



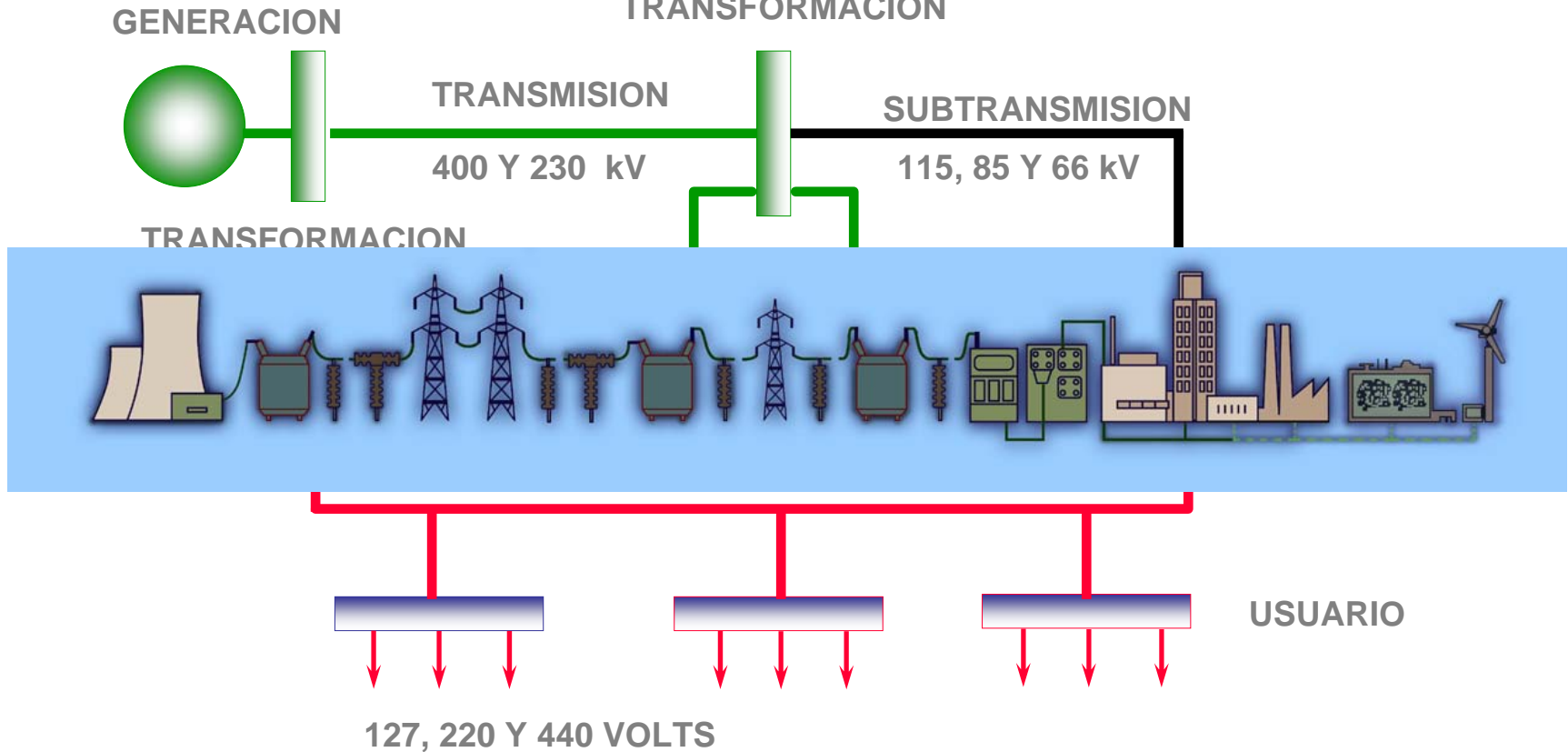
CAPACITORES DE POTENCIA

- Conceptos Básicos

Unidad de Transformadores de Medida



CONCEPTOS BASICOS



Unidad de Transformadores de Medida



TIPOS DE CARGAS

CARGA	SIMBOLO		UNIDAD
1.- RESISTENCIA		ó	OHMS (Ω)
2.- INDUCTANCIA		ó	HENRY (H)
3.- CAPACITANCIA		ó	FARADS (F)



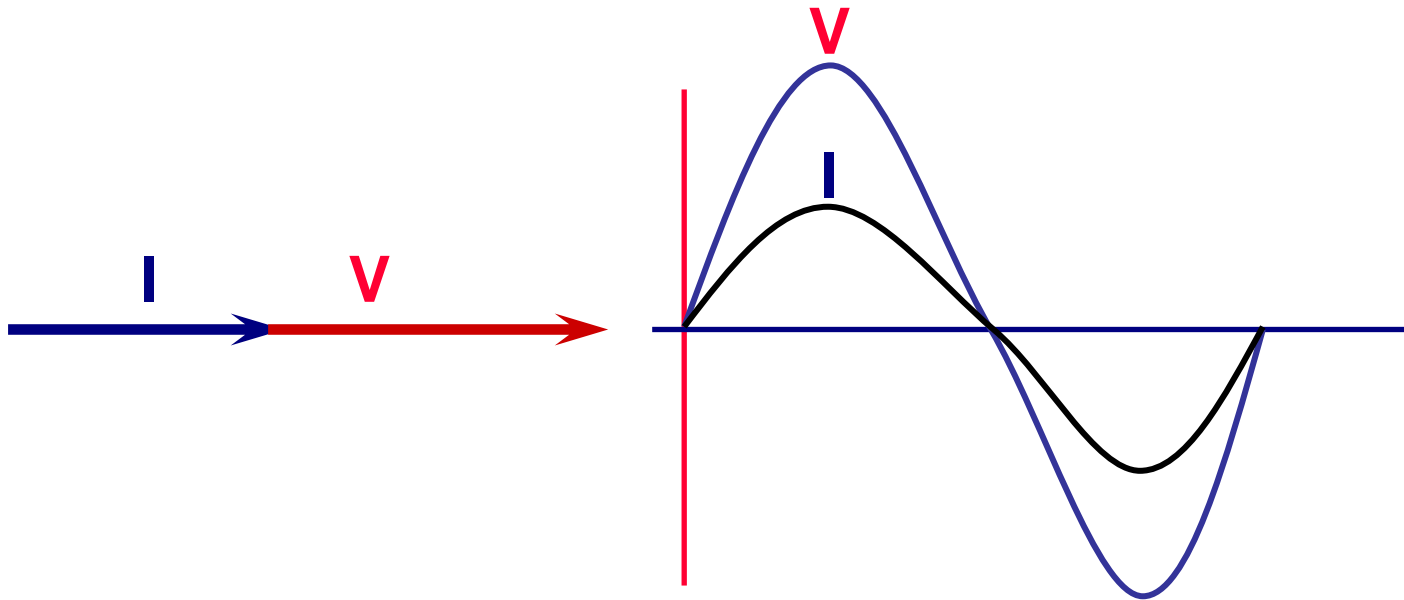
Unidad de Transformadores de Medida



DIAGRAMA FASORIAL



CARGA RESISTIVA PURA



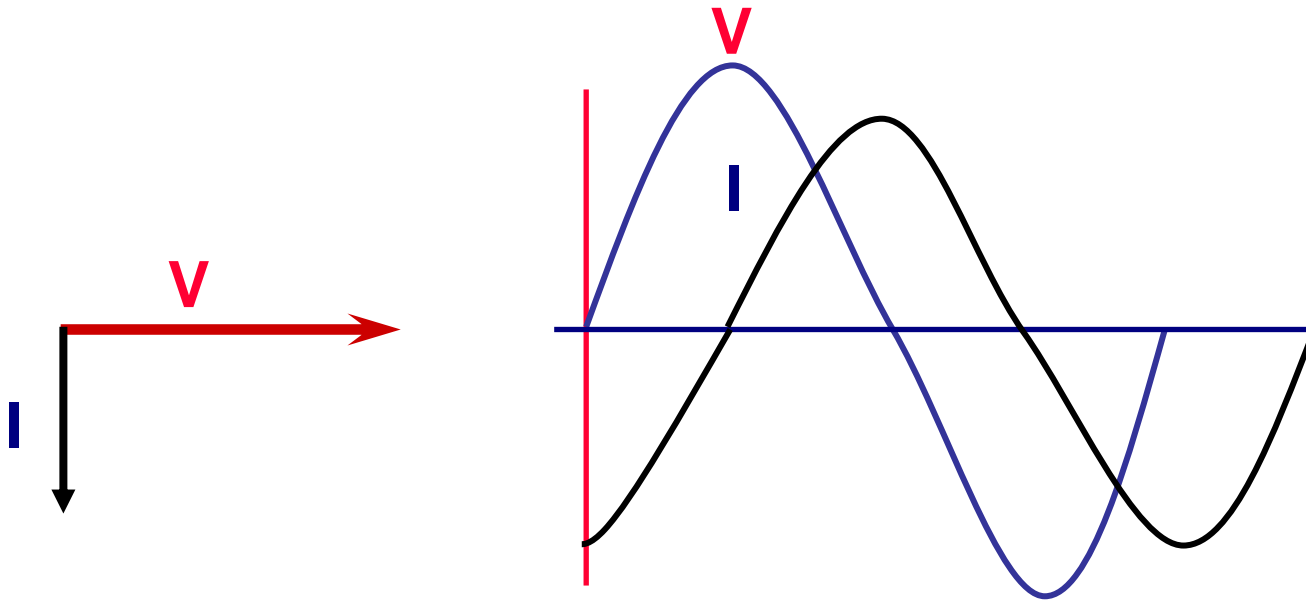
LA CORRIENTE ESTA EN FASE CON EL VOLTAJE

Unidad de Transformadores de Medida



DIAGRAMA FASORIAL

CARGA INDUCTIVA PURA



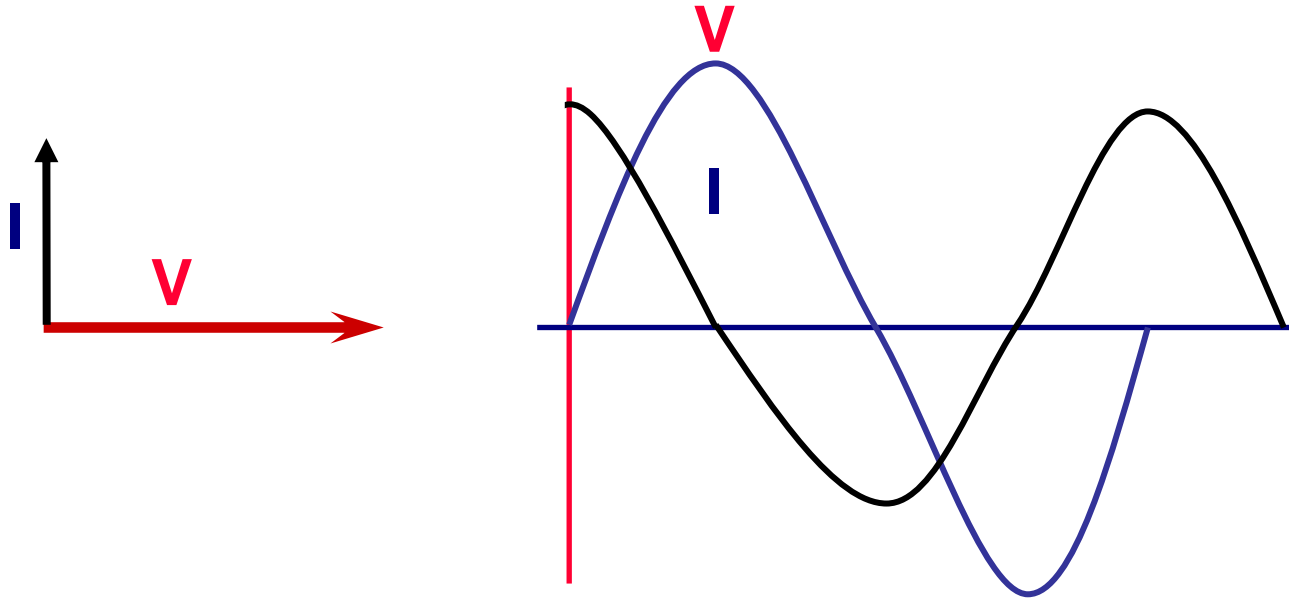
LA CORRIENTE ESTA **ATRASADA 90°** CON EL RESPECTO AL VOLTAJE

Unidad de Transformadores de Medida



DIAGRAMA FASORIAL

CARGA CAPACITIVA PURA



LA CORRIENTE ESTA **ADELANTADA 90°** CON EL RESPECTO AL
VOLTAJE

Unidad de Transformadores de Medida



POTENCIAS

1.- ACTIVA

WATTS (W)

Esta potencia convierte la energía eléctrica en otras formas de energía :

- Mécanica
- Luminosa
- Termica
- Química

2.- REACTIVA

VOLTS-AMPERES-reactivos (VAr)

Es la potencia utilizada para la generación de un campo eléctrico ó magnetico en dispositivos tales como :

- Motores
- Transformadores
- Capacitores

3.- APARENTE

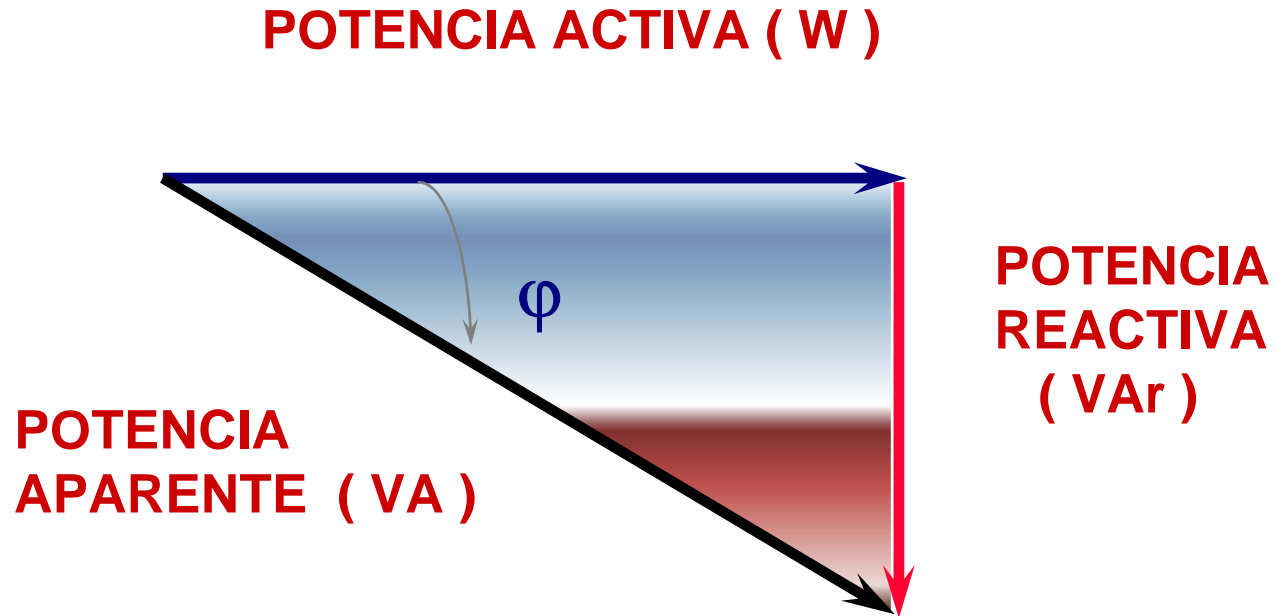
VOLTS-AMPERES (VA)

Esta potencia es el producto de la corriente y el voltaje o la resultante de la suma de los vectores de la potencia activa y la potencia reactiva.

Unidad de Transformadores de Medida



TRIANGULO DE POTENCIAS



Unidad de Transformadores de Medida

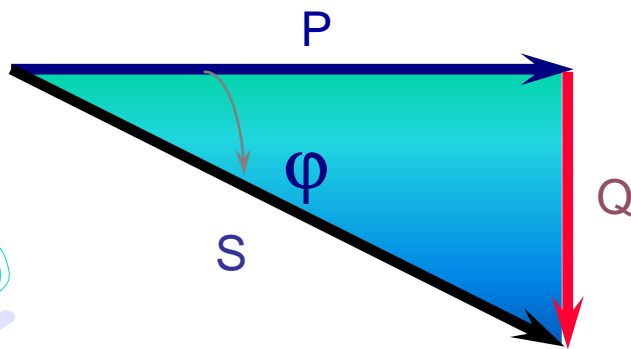


FACTOR DE POTENCIA

¿ QUE ES FACTOR DE POTENCIA ? :

Es la relación de la potencia activa y la potencia aparente.

Un factor de potencia elevado es un síntoma indicativo de la utilización eficiente de la energía eléctrica, mientras que un bajo factor de potencia indica una deficiente y pobre utilización. Cabe aclarar que se pueden tener demasiadas cargas instaladas (inductivas, capacitivas y resistivas) pero el factor de potencia va a depender del tipo de carga que se tenga en operación.



$$\text{f.p.} = \cos \rightarrow = P / S$$



Unidad de Transformadores de Medida



DIARIO OFICIAL

En el Diario Oficial del 10 de Noviembre de 1992 se publico que quien tuviese un f.p. menor a 0.9 será penalizado y quien tenga un f.p. Entre 0.9 y 1.0 será bonificado de acuerdo a las siguientes expresiones :

RECARGO POR F.P. MENOR A 0.9

$$\frac{3}{5} ((90/FP)-1)X100$$



BONIFICACIÓN POR F.P. MAYOR A 0.9

$$\frac{1}{4} (1-(90/FP))X100$$

Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA

CONSECUENCIAS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA :

- Disminución en capacidad de carga.
- Pérdidas por efecto JOULE.
- Caída de tensión.
- Pago de penalidad a la Compañía suministradora.



Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA

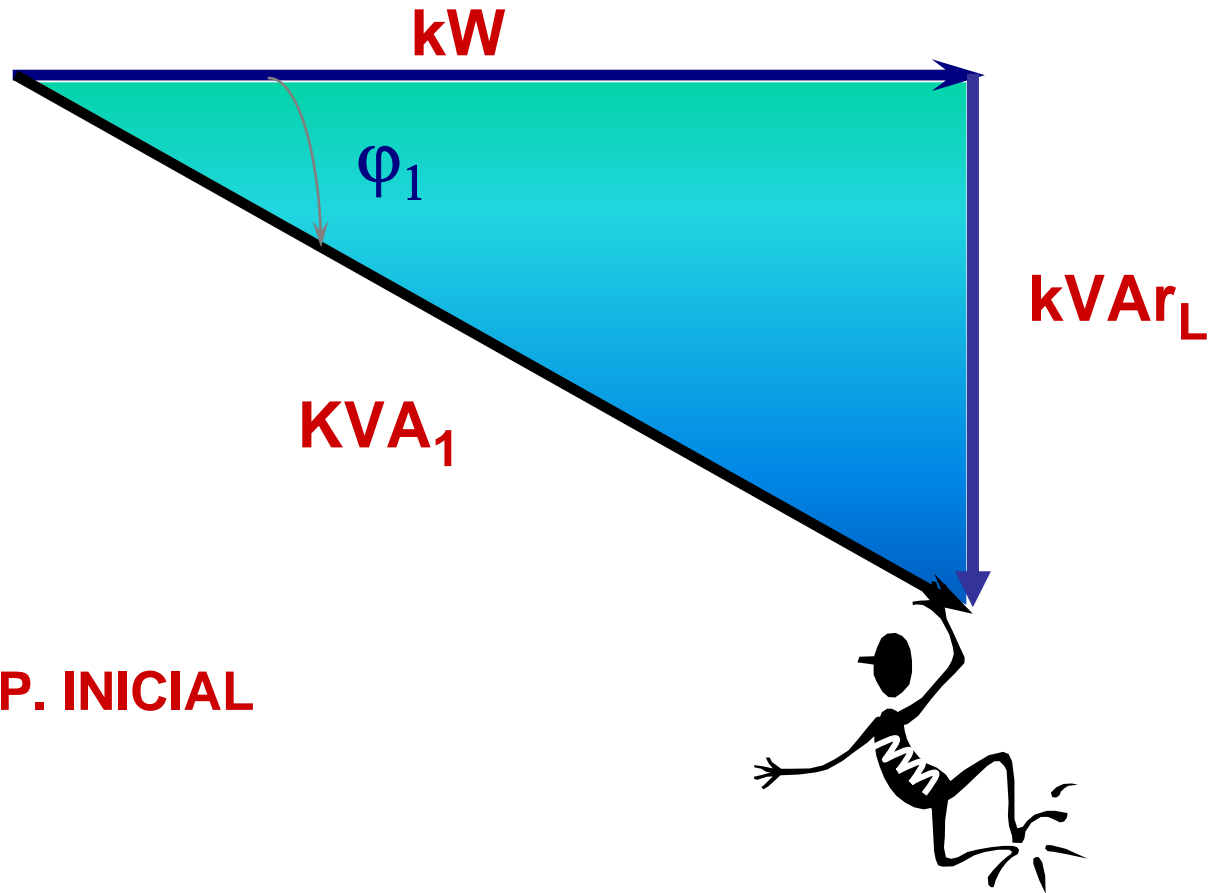


METODOS DE COMPENSACIÓN :

- **MOTORES SINCRONOS**
- **CONDENSADORES SINCRONOS**
- **CAPACITORES DE POTENCIA**



CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA



COS ϕ_1 = F.P. INICIAL

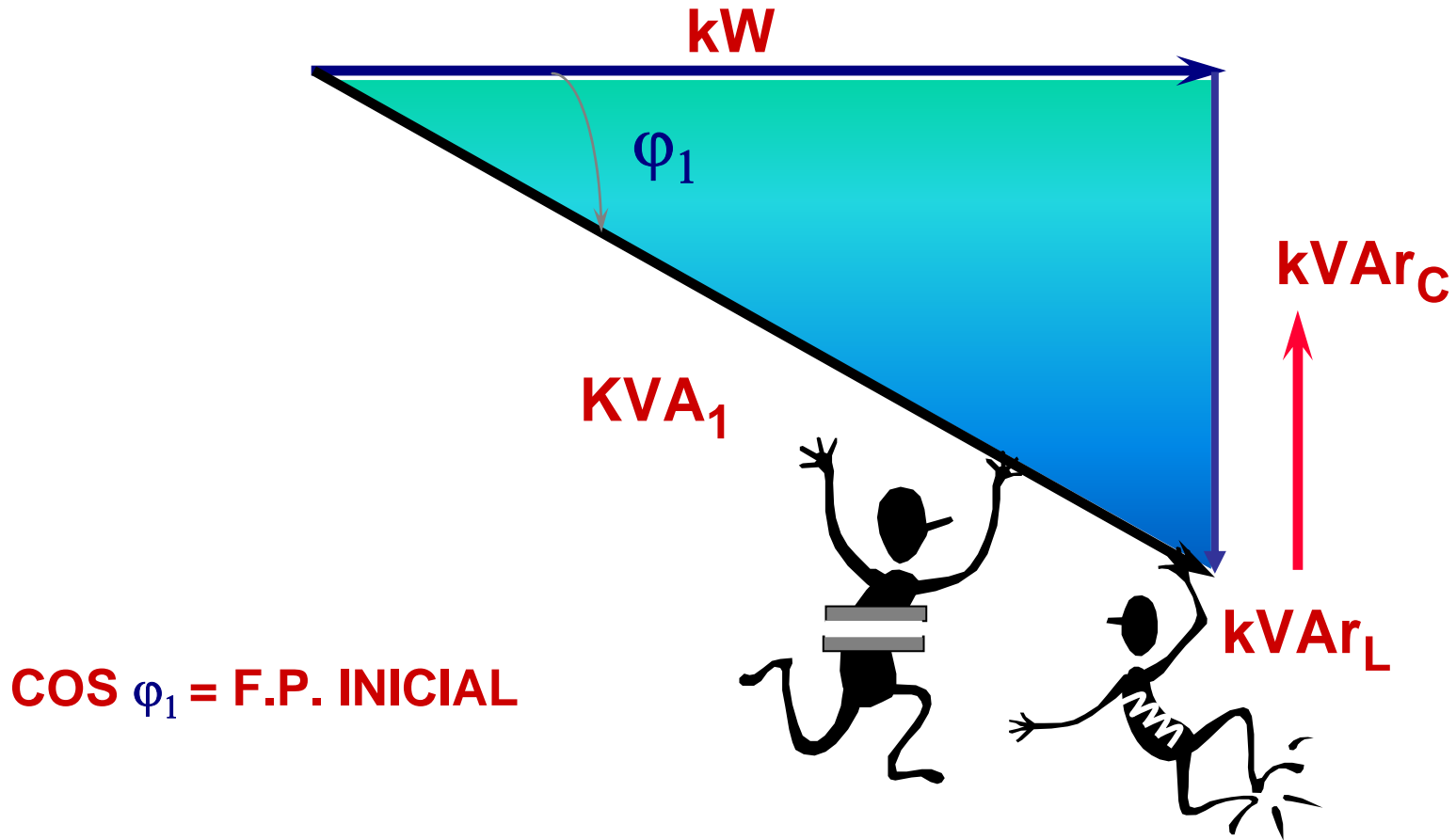
Unidad de Transformadores de Medida



CORRECCION DEL F.P.



INSTALAMOS CAPACITORES

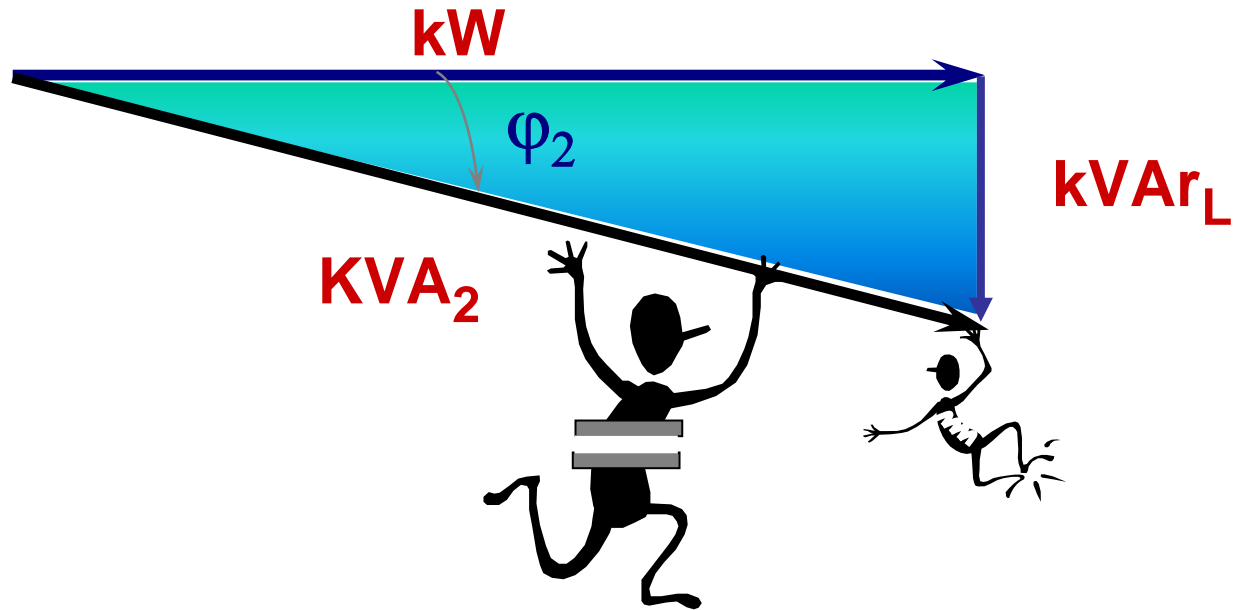


Unidad de Transformadores de Medida



CORRECCION DEL F.P.

DISMINUCION DE VAr Inductivos



$\text{COS } \varphi_2 = \text{F.P. FINAL}$

$\varphi_2 < \varphi_1$

Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA



BENEFICIOS DE LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA :

- Aprovechamiento de la capacidad de carga.
- Reducción de pérdidas por efecto JOULE.
- Regulación de tensión.
- Evitar el pago de penalidad a la Compañía suministradora.

Unidad de Transformadores de Medida



BENEFICIOS DEL F.P.



Aprovechamiento de la capacidad de carga :

Si tenemos un transformador de 500 kVA trabajando con un f.p. de 0.7

$$500 \times 0.7 = 350 \text{ kW}$$

Corregimos a un f.p. de 0.95 instalando capacitores

$$500 \times 0.95 = 475 \text{ kW}$$

35 % de incremento de capacidad

Unidad de Transformadores de Medida



BENEFICIOS DEL F.P.



Reducción de pérdidas por efecto JOULE :

La reducción de pérdidas (W) esta dado en % de acuerdo a la siguiente expresión :

$$- \Delta P = 100 (1 - (\cos \varphi_1 / \cos \varphi_2)^2) \%$$

Corregimos a un f.p. de 0.95

$$- \Delta P = 100 (1 - (0.7 / 0.95)^2) \%$$

$$- \Delta P = 45 \%$$

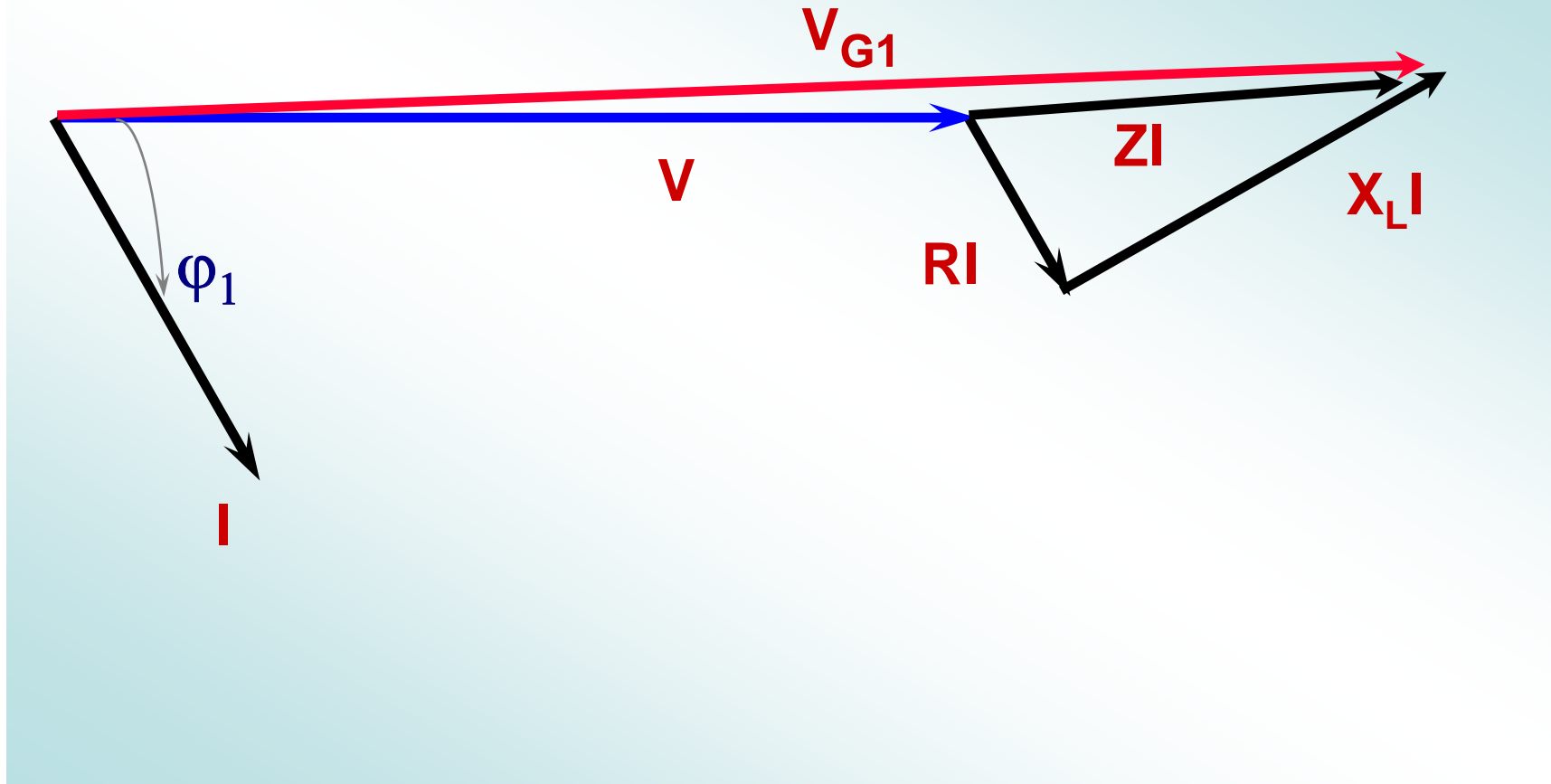
Unidad de Transformadores de Medida



BENEFICIOS DEL F.P.



Regulación de voltaje :

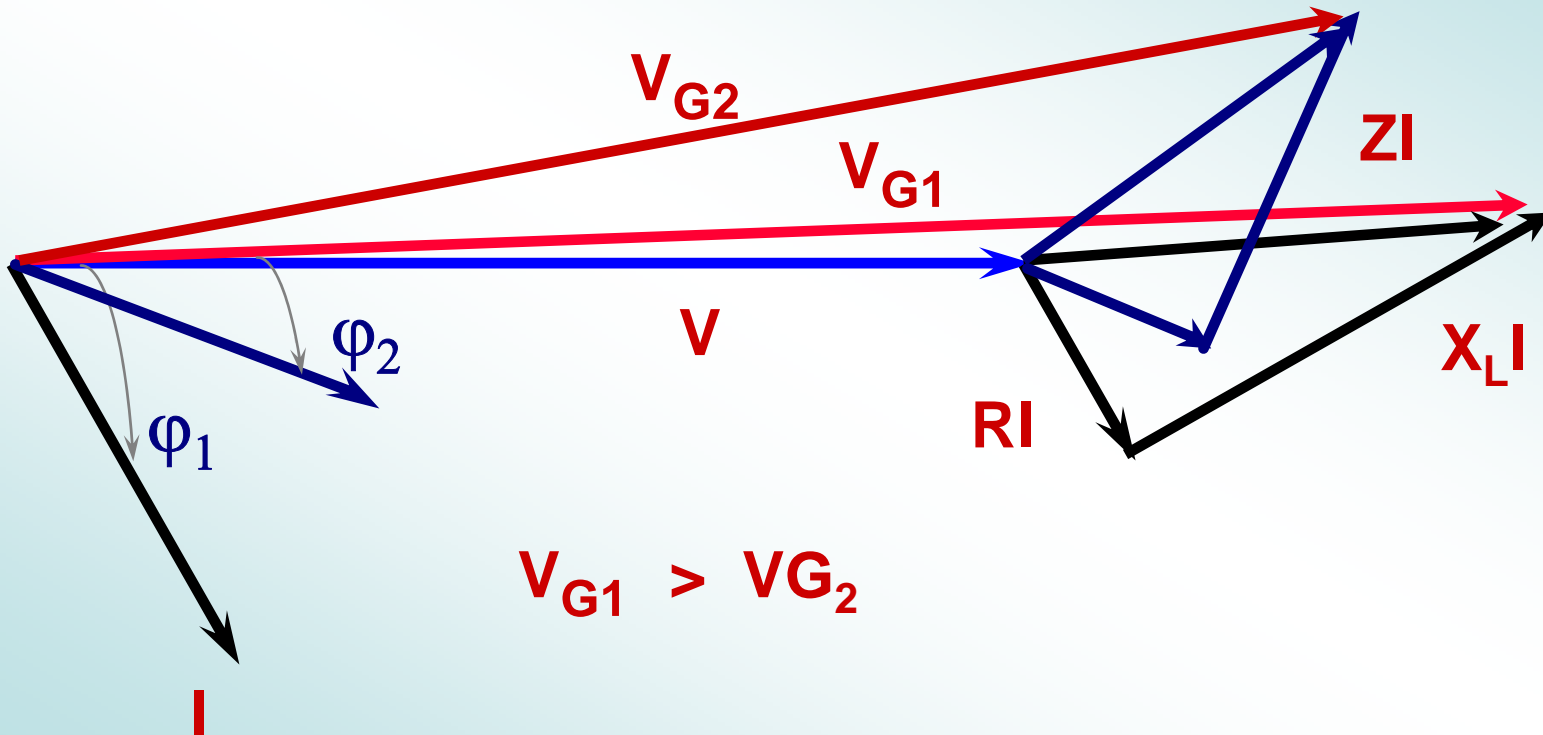


Unidad de Transformadores de Medida



BENEFICIOS DEL F.P.

Regulación de voltaje :



Unidad de Transformadores de Medida



CORRECCION DEL F.P.

Si compensamos a un f.p. De 0.95 :

Consumo = 130 000 kW h Cargo = \$ 29,665.05

151986 kVAr h

factor de Potencia = 0.69

Calculo de la bonificación : $1/4 [1 - (90 / 95)] \times 100 = 1.3 \%$

$.013 \times 29,665.05 =$ \$ 385.65

Ahorro del Total = \$ 7,208.60

Unidad de Transformadores de Medida



kVAr NECESARIOS

kVAr necesarios para pasar de un f.p. = 0.65 a un f.p. = 0.95 :

$$\text{kVAr} = \text{kW} \{ \text{Tan} [\text{COS}^{-1} (\text{f.p.}_1)] - \text{Tan} [\text{COS}^{-1} (\text{f.p.}_2)] \}$$

$$\text{kW} = (130000 \text{ kWh} / 20 \text{ dias} \times 16 \text{ horas}) = 406$$

$$\text{kVAr} = 406 \{ \text{Tan} [\text{COS}^{-1} (0.65)] - \text{Tan} [\text{COS}^{-1} (0.95)] \}$$

$$\text{kVAr} = 342$$



Unidad de Transformadores de Medida



AMORTIZACION DEL COSTO

Amortización del costo de los capacitores :

Costo aproximado por kVAr en 460 Volts
\$ 76 pesos M.N.

$$\text{\$ } 76 \times 342 = \text{\$ } 25,992$$

$$\text{Tiempo de amortización} = 25,992 / 7,208.60 = 3.6 \text{ meses}$$

Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA



Determinación del f.p. en una instalación industrial :

- Por recibos de la compañía eléctrica.
- Con un factorímetro ($\cos \phi$ y kW)
- Con un kilowathorímetro y un kilovarhorímetro registradores
- Wattmetro, Voltmetro y Ampermetro ($\cos \phi = kW / kVA$)

Unidad de Transformadores de Medida



TIPOS DE COMPENSACIÓN

- Fija.

a) Individual b) En grupo (CCM)

- Automática (uno ó mas pasos B.T.).

- Mixta

Para estos tres tipos puede ser por :

Alta tensión ó Baja Tensión

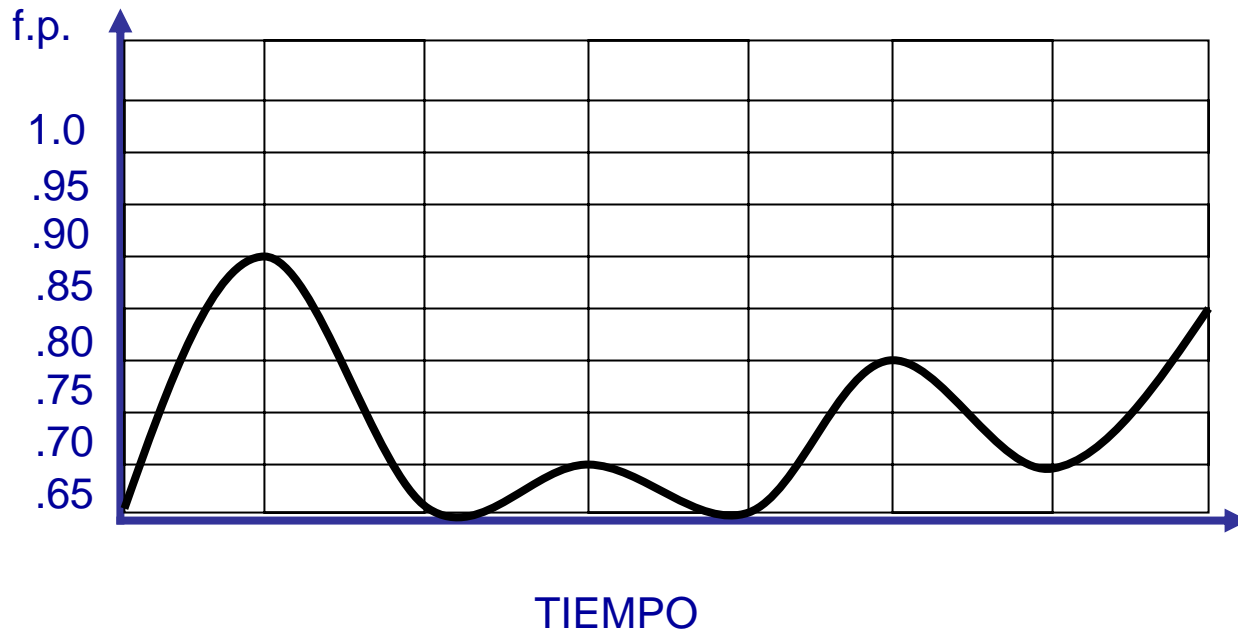
NOTA: Los capacitores siempre deben ir conectados antes del equipo de medición de la Compañía suministradora de Energía.

Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA Vs TIEMPO

COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA:

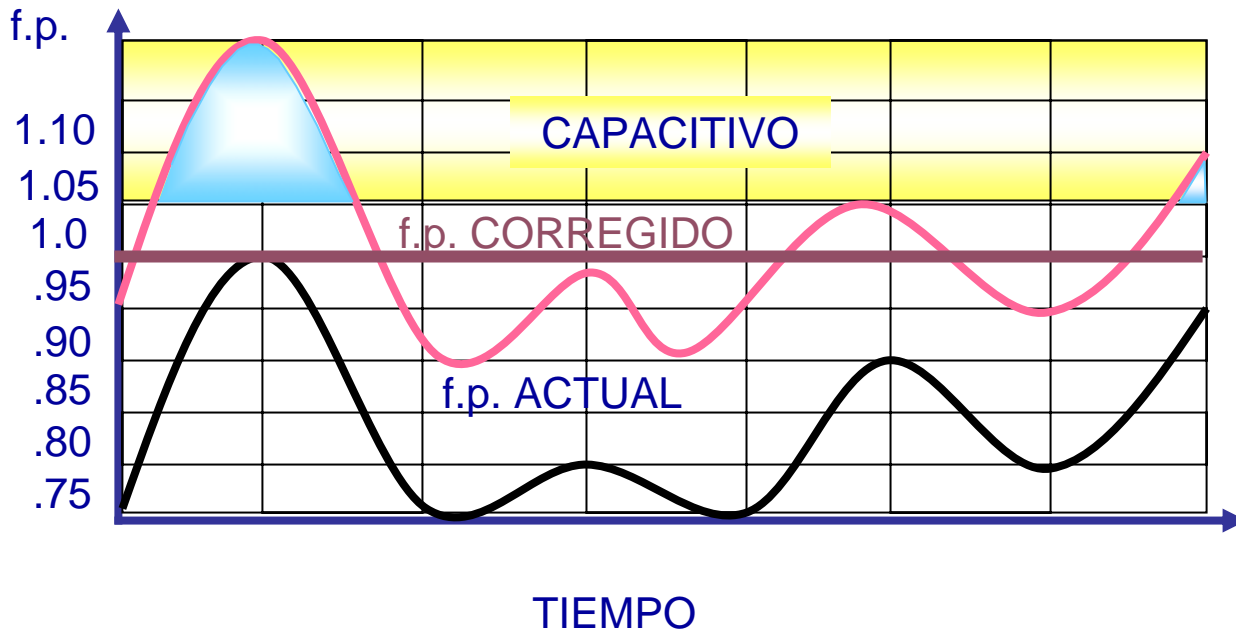


Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA Vs TIEMPO

COMPENSACION FIJA :

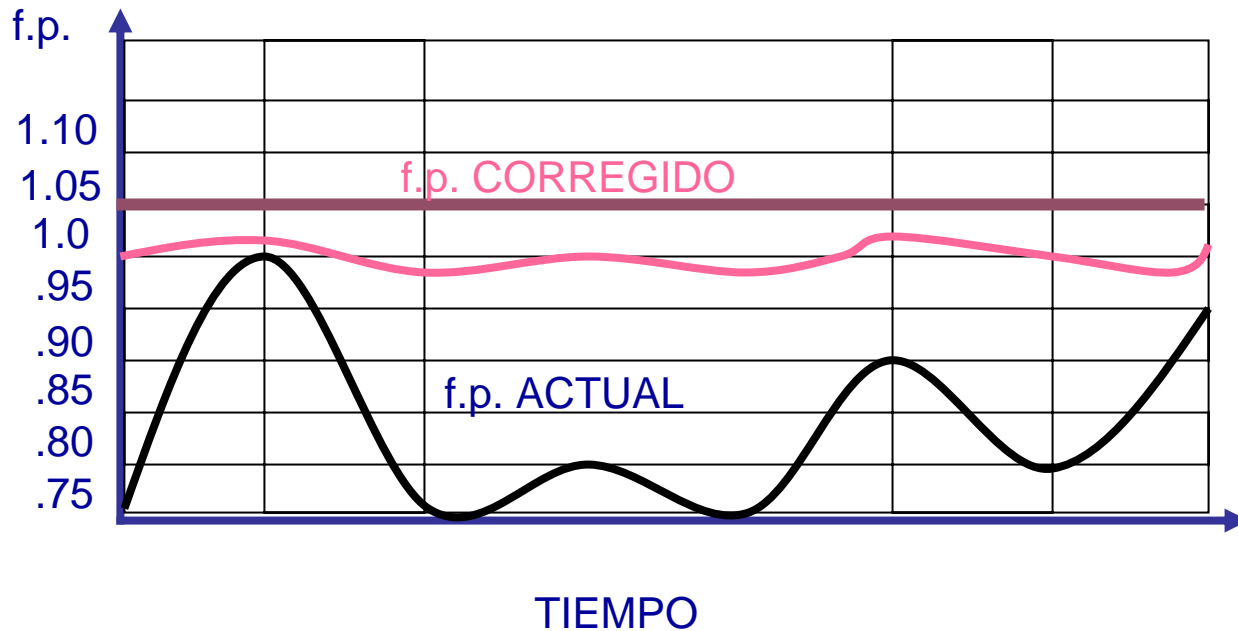


Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA Vs TIEMPO

COMPENSACION AUTOMATICA :

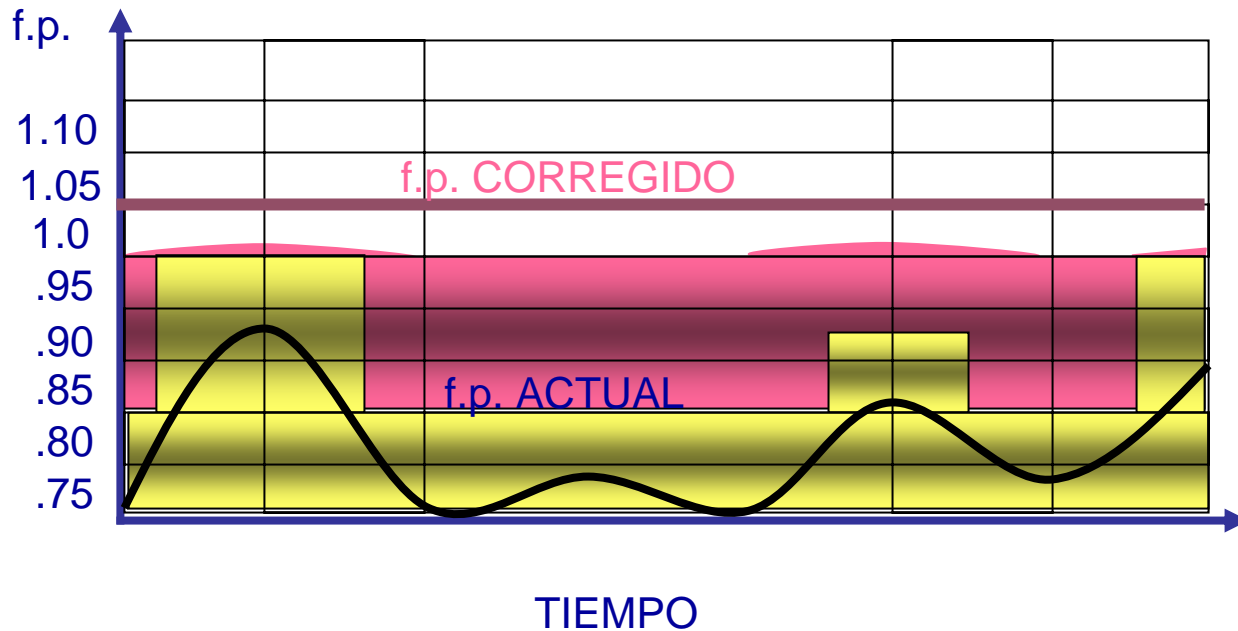


Unidad de Transformadores de Medida



FACTOR DE POTENCIA Vs TIEMPO

COMPENSACION MIXTA :



Unidad de Transformadores de Medida



CAPACITORES DE POTENCIA

- Bancos de Capacitores

Unidad de Transformadores de Medida



BANCOS DE CAPACITORES



Tipos de bancos de capacitores :

- Poste

- Piso

- Subestación

- En gabinete (casos especiales)

Unidad de Transformadores de Medida



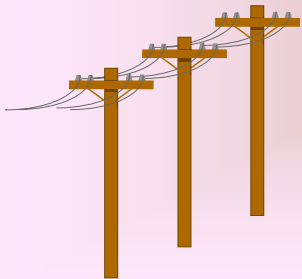
BANCOS DE CAPACITORES



➤ Poste

POTENCIA
75 A 1200 kVAr

VOLTAJE
13.28 A 34.5 kV



➤ Pis

POTENCIA
75 A 2700 kVAr

VOLTAJE
13.28 A 34.5 kV



➤ Subestación

POTENCIA
1200 A 42000 kVAr

VOLTAJE
23 A 170 kV



Unidad de Transformadores de Medida



BANCOS DE CAPACITORES

Tipos de conexión :

- Estrella con neutro flotante
- Estrella con neutro solidamente aterrizado
- Doble estrella
- Delta

Unidad de Transformadores de Medida



ARREGLO DE BANCOS



La conexión en Delta se encuentra en sistemas de baja tensión y se determina generalmente por razones económicas.

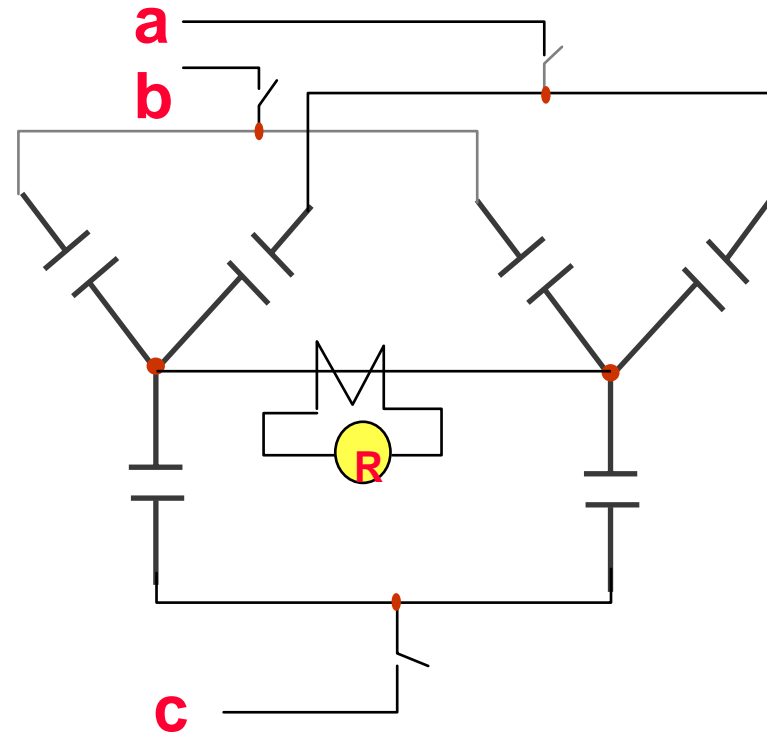
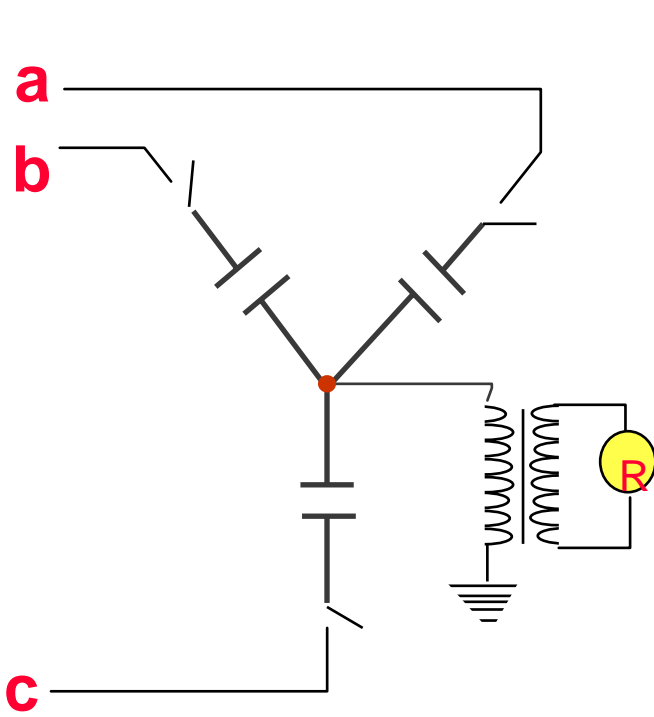
Las conexiones estrella y doble estrella con neutro solidamente aterrizado se aplica solo en sistemas multi-aterrizados y en todos los niveles de tensión, pero es un camino o retorno para las armónicas.

Las conexiones en estrella y doble estrella con neutro flotante son las más usuales y se utilizan en sistemas con neutro flotante o solidamente aterrizado.

Unidad de Transformadores de Medida



CONEXIONES DE BANCOS



ESTRELLA CON NEUTRO FLOTANTE DOBLE ESTRELLA CON NEUTRO COMUN

Unidad de Transformadores de Medida



PRINCIPALES

COMPONENTES

BANCOS DE CAPACITORES :

- Capacitores
- Protecciones
- Aislamiento
- Estructuras Metálicas ó Gabinetes
- Control
- Dispositivo de Conexión y Desconexión.
- Reactores (conexión en paralelo)

Unidad de Transformadores de Medida



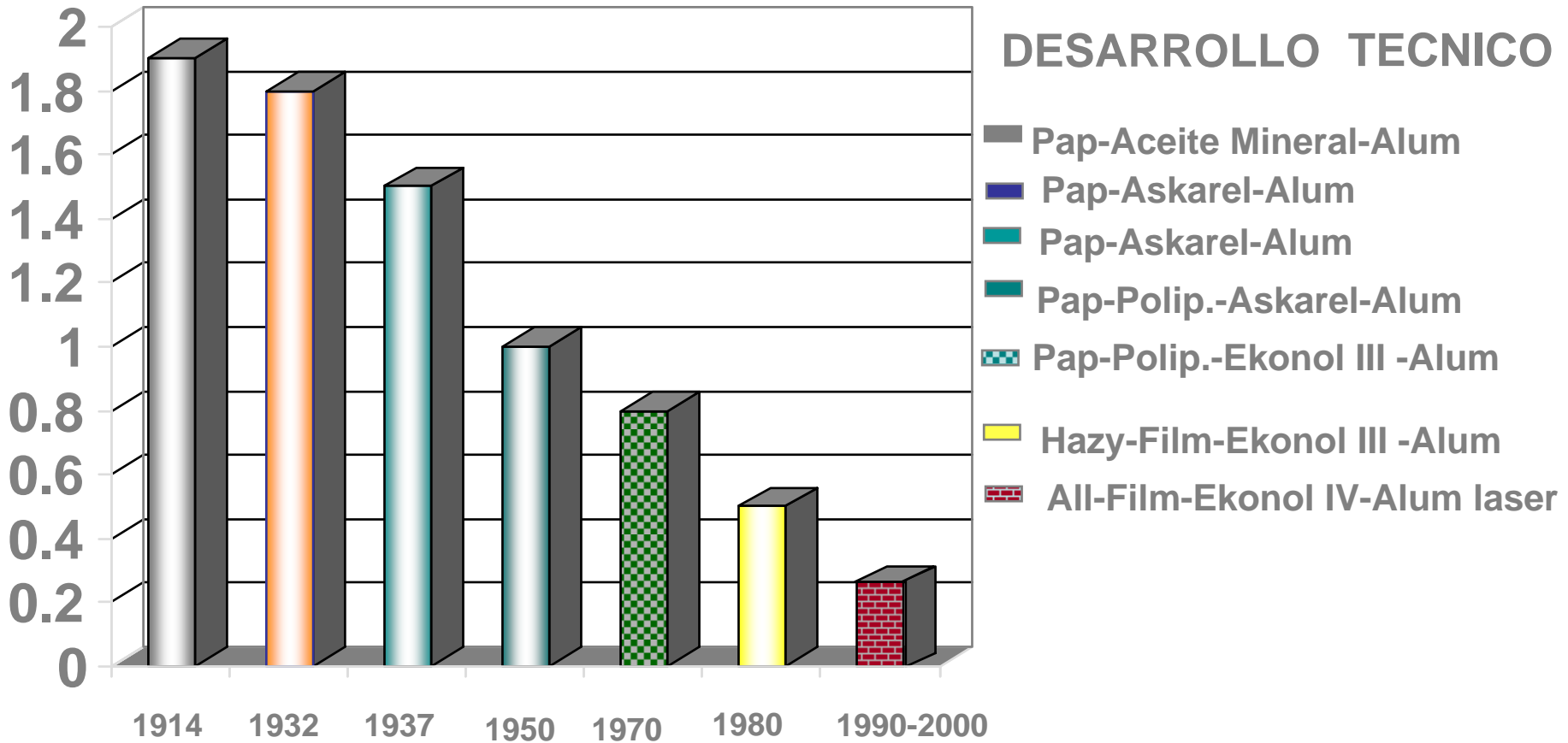
PRINCIPALES COMPONENTES

- Capacitores

Unidad de Transformadores de Medida



DESARROLLO DEL CAPACITOR

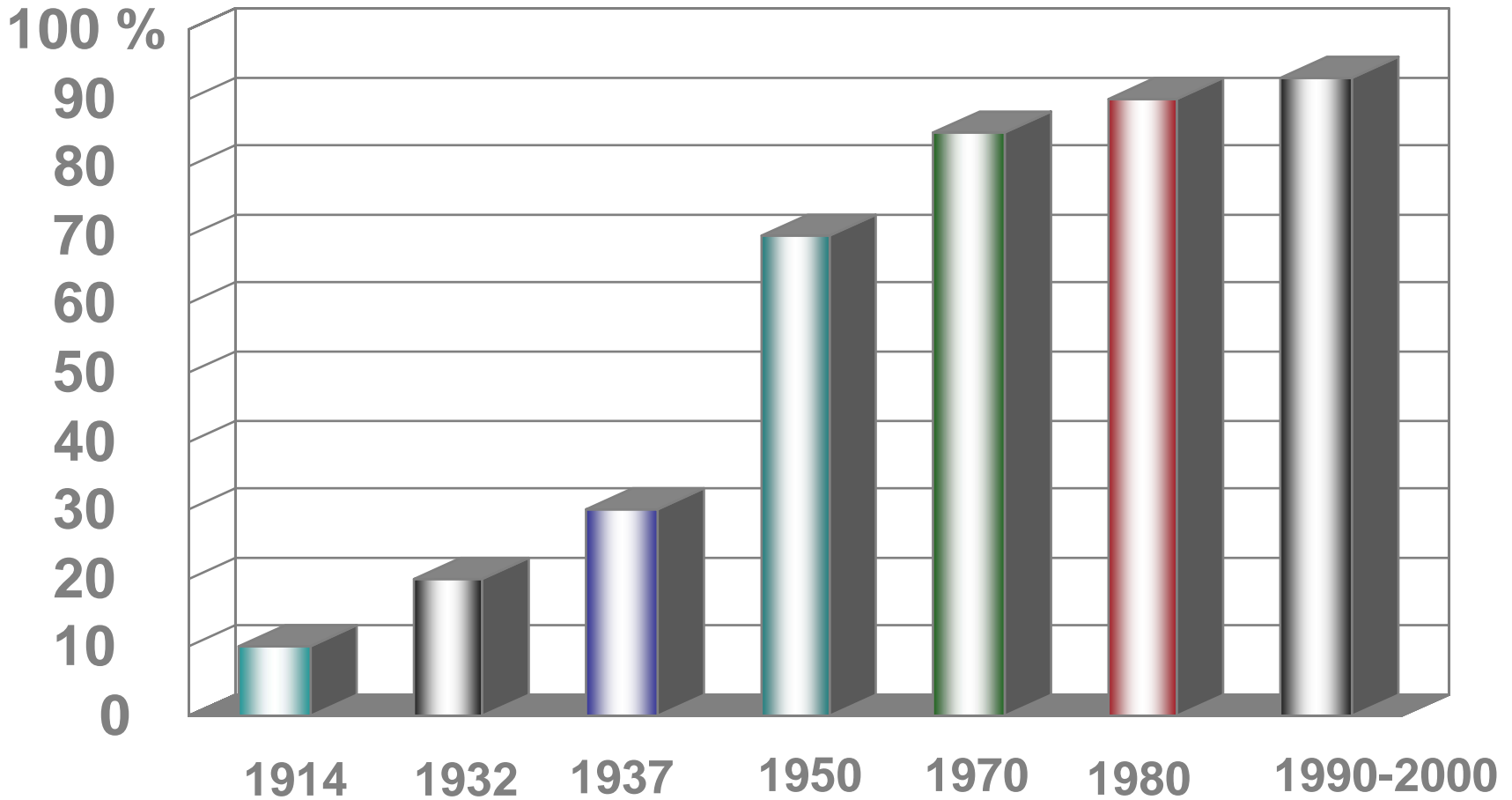


REPRESENTACION DE LA REDUCCIÓN EN PESO (kg/kVAr)

Unidad de Transformadores de Medida



UTILIZACION DE CAPACITORES



EVOLUCION HISTORICA

Unidad de Transformadores de Medida



TECNOLOGIAS ACTUALES



Tipo de Capacitores de potencia :

- Capacitores fusible externo.

- Capacitores fusible interno.

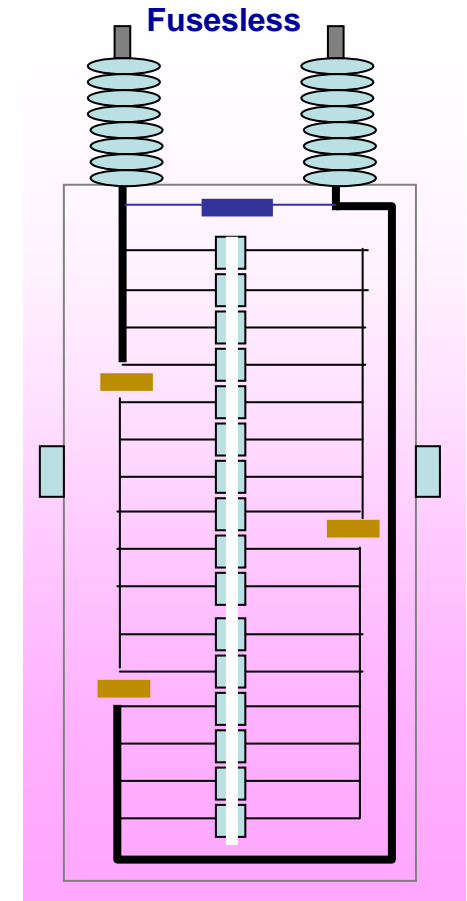
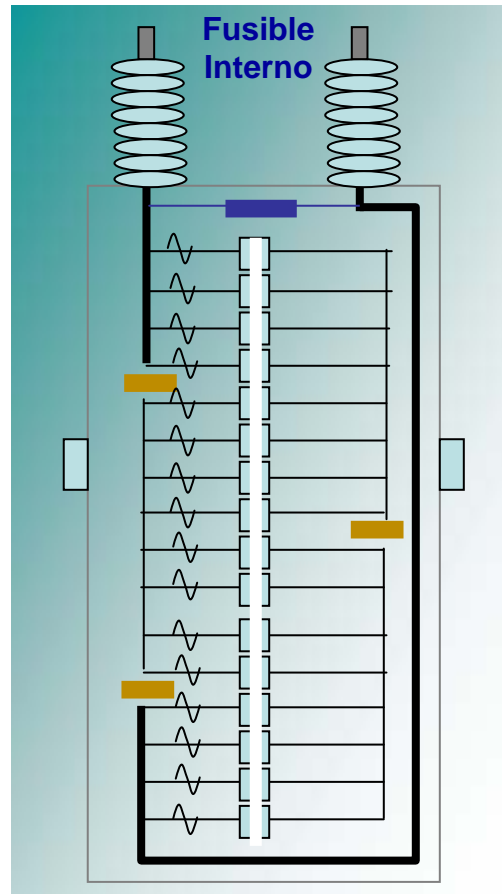
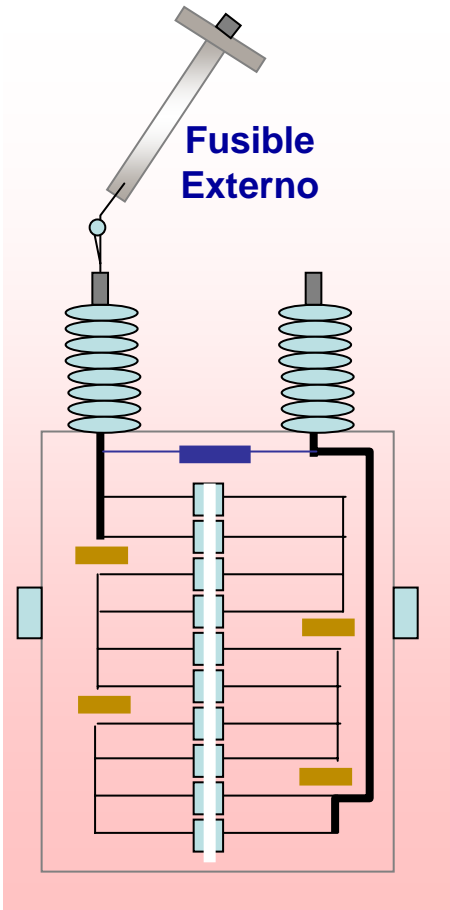
- Capacitores Fusesless.

Unidad de Transformadores de Medida



TECNOLOGIAS ACTUALES

Tipo de Capacitores de potencia :



Unidad de Transformadores de Medida



CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Capacitores :

- Potencia
- Tensión
- Frecuencia
- Nivel Basico de Impulso
- Distancia de fuga
- Temperatura de Operación
- Normas o Especificaciones
- Altitud de Operación

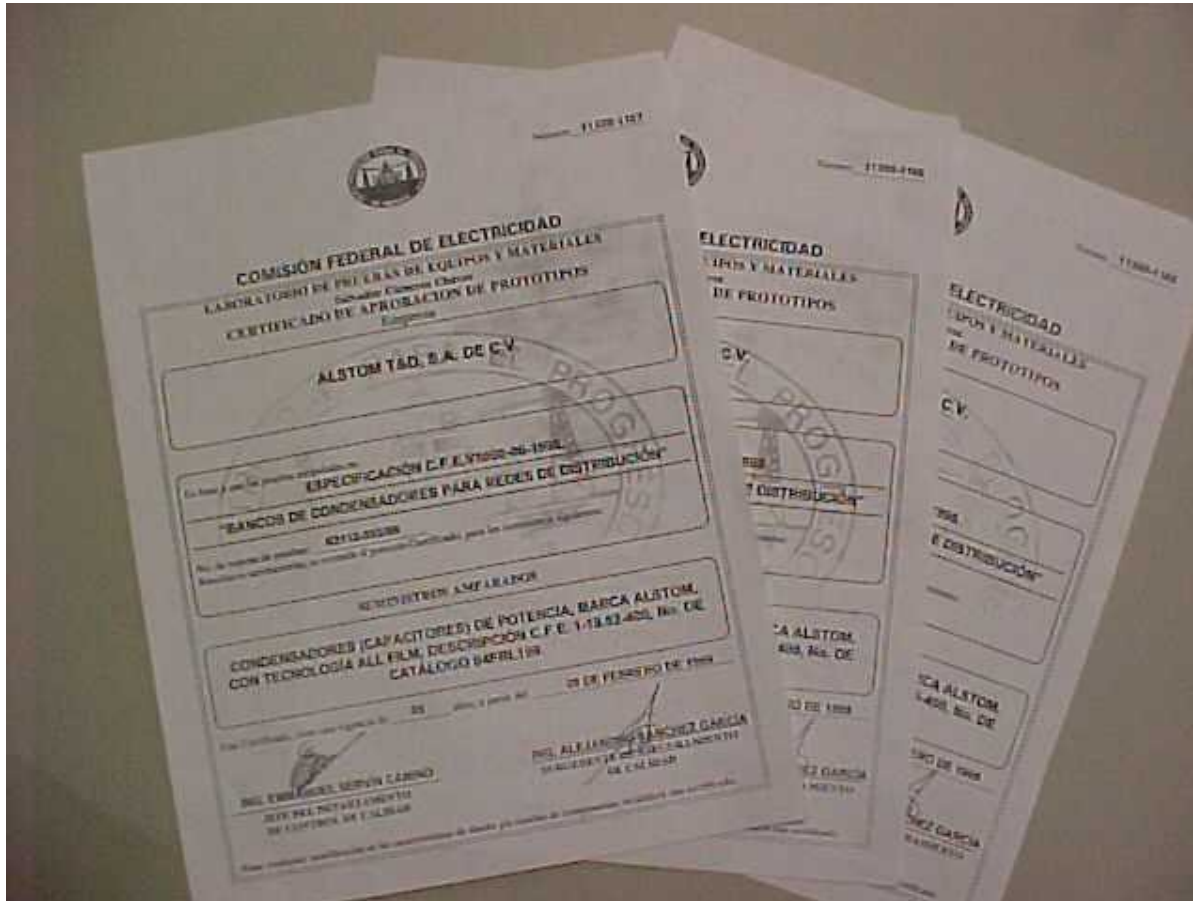


- (25 a 400 kVAr)
- (2400 a 19920 Volts)
- (50 ó 60 Hz)
- (95, 125 kV)
- (2.5 , 3.1 cm/kVf-f)
- (-25 a + 45 °C)
- (IEEE std 18 ,IEC-871)
- (1000 ,2300 msnm)

Unidad de Transformadores de Medida



HOMOLOGACION LAPEM



FUSIBLE EXTERNO

FUSIBLE INTERNO

Unidad de Transformadores de Medida



INSPECCION EN PLANTA



PRUEBAS DE RUTINA

- Prueba Dieléctrica
- Prueba de Aislamiento
- Medición de Capacitancia
- Medición de pérdidas ($\tan \delta$)
- Medición de Resistencia de descarga



Unidad de Transformadores de Medida



ACEPTACION



PRUEBA DIELECTRICA

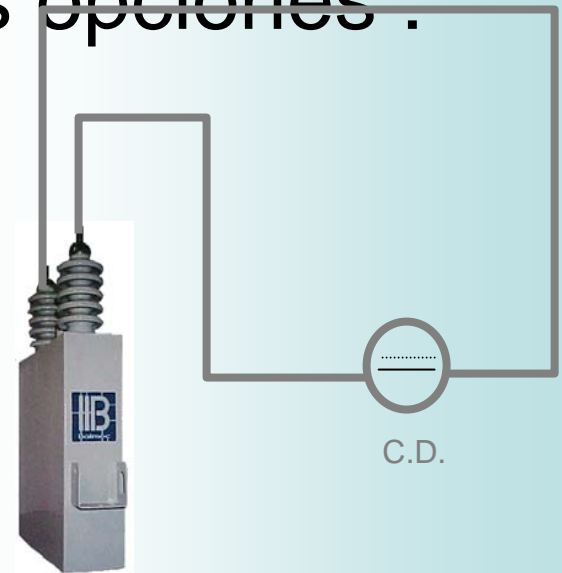
- Esta prueba se realiza entre terminales, se tienen dos opciones :

- 4.3 V_n C.D.

- 2.15 V_n C.A.

Ejemplo :

$$7.96 \text{ kV} * 4.3 = 34.2 \text{ kV}$$



Unidad de Transformadores de Medida



PRUEBA DIELECTRICA



Unidad de Transformadores de Medida



DESCARGA DEL CAPACITOR



Unidad de Transformadores de Medida

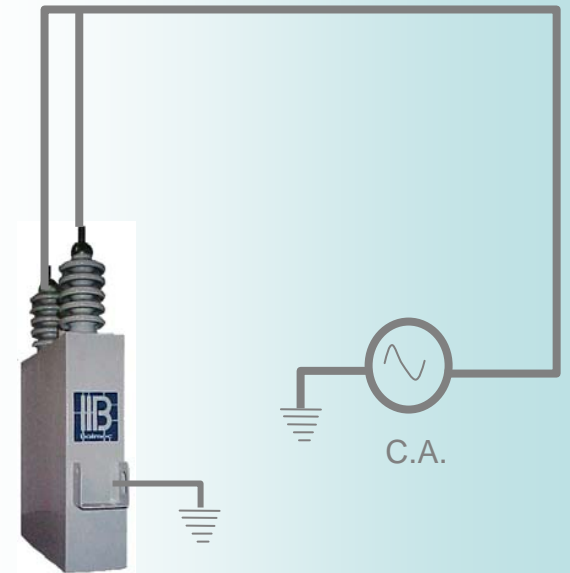


ACEPTACION

PRUEBA DE AISLAMIENTO

- Esta prueba se realiza entre terminales y bote :
 - 34 kV C.A. < 13.28 kV
 - 40 kV C.A. > 13.28 kV

Nota: Capacitores con una boquilla no llevan esta prueba



Unidad de Transformadores de Medida



ACEPTACION

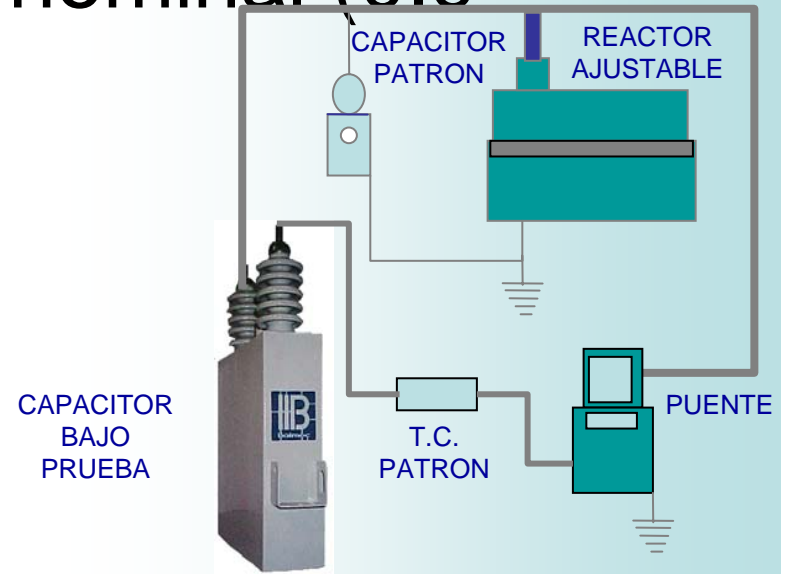


MEDICION DE CAPACITANCIA

- Esta prueba se realiza entre terminales a tensión nominal (0.9-1.1 V_n) :

Equipo de medición :

Circuito Resonante con puente computarizado



Unidad de Transformadores de Medida



ACEPTACION

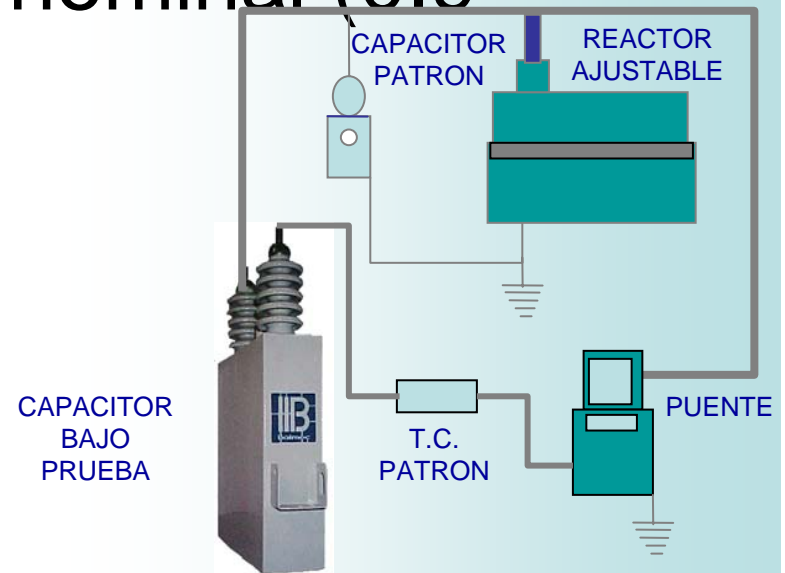


TAN δ (Pérdidas)

- Esta prueba se realiza entre terminales a tensión nominal (0.9-1.1 V_n) :

Equipo de medición :

Circuito Resonante con puente computarizado



Unidad de Transformadores de Medida



MEDICION DE CAPACITANCIA Y TAN δ



Unidad de Transformadores de Medida



ACEPTACION

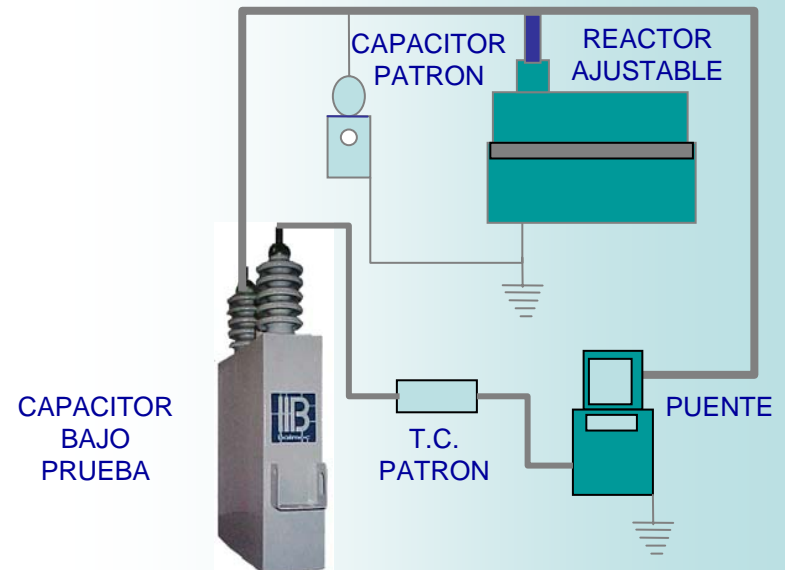


CAPACITANCIA

$$C = \frac{kVAr * 1000}{2 * \pi * f (kV)^2}$$

$$C = \frac{100 * 1000}{377 * (7.96)^2}$$

$$C = 4.18 \mu F$$



Unidad de Transformadores de Medida



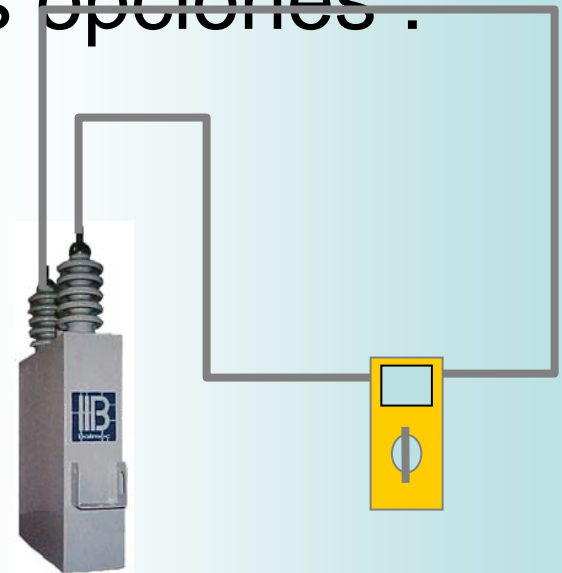
ACEPTACION



MEDICION DE RESISTENCIA DE DESCARGA

- Esta prueba se realiza entre terminales, se tienen dos opciones :

- 2.15 V_n C.D.
- Megohmetro



Unidad de Transformadores de Medida



ACEPTACION

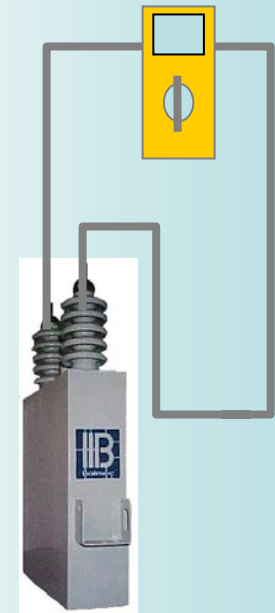


RESISTENCIA DE DESCARGA

$$R_d = \frac{t}{1.15 C_n \ln \left[\frac{\sqrt{2} V_n}{V_r} \right]}$$

$$R_d = \frac{300}{1.15 * 4.18 \ln \left[\frac{\sqrt{2} * 7960}{50} \right]}$$

$$R_d = 11.52 \text{ M}\Omega$$



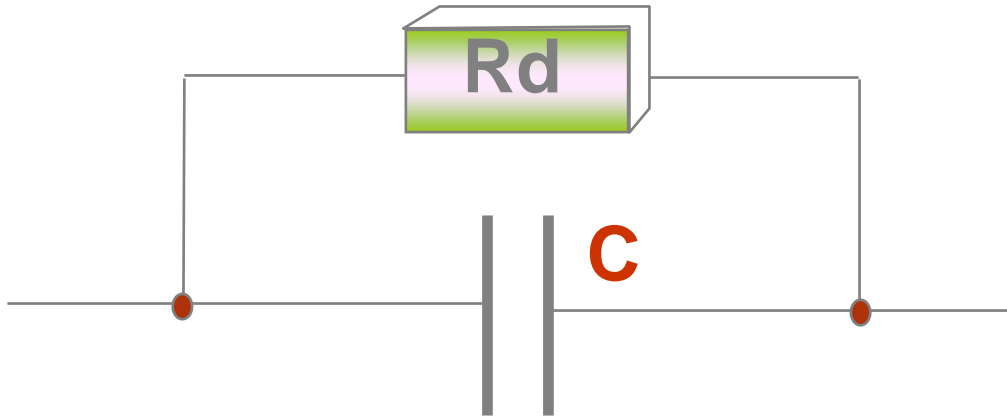
Unidad de Transformadores de Medida



ACEPTACION



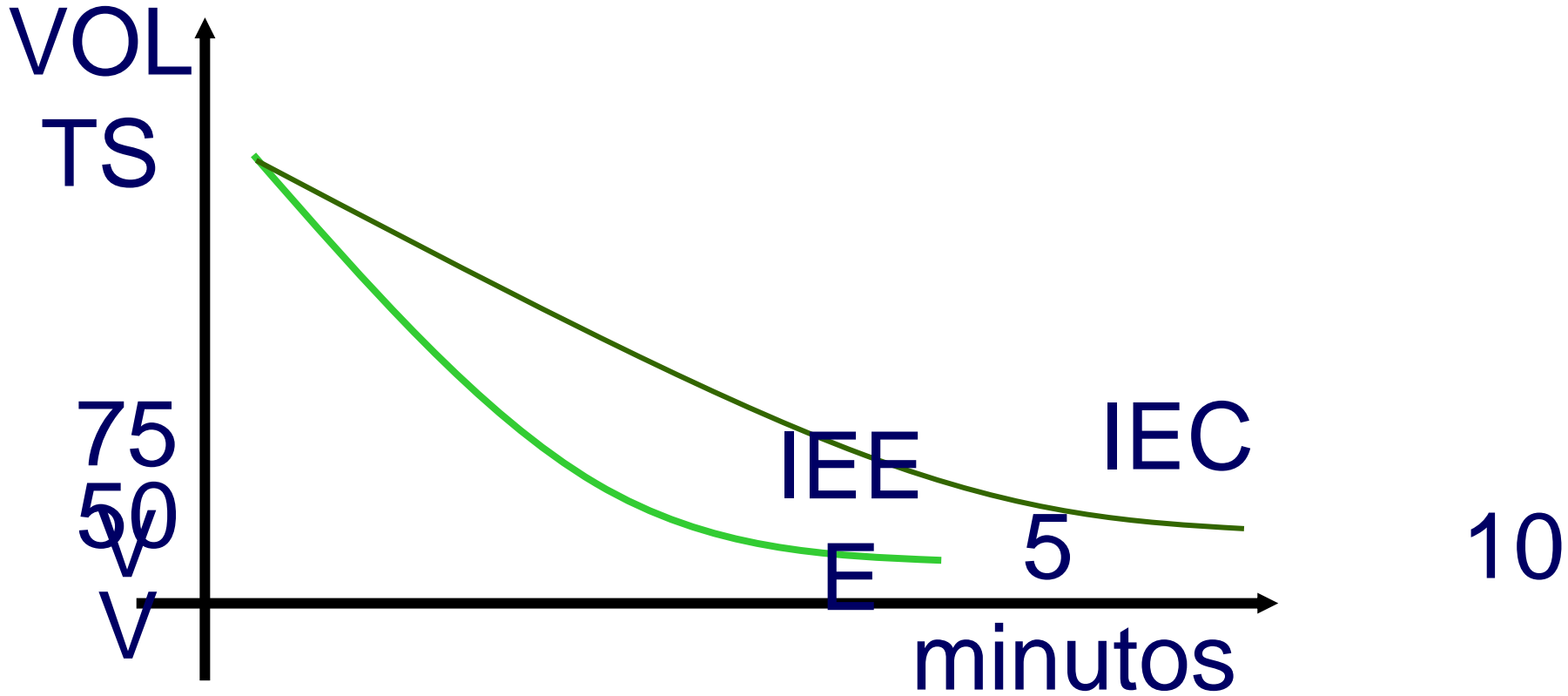
- Resistencia de Descarga
- $W/KVAR = 1 / (R_d * C\omega)$



Unidad de Transformadores de Medida



ACEPTACION

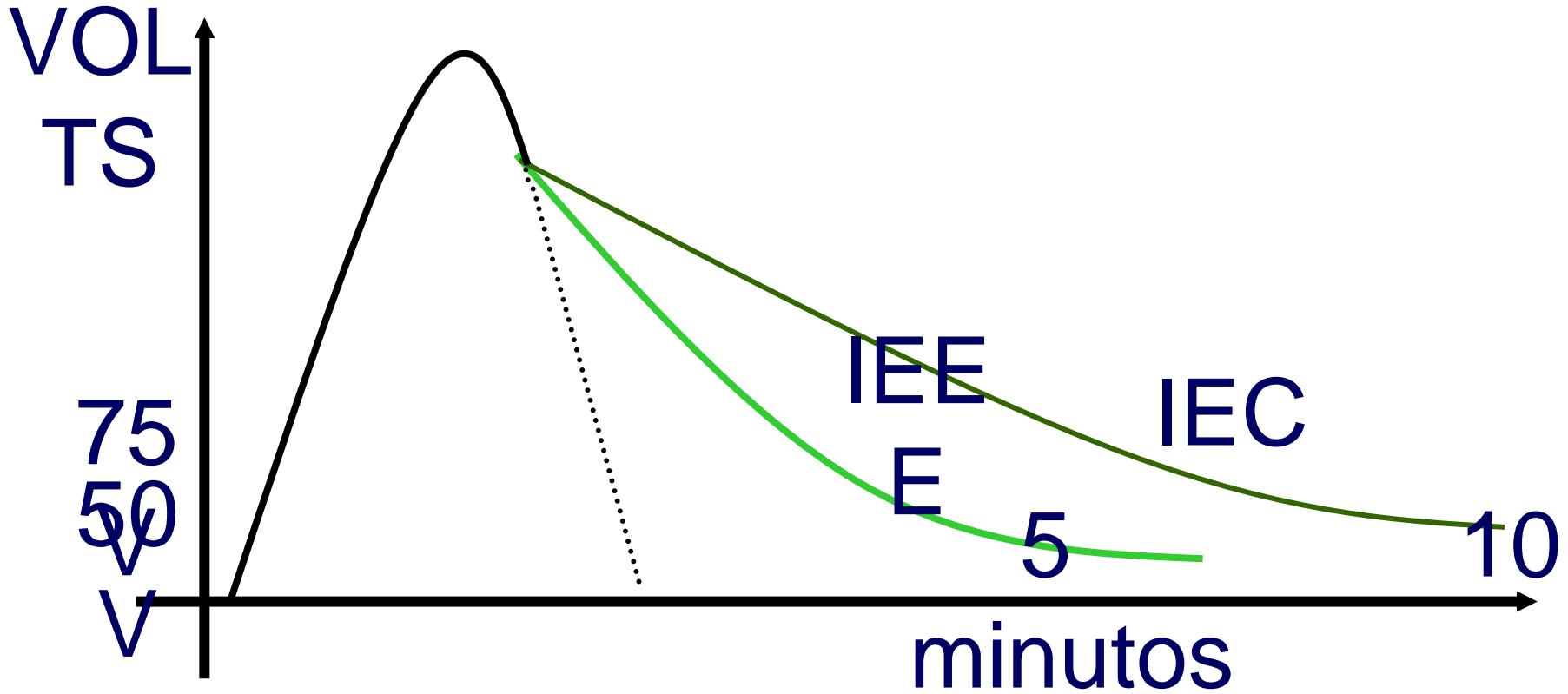


Unidad de Transformadores de Medida

TIEMPO



ONDA SINUSENOIDAL



TIEMPO

Unidad de Transformadores de Medida



FAMILIA DE CAPACITORES

Capacitores más comunes en el Mercado Nacional

POTENCIA
kVAr

25

50

100

150

200

300

400

VOLTAJE
Volts

2400

4160

7960

13280

13800

14400

19920

FRECUENCIA
A Hertz

50

ó

60



Unidad de Transformadores de Medida



CAPACITORES DE POTENCIA



- Bancos de Capacitores

Unidad de Transformadores de Medida



BANCO DE CAPACITORES TIPO PISO



Unidad de Transformadores de Medida



BANCO DE CAPACITORES TIPO POSTE



Unidad de Transformadores de Medida



BANCO DE CAPACITORES TIPO POSTE



Unidad de Transformadores de Medida



BANCO DE CAPACITORES TIPO POSTE



Unidad de Transformadores de Medida



BCO DE CAP TIPO SUBESTACION



Unidad de Transformadores de Medida



BCO DE CAP TIPO SUBESTACION



Unidad de Transformadores de Medida



PRINCIPALES COMPONENTES



- PROTECCIONES
(Conexión en estrella flotante)

Unidad de Transformadores de Medida



PROTECCIONES

Fusibles :

- Corriente nominal
- Tensión nominal
- Fusible tipo expulsión (K)

15 kV y 25 kV

$$I = \text{kVAr} / \text{kV} = 100/7.96 = 12.56 \text{ A}$$

$$I_f = I * 1.65 = 12.56 * 1.65$$

$$I_f = 20.72 \text{ A}$$

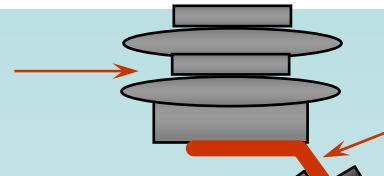


Unidad de Transformadores de Medida



PROTECCIONES

AISLADOR SOPORTE DE BUS



BARRA BUS

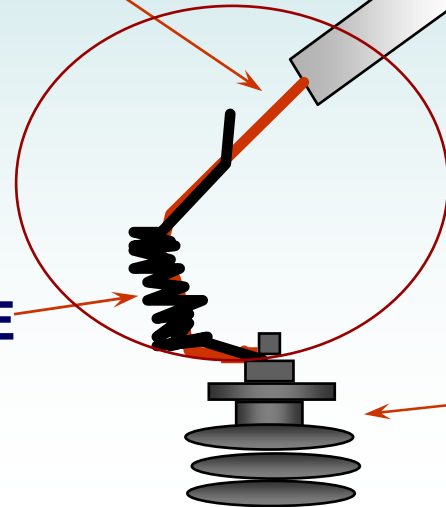
LISTON FUSIBLE

CANILLA

RESORTE

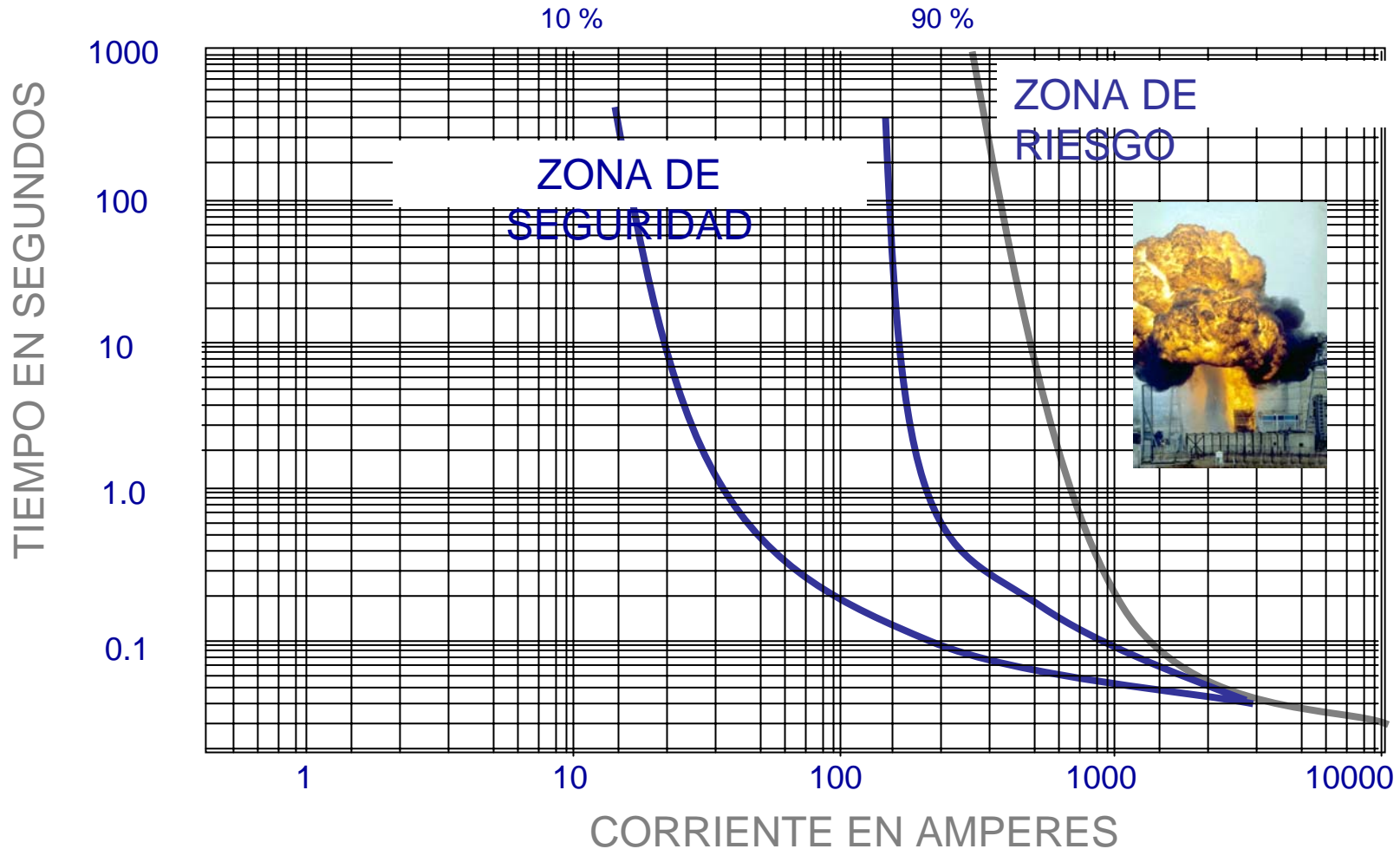
AISLADOR (BUSHING)

CAPACITOR



Unidad de Transformadores de Medida

FUSIBLE



Unidad de Transformadores de Medida



PROTECCIONES



Relevador de desbalance :

- Corriente (Doble Estrella, 4600 kVAr-15000 J)
- Tensión (Estrella con neutro flotante)
- Nivel de aislamiento
- Rango de Operación
- Voltaje de la bobina
- Sistema de alarma
- Frecuencia



Unidad de Transformadores de Medida



CALCULO DE DESBALANCE



Para bancos de capacitores con nivel de voltaje de 13.8, 23 y 34.5 kV y conexión en estrella con neutro flotante :

Se debe cumplir y considerar el número mínimo de capacitores por fase (4 capacitores por fase) , esto es con el fin de que si al fallar una unidad , las unidades restantes NO se sobretensionen a más del 10 % del voltaje del capacitor.

$$\% S = N / [(3 \times M) - N]$$

N = Unidades Falladas

M = Unidades en paralelo

Unidad de Transformadores de Medida



CALCULO DE DESBALANCE



Normalmente estos bancos de capacitores se forman con una sola serie por lo que el voltaje de las unidades es el voltaje de fases entre raíz de tres.

Para 13.8 kV corresponden unidades de 7.96 kV

Para 23 kV corresponden de 13.28

Para 34.5 kV corresponden de 19.96 kV

En casos especiales pueden ser con dos series para bajar la tensión del capacitor y también en doble estrella, para cumplir con la potencia de cada paralelo para fusión del fusible.

Unidad de Transformadores de Medida



CALCULO DE DESBALANCE



$$\% S = \{1 / [(3 \times 4) - 1]\} \times 100$$

$$N = 1$$

$$\% S = 9.09$$

$$M = 4$$

$$\% S = \{2 / [(3 \times 4) - 2]\} \times 100$$

$$N = 2$$

$$\% S = 20 \text{ (RIESGO)}$$

$$M = 4$$

Por ejemplo si es un banco de capacitores de 600 kVAr deben ser 12 capacitores de 50 kVar cada uno.

Unidad de Transformadores de Medida



CALCULO DE DESBALANCE

En ocasiones por no contar con unidades para remplazar suceden dos cosas en campo:

- 1.- Podan el Banco de Capacitores quitando una unidad de las demás fases y no se mueve el ajuste de protección.
- 2.- Colocan una unidad de diferente potencia o diferente tensión y no se mueve el ajuste de protección.

NO SE DEBEN HACER NINGUNA DE LAS DOS COSAS.

Unidad de Transformadores de Medida



CALCULO DE DESBALANCE



Voltaje en el neutro :

$$V_n = [(N \times V_{f-n}) / \{ [(2 \times N) + [3 \times (M-N)]] \}$$

$$\begin{aligned} V_n &= [(1 \times 7960) / \{ [(2 \times 1) + [3 \times (4-1)]] \} \\ &= 7960 / 14 = 568 \text{ Volts} \quad (2 \Rightarrow 1592) \end{aligned}$$

Este valor se divide entre la relación del transformador del neutro :

$$8400 : 120 \Rightarrow 70 : 1$$

$$568 / 70 = 8.11 \text{ Volts}$$

Alarma (5 Volts)

$$1592 / 70 = 22.74 \text{ Volts}$$

Disparo (15 Volts)

Unidad de Transformadores de Medida



PROTECCION Y CONTROL



Transformador de instrumento :

- Protección o medición
- Relación de transformación
- Clase y potencia de precisión
- Distancia de Fuga
- Frecuencia
- Nivel Básico de Aislamiento
- Altitud de Operación



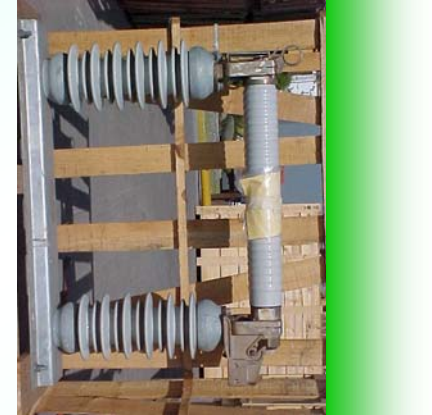
Unidad de Transformadores de Medida



PROTECCIONES

Cuchilla Cortacircuito:

- Voltaje nominal del sistema
- Corriente nominal del banco
- Distancia de Fuga
- Nivel Básico de aislamiento
- Corriente interruptiva simétrica y asimétrica
- Altitud de Operación





PROTECCIONES

Cuchilla Tetrapolar (puesta a tierra):

- Voltaje nominal del sistema
- Distancia de Fuga
- Nivel Básico de aislamiento
- Altitud de Operación



Unidad de Transformadores de Medida



PROTECCIONES

Apartarrayos :

- Tensión del sistema
- Altitud de operación
- Distancia de Fuga
- Contador de operaciones



Unidad de Transformadores de Medida



AISLAMIENTOS

Aislamientos :

Aisladores tipo soporte y suspensión



- Voltaje del sistema y del capacitor
- Distancia de Fuga
- Resistencia mecánica





SOPORTES

Estructuras Metálicas :

- Condiciones ambientales
- Condiciones sísmicas
- Dimensiones del sitio
- Número de unidades capacitivas
- Tensión de operación (Distancia de los aisladores)
- Tipo de conexión (Montaje de las unidades)
- Accesorios



Unidad de Transformadores de Medida



CONTROL

Control :

- kVAr
- Corriente
- Tiempo
- Temperatura
- Tensión



Unidad de Transformadores de Medida



ACCESORIOS

Dispositivo de conexión y desconexión :

- Corriente del Banco
- Voltaje de la línea
- Corriente Capacitiva
- Nivel Básico al Impulso
- Capacidad Interruptiva
- Distancia de fuga
- Altitud de Operación



Unidad de Transformadores de Medida



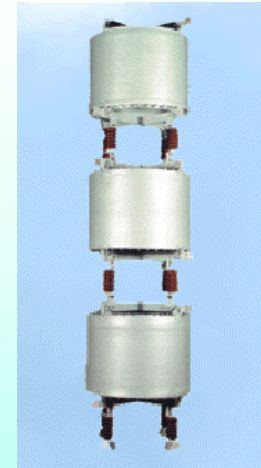
ACCESORIOS



Reactores :

Limitar corriente de Inrush, Filtros de armónicas

- Corriente del Banco
- Potencia de corto circuito del sistema
- Potencia reactiva del banco
- Frecuencia
- Nivel Básico al Impulso
- Distancia de fuga
- Altitud de Operación



Unidad de Transformadores de Medida



CONSIDERACIONES IMPORTANTES

Consideraciones para la instalación de un banco de capacitores :

- Ventilación
- Frecuencia y voltaje de operación del sistema
- Perturbaciones por armónicos
- Condiciones anormales de operación
- Transitorios
- Resonancia
- Pruebas en campo y mantenimiento



Unidad de Transformadores de Medida



CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Ventilación:

- El incremento de temperatura en 20 °C sobre la temperatura normal de operación degrada a los materiales y reduce la vida útil.
- La ventilación para capacitores intemperie es por condición natural (Distancia dada por el fabricante) .
- Para condiciones cerradas si es necesario instalar ventilación forzada.
- El fabricante garantiza la Estabilidad Térmica.





CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Frecuencia y voltaje de operación del sistema

Los capacitores deben operar a la frecuencia de diseño ó menor a ésta.

$$\begin{aligned} \text{kVAr} &= (f_{\text{sistema}} / f_{\text{diseño}}) \times \text{kVAr diseño.} \\ &= (50 / 60) \times 100 = 83.33 \end{aligned}$$

Los capacitores deben operar a la Tensión de diseño ó menor a ésta

$$\begin{aligned} \text{kVAr} &= (V_{\text{sistema}} / V_{\text{diseño}})^2 \times \text{kVAr diseño.} \\ &= (6900 / 7960)^2 \times 100 = 75.14 \end{aligned}$$





CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Frecuencia

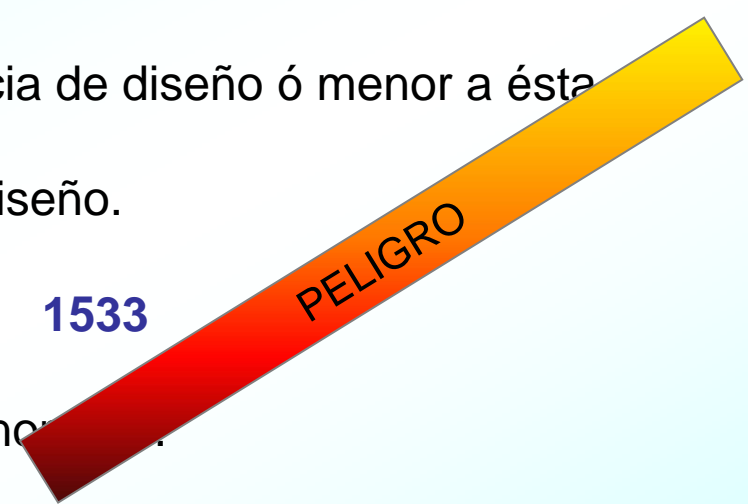
Los capacitores deben operar a la frecuencia de diseño ó menor a ésta

$$\text{kVAr} = (f_{\text{sistema}} / f_{\text{diseño}}) \times \text{kVAr diseño.}$$

$$= (920 / 60) \times 100 = 1533$$

La sobrecorriente es 15 veces más que la nominal.

$$I = \text{kVAr} / \text{kV} = 1533 / 7.96 = 192.6 \text{ Amp}$$





CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Voltaje de operación del sistema

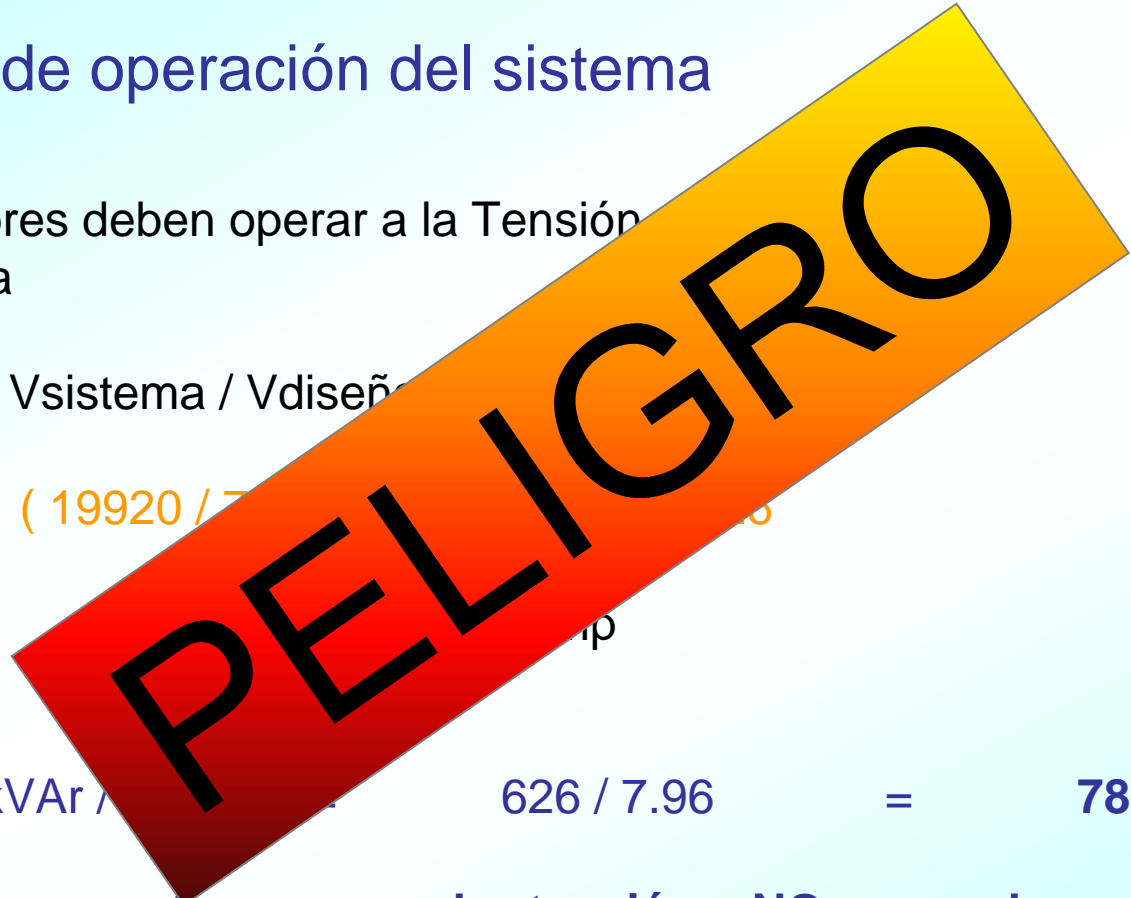
Los capacitores deben operar a la Tensión menor a ésta

$$kVAr = (V_{sistema} / V_{diseño})^2 \times kVAr_{diseño}$$

$$= (19920 / 7960)^2 \times 626 = 626 \times 6.26 = 3920.76$$

$$I_n = \frac{kVAr}{\sqrt{3} \times V_{sistema}}$$

$$I = \frac{626}{\sqrt{3} \times 7.96} = 78.64 \text{ Amp}$$



Tomar un riesgo más que es sobretensión y NO opera el capacitor FALLA





CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Perturbaciones por armónicos

Equipos que generan armónicos:

- Hornos de Arco.
- Hornos de Inducción.
- Arrancadores de motores.
- Equipos electrónicos.
 - Rectificadores.
- Máquinas de Soldar

$$I = 2 \Pi f C \text{ kV}$$

$$X_c = V_n / \omega C = V_n / 2 \Pi f C$$

$$I = V_n / X_c \quad \text{Ver archivo armonicos cap I}$$



Unidad de Transformadores de Medida



CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Condiciones anormales de operación

- 1) Humos y Vapores corrosivos.
- 2) Polvos conductores ó explosivos.
- 3) Choques mecánicos ó vibraciones.
- 4) Radiación de calor.
- 5) Inadecuada Ventilación.
- 6) Rangos de temperatura excesivos.
- 7) Altitud de operación.
- 8) Sobre tensiones.
- 9) Presencia de armónicas.
- 10) Requirimientos especificos.



Unidad de Transformadores de Medida

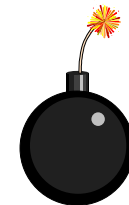


CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Transitorios y Resonancia

Cuando existen transitorios continuos en el sistema , se debe tener un estudio especifico de las características y magnitudes para diseñar el banco, ya que los picos de sobretensión debilitan el dieléctrico del capacitor.

De igual forma se hace un estudio ó calculo de resonancia para evitar la falla del banco ya que cuando se igualan las impedancias en el punto de instalación se genera un efecto de resonancia paralelo.





CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Pruebas en campo y mantenimiento

- a) Rigidez dieléctrica 75 % Up 10 Seg.
- b) Capacitancia.
- c) Resistencia de descarga.
- d) Hermeticidad (Fugas).

Al terminar la instalación verificar:

- Balanceo de tensiones.
- Potencia no exceda del 30 %.
- Inspecciones periódicas (2 x año)
- El estado de los fusibles
- Temperatura de operación (termografía).
- Tensión de operación.
- Limpieza de los aisladores y bote
- Condiciones adversas (Limpieza y pintura).



Unidad de Transformadores de Medida



CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Pasos a seguir antes del mantenimiento

- 1.- Desenergizar el banco (abrir interruptor general).
- 2.- Esperar 15 minutos antes de maniobrar.
- 3.- Aterrizar los puntos de potencial del banco (pertiga)
- 4.- Cortocircuitar las terminales.
- 5.- Inspección visual del banco (unidades falladas).





CAPACITORES DE POTENCIA

- Bancos de Capacitores
(69-170 kV)



Unidad de Transformadores de Medida



DESBALANCE PARA BANCOS DE CAPACITORES CON MAS DE UNA SERIE

Para bancos con 2 ó más series

$$S = 3M V_n / [2N + 3 X (M-N)] \dots\dots(2)$$

Voltaje en el Neutro con 2 ó más series

$$V_{no} = N V_n / [2N + 3 X (M-N)] \dots\dots(3)$$

Donde:

S = Desbalance

N = Unidades

Falladas

M = Unidades en paralelo

X = No. Series

V_n = Voltaje al neutro

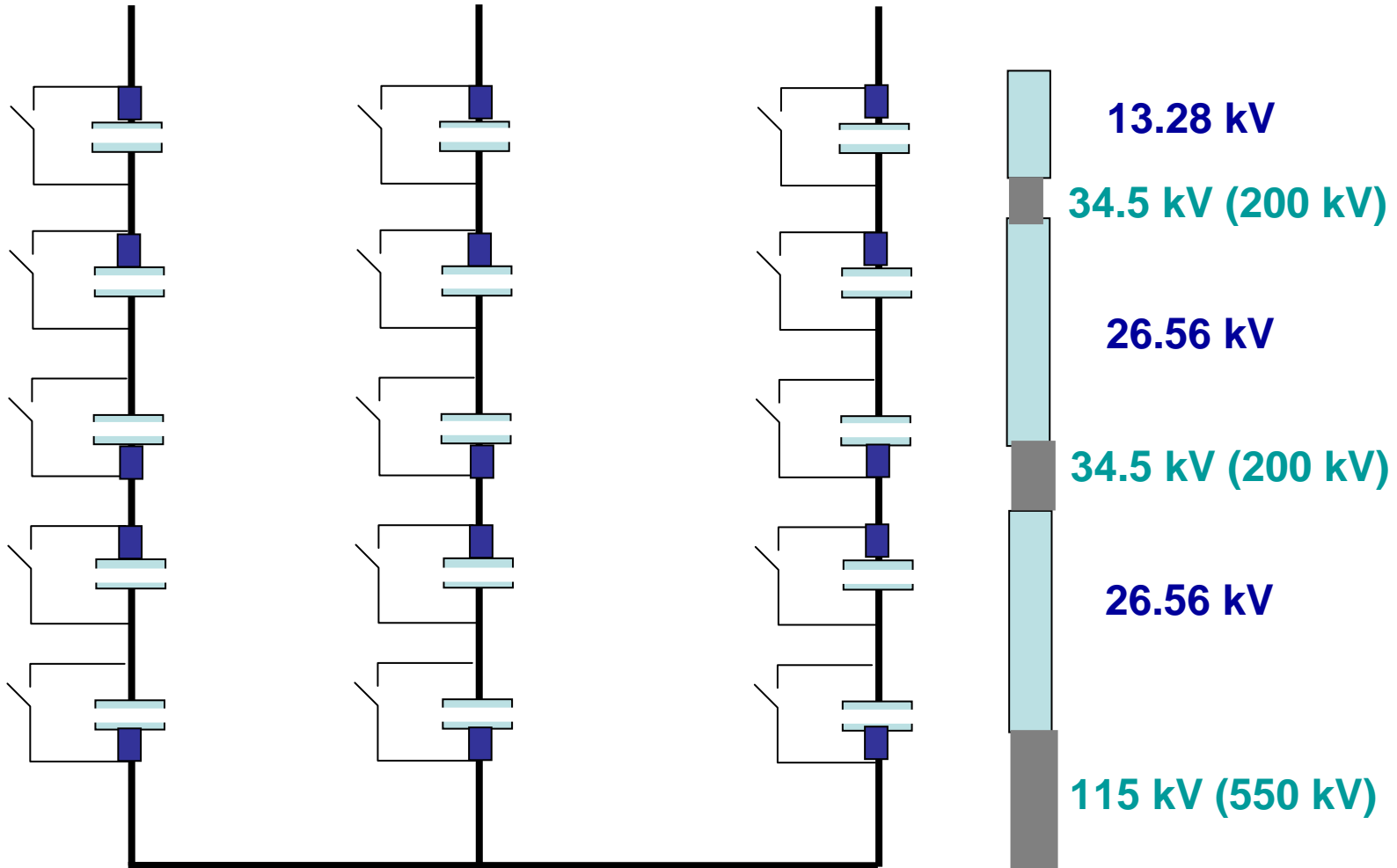
V_{no} = Desbalance en el neutro



Unidad de Transformadores de Medida



DESBALANCEO

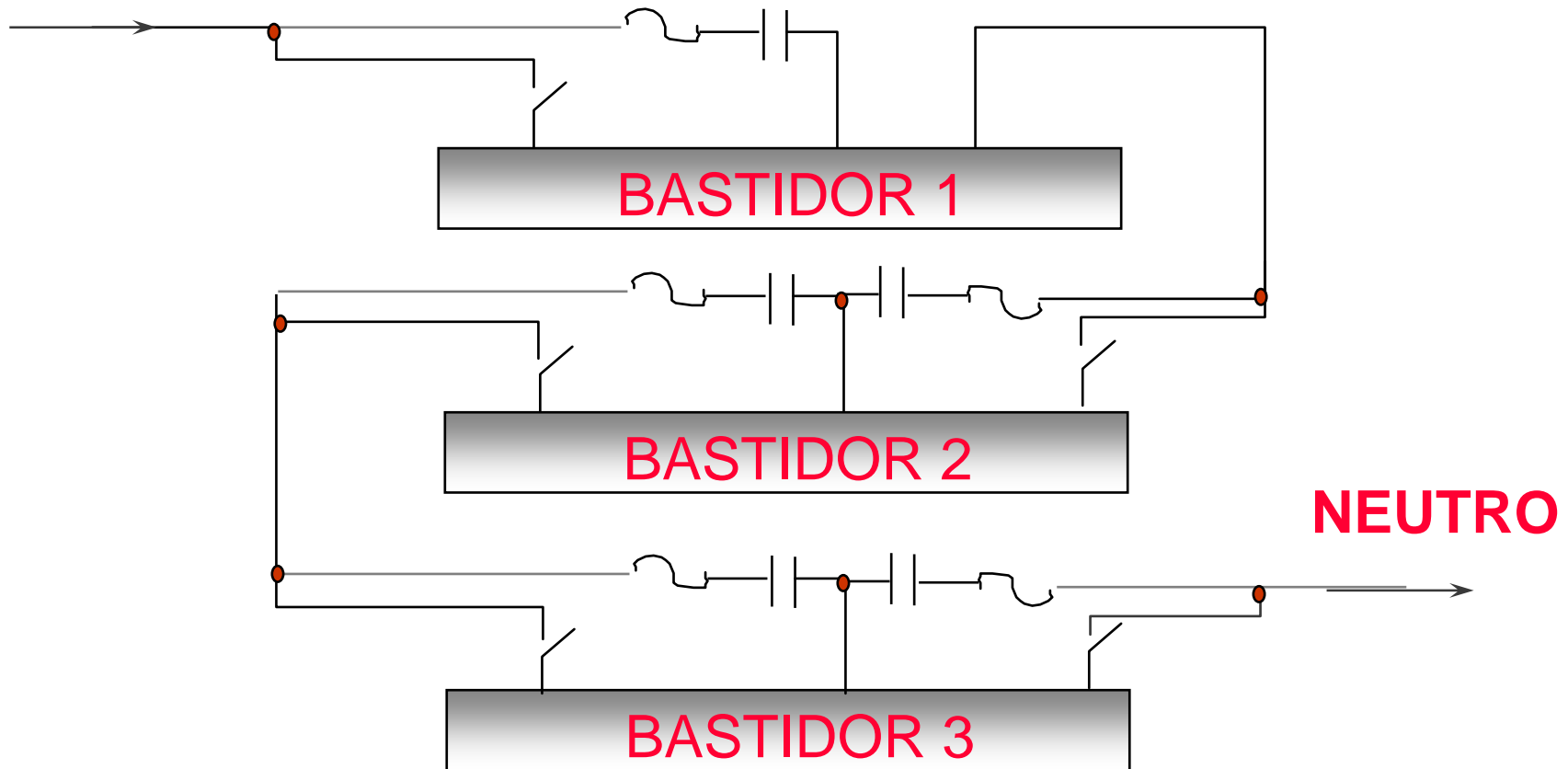


Unidad de Transformadores de Medida



ARREGLO DE UNA FASE 115 kV

FASE



Unidad de Transformadores de Medida



ARREGLO DE UNA FASE 115 kV

No.Series	161 kV	138 kV	115 kV	69 kV
1	92960	79680	66400	39840
2	46480	39840	33200	19920
3	30987	26560	22134	13280
4	23240	19920	16600	9960
5	18592	15936	13280	7968
6	15495	13280	11067	6640
7	13280	11385	9486	5690
8	11620	9960	8300	4980
9	10330	8850	7380	4430



Unidad de Transformadores de Medida



ARREGLO DE UNA FASE 115 kV



Potencias en MVar solicitadas por CFE

161 kV	138 kV	115 kV	69 kV
12	9	6, 7.5, 9	6
24	21	11.25, 12, 15	12
30	30	18, 22.5, 24	18
		30	30



Unidad de Transformadores de Medida



ARREGLO DE UNA FASE 115 kV

Despejando de (3) tenemos que las unidades paralelo son considerando 10 % más de tensión:

$$M = 1.1 * V_{cap} * (2 - 3 X) / [3 * (V_n - (V_{cap} * 1.1))]$$

Ejemplo para un banco de 138 kV con capacitores de 13.28 kV

$$M = 1.1 * 13.28 * (2 - 3 (6)) / [3 * (79.68 - (13.28 * 1.1))]$$

$$= 9.77 \Rightarrow 10$$

Esto implica 6 series con 10 capacitores en paralelo = 60 totales por fase.





ARREGLO DE UNA FASE 115 kV

Para un banco de **21 MVar** :

$$\text{MVar por fase} = 21 / 3 = \mathbf{7} = 7000 \text{ kVAr}$$

$7000 \text{ kVAr} / 60 = 116.66 \text{ kVAr}$ por capacitor para estandarizar se tienen capacitores de **100 kVAr**.

$$60 * 100 = 6000 \text{ kVAr} * 3 = 18000 \text{ kVAr} = 18 \text{ MVar}$$

=> 180 capacitores totales de 100 kVAr

Capacitores Estándar:

50 ; 100 ; 150 ; 200 ; 300 y 400 kVAr



Unidad de Transformadores de Medida



ING. OBED RENATO JIMENEZ MEZA

ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS PROPORCIONADA POR SEPSA

ARREGLO BANCO INTEGRAL



Unidad de Transformadores de Medida

SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA S.A. DE C.V. 81261800



ARREGLO BANCO INTEGRAL

- Integral bank

- POWER CAPACITOR BANK (CAPACITORS + STRUCTURE)

- INTERRUPTER (CIRCUIT BREAKER)

- SWITCH DISCONNECTOR (MECHANIC)

- PROTECTION, CONTROL AND MEASUREMENT PANEL.

- SURGE ARRESTERS

- REACTORS



Unidad de Transformadores de Medida



CUCHILLA SECCIONADORA



Cuchilla tripolar de 123 kV con un impulso de 650 kV cuchilla cerrada y 750 kV cuchilla abierta para una corriente de 600 A y una Icc de 31.5 kA.



Unidad de Transformadores de Medida



INTERRUPTOR



Interruptor tanque muerto de 123 kV con un impulso de 650 kV cerrado y 750 kV abierto para una corriente de 600 A y una lcc de 31.5 kA.



Unidad de Transformadores de Medida



APARTARRAYOS



Tres apartarrayos de oxido de zinc, clase estación para 1800 msnm con una tensión de designación de 96 kV y un MCOV de 77 kV , corriente de descarga de 10 kA.



Unidad de Transformadores de Medida



TP RESISTIVO



Divisor de potencial resistivo con relevador marca S&C tipo UP, para un sistema de 115 kV.



Unidad de Transformadores de Medida



TABLERO DE PCYM



Unidad de Transformadores de Medida



EN FORMA TRADICIONAL



CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

FACTOR DE POTENCIA ORIGINAL	FACTOR DE POTENCIA DESEADO				
	100%	95%	90%	85%	80%
50%	1.732	1.403	1.248	1.112	0.982
51	1.687	1.358	1.202	1.067	0.936
52	1.643	1.314	1.158	1.023	0.892
53	1.600	1.271	1.116	0.980	0.850
54	1.559	1.230	1.074	0.939	0.808
55	1.518	1.189	1.034	0.898	0.768
56	1.479	1.150	0.995	0.859	0.729
57	1.442	1.113	0.957	0.822	0.691
58	1.405	1.076	0.920	0.785	0.654
59	1.368	1.040	0.884	0.748	0.618
60	1.333	1.004	0.849	0.713	0.583
61	1.299	0.970	0.815	0.679	0.549
62	1.266	0.937	0.781	0.646	0.515
63	1.233	0.904	0.748	0.613	0.482
64	1.201	0.872	0.716	0.581	0.450
65	1.169	0.840	0.685	0.549	0.419
66	1.138	0.810	0.654	0.518	0.388
67	1.108	0.799	0.624	0.488	0.358
68	1.078	0.750	0.594	0.458	0.328
69	1.049	0.720	0.565	0.429	0.298
70	1.020	0.691	0.536	0.400	0.270
71	0.992	0.663	0.507	0.372	0.241
72	0.964	0.635	0.480	0.344	0.214
73	0.936	0.608	0.452	0.316	0.186
74	0.909	0.580	0.425	0.289	0.158
75	0.882	0.553	0.398	0.262	0.132
76	0.855	0.527	0.371	0.235	0.105
77	0.829	0.500	0.344	0.209	0.078
78	0.802	0.474	0.318	0.182	0.052
79	0.776	0.447	0.292	0.156	0.026
80	0.750	0.421	0.266	0.130	
81	0.724	0.395	0.240	0.104	
82	0.698	0.369	0.214	0.078	
83	0.672	0.343	0.188	0.052	
84	0.646	0.317	0.162	0.026	
85	0.620	0.291	0.136		
86	0.593	0.265	0.109		
87	0.567	0.238	0.082		
88	0.540	0.211	0.056		
89	0.512	0.183	0.028		
90	0.484	0.155			
91	0.456	0.127			
92	0.426	0.097			
93	0.395	0.066			
94	0.363	0.034			
95	0.329				
96	0.292				
97	0.251				
98	0.203				
99	0.143				

Multiplique la cantidad de la columna y fila deseada por los kilowatts de demanda y obtendrá los KVAR del capacitor necesario para adelantar de un factor de potencia a otro.
 NOTA: Debe tenerse cuidado de tomar los kilowatts de demanda media mensual cuando el factor de potencia medido sea el valor medio mensual.





Ejemplo:

Determine el valor de los condensadores necesarios para corregir el factor de potencia de una carga de 500 kW desde 0,70 hasta 0,95.

Localice el valor de 70 % (factor de potencia original) en la primer columna, y en esa fila encuentre el valor de corrección en la intersección con la columna de 95 % (factor de potencia corregido). El valor de corrección es 0,691, por lo que el valor de los condensadores sera:

$$\text{kVAR} = \text{kW} \times 0,691 = 500 \times 0,691 = 345.5$$





RESUMEN DEL FACTOR DE POTENCIA

FUNDAMENTOS DEL FACTOR DE POTENCIA

La corriente requerida por los motores de inducción, lámparas fluorescentes, transformadores y otras cargas inductivas, puede considerarse constituida por corriente magnetizante y por corriente de trabajo.

La corriente de trabajo es aquella que es convertida por el equipo en trabajo útil, por ejemplo hacer girar un torno, efectuar soldaduras o bombear agua. La unidad de medida de la potencia producida es el kilowatt (kW).

La corriente magnetizante (reactiva o no productora de trabajo) es la necesaria para producir el flujo para la operación de los dispositivos de inducción. Sin corriente magnetizante, la energía no puede fluir a través del núcleo del transformador o a través del entrehierro de los motores de inducción. La unidad de medición de esta "potencia magnetizante" es el kilovar (kVAR).

La potencia total denominada "potencia aparente" (kVA), será la suma geométrica de ambas potencias, esto es:

$$kVA = ((kW)^2 + (kVAR)^2)^{1/2}$$

El factor de potencia se expresa como la razón entre la potencia real entre la potencia aparente:

$$\text{Factor de potencia} = \frac{kW}{kVA}$$





RESUMEN

- *"el usuario procurará mantener un factor de potencia (fp) tan aproximado a 100 % (cien por ciento) como lo sea posible, pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier periodo de facturación tenga un promedio menor de 90 % (noventa por ciento) atrasado, determinado por métodos aprobados por la secretaría de comercio y fomento industrial (SECOFI), el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula que se señala. en el caso de que el factor de potencia tenga un valor igual o superior de 90 % (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación, según la fórmula que también se señala":*
- **FORMULA DE RECARGO: PORCENTAJE DE RECARGO = $3 / 5 \times ((90/FP) - 1) \times 100$ FP MENOR QUE 90 %**
FÓRMULA DE BONIFICACIÓN: PORCENTAJE DE BONIFICACIÓN = $1 / 4 \times (1 - (90/FP)) \times 100$ FP MAYOR O IGUAL A 90 %
DONDE FP ES EL FACTOR DE POTENCIA EXPRESADO EN PORCIENTO
- "Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal. en ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120 % (ciento veinte por ciento), ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5 % (dos punto cinco por ciento)".



ING. OBED RENATO JIMENEZ MEZA

ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS PROPORCIONADA POR SEPSA



SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA S.A. DE C.V. 81261800



SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA S.A. DE C.V. 81261800



ING. OBED RENATO JIMENEZ MEZA

ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS PROPORCIONADA POR SEPSA



SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA S.A. DE C.V. 81261800



SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA S.A. DE C.V. 81261800