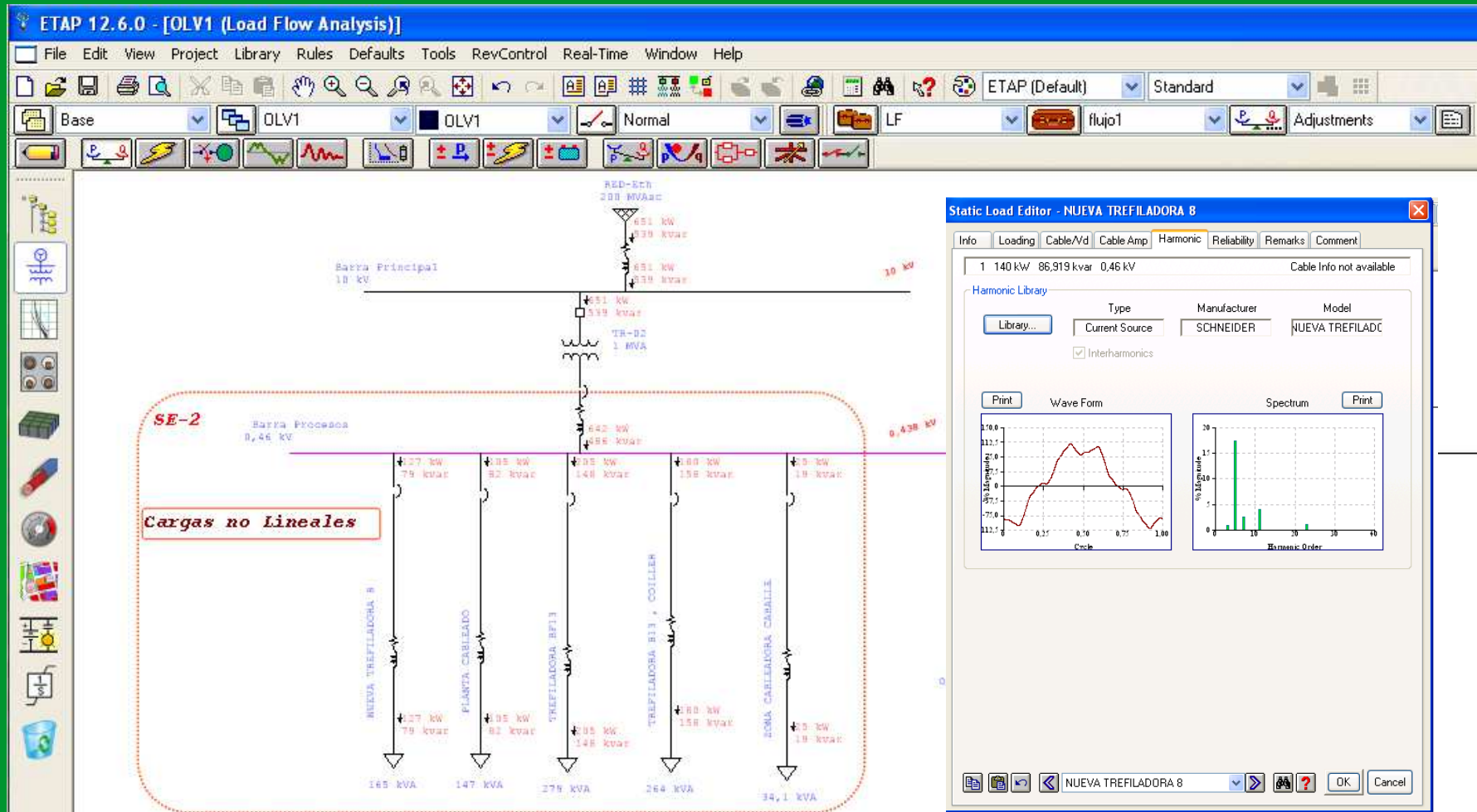


ATP Draw

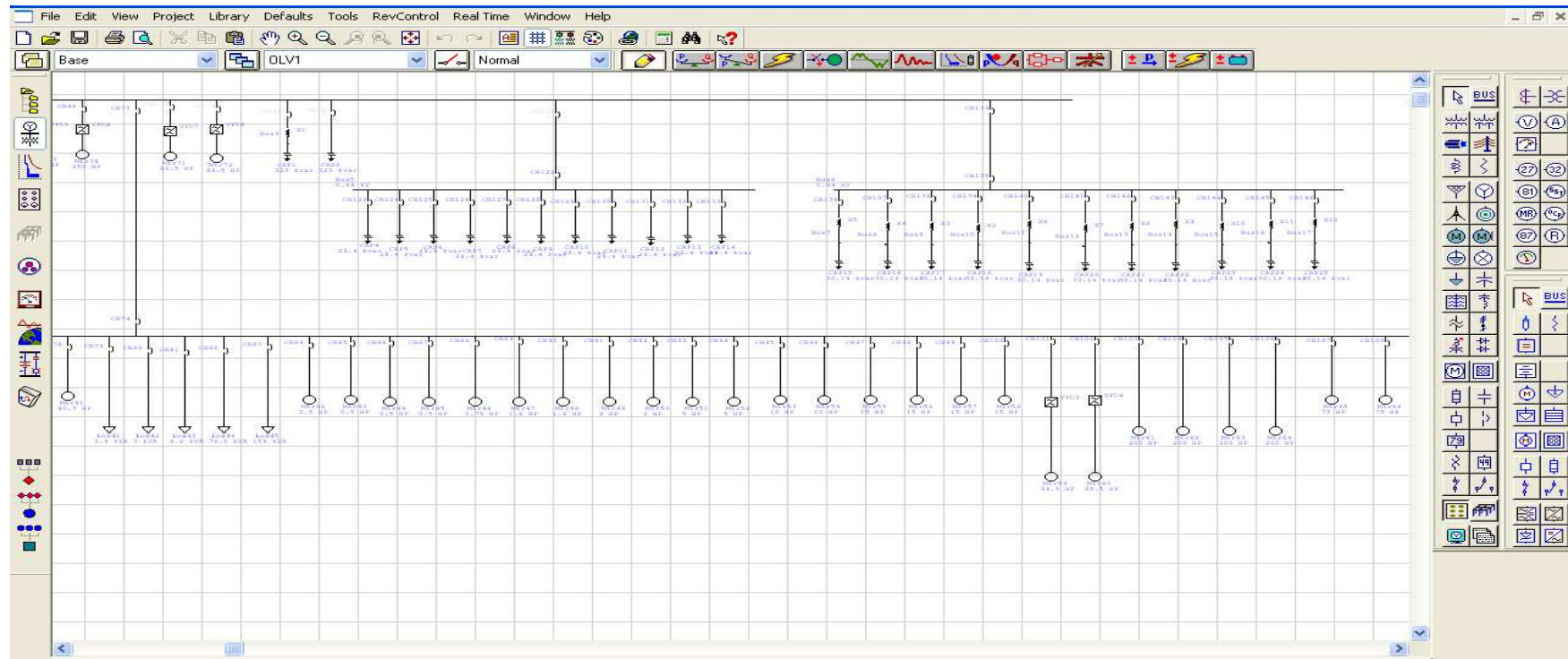


MATLAB

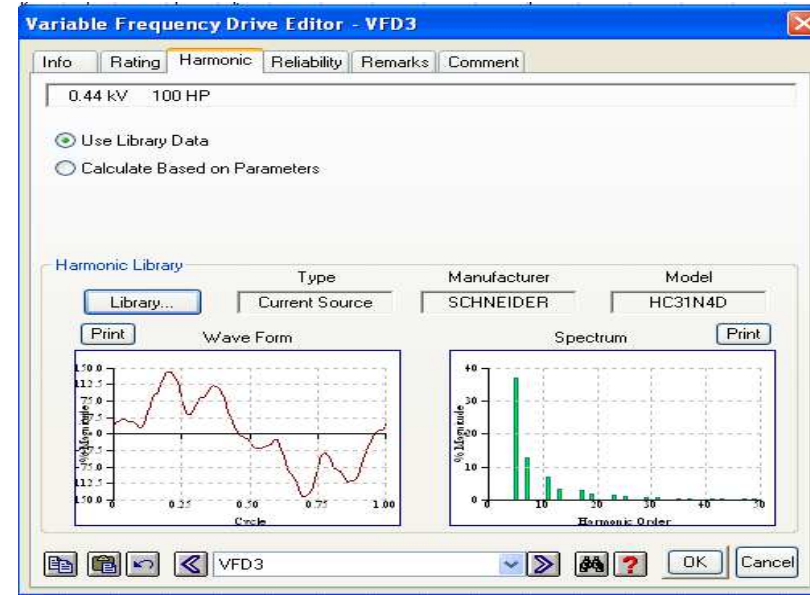
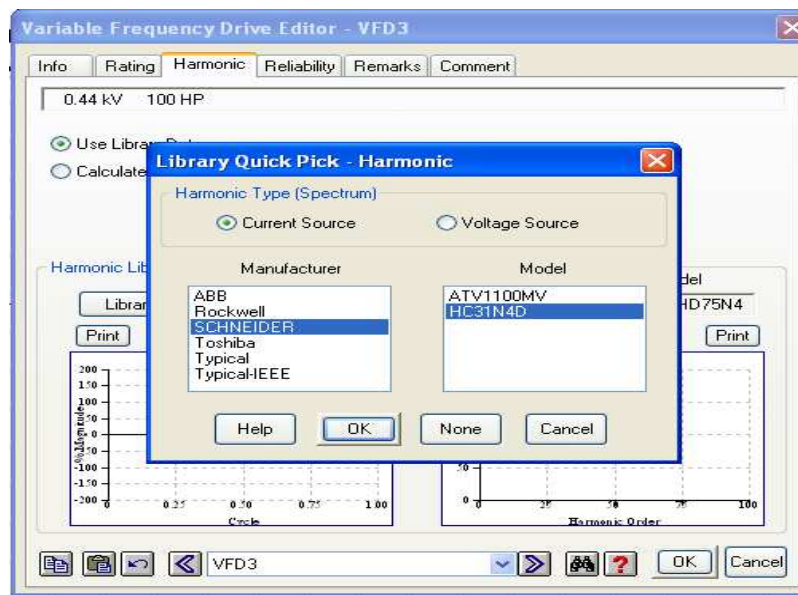
Modelamiento en Software de Sistemas de Potencia



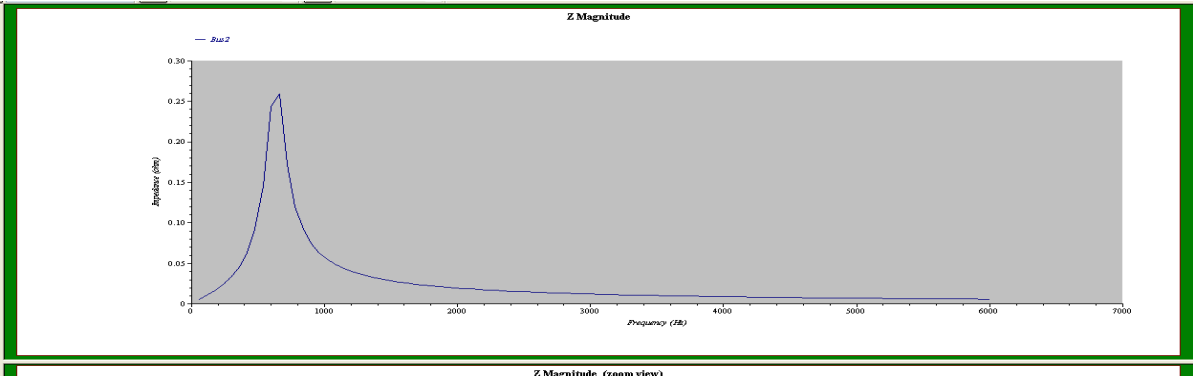
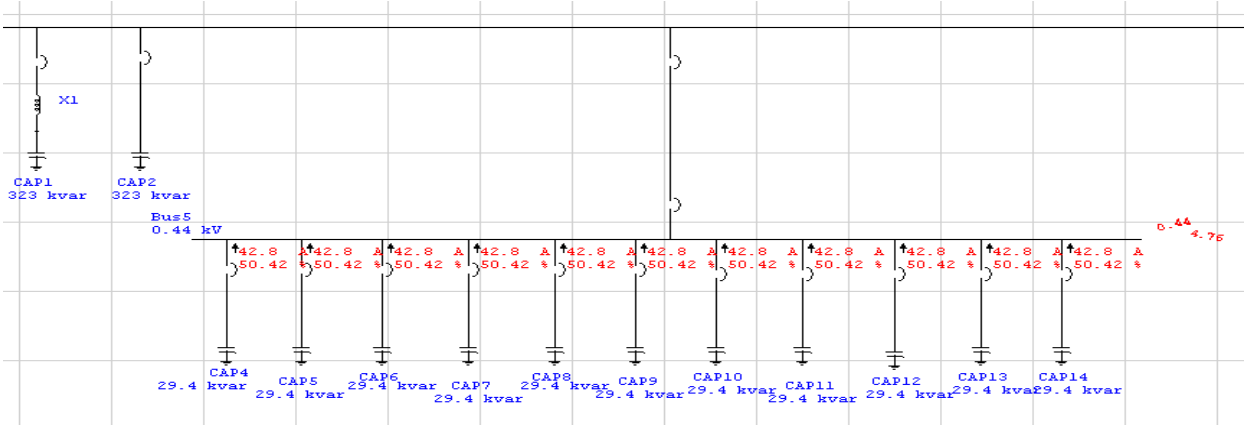
Modelamiento en Software



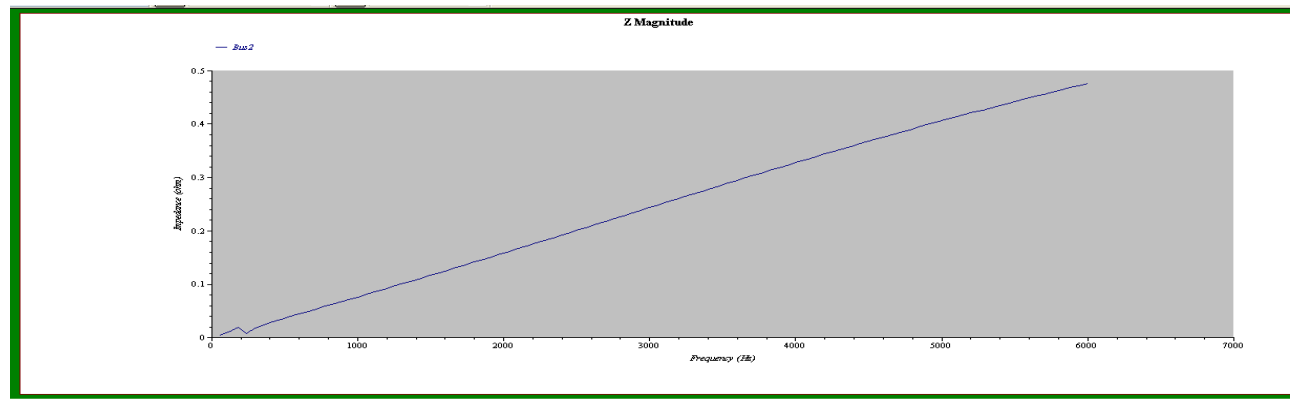
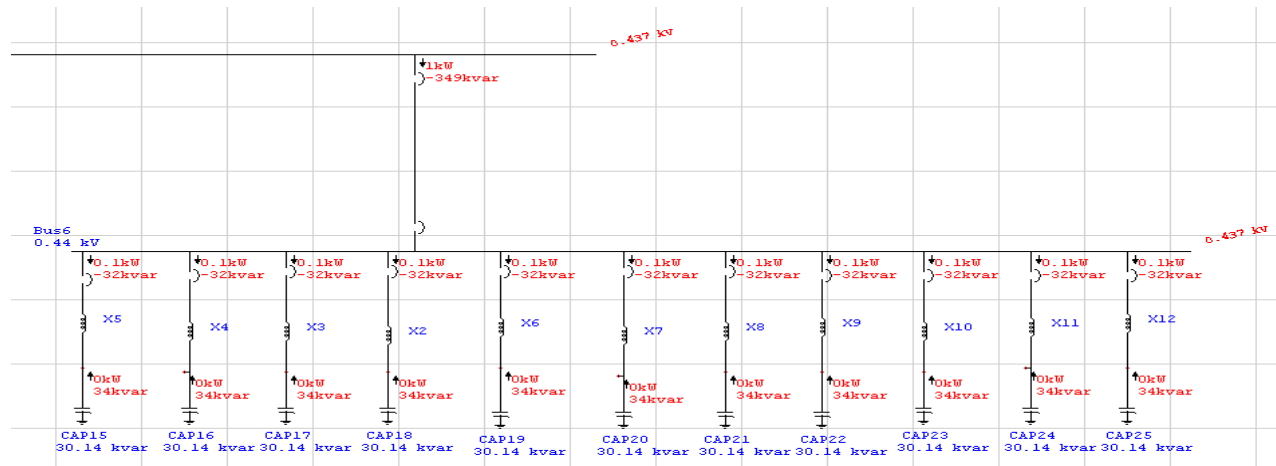
Modelamiento en Software



Modelamiento en Software



Modelamiento en Software



Thank you!

*Julio Cesar Gonzales A.
Especialista PQ & PFC
Julio.gonz8@gmail.com
Contacto: 964 395 968*