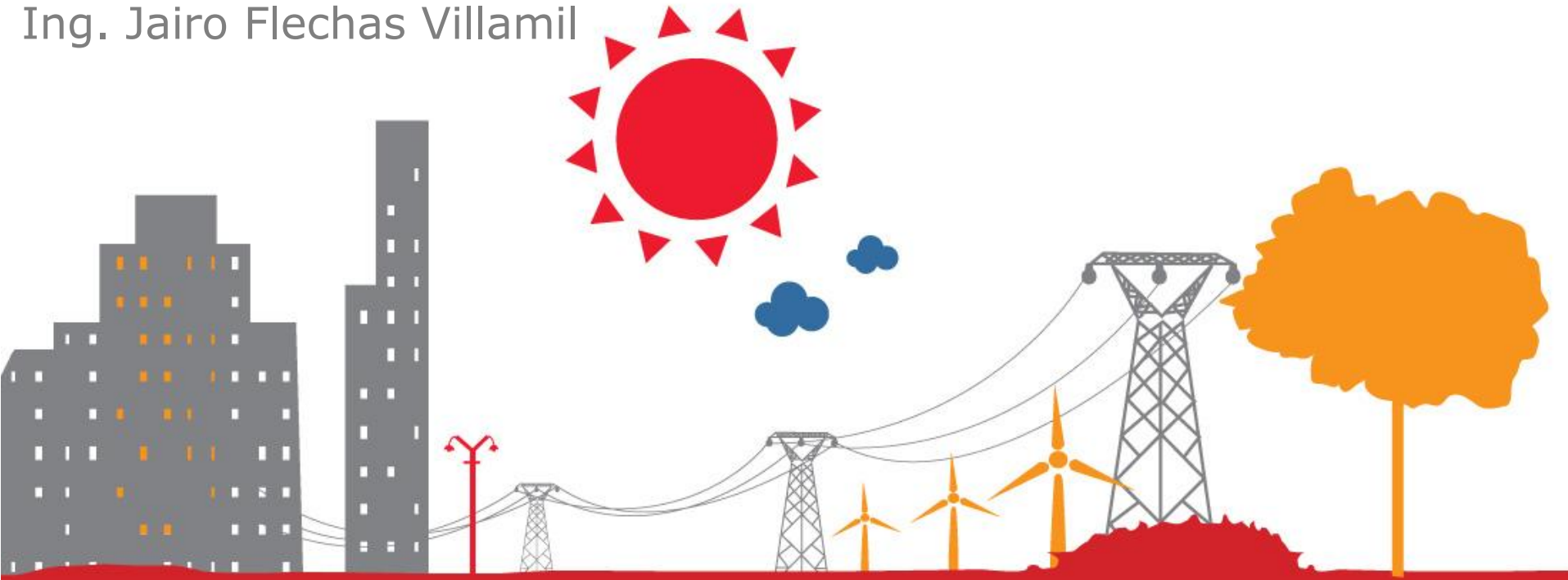


CALIDAD DE LA POTENCIA ELÉCTRICA

Conceptos Básicos

Ing. Jairo Flechas Villamil



ANTECEDENTES DE LA CALIDAD DE POTENCIA

- El desarrollo de nuevas tecnologías, especialmente en aplicaciones de la electrónica en todos los campos.
- Nuevas estrategias comerciales basadas en microelectrónica y sistemas de comunicación.
- Desarrollo global de las empresas a través de procesos cada vez más automatizados.
- Normas de calidad ISO-9000/ISO-14000/ISO-18000
- Preocupación por el medio ambiente.
- Búsqueda de la eficiencia, la eficacia y la rentabilidad.
- Modernización del Sector Eléctrico.



LA ENERGÍA ELÉCTRICA



Recurso valioso e indispensable para las empresas.

El buen manejo de la energía eléctrica, es vital para reducir costos de operación y lograr una mayor eficiencia de sus procesos.



Cadena de Valor de la Energía Eléctrica

PARA QUÉ?



**MEJORA
EL PAIS !!**

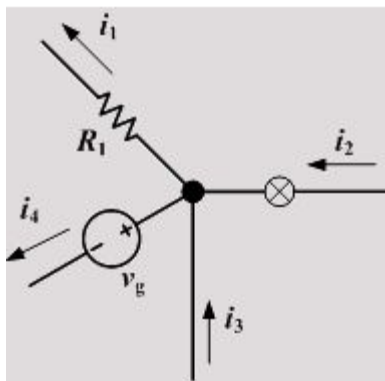
LA ENERGIA ELÉCTRICA
DEBE SER VISTA
COMO UN INSUMO
NO COMO UN COSTO !!



TEORIA DE CIRCUITOS ELECTRICOS

Ley de Kirchhoff de las Corrientes

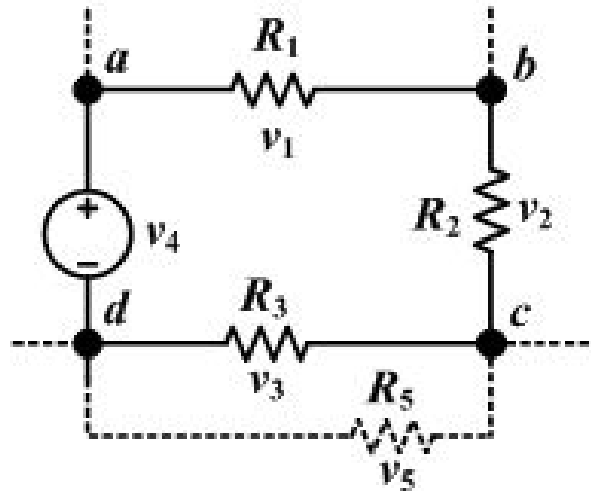
La suma de las corrientes que entran en un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de él.



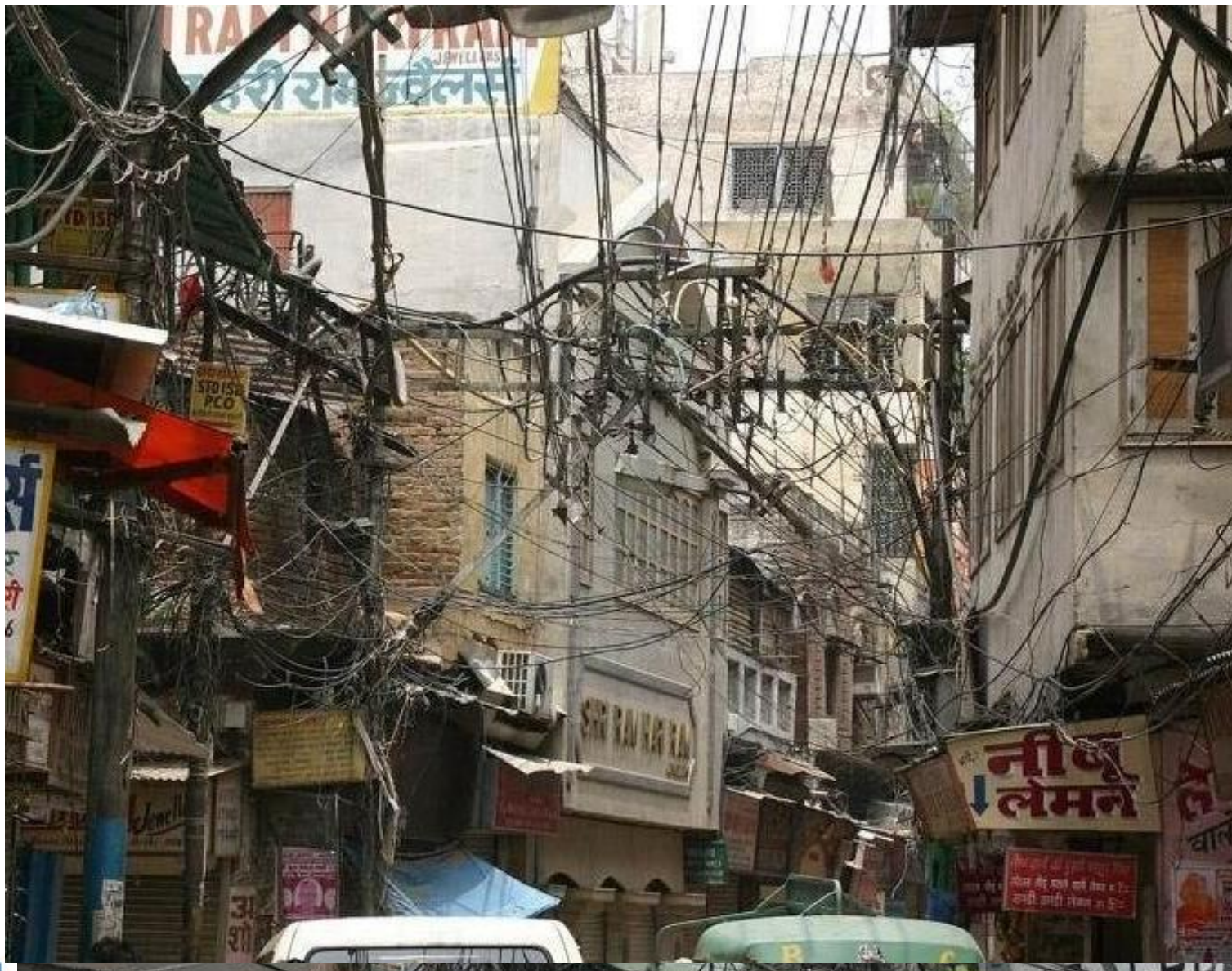
TEORIA DE CIRCUITOS ELECTRICOS

Ley de Kirchhoff de las Tensiones

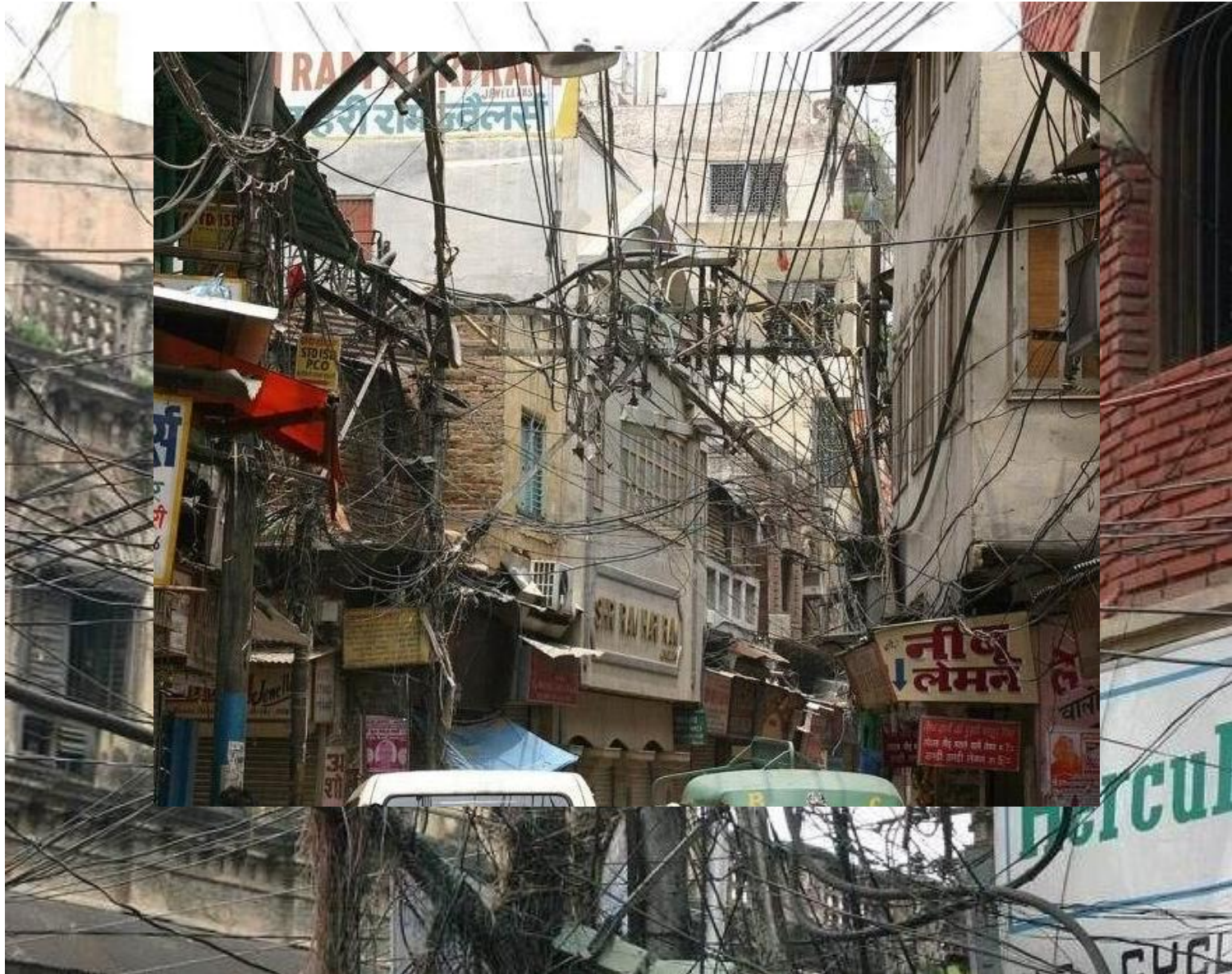
La suma algebraica de los voltajes en una trayectoria cerrada ó lazo es igual a cero.



TEORIA DE CIRCUITOS ELECTRICOS



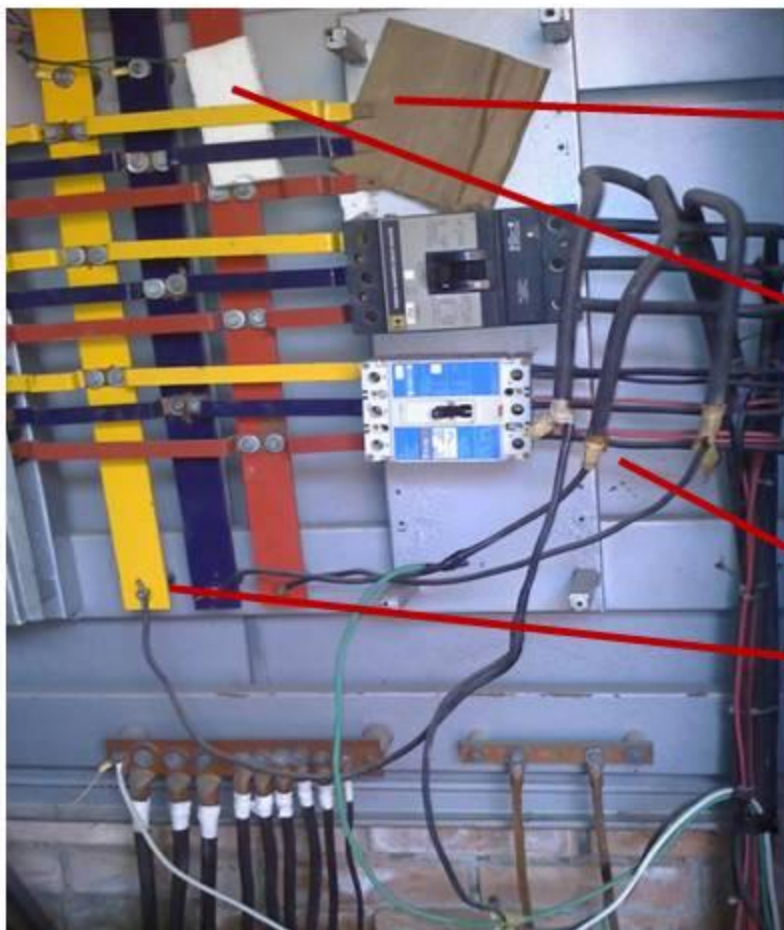
TEORIA DE CIRCUITOS ELECTRICOS







Novedades en ET181 subestación servicios administrativos 25 Ago.



Barraje de salida
a Breaker,
energizado y
aislado con un
cartón.

Barraje
energizado y
aislado con
icopor.

Como se suprimió el
breaker, se realizó la
conexión al barraje
directamente, y con una
cable de menos calibre.



SOLUCIONES IMPROVISADAS

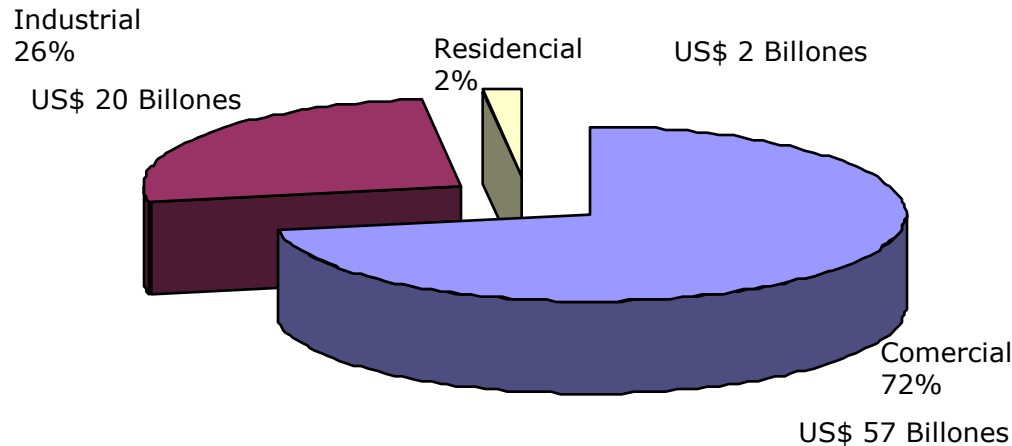


Algunas personas deciden encomendarse a la Virgen para resolver sus problemas eléctricos !!



COSTOS POR LA CALIDAD DEL SERVICIO EN ESTADOS UNIDOS 2005

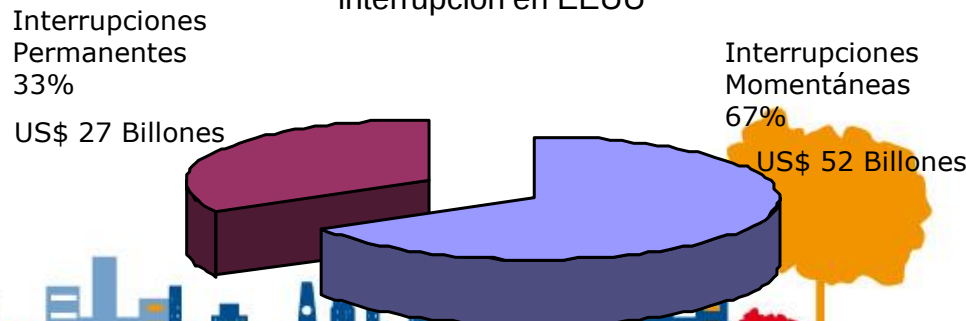
Estimativo de los costos por la mala calidad del servicio por tipo de cliente en EEUU



Costos totales
US\$ 79 Billones

Interrupciones
Momentáneas $\leq$
5 minutos

Estimativo de costos por la mala calidad del servicio por tipo de interrupción en EEUU

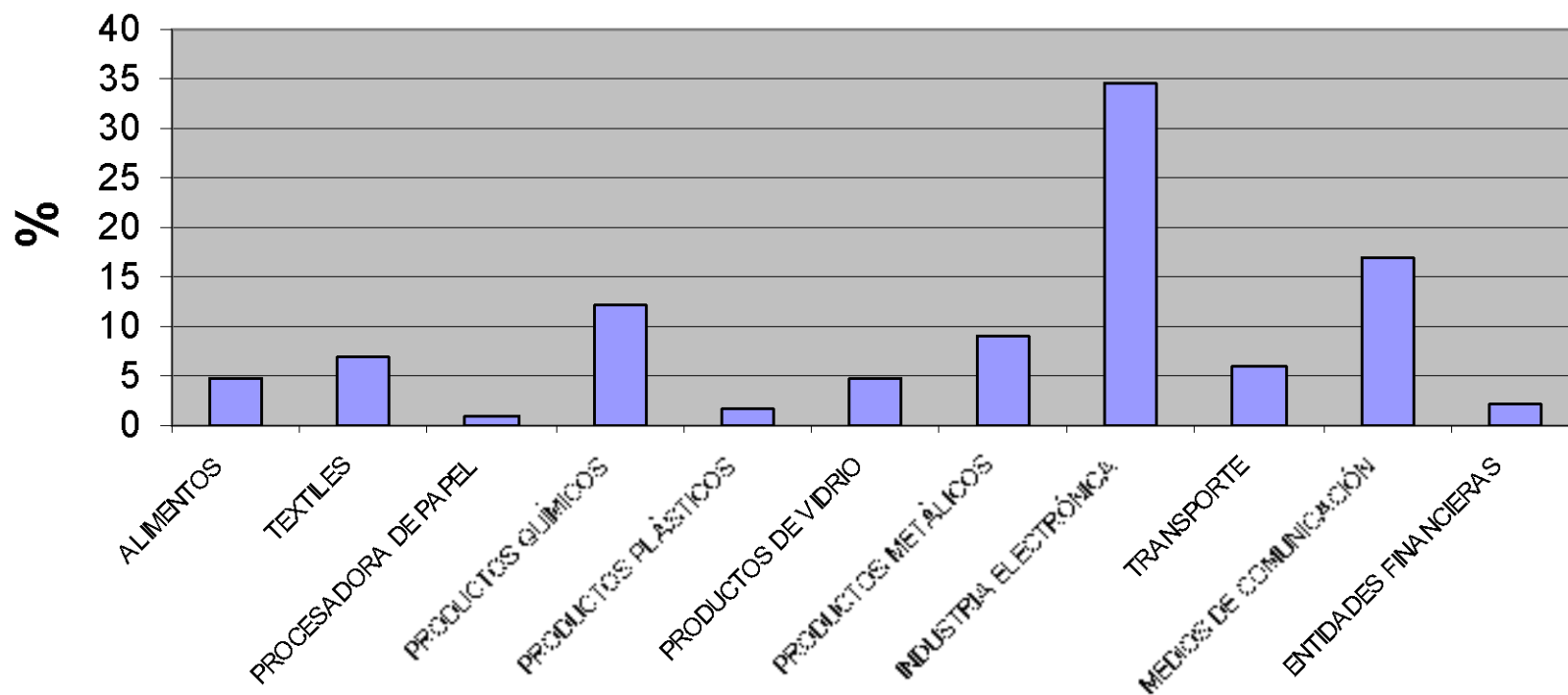


Interrupciones
Permanentes $>$
5 minutos

Ref: "Understanding the Cost of Power Interruptions to U.S." EOL BNL

IMPACTO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO POR SECTOR PRODUCTIVO

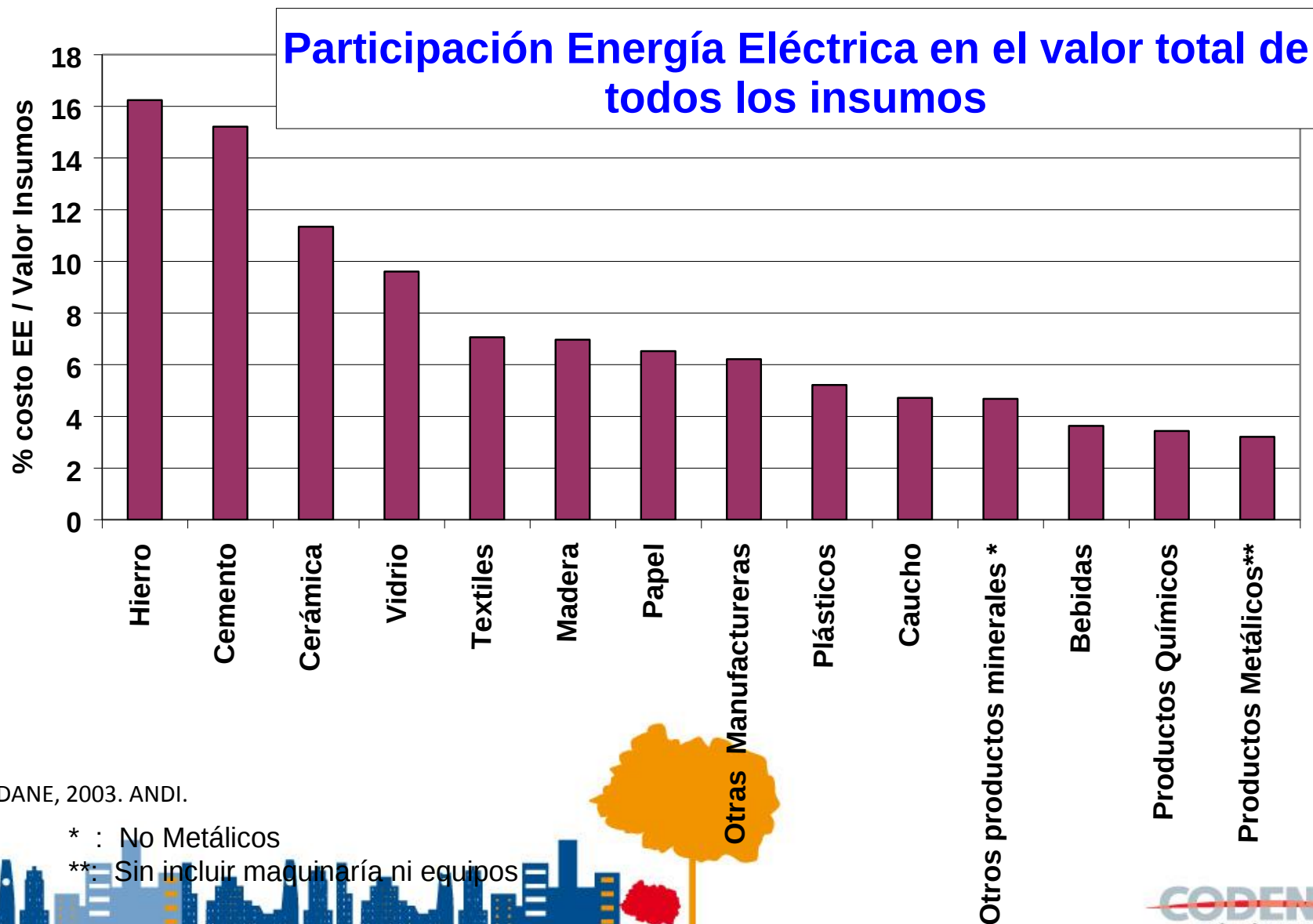
Distribución porcentual del impacto de la mala calidad del servicio por tipo de cliente



Ref: PQ INVESTIGATIONS AND INDUSTRY CONTACTS



Impacto de la Calidad de la Potencia en la industria



Problemas más frecuentes con la Calidad de la Energía Eléctrica

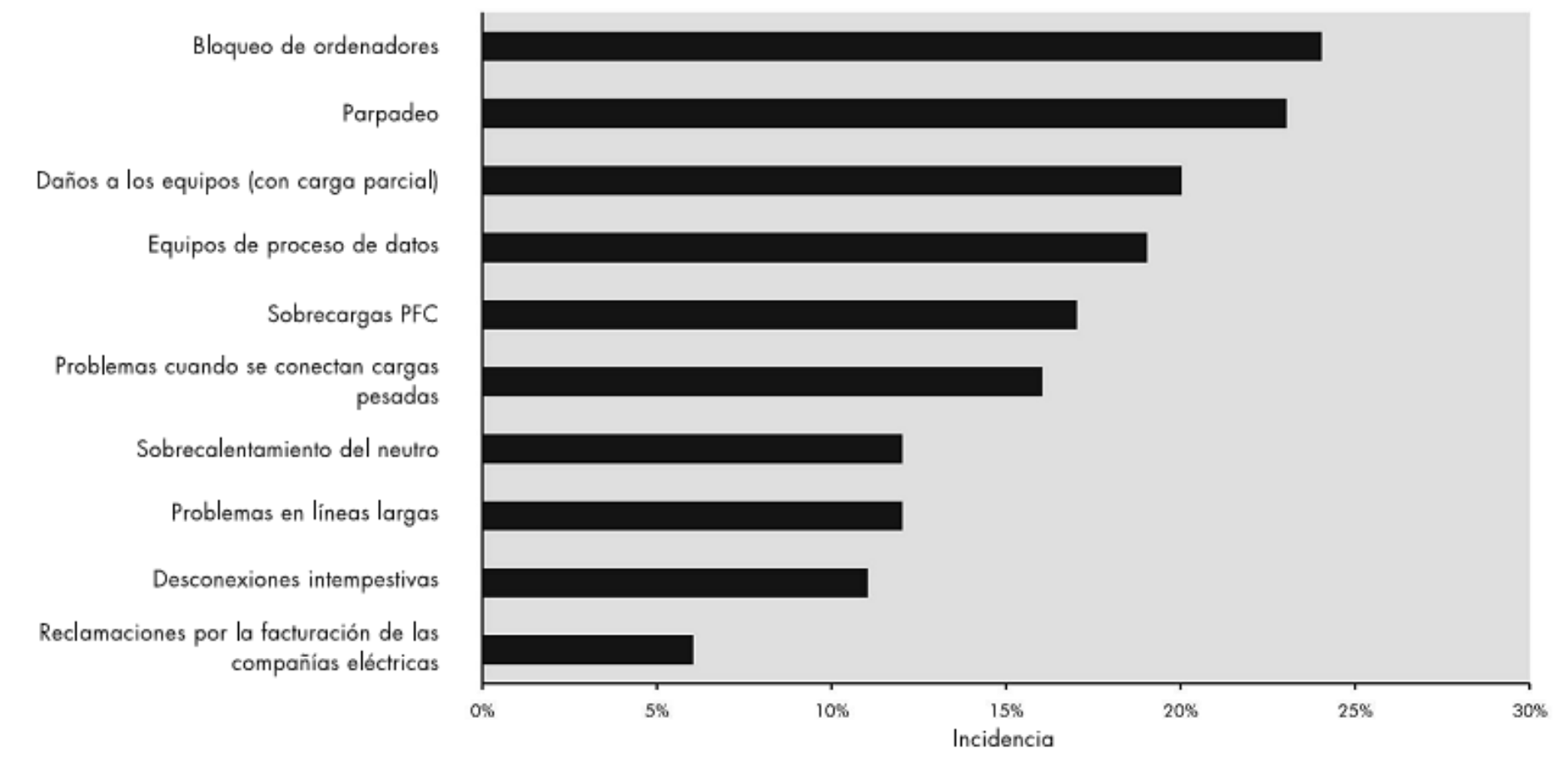


Figura 1 - Problemas más frecuentes en PQ, hallados en 1.400 puntos de 8 países



Soluciones más normales en la Calidad de la Energía Eléctrica

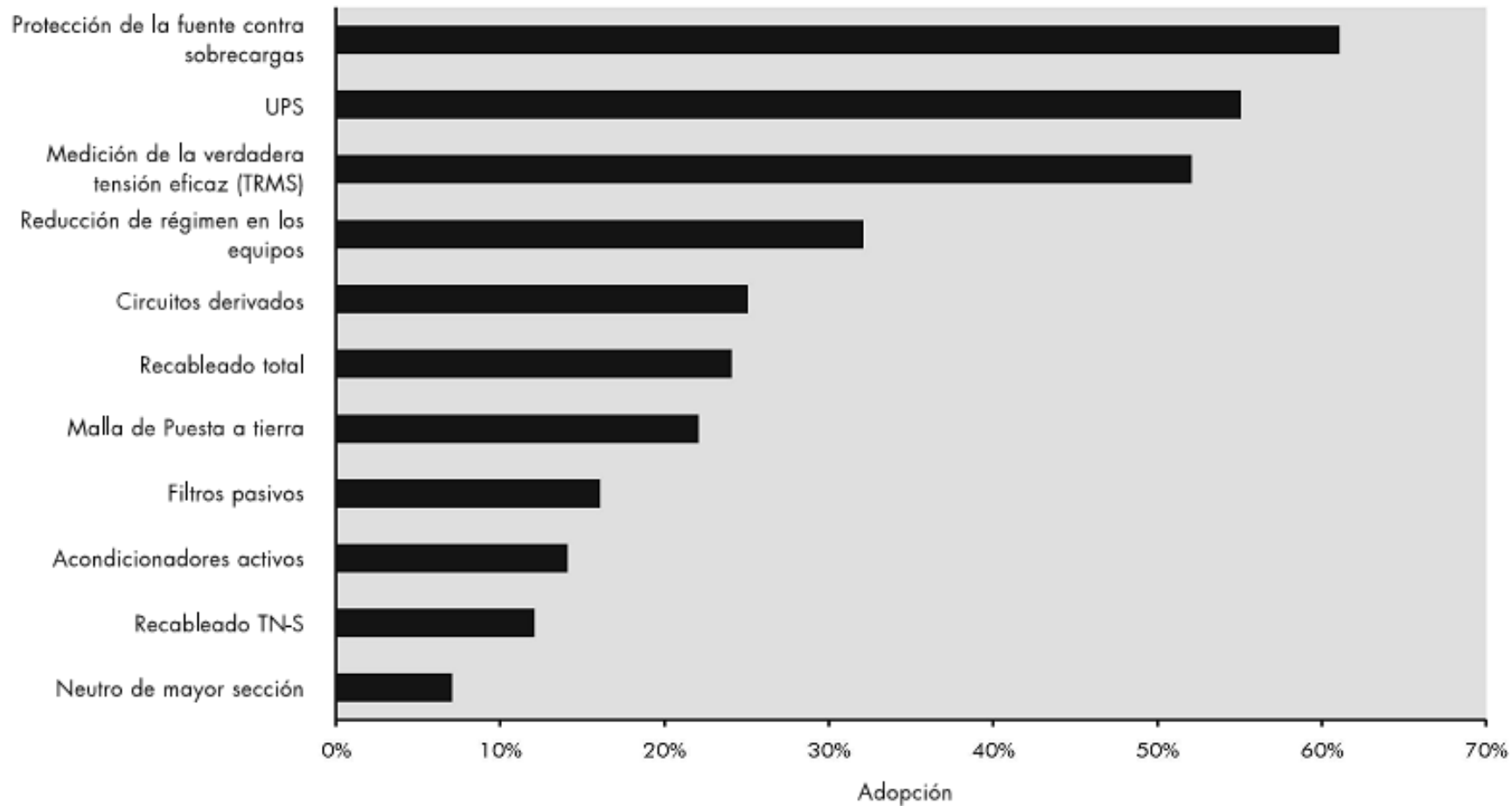
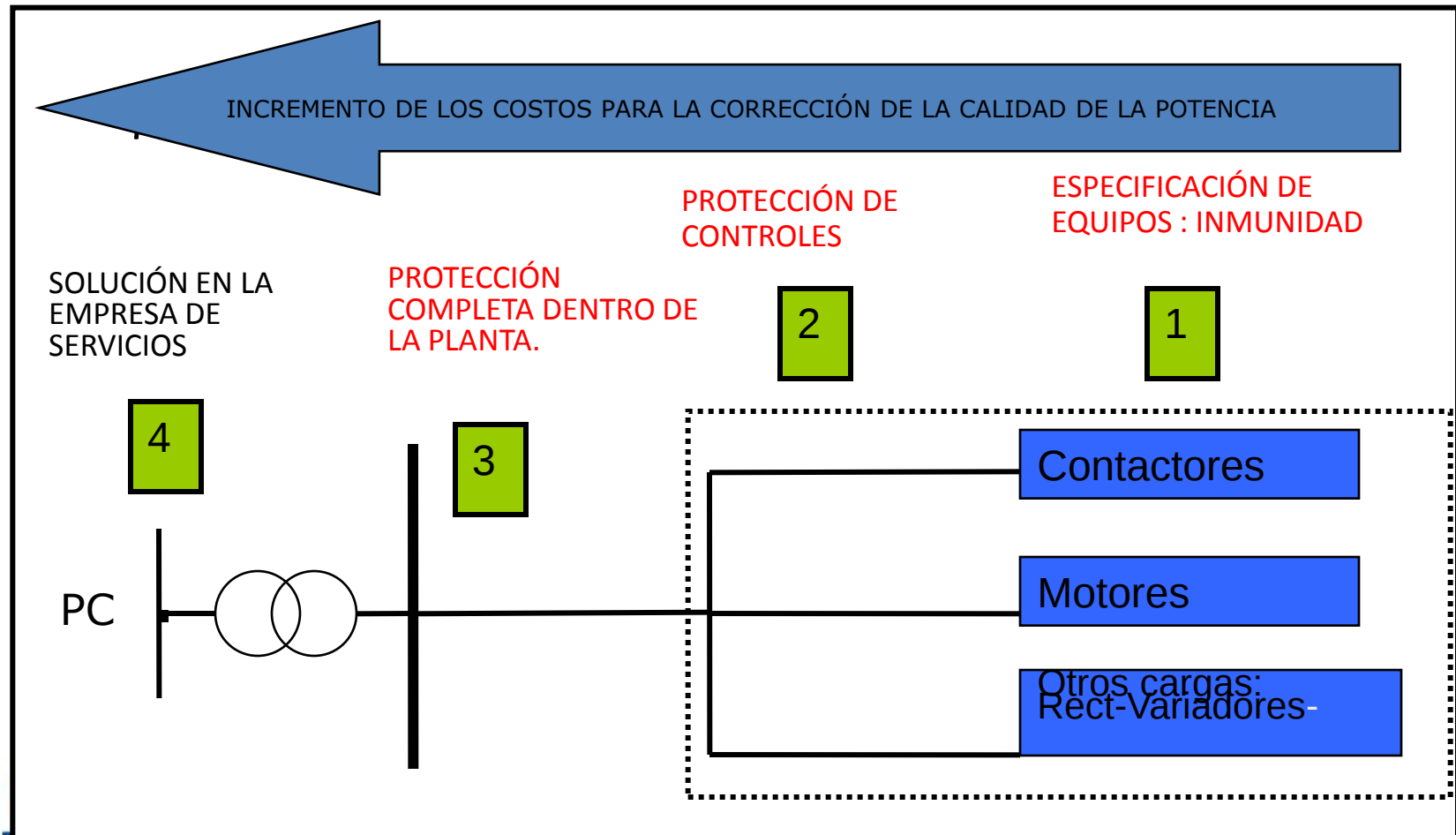


Figura 2 - Las soluciones de PQ más normales, en términos de % de tasa de adopción en 1.400 emplazamientos en 8 países



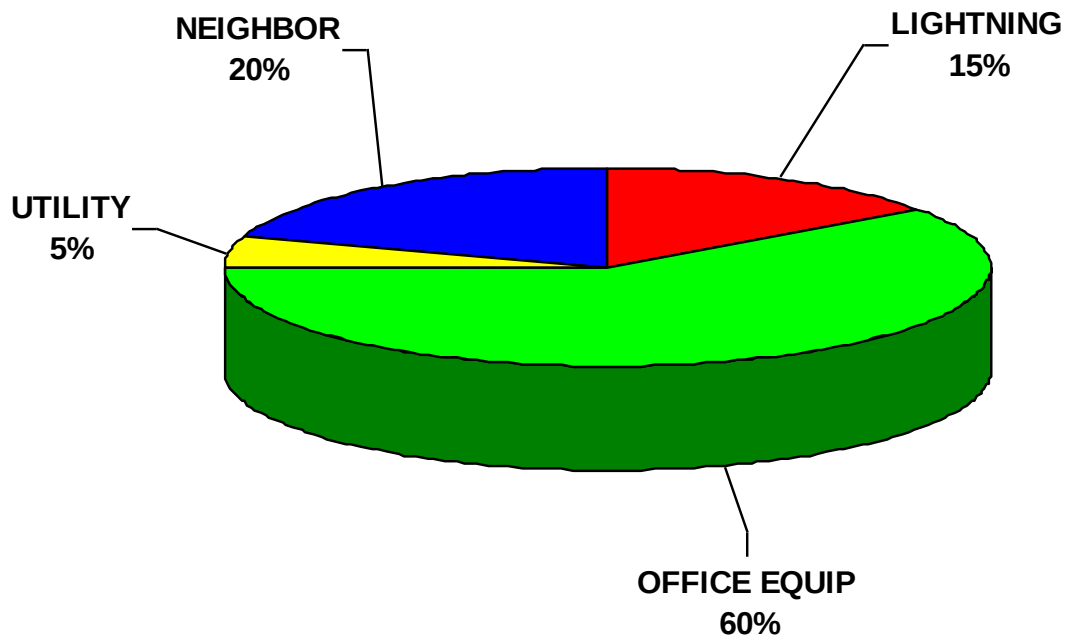
TENDENCIA DE LOS COSTOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO

LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA REDUCIR EL NÚMERO Y SEVERIDAD DE LOS PROBLEMAS DE CALIDAD DE POTENCIA VAN DESDE LOS PROPIOS EQUIPOS DEL USUARIO HASTA LA EMPRESA DE SERVICIOS



ESTADÍSTICAS INTERNACIONALES

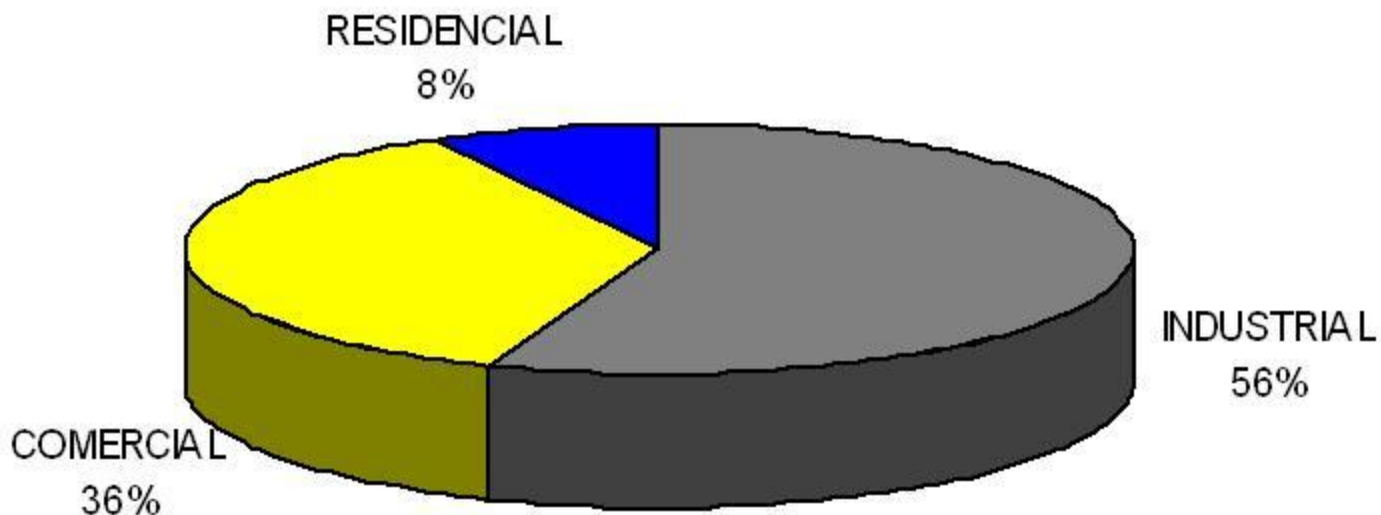
POWER QUALITY PROBLEMS In the Business Place



FUENTE: ALLEN-SEGAL IBM Study 1974

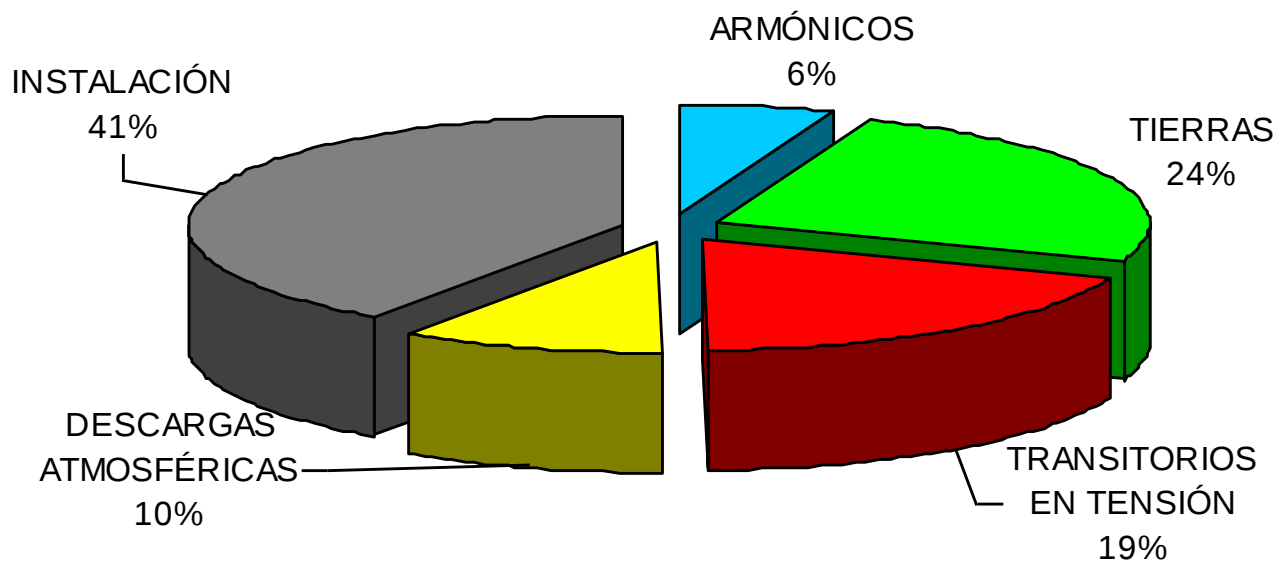
ESTADÍSTICAS GENELEC - 1995-1998

PROBLEMA	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RESIDENCIAL
ARMÓNICOS	15	2	0
TIERRAS	40	25	5
TRANSITORIOS EN TENSIÓN	20	35	0
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	25	2	2
INSTALACIÓN	60	40	15
TOTAL	160	104	22

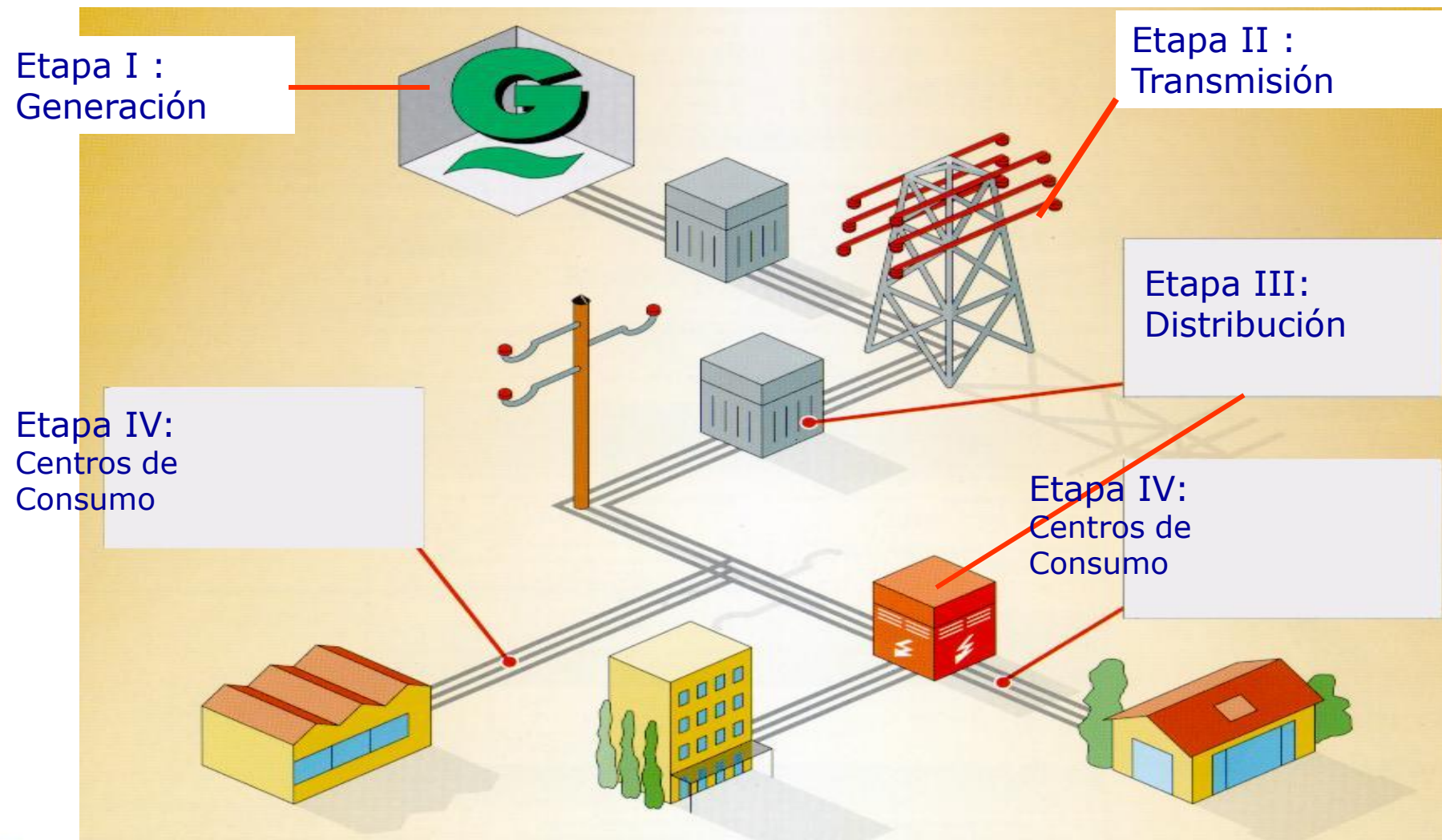


ESTADÍSTICAS GENELEC - 1995-1998

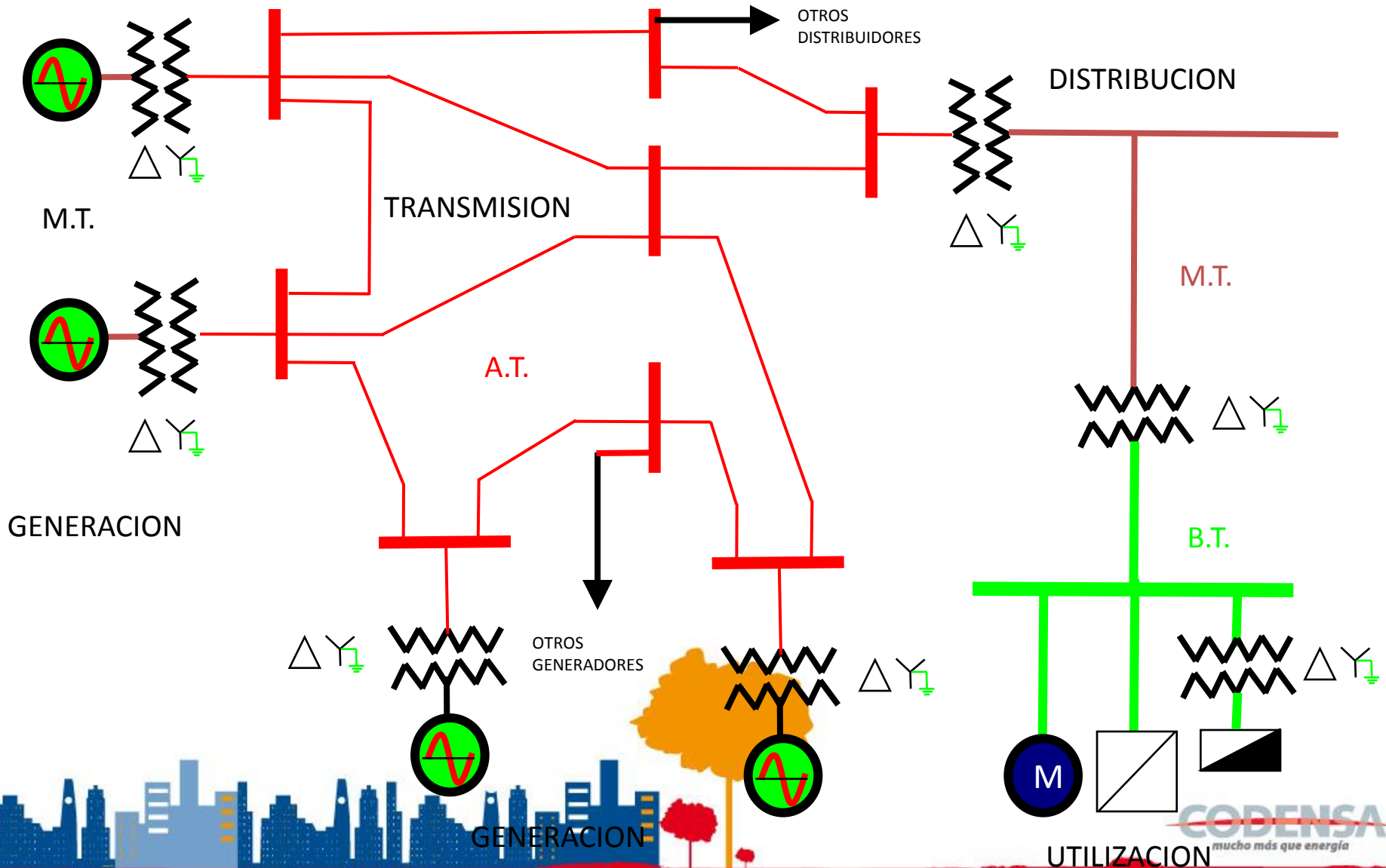
PROBLEMA	INDUSTRIAL	COMERCIAL	RESIDENCIAL
ARMÓNICOS	15	2	0
TIERRAS	40	25	5
TRANSITORIOS EN TENSIÓN	20	35	0
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	25	2	2
INSTALACIÓN	60	40	15
TOTAL	160	104	22



CONFIGURACION SISTEMA ELÉCTRICO



SISTEMA TIPICO DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION



Niveles de Tensión

GREG 097 – 2008

Los sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición:

Nivel 4: $220\text{kV} > V_{\text{nom}} \geq 57,5 \text{ kV}$

Nivel 3: $30 \text{ kV} \leq V_{\text{nom}} < 57,5 \text{ KV}$

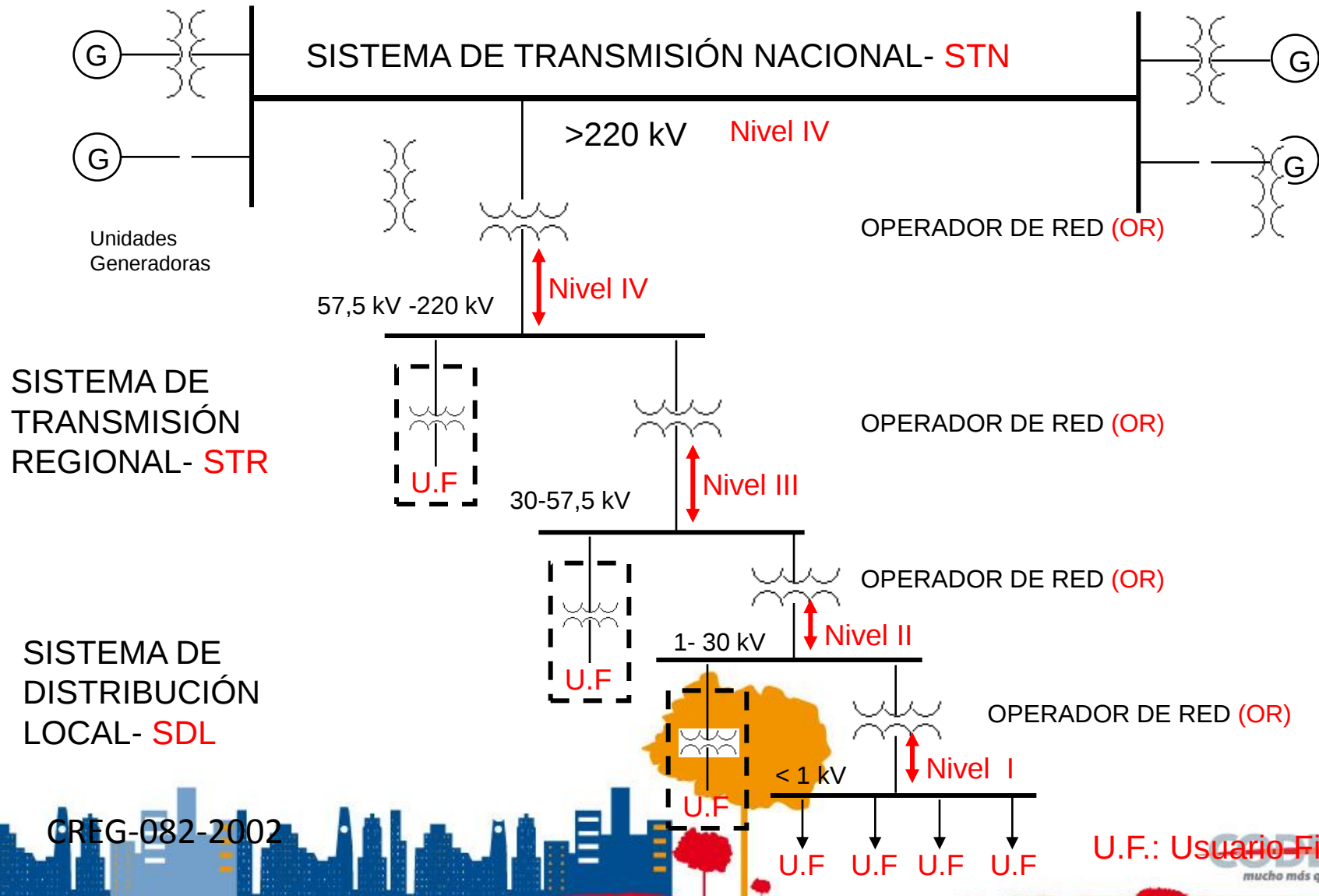
Nivel 2: $30 \text{ kV} > V_{\text{nom}} \geq 1 \text{ kV}$

Nivel 1: $V_{\text{nom}} < 1 \text{ kV}$

Modificó a la CREG-070-1998 GREG 082 – 2002



ESQUEMA INFRAESTRUCTURA OPERADOR RED



Necesidades de Confiabilidad

Pero qué es un sistema confiable?

99 %

FUENTE : : RPM RELIABLE METERS

CODENSA
mucho más que energía



Necesidades de Confiabilidad

CONFIABILIDAD DE ENERGIA ELECTRICA LOS NUEVE NUEVES

No NUEVES	PORCENTAJE %	dias/año 365	horas/año 8760	minutos/año 525600	segundos/año 31536000	miliseg/año 31536000000
2	99.0%	3.65	87.60	5,256.00	315,360.00	315,360,000.00
3	99.9%	0.365	8.76	525.60	31,536.00	31,536,000.00
4	99.99%	0.0365	0.88	52.56	3,153.60	3,153,600.00
5	99.999%	0.00365	0.09	5.26	315.36	315,360.00
6	99.9999%	0.000365	0.01	0.53	31.54	31,536.00
9	99.9999999%	3.65E-07	0.00	0.00	0.03	31.54



Necesidades de Confiabilidad en sistemas eléctricos

LOS NUEVES DE LA CONFIBILIDAD DE POTENCIA			
	CONFIABILIDAD	ACEPTABLE PARA:	FALLAS POR AÑO
TRES 9'S	99.9%		9 HORAS 
CUATRO 9,S	99.99%		1 HORA 
CINCO 9'S	99.999%		5 MINUTOS 
SEIS 9'S	99.9999%		32 SEGUNDOS 
NUEVE 9'S	99.9999999%		30 MILISEGUNDOS 

FUENTE: : RPM RELIABLE METERS

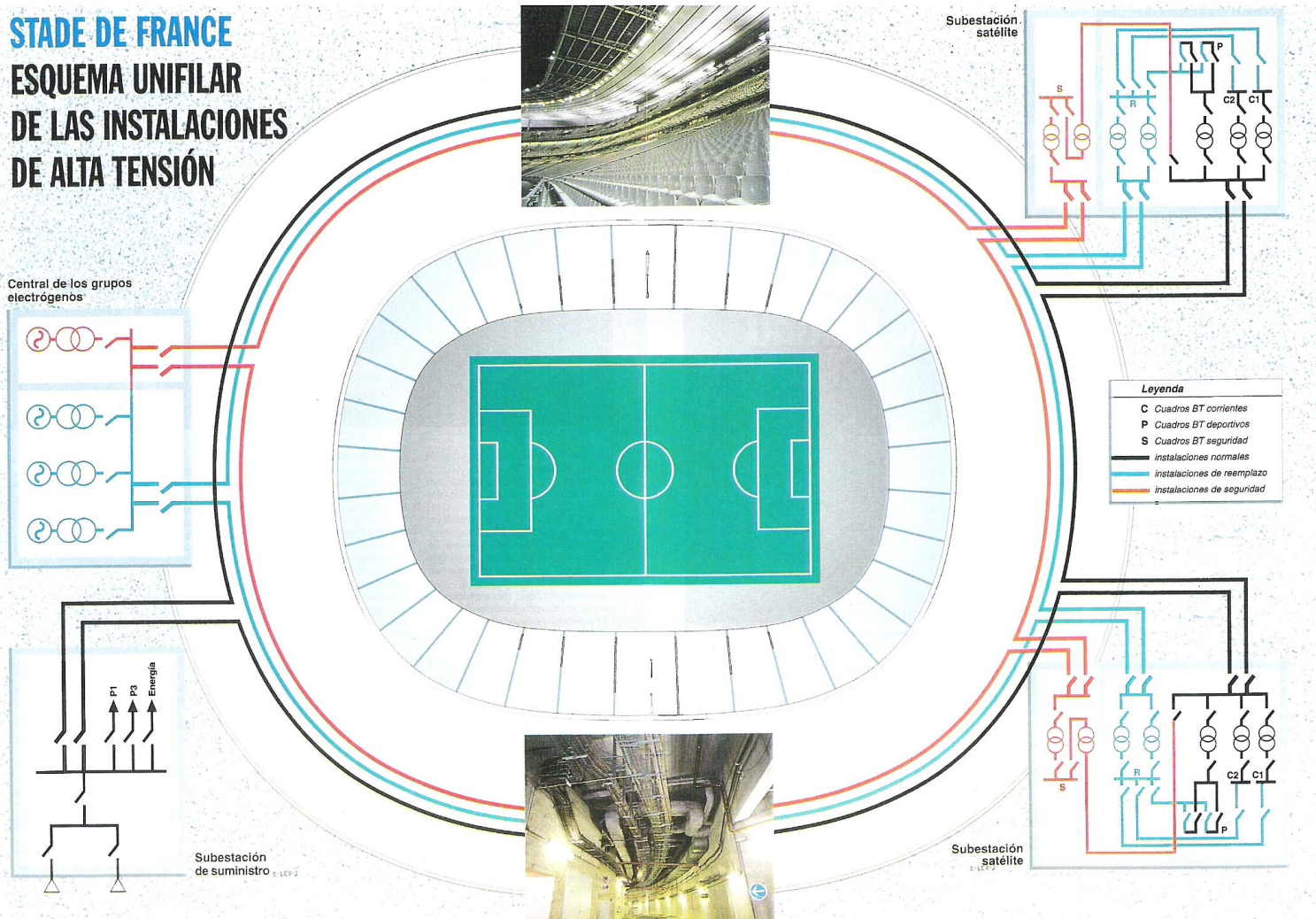
Necesidades de Confiabilidad en sistemas eléctricos

	CREG 061-2000	
Meta del Índice de Disponibilidad		
Metas Año 2001	Meta del Índice de Disponibilidad Anual (%)	Meta Horas Anuales Acumuladas de Indisponibilidad <i>MHAI</i>
Activos de Conexión al STN	99.45%	48
<i>Bahías de Línea</i>	99.73%	24
<i>Bahías de Transformación</i>	99.73%	24
<i>Autotransformador</i>	99.45%	48
<i>Bahías y Módulos de Compensación</i>	99.45%	48
<i>Circuitos de 500 Kv</i>	99.18%	72
<i>Circuitos de 220 o 230 kV – Longitud > 100 km</i>	99.59%	36
<i>Circuitos de 220 o 230 kV – Longitud ≤ 100 km</i>	99.73%	24



Necesidades de Confiabilidad en sistemas eléctricos

STADE DE FRANCE ESQUEMA UNIFILAR DE LAS INSTALACIONES DE ALTA TENSION



CIRCUITO 25TR1 GRUPO: 1

NUMERO DE INTERRUPCIONES (FES) :

HORAS INTERRUMPIDAS (DES) :

2
0.17

INDICADORES MAXIMOS PERMITIDOS

NUMERO DE INTERRUPCIONES (VMFES):

HORAS INTERRUMPIDAS (VMDES) :

7
3.00

Operador de red: CODENSA S.A. ESP

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO

$CU = \frac{G+T}{(1-PR)} + D + C + O$	G Costo de Energía (\$/kWh)	T Costo unitario de BTN (\$/kWh)	PR Fracción de pérdidas (%)	$\frac{G+T}{(1-PR)}$ (\$/kWh)	D Distribución (\$/kWh)	C Comercialización (\$/kWh)	O Otros costos (\$/kWh)	CU Costo unitario (\$/kWh)
	64.6153	16.3905	14.7500	95.0110	69.5515	20.0960	6.4965	191.1790

TARIFA	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	FACTOR DE LIQUIDACIÓN	CONSUMO EN (kWh)
100 R	25316	25558	1	758

AL MES DE: DIC-2002

TABLA DE CONSUMO	VALOR (kWh)	%
198 CONTRIBUCION COMERCIAL	38.2358	20
100 CONSUMO COMERCIAL AC	191.1790	

CONSUMOS ANTERIORES

Consumo promedio en 6 meses: 681 kWh

INDICADORES DE CALIDAD

CIRCUITO 25TR1 GRUPO: 1

NUMERO DE INTERRUPCIONES (FES) : 2

HORAS INTERRUMPIDAS (DES) : 0.17

INDICADORES MAXIMOS PERMITIDOS

NUMERO DE INTERRUPCIONES (VMFES): 7

HORAS INTERRUMPIDAS (VMDES) : 3.00

Operador de red: CODENSA S.A. ESP

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO

$CU = \frac{G+T}{(1-PR)} + D + C + O$	G	T	PR	$\frac{G+T}{(1-PR)}$	D	C	O	CU
	Costo de Energía (\$/kWh)	Costo unitario de BTN (\$/kWh)	Fracción de pérdidas (%)	(\$/kWh)	Distribución (\$/kWh)	Comercialización (\$/kWh)	Otros costos (\$/kWh)	Costo unitario (\$/kWh)
	64.6153	16.3905	14.7500	95.0110	69.5515	20.0960	6.4965	191.1790

INFORMACIÓN Y MENSAJES

ESTIMADO CLIENTE:

SUBTOTAL VALOR CONSUMO 173,89

AJUSTE DECENA RESOLUCION CREG 108-97(DEC)



SUBTOTAL VALOR DESCUENTOS \$173,90

TOTAL A PAGAR \$173,90

PERÍODO FACTURADO	FACTURA EXPEDIDA	PAGO OPORTUNO	SUSPENSIÓN POR NO PAGO	TOTAL A PAGAR
20 DIC/2002 A 06 ENE/2003	24 ENE/2003	31 ENE/2003	06 FEB/2003	\$173,900

CODENSA
mucho más que energía

CALIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGIA
ELECTRICA
(CASEL)

CALIDAD DEL SERVICIO
(CAS)

CALIDAD DE LA ENERGIA
ELECTRICA
(CEL)

ATENCION AL
CLIENTE

PERCEPCION DEL
SERVICIO

CALIDAD DE LA
POTENCIA
ELECTRICA
(CPE)

DISPONIBILIDAD
Y
CONFIABILIDAD

DEFINICIONES

CALIDAD DE LA POTENCIA ELECTRICA

DEFINICIÓN DEL EPRI
(Electric Power Research Institute)

" CUALQUIER **PROBLEMA** DE POTENCIA MANIFESTADO EN LA DESVIACIÓN DE LA TENSIÓN, DE LA CORRIENTE O DE LA FRECUENCIA, DE SUS VALORES IDEALES QUE OCASIONE FALLA O MALA OPERACIÓN DEL EQUIPO DE UN **USUARIO**."



DEFINICIONES

CALIDAD DE LA POTENCIA ELECTRICA

DEFINICIÓN DE LA IEC (1000-2-2/4)
y LA CENELEC (EN 50160)

“UNA CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD, LA CUAL DEBE LLEGAR AL **CLIENTE** EN CONDICIONES NORMALES, SIN PRODUCIR PERTURBACIONES NI INTERRUPCIONES EN LOS PROCESOS DEL MISMO”.



DEFINICIONES

CALIDAD DE LA POTENCIA ELECTRICA

DEFINICIÓN DE LA
IEEE 1159 [1995] R 2001

“Es el concepto de **energizar y conectar** a tierra equipo sensible de una manera que es conveniente para el funcionamiento de ese **equipo**”.

“EL TÉRMINO SE REFIERE A UNA AMPLIA VARIEDAD DE FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS QUE CARACTERIZAN LA TENSIÓN Y LA CORRIENTE ELÉCTRICAS, EN UN TIEMPO DADO Y EN UNA UBICACIÓN DADA EN EL SISTEMA DE POTENCIA”.



DEFINICIONES

CALIDAD DE LA POTENCIA ELECTRICA

DEFINICIÓN DE LA CREG 070 -
1998

CPE

“SE RELACIONA CON LAS DESVIACIONES DE LOS VALORES ESPECIFICADOS PARA VARIABLES DE TENSIÓN Y LA FORMA DE LAS ONDAS DE TENSIÓN Y CORRIENTE”.



DEFINICIONES

CALIDAD DE LA POTENCIA ELECTRICA

DEFINICIÓN DE LA CREG 024 - 2005

Para efectos de esta resolución, se define como el conjunto de calificadores de fenómenos inherentes a la forma de onda de la tensión, que permiten juzgar el valor de las desviaciones de la tensión instantánea con respecto a su forma y frecuencia estándar, así como el efecto que dichas desviaciones pueden tener sobre los **equipos eléctricos u otros sistemas**.



DEFINICIONES

CALIDAD DE LA POTENCIA ELECTRICA

DEFINICIÓN DE LA NORMA ICONTEC DE-152/04

"Conjunto de características de la electricidad en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permiten satisfacer las necesidades requeridas por el usuario de la electricidad. Estas características son evaluadas con respecto a un conjunto de parámetros técnicos de referencia".



DEFINICIONES

Concepto de la Calidad de la Energía Eléctrica

Energía eléctrica de buena calidad es aquella que garantice el funcionamiento continuo, adecuado y seguro de los equipos eléctricos y procesos, sin afectar el medio ambiente y el bienestar de las personas (HB)

Calidad de la Energía Eléctrica

≈

Calidad de la Tensión



Concepto de la Calidad de la Energía Eléctrica

El término “Calidad de la Energía Eléctrica” puede tener significados diferentes

Europa:	Voltage Quality
USA:	Power Quality
África do Sul:	Quality of Supply
Brasil:	Qualidade da Energia Elétrica
Colombia:	Calidad de la Energía Eléctrica, Calidad de la Potencia Eléctrica



Concepto de la Calidad de la Energía Eléctrica

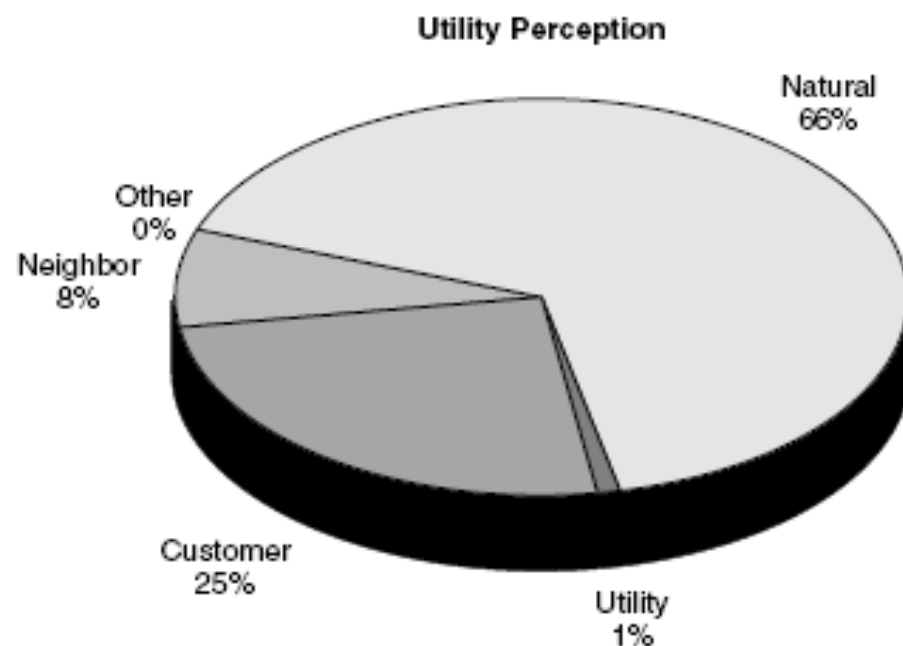
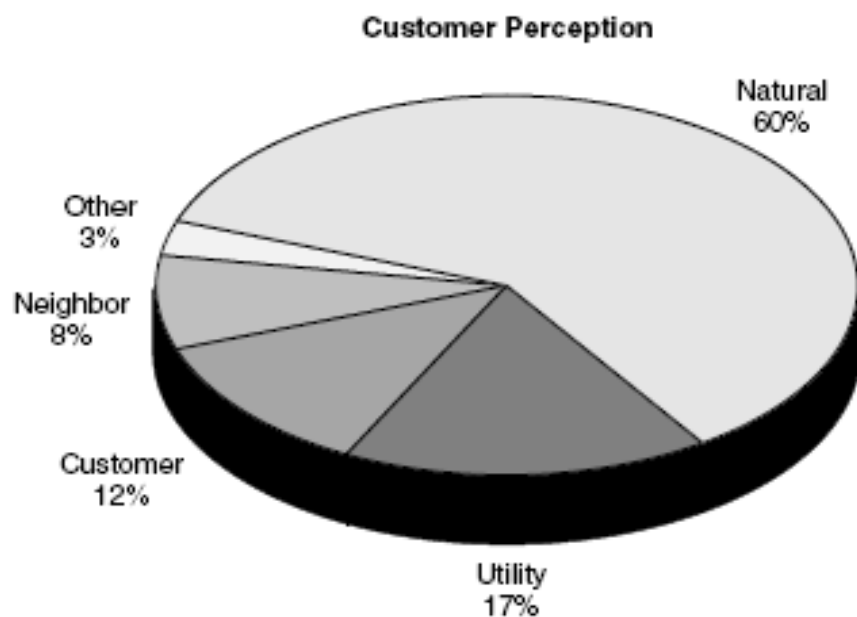


Figure 1.1 Results of a survey on the causes of power quality problems. (Courtesy of Georgia Power Co.)

Concepto de la Calidad de la Energía Eléctrica

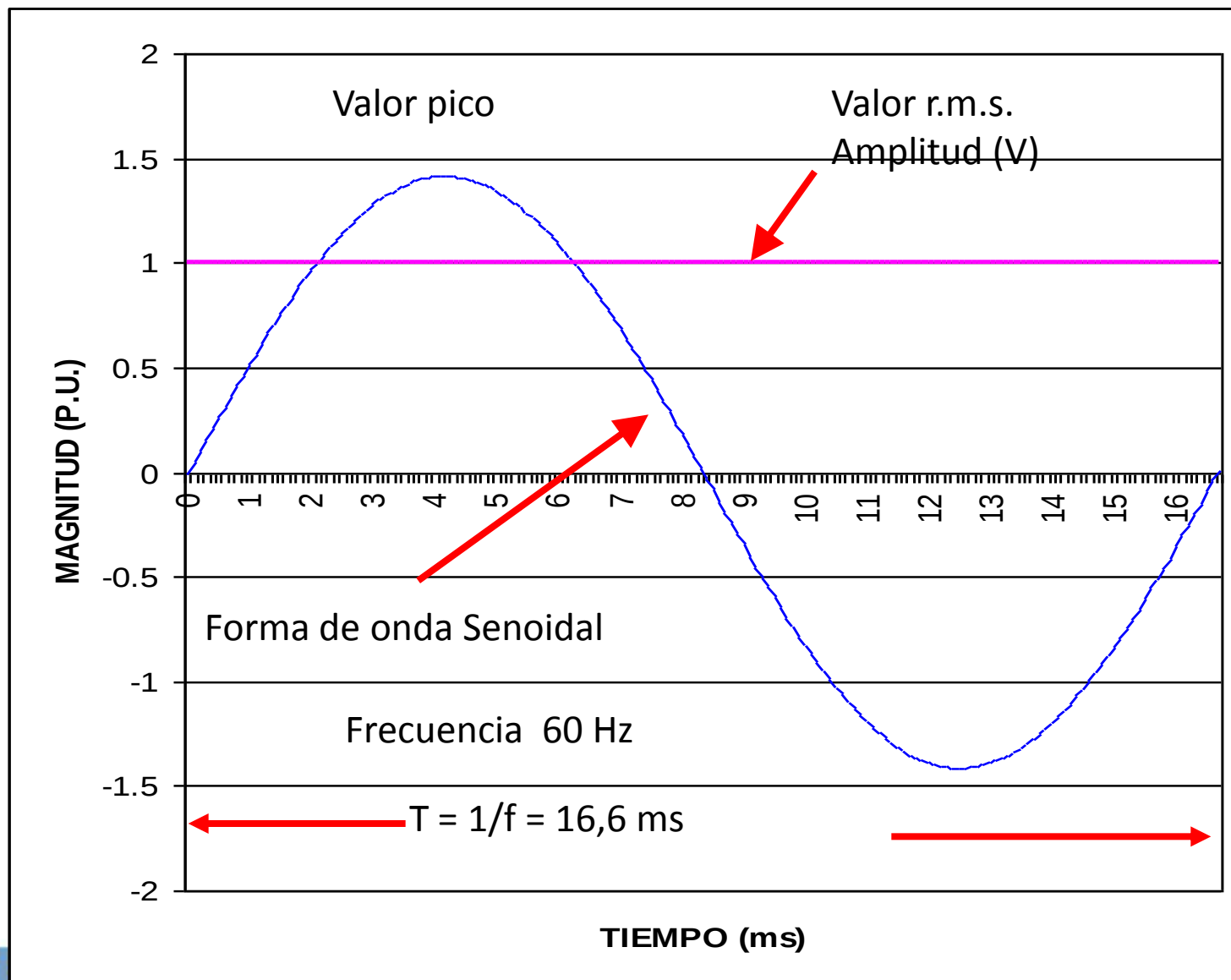
El nivel de la “calidad” de la energía eléctrica es relacionado con el mantenimiento de una tensión de suministro próxima a sus condiciones ideales.

La “calidad” de la energía eléctrica depende tanto de las empresas y de sus consumidores y fabricantes de equipos eléctricos.

La sensibilidad de la carga es un de los factores determinantes para el nivel de la “calidad” de la energía eléctrica.

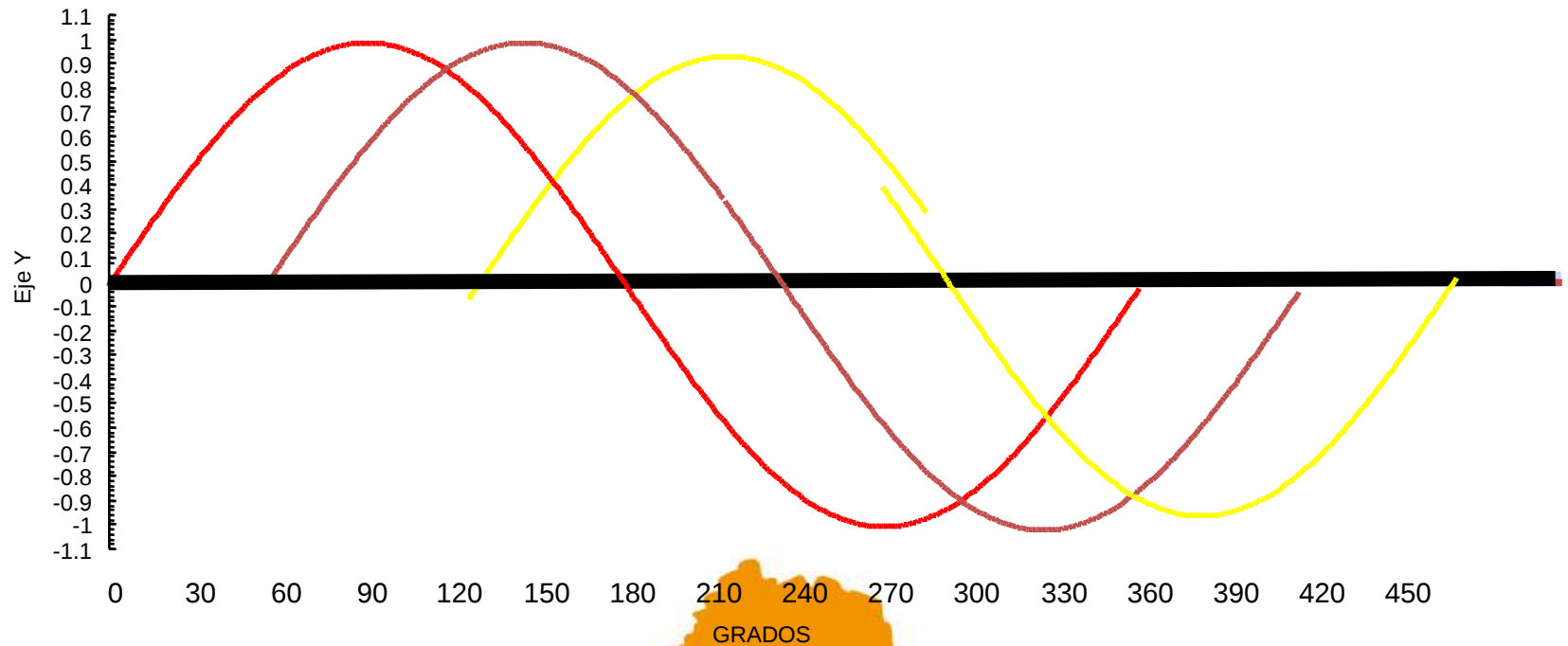


ONDA IDEAL DE TENSIÓN



TENSIÓN TRIFÁSICA

TENSIÓN TRIFÁSICA BALANCEADA



PARÁMETROS IDEALES DE CALIDAD

❖ **FRECUENCIA**

☐ **60 CICLOS POR SEGUNDO**

❖ **AMPLITUD**

☐ **SEGÚN NORMA PARA CADA APLICACIÓN**

❖ **FORMA DE ONDA**

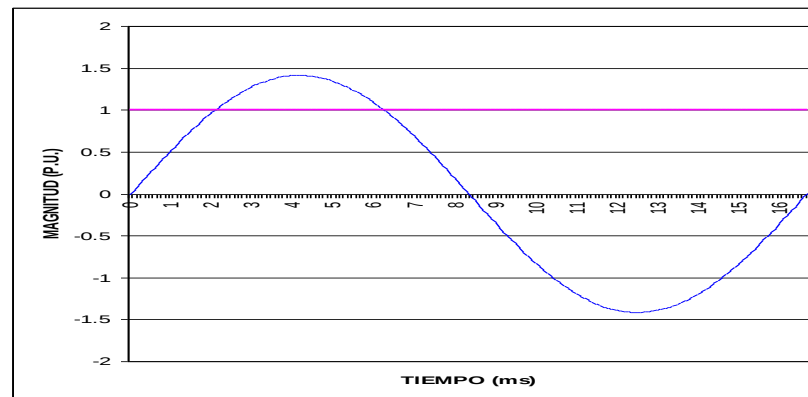
☐ **SINUSOIDAL PURA**

❖ **CONTINUIDAD**

☐ **ENERGÍA DISPONIBLE SIEMPRE**

❖ **DESBALANCE O ASIMETRÍA**

☐ **ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA BALANCEADA (TRIFÁSICOS).**



PUNTO DE CONEXIÓN COMUN (PCC)

Es el punto de conexión individual entre el SDL o el STR y el usuario final.
(Es el punto de medida de energía).

OR →

PCC →

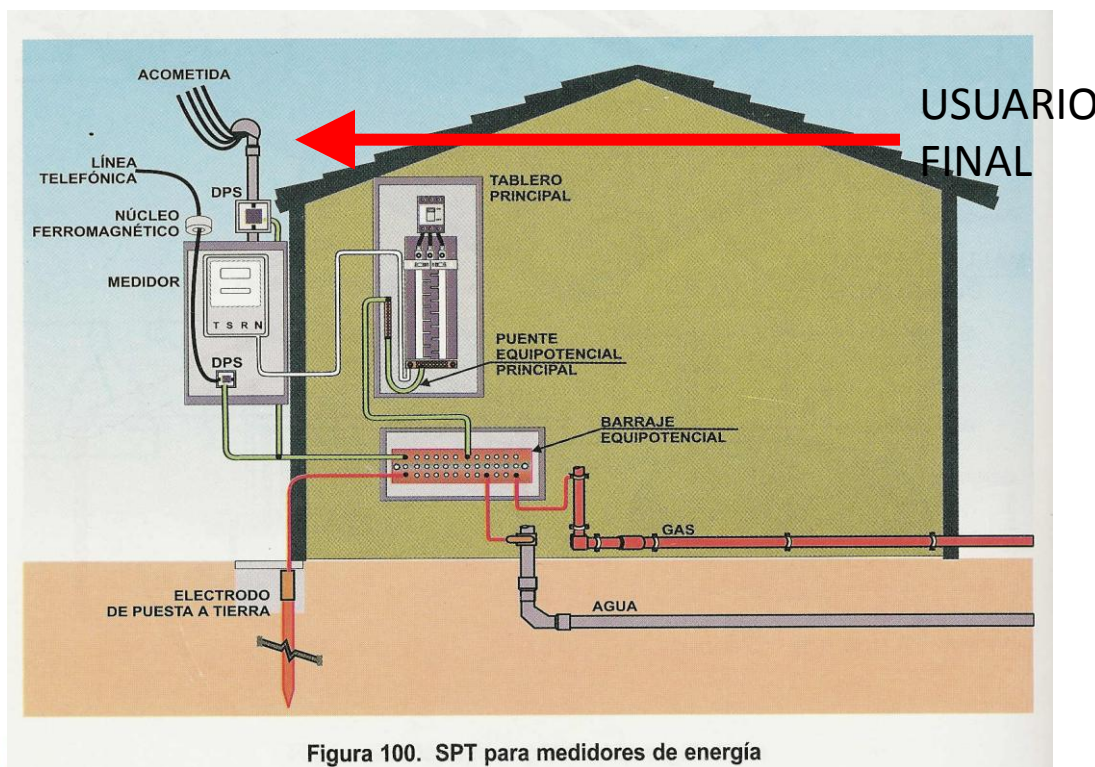


Figura 100. SPT para medidores de energía

Fuente: Segelectrica

METODOS DE MEDIDA

MEDIDAS CLASE A

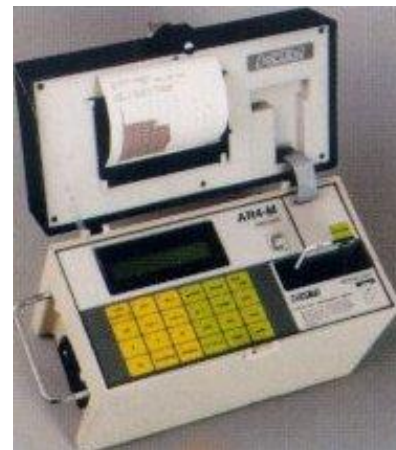
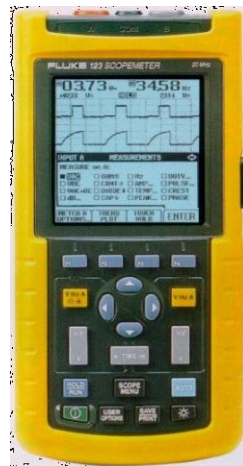
Deben emplearse medidores Clase A de acuerdo a la norma IEC 61000 - 4- 30, cuando se requiere de medidas precisas para efectos de aplicaciones contractuales, verificación del cumplimiento de los valores de referencia estipulados en ésta norma o en el caso de resolver reclamaciones o disputas entre un operador de red y un cliente.



METODOS DE MEDIDA

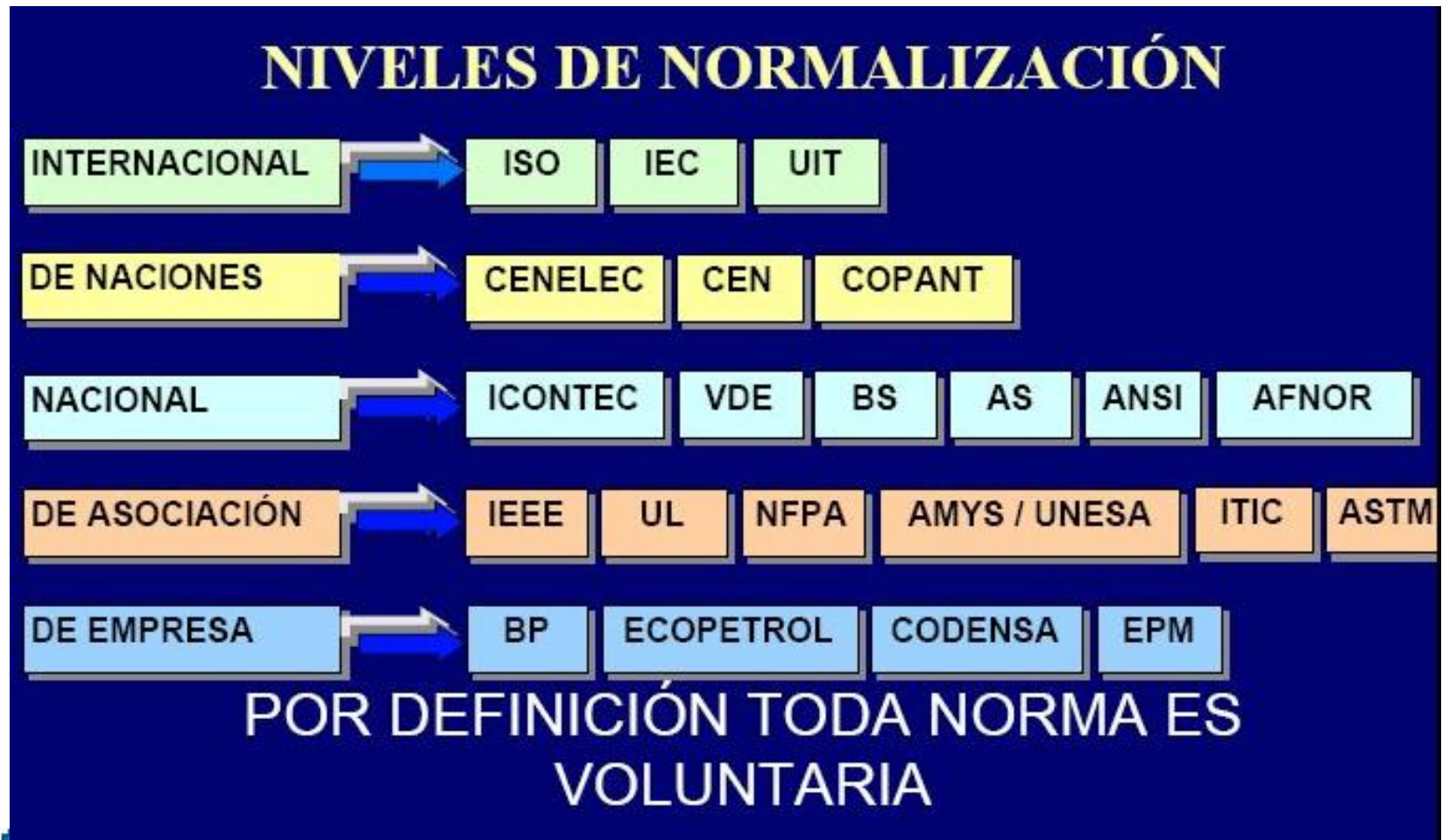
MEDIDAS CLASE B

Medidores Clase B podrán emplearse para investigaciones estadísticas, estudios de diagnóstico en instalaciones y otras aplicaciones donde no se requiere una alta precisión o baja incertidumbre.



Normas

Alineación de las Normas



CLASIFICACION DE LAS PERTURBACIONES SEGÚN LAS SIETE CATEGORÍAS

IEEE 1159 [1995] R 2001

LAS 7 CATEGORÍAS

1. TRANSITORIOS (Impulsos y oscilaciones)
2. VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN (Sags y Swells)
3. VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN
(Interrupciones, Sub y Sobretensiones)
4. DESBALANCES DE TENSIÓN (Simetria)
5. DISTORSIÓN EN LA FORMA DE ONDA
(Armónicos, Interarmónicos, ruidos, d.c. Offset)
6. FLUCTUACIONES DE TENSIÓN (Flicker)
7. VARIACIONES EN LA FRECUENCIA



PERTURBACIONES CALIDAD DE POTENCIA



INTERRUPCIÓN



SAG



SWELL



FLICKER



TRANSITORIO



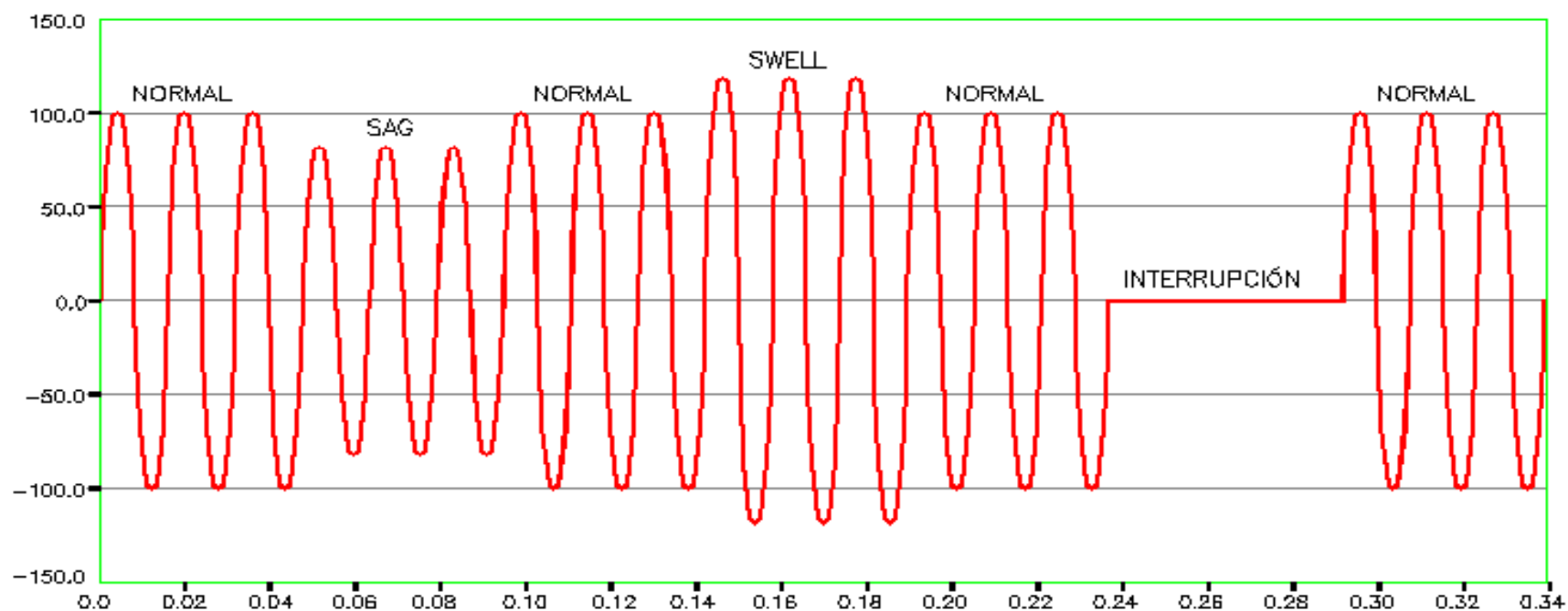
VARIACIÓN DE FRECUENCIA



ARMÓNICOS

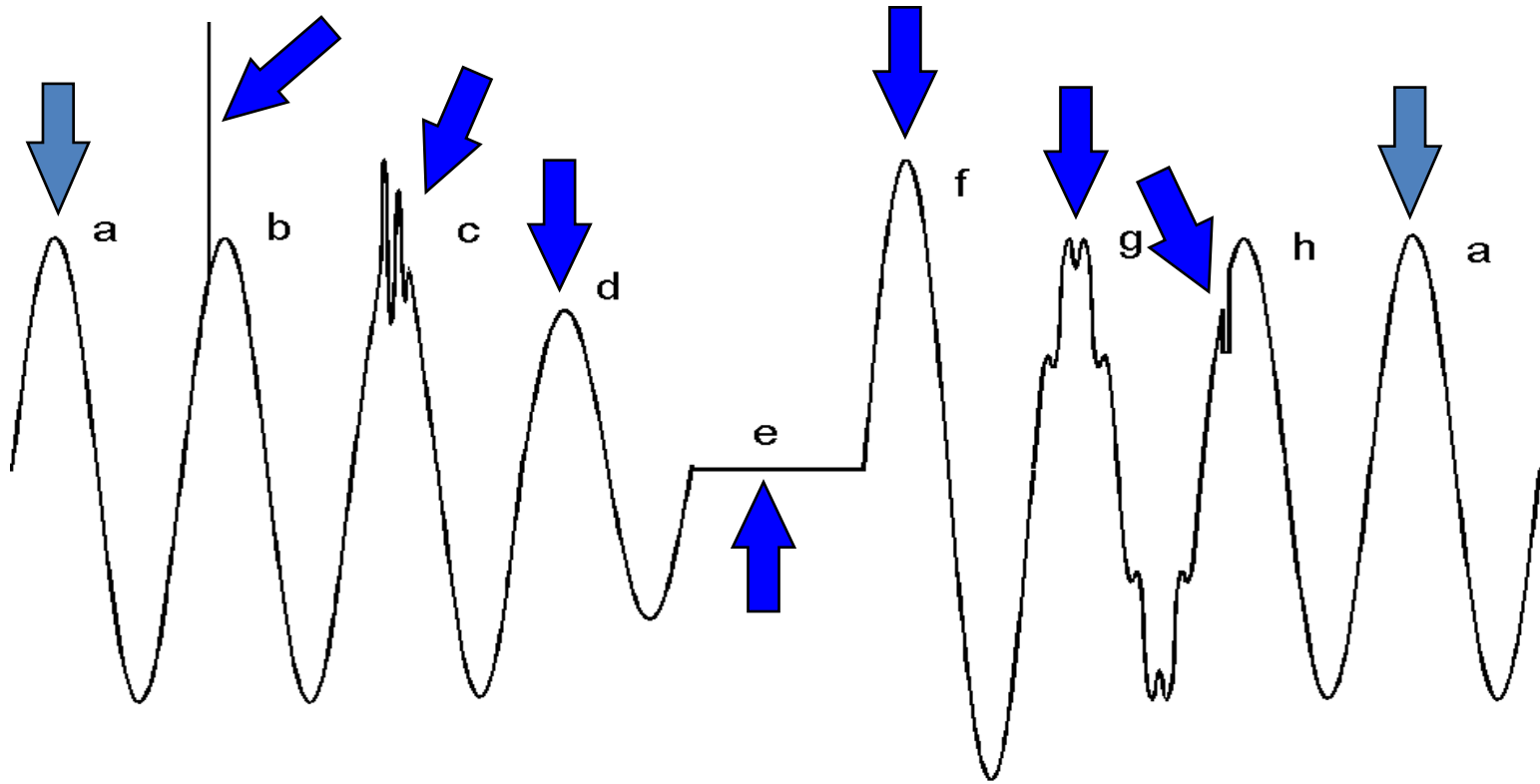


PERTURBACIONES CALIDAD DE POTENCIA



FUENTE : GERS

Principales Fenómenos que Inciden en la Calidad de la Energía Eléctrica



a) Tensión normal; b) Impulso; c) Transitorio Oscilante;
d) Hundimiento Momentáneo; e) Interrupción Momentáneo;
f) Elevación Momentánea; g) Distorción Armónica; h) Recorte en la Tensión

Fuente: Ing. Herivelto S. Bronzeado



CLASIFICACIÓN DE PERTURBACIONES

según IEEE- 1159 (R 2001)

CATEGORÍAS	ESPECTRO TÍPICO	DURACIÓN TÍPICA	MAGNITUD DE TENSIÓN
1.0 TRANSITORIOS			
1.1 IMPULSOS	5ns - 0.1 ms	<50ns y >1ms	
1.2 OSCILACIONES			
1.2.1 FRECUENCIA BAJA	< 5 kHz	0,3 a 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2 FRECUENCIA MEDIA	5 - 500 kHz	20 μ s	0 - 8 pu
1.2.3 FRECUENCIA ALTA	0.5 - 5 MHz	5 μ s	0 - 4 pu
2.0 VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN			
2.1 INSTANTÁNEAS			
2.1.1 DEPRESIONES (SAGS)		0.5 - 30 ciclos	0.1 - 0.9 pu
2.1.2 ELEVACIONES (SWELLS)		0.5 - 30 ciclos	1.1 - 1.8 pu
2.2 MOMENTÁNEAS			
2.2.1 INTERRUPCIONES		0.5 ciclos - 3 s	< 0.1 pu
2.2.2 DEPRESIONES		30 ciclos - 3s	0.1 - 0.9 pu
2.2.3 ELEVACIONES		30 ciclos - 3s	1.1 - 1.4 pu
2.3 TEMPORALES			
2.3.1 INTERRUPCIONES		3s - 1 min	< 0.1 pu
2.3.2 DEPRESIONES		3s - 1 min	0.1 - 0.9 pu
2.3.3 ELEVACIONES		3s - 1 min	1.1 - 1.2 pu



CLASIFICACIÓN DE PERTURBACIONES

según IEEE- 1159 (R 2001)

CATEGORÍAS	ESPECTRO TÍPICO	DURACIÓN TÍPICA	MAGNITUD DE TENSIÓN
3.0 VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN			
3.1 INTERRUPCIONES		> 1 min	0.0 pu
3.2 SUBTENSIONES		> 1 min	0.8 - 0.9 pu
3.3 SOBRETENSIONES		> 1 min	1.1 - 1.2 pu
4.0 DESBALANCES DE TENSIÓN		Estado estable	0.5 - 2%
5.0 DEFORMACIONES DE LA FORMA DE ONDA			
5.1 DC OFFSET		Estado estable	0 - 0.1%
5.2 ARMÓNICOS	0-100° Armónico	Estado estable	0 - 20%
5.3 INTERARMÓNICOS	0-6 kHz	Estado estable	0 - 2%
5.4 RUIDO	Banda Ancha	Estado estable	0 - 1%
6.0 FLUCTUACIONES DE TENSIÓN	< 25 Hz	Intermitentes	0.1 - 7%
7.0 FLUCTUACIONES DE FRECUENCIA		<10 s	



VARIACIONES DE TENSION

IEEE-1159 -1995 (R-2001)

Transitorias



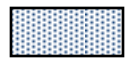
Instantáneas



Momentáneas



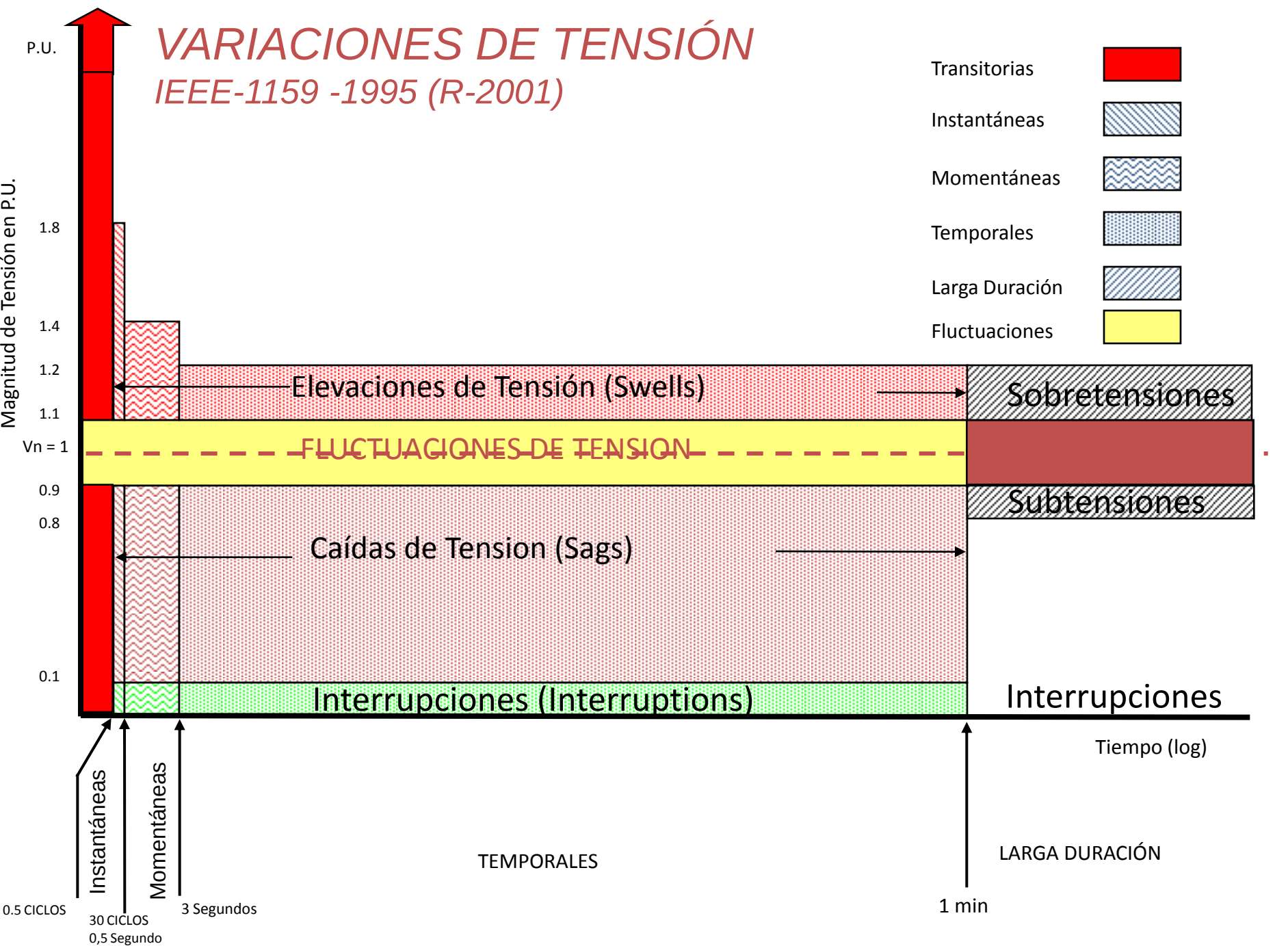
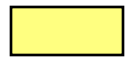
Temporales



Larga Duración



Fluctuaciones



Sobretensiones

Elevaciones de Tensión (Swells)

FLUCTUACIONES DE TENSION

Caídas de Tension (Sags)

Subtensiones

Interrupciones (Interruptions)

Interrupciones

Tiempo (log)

TEMPORALES

LARGA DURACIÓN

Instantáneas

Momentáneas

0.5 CICLOS

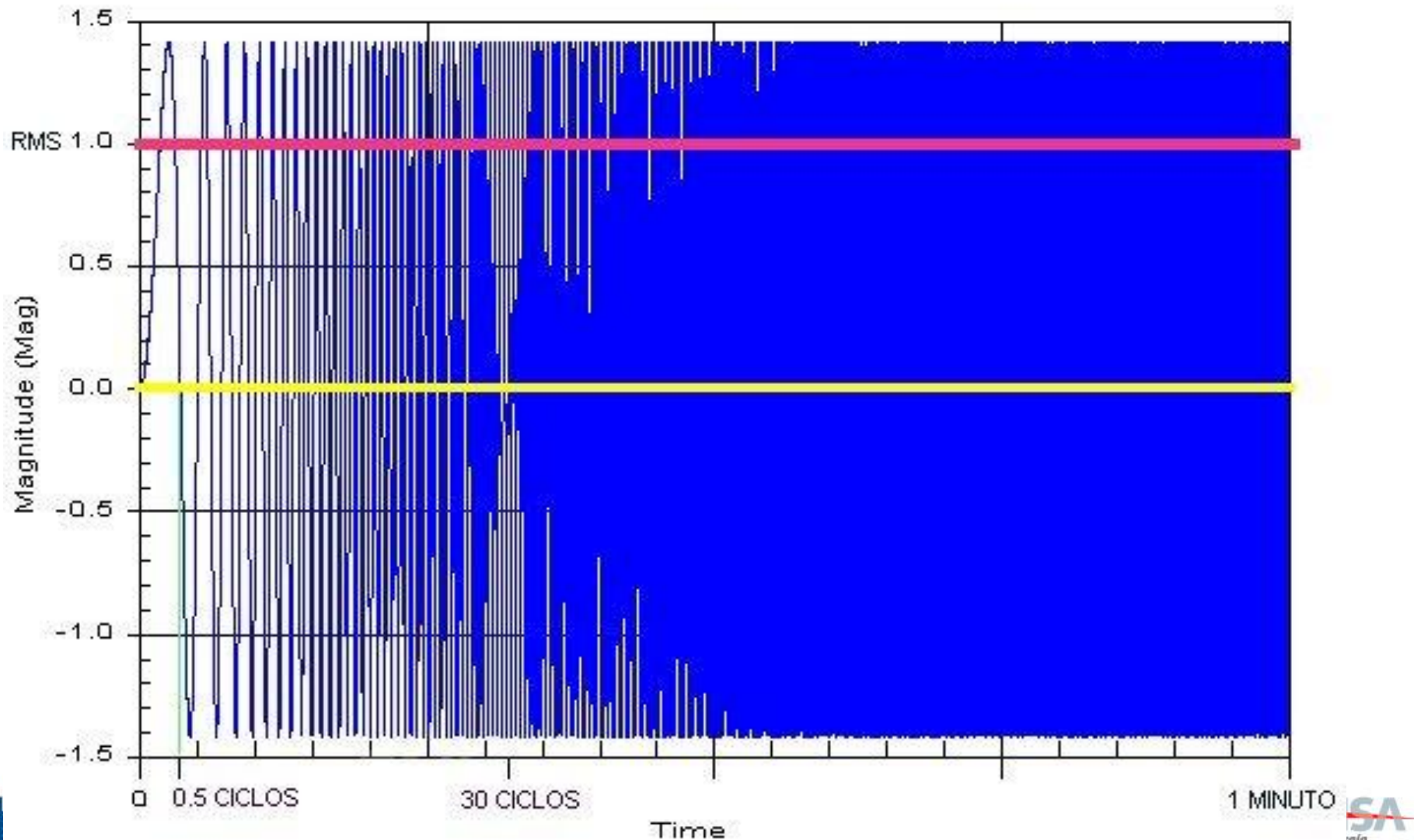
30 CICLOS

0,5 Segundo

3 Segundos

1 min

CLASIFICACIÓN DE PERTURBACIONES IEEE-1159 -1995



ITI (CBEMA) Curve (Revised 2000)

Information Technology Industry Council (ITI)

Percent of nominal Voltage (RMS or peak equivalent)

APLICABILIDAD

120V de Tensión Nominal

obtenido de sistemas 208Y/120V, y 120/240V, 60Hz .

Prohibited Region

No Damage
Region

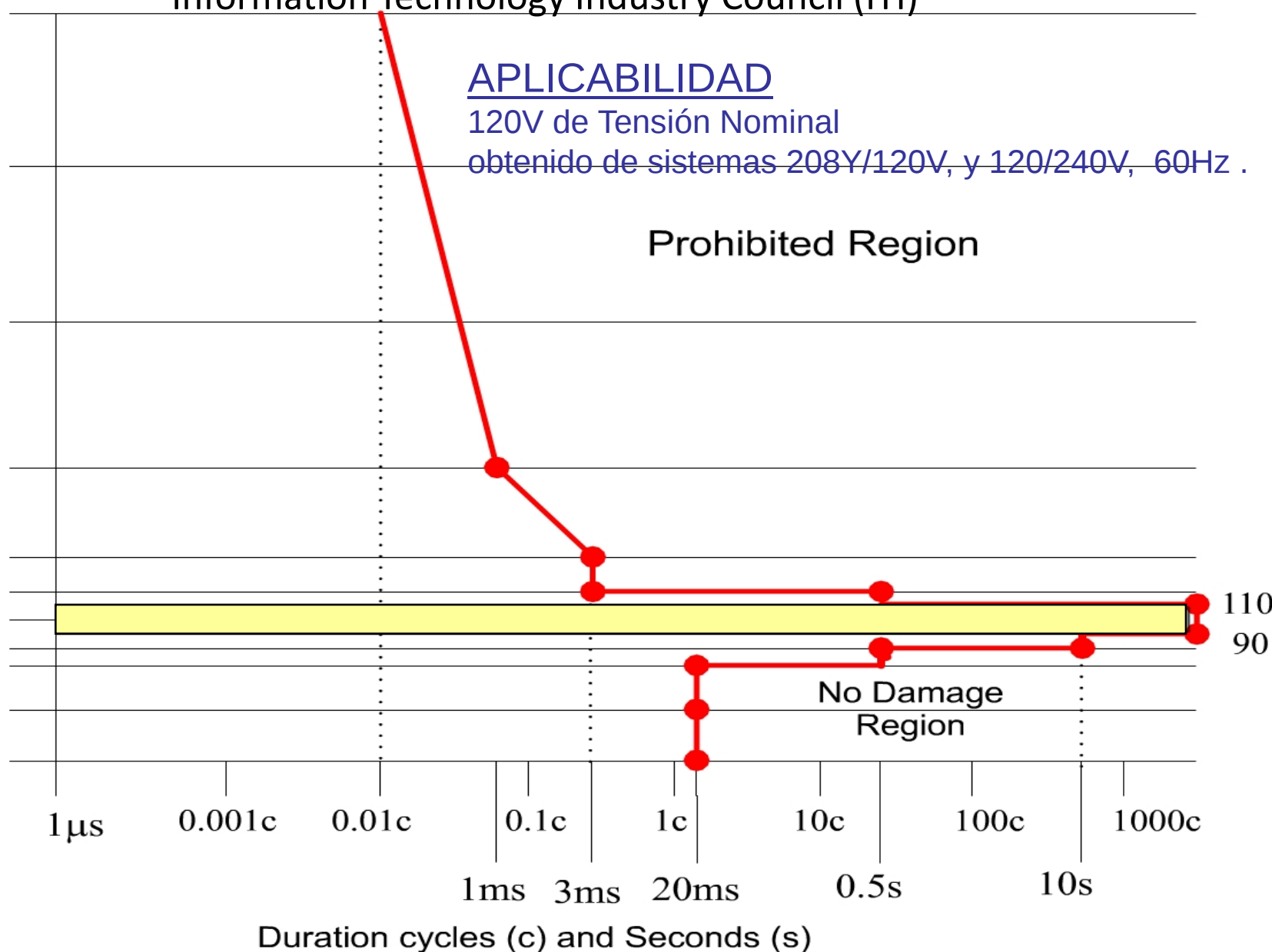
1 μ s 0.001c 0.01c 0.1c 1c 10c 100c 1000c

1ms 3ms 20ms 0.5s 10s

Duration cycles (c) and Seconds (s)

110

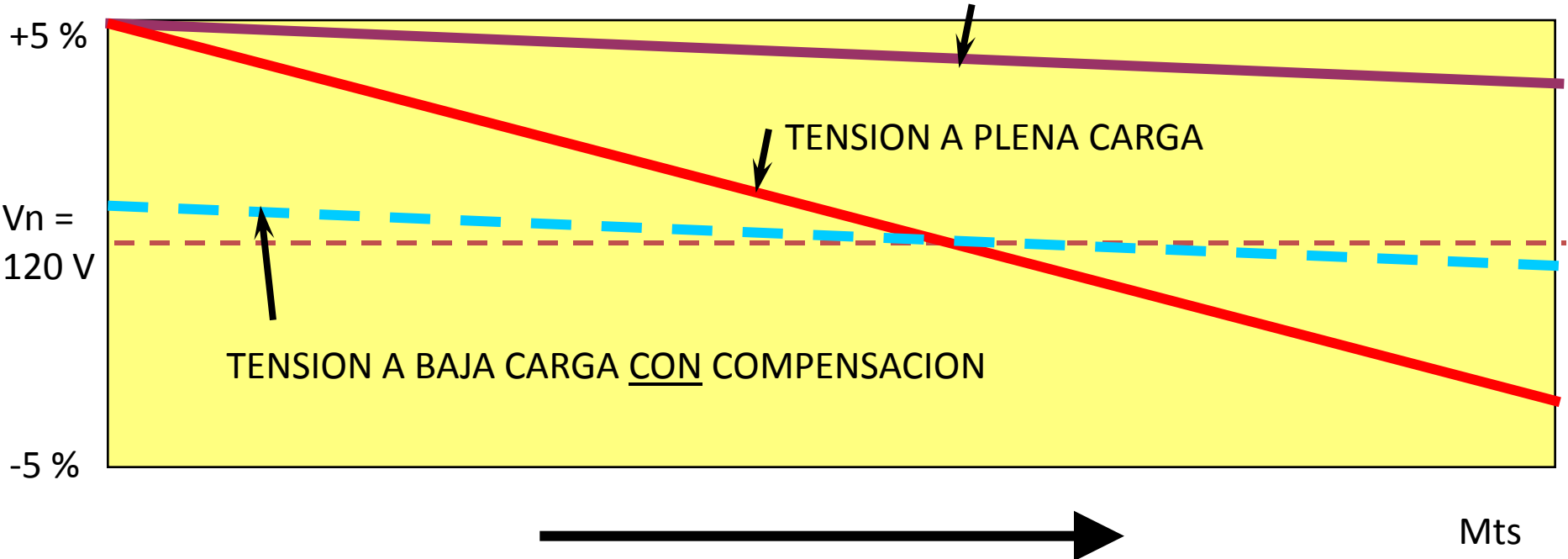
90



VARIACIONES DE TENSIÓN ESTADO ESTABLE

ANSI C84.1-1989

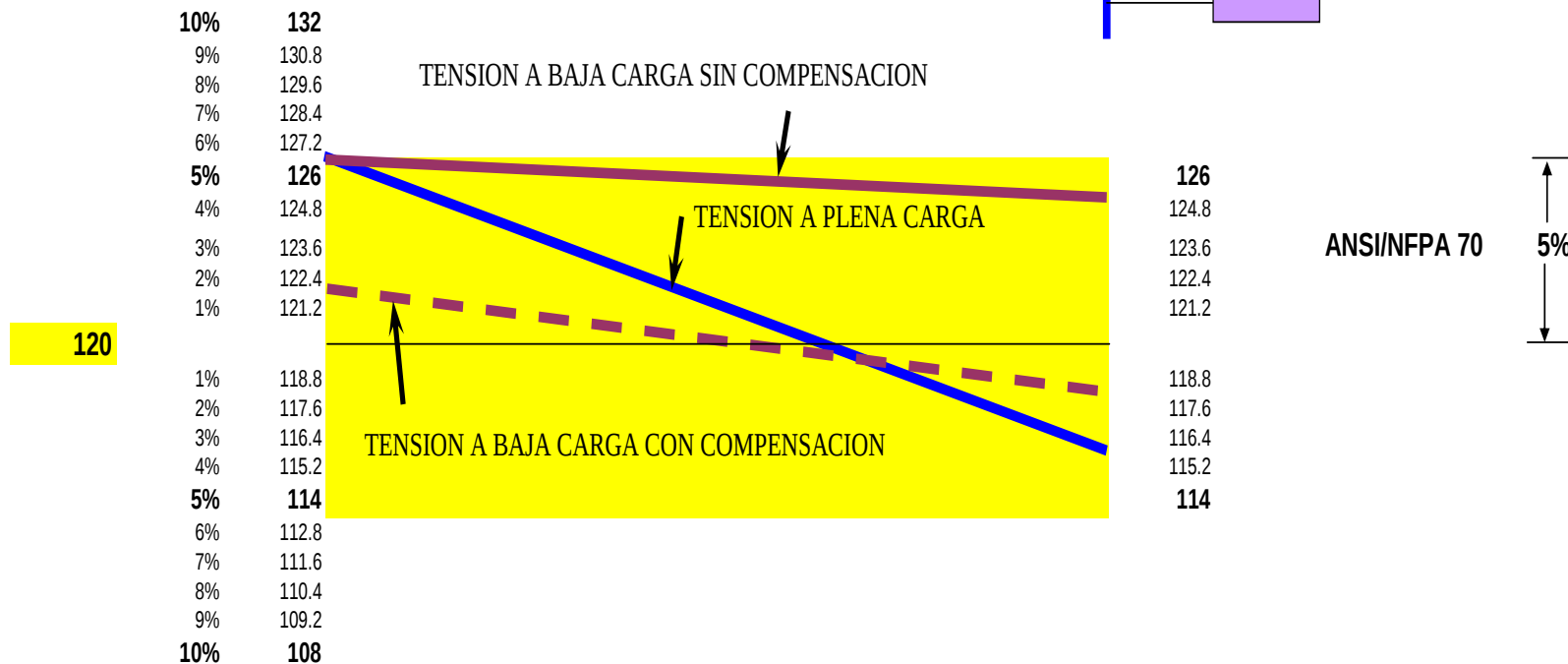
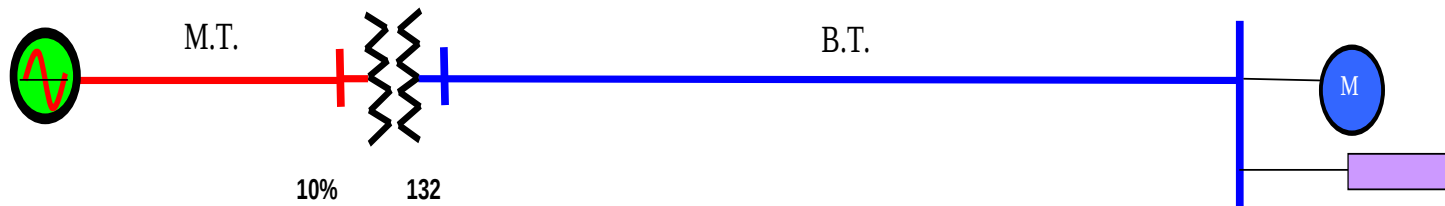
TENSION A BAJA CARGA SIN COMPENSACION



DISTANCIA DEL ALIMENTADOR

RANGO DE FLUCTUACIONES DE TENSION



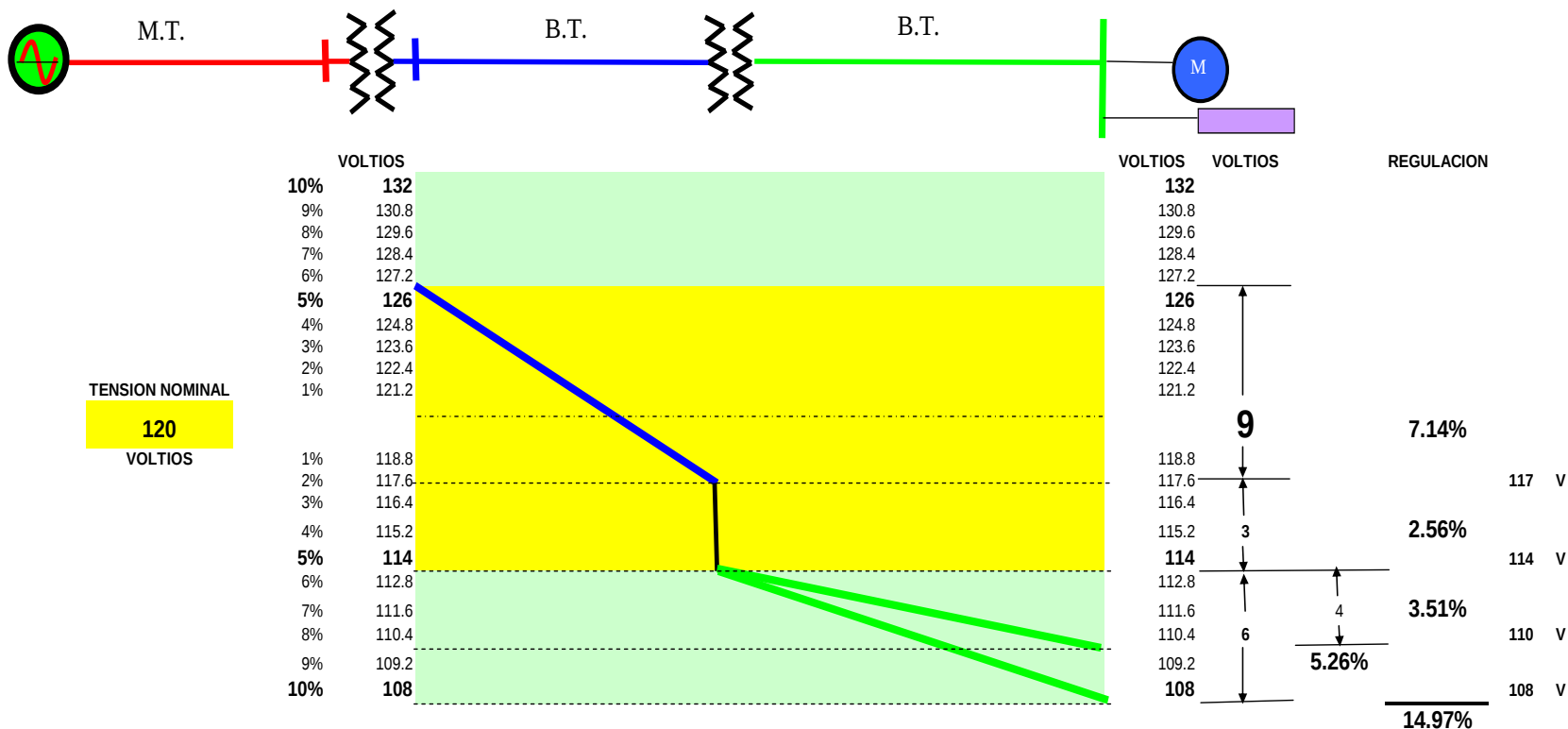


REGULACION DE TENSION =

RELACION ENTRE LA TENSION DE VACIO Y PLENA CARGA REFERIDA A LA DE PLENA CARGA Y EXPRESADA EN %

$R = \frac{(V_o - V_n)}{V_i}$	8%	$R = \frac{(V_o - V_n)}{V_i}$	1%	$R = \frac{(V_o - V_n)}{V_i}$	6%
$V_o = 116.4$		$V_o = 124.8$		$V_o = 118.8$	
$V_n = 126$		$V_n = 126$		$V_n = 126$	

REGULACION DE TENSION - COMPENSACION ANSI C84.1-989

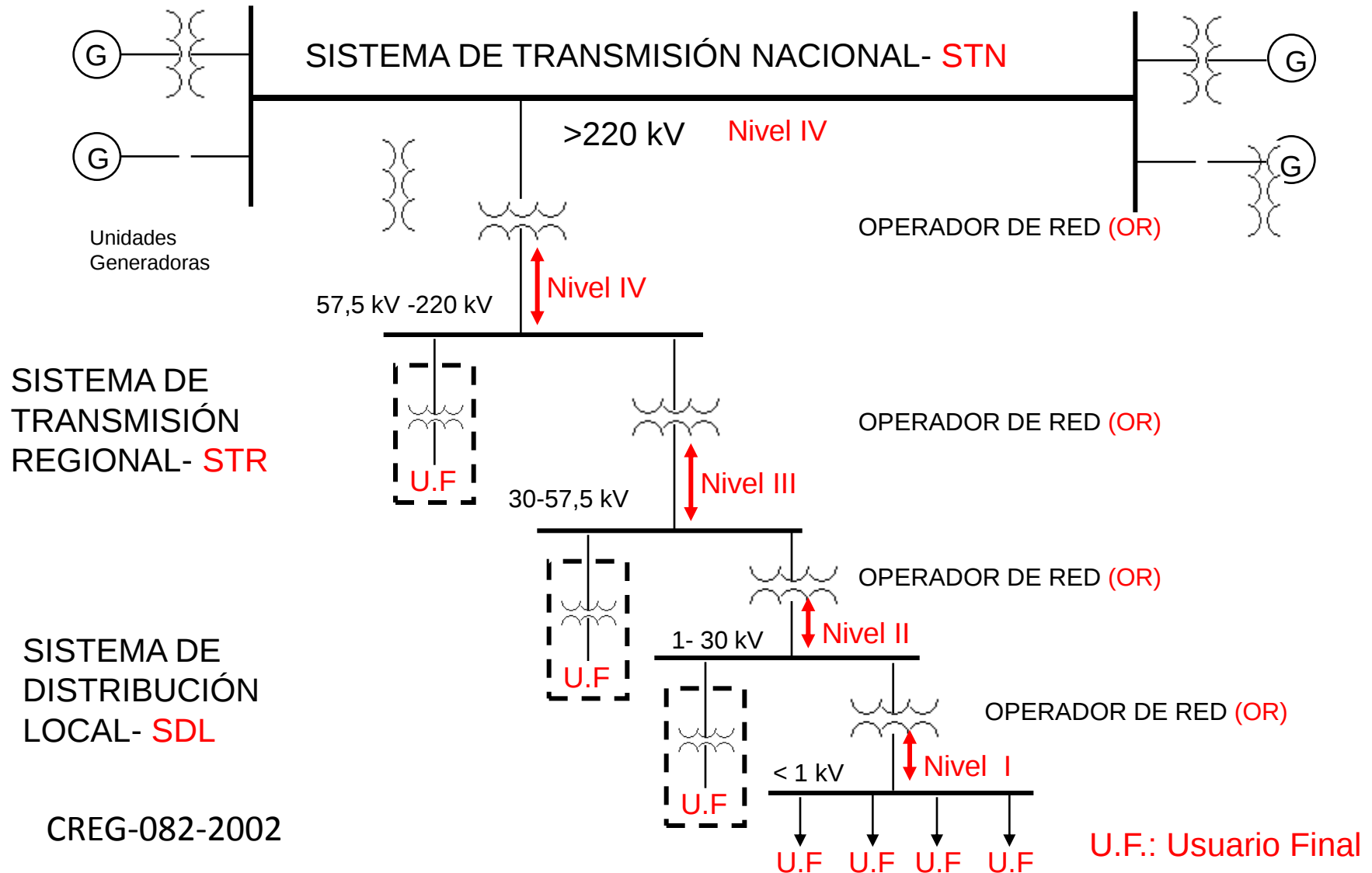


REGULACION DE TENSION = RELACION ENTRE LA TENSION DE VACIO Y PLENA CARGA REFERIDA A LA DE PLENA CARGA Y EXPRESADA EN %

R =	(Vo - Vn) / Vi	7.14%	R =	(Vo - Vn) / Vi	2.6%	R =	(Vo - Vn) / Vi	5%	R =	(Vo - Vn) / Vi	3.51%
Vo =	117 V		Vo =	114 V		Vo =	108 V		Vo =	110 V	
Vn =	126 V		Vn =	117 V		Vn =	114 V		Vn =	114 V	
Δ	9 V		Δ	3 V		Δ	6 V		Δ	4 V	

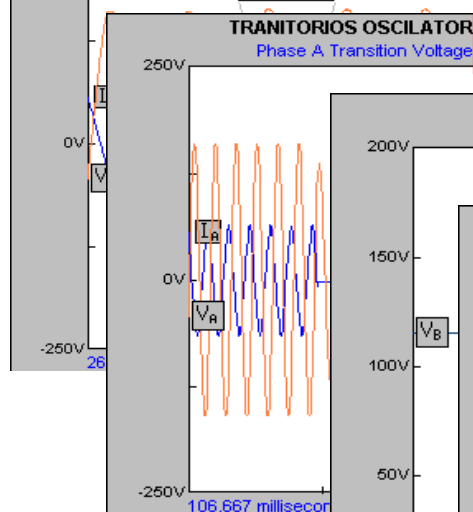
COMPORTAMIENTO DE LIMITES DEL RANGO A ANSI C84.1-989

ESQUEMA INFRAESTRUCTURA OPERADOR RED





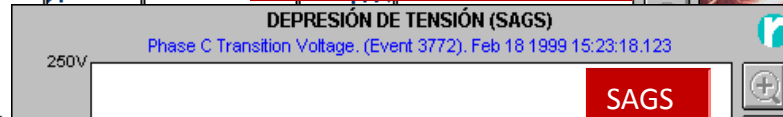
SOBRETENSIONES IMPULSO



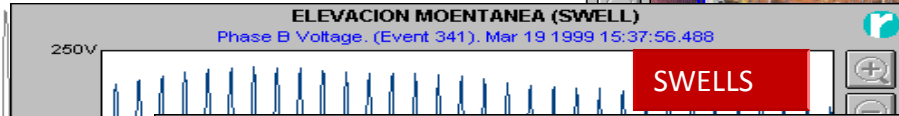
SOBRETENSIONES OSCILATORIAS



CORTES DE ENERGIA



SAGS



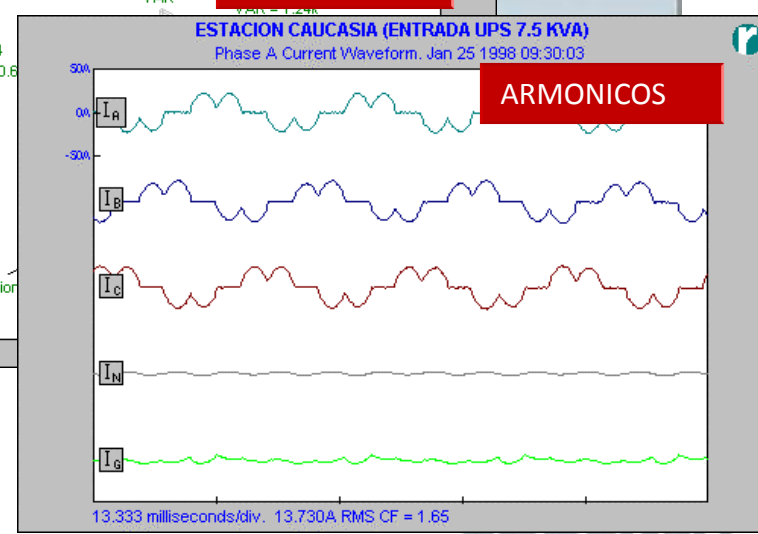
SWELLS



FLICKER



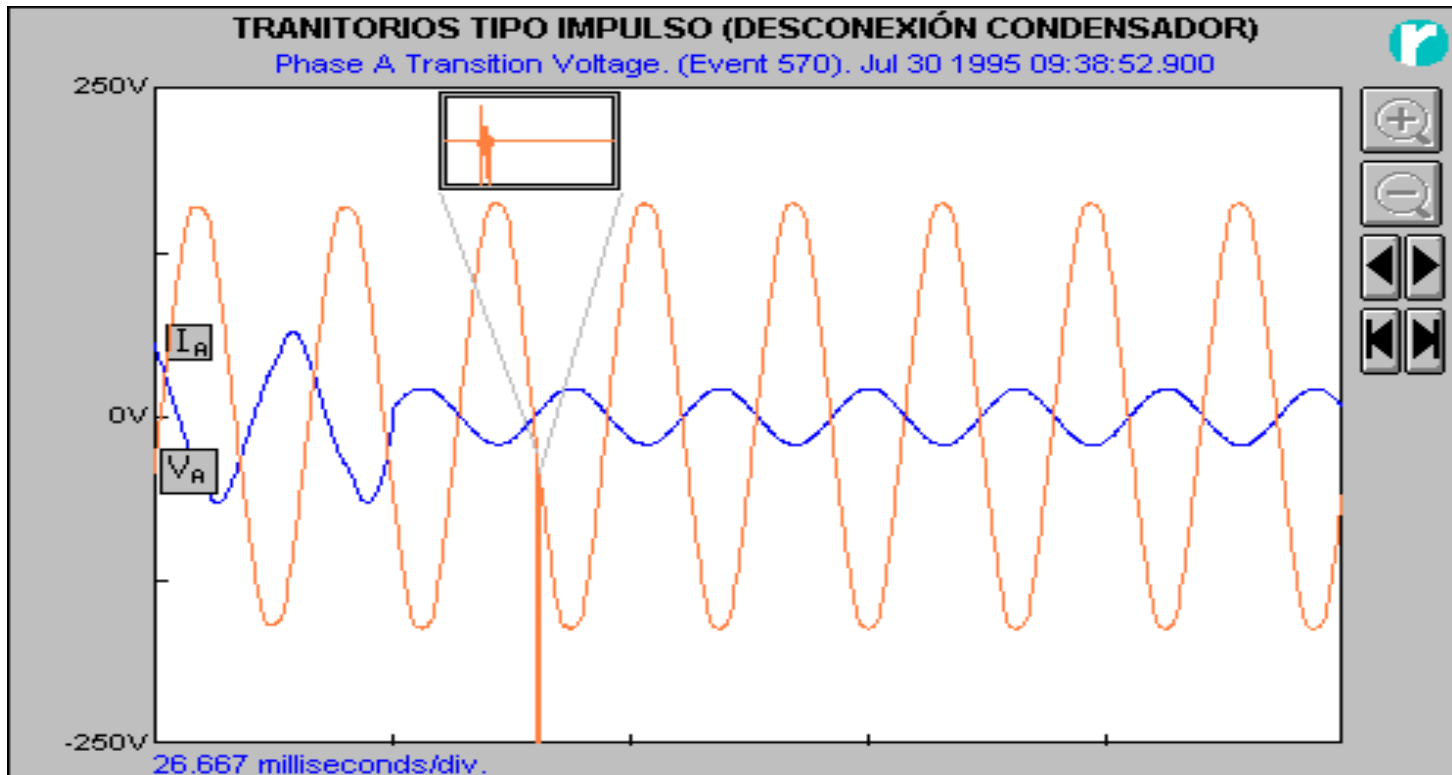
FACTOR DE POTENCIA



ARMONICOS



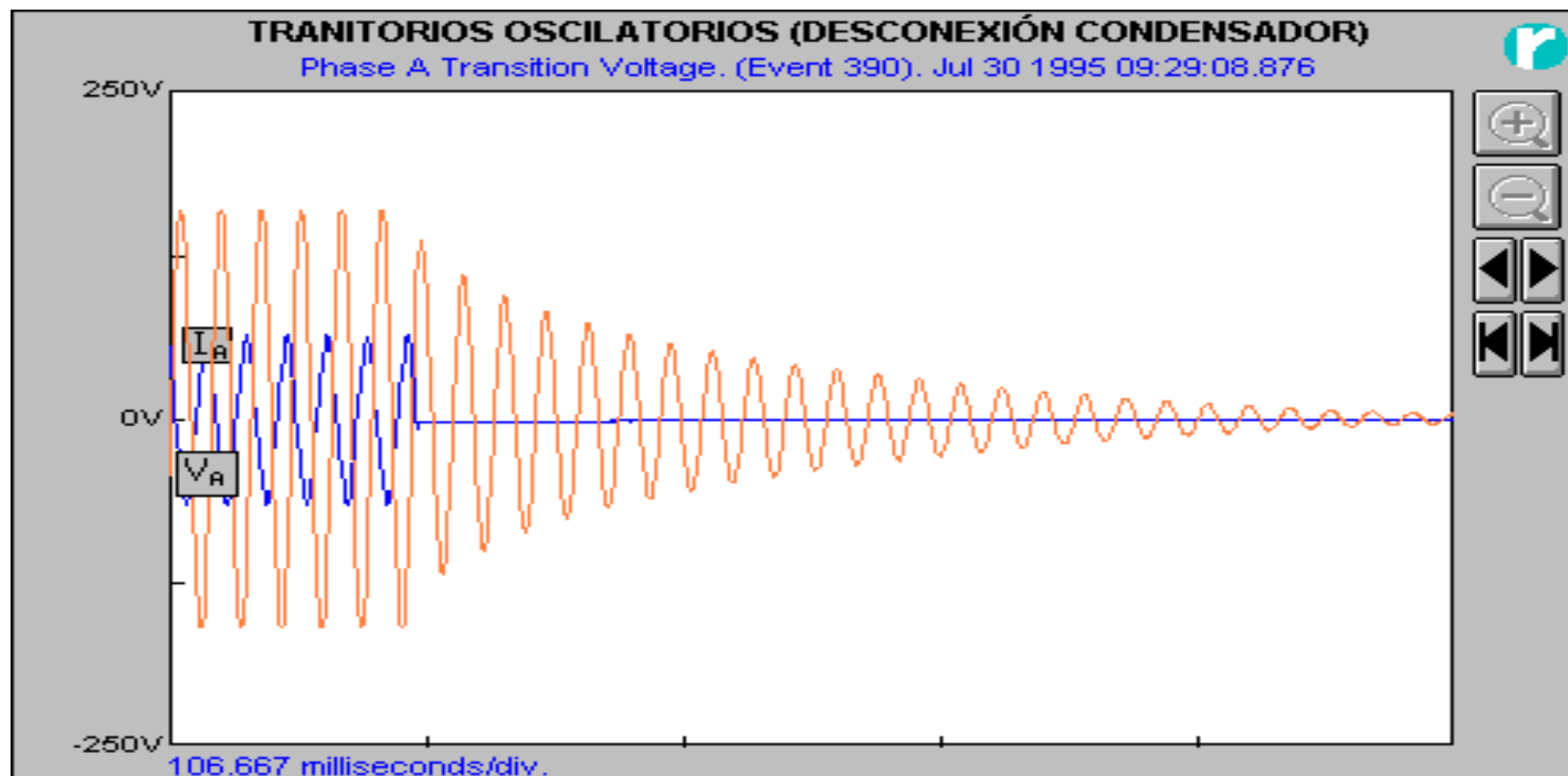
EVENTOS TRANSITORIOS - Tipo Impulso



Es un transitorio **aleatorio** que varía en una frecuencia diferente a la del sistema en Estado Estable de la tensión, corriente o ambos, con la característica de ser **unidireccional** en su polaridad (negativos o positivos).



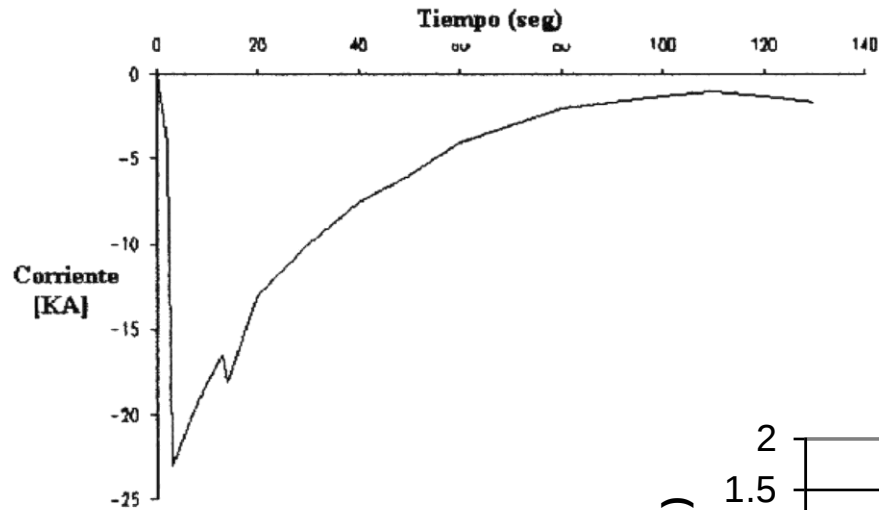
EVENTOS TRANSITORIOS - Tipo Oscilatorio



Es un transitorio que varía su valor **instantáneo** y **polaridad** rápidamente. Son el resultado de respuestas de circuitos RLC de potencia y efectos de ferresonancia en transformadores (baja frecuencia).

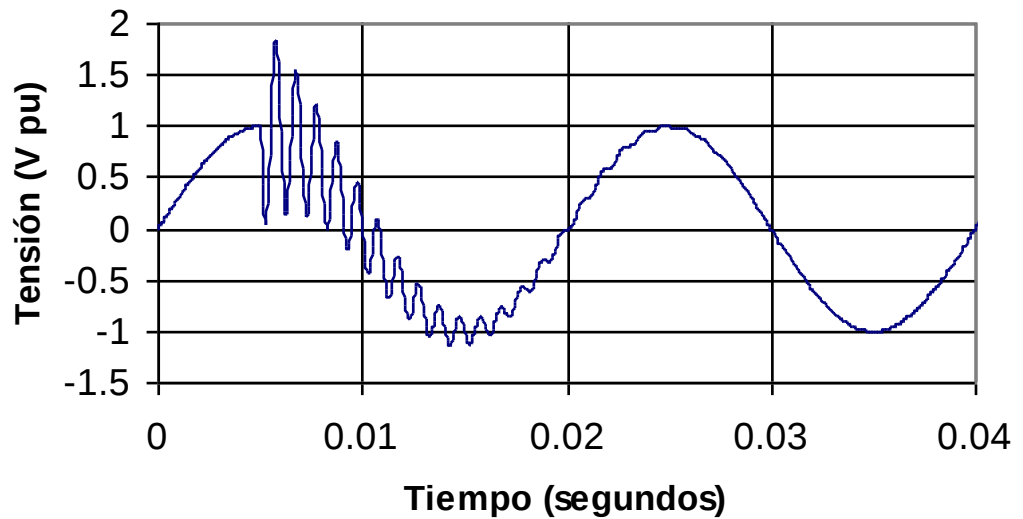


Eventos Transitorios



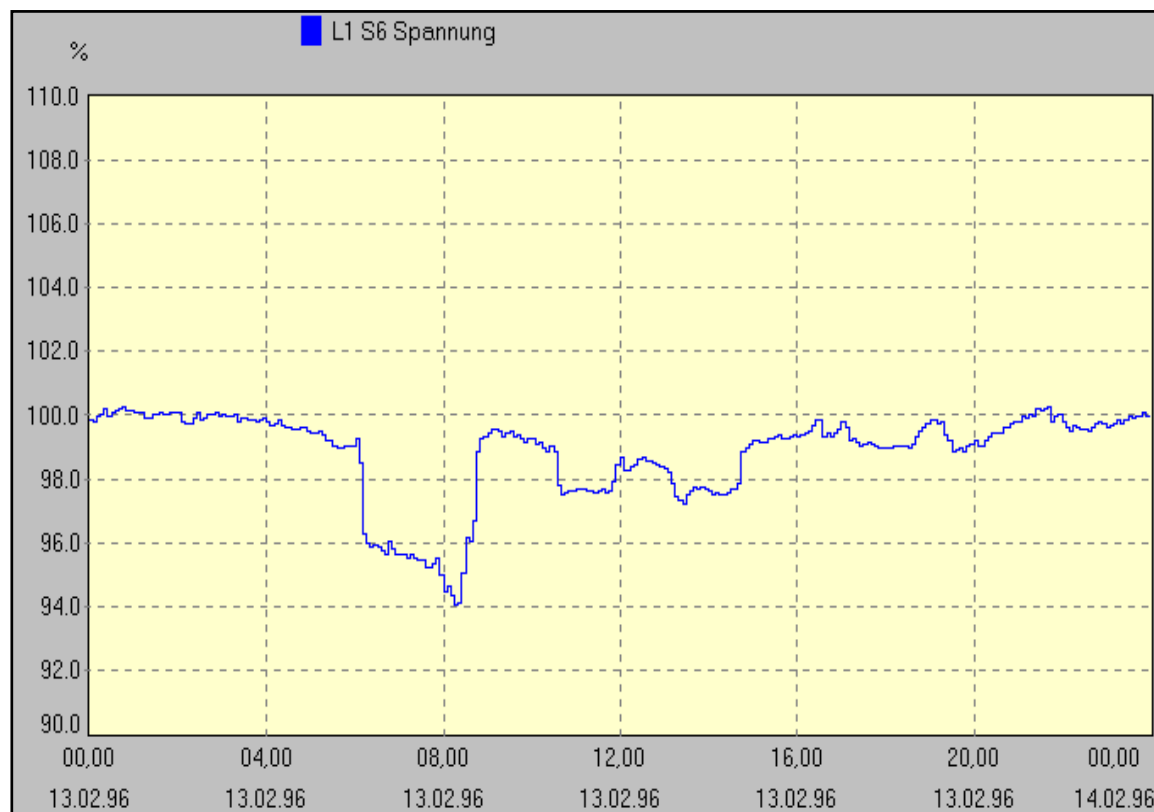
Tipo Impulso

Tipo Oscilatorio



Variaciones de tensión (EN-50160)

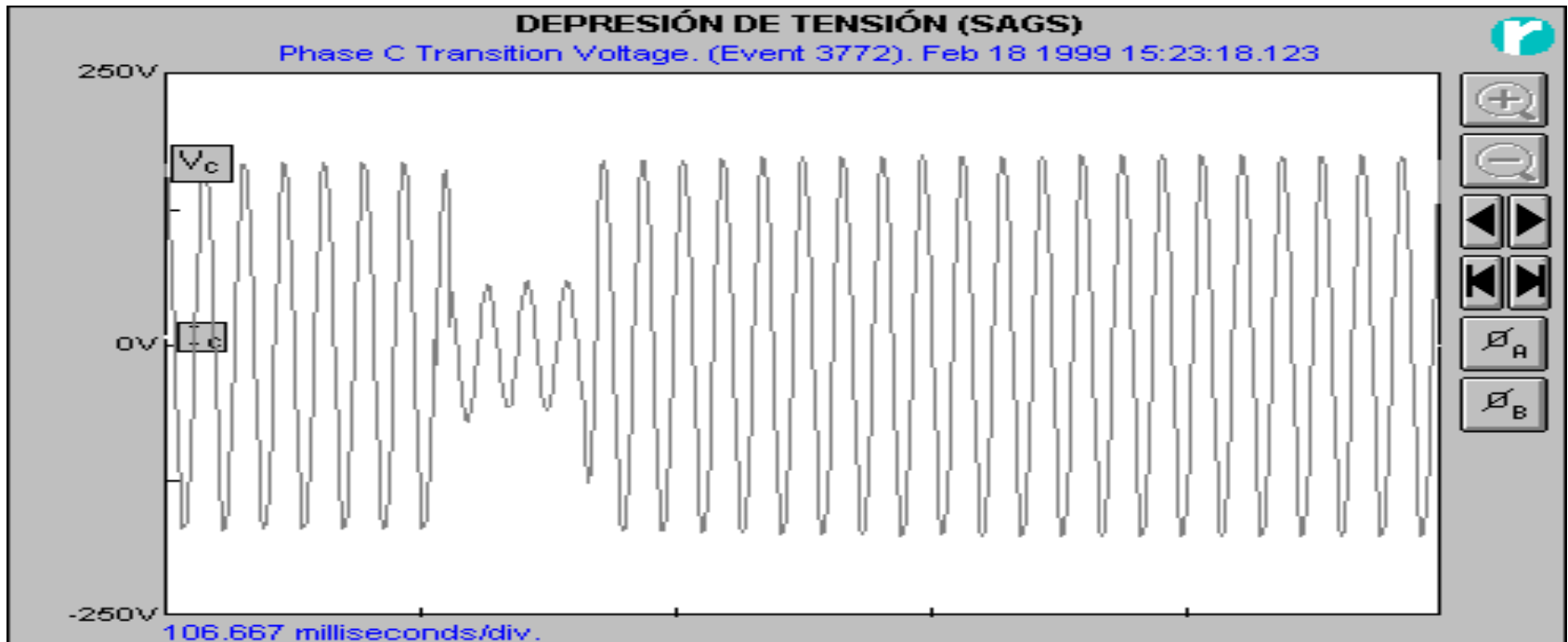
¡Necesitamos un cable mayor para reducir la caída de tensión!



El 95 % de los valores medios (10 min.) durante una semana deben estar en $\pm 10\%$ de la tensión nominal.

CAIDAS DE TENSIÓN

- HUECOS - SAGS - DIPS

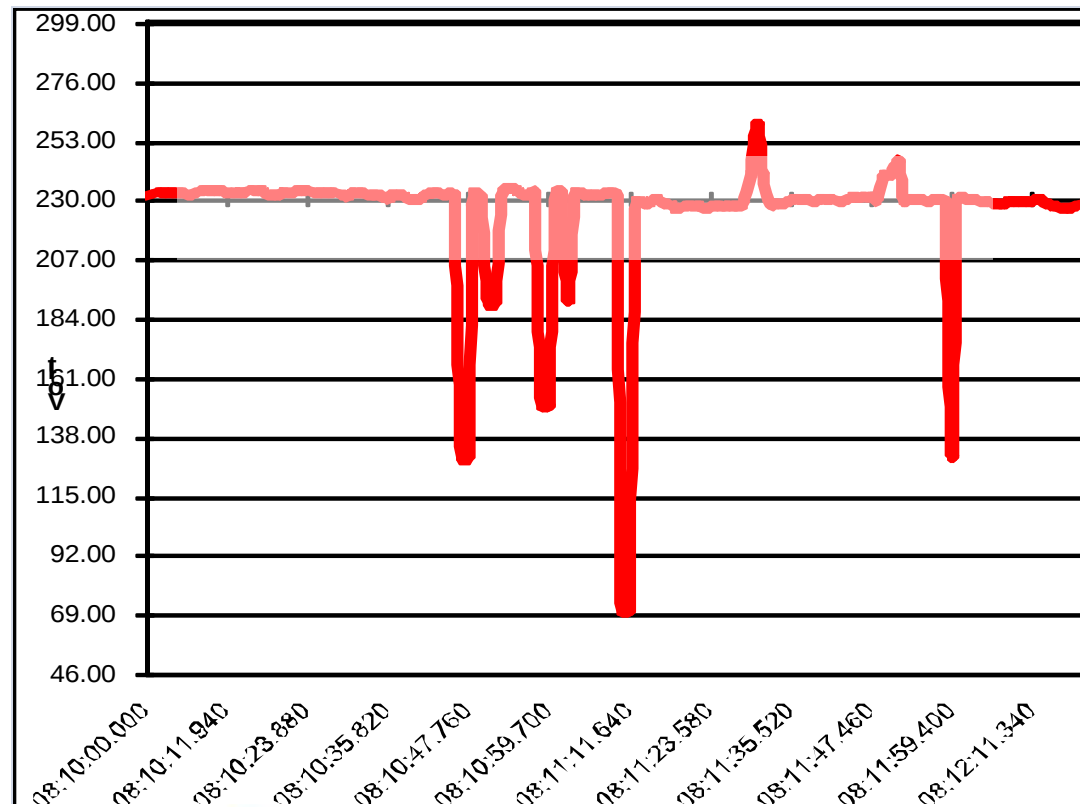


Es un transitorio de **corta duración** de frecuencia nominal, en donde el valor instantáneo de la tensión **disminuye** por debajo del 90%, estos son asociados con entrada y salida de grandes cargas en el sistema o arranque de motores.



Huecos de tensión y pulsos (EN-50160)

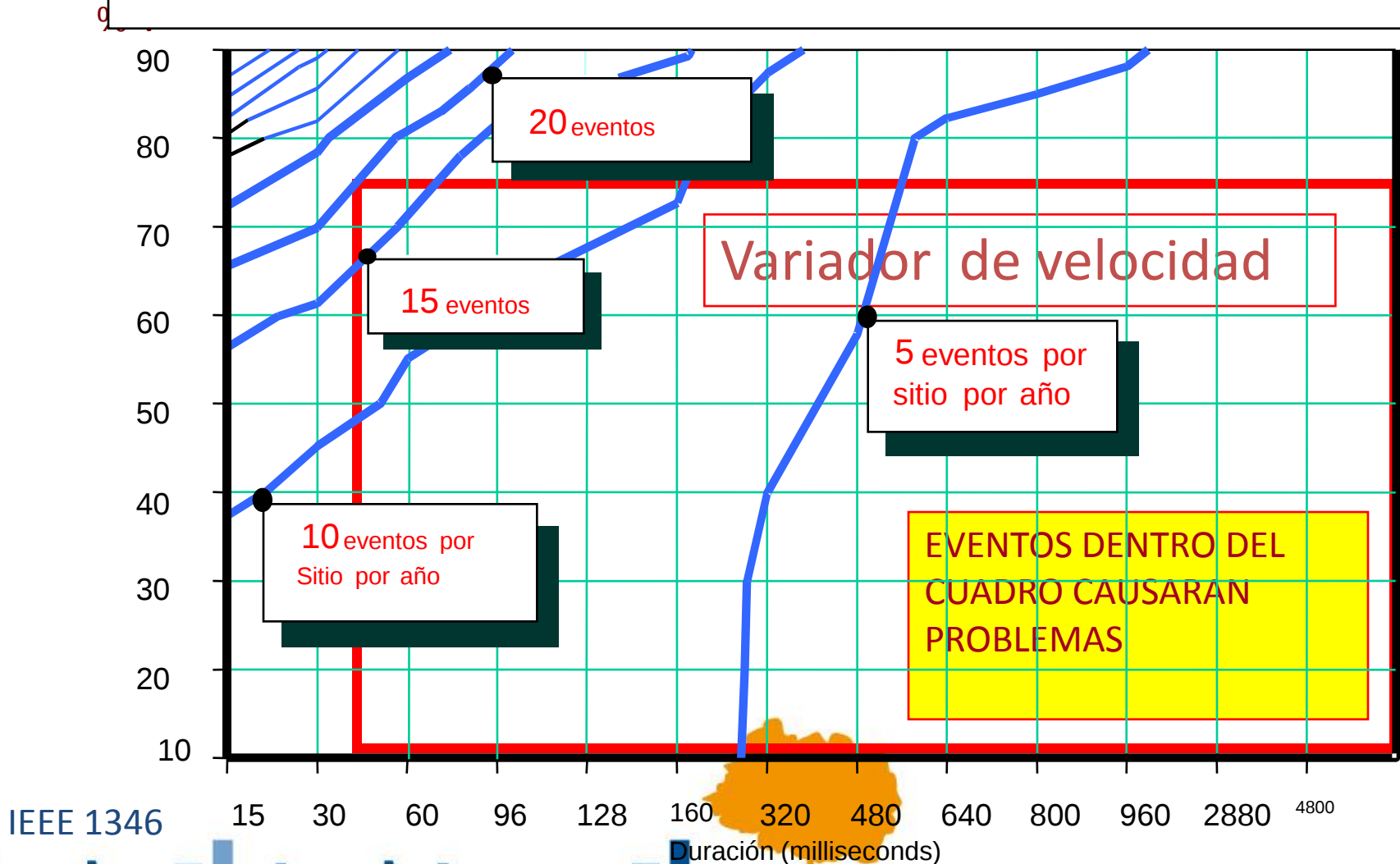
¡La corriente de arranque de un motor provoca un hueco de tensión!



Se define como hueco o pulso un valor mayor de $\pm 10\%$ de la tensión nominal del valor RMS calculado en medio ciclo (10ms).

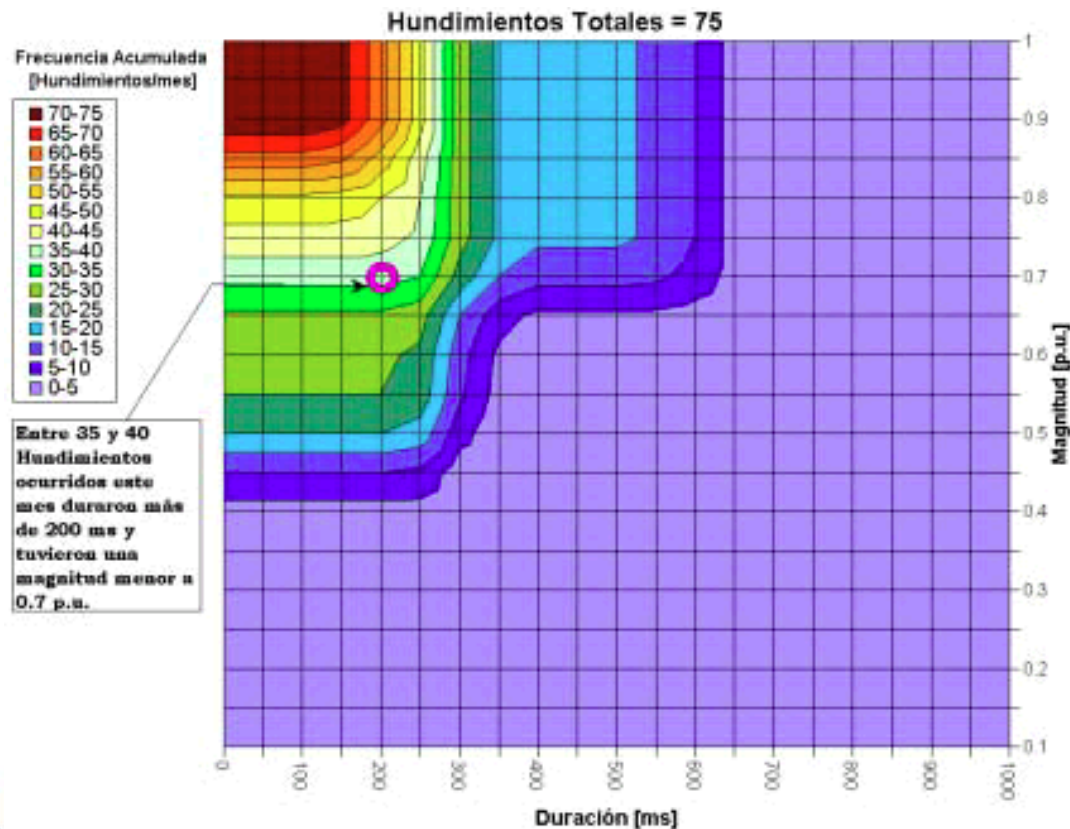
ANEXO B

CARTAS DE HUNDIMIENTOS (Sags)



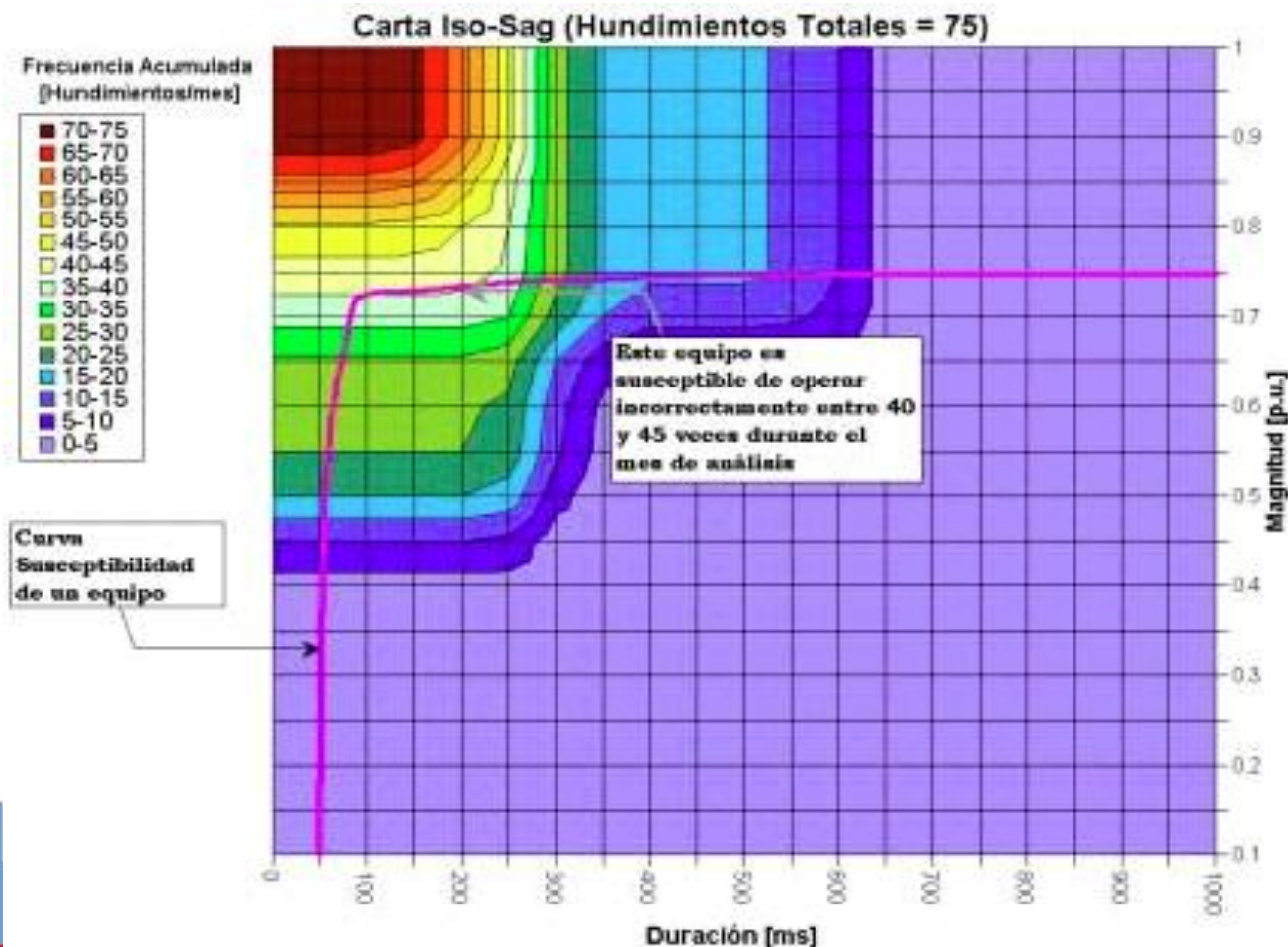
IEEE P1564 Carta Iso-Sag y superposición:

Estas son cartas que presentan la frecuencia de ocurrencia de los hundimientos (sag), por magnitud y duración, en un intervalo de tiempo.

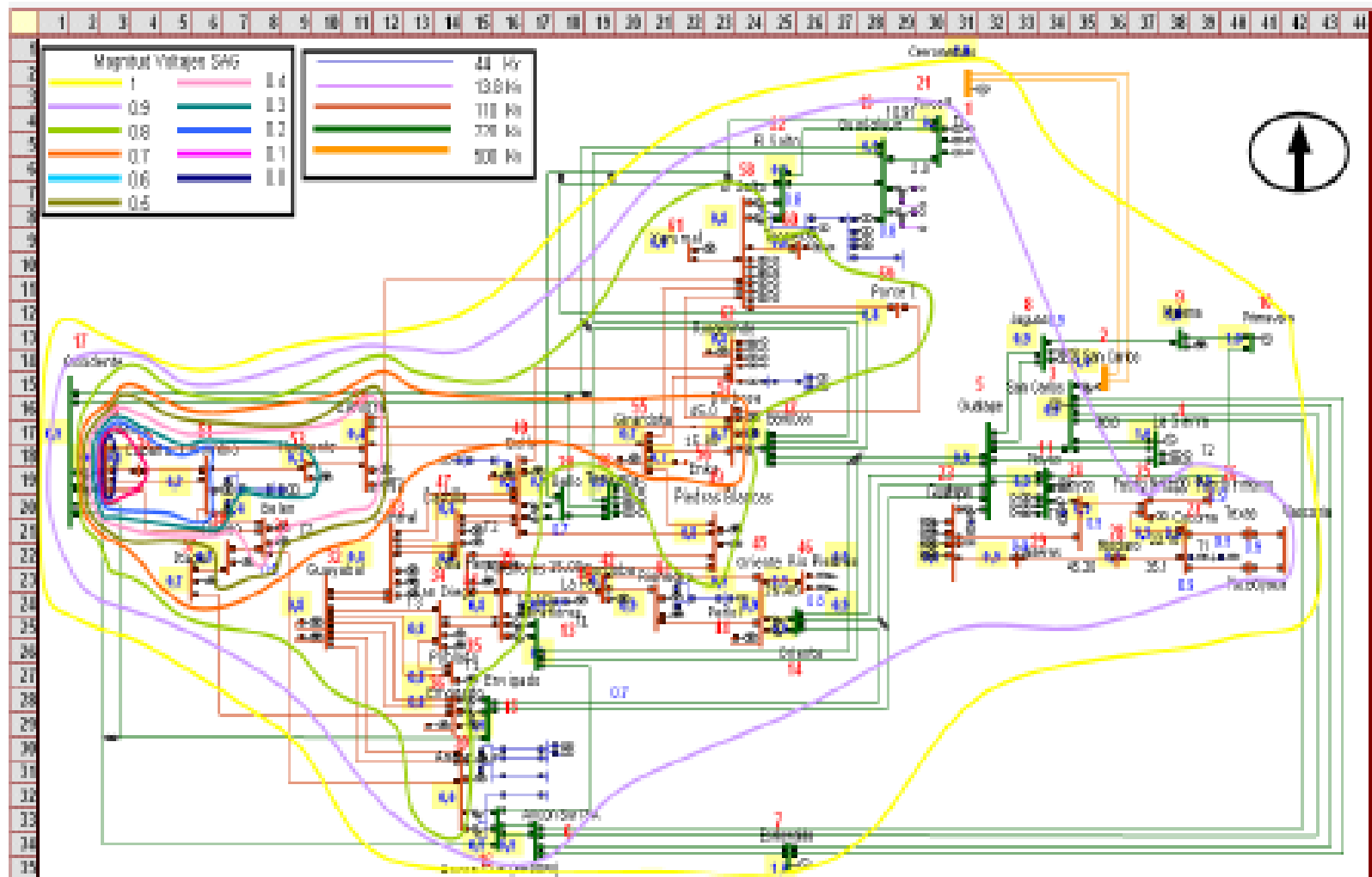


IEEE P1564 Carta Iso-Sag y superposición:

Superponiendo la carta, con la curva de susceptibilidad de un equipo (CBEMA, EPRI, etc), se obtiene el número de veces que el equipo es susceptible a operar incorrectamente.

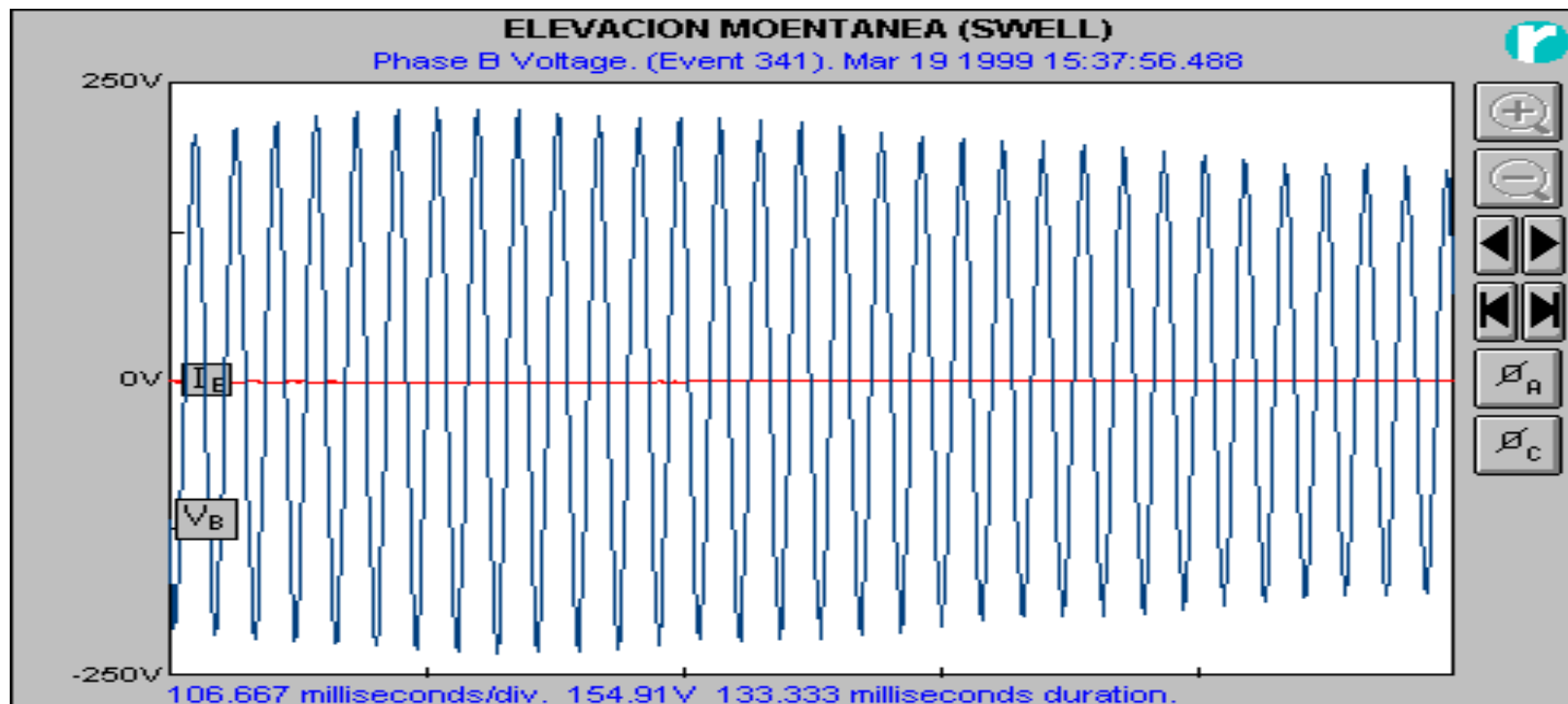


CURVAS ISOSAGS



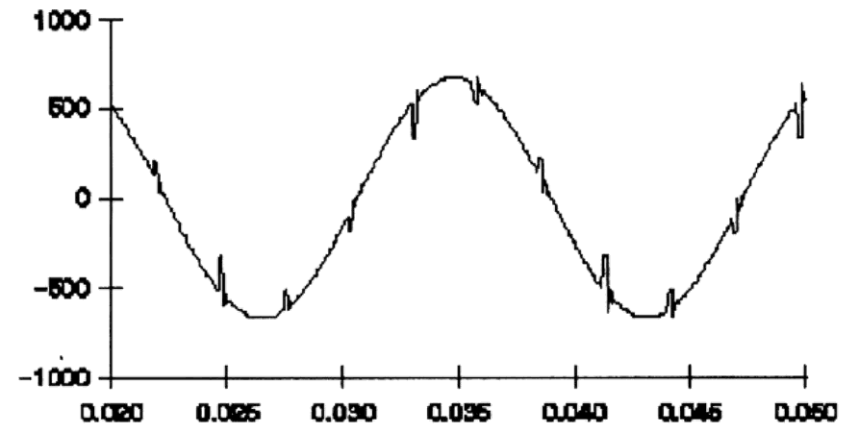
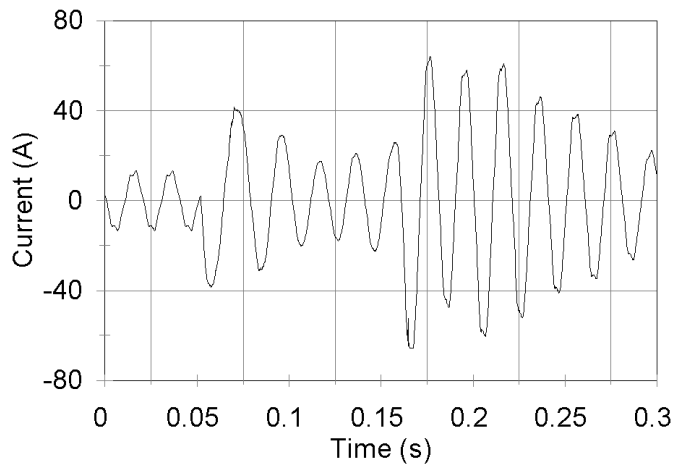
ELEVACIONES MOMENTÁNEAS

Swells



Es un transitorio de **corta duración** de frecuencia nominal, en donde el valor instantáneo de la tensión **aumenta** por encima del 110%, estos son asociados con fallas en los sistemas de potencia, estos son menos comunes que las depresiones.

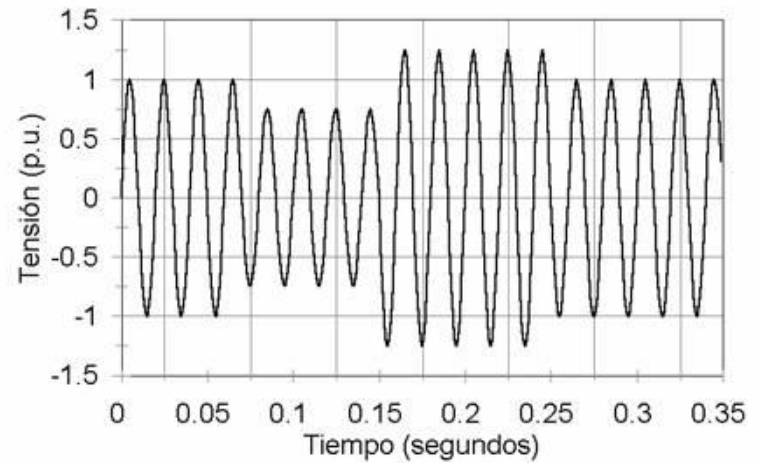
Sags y Swells



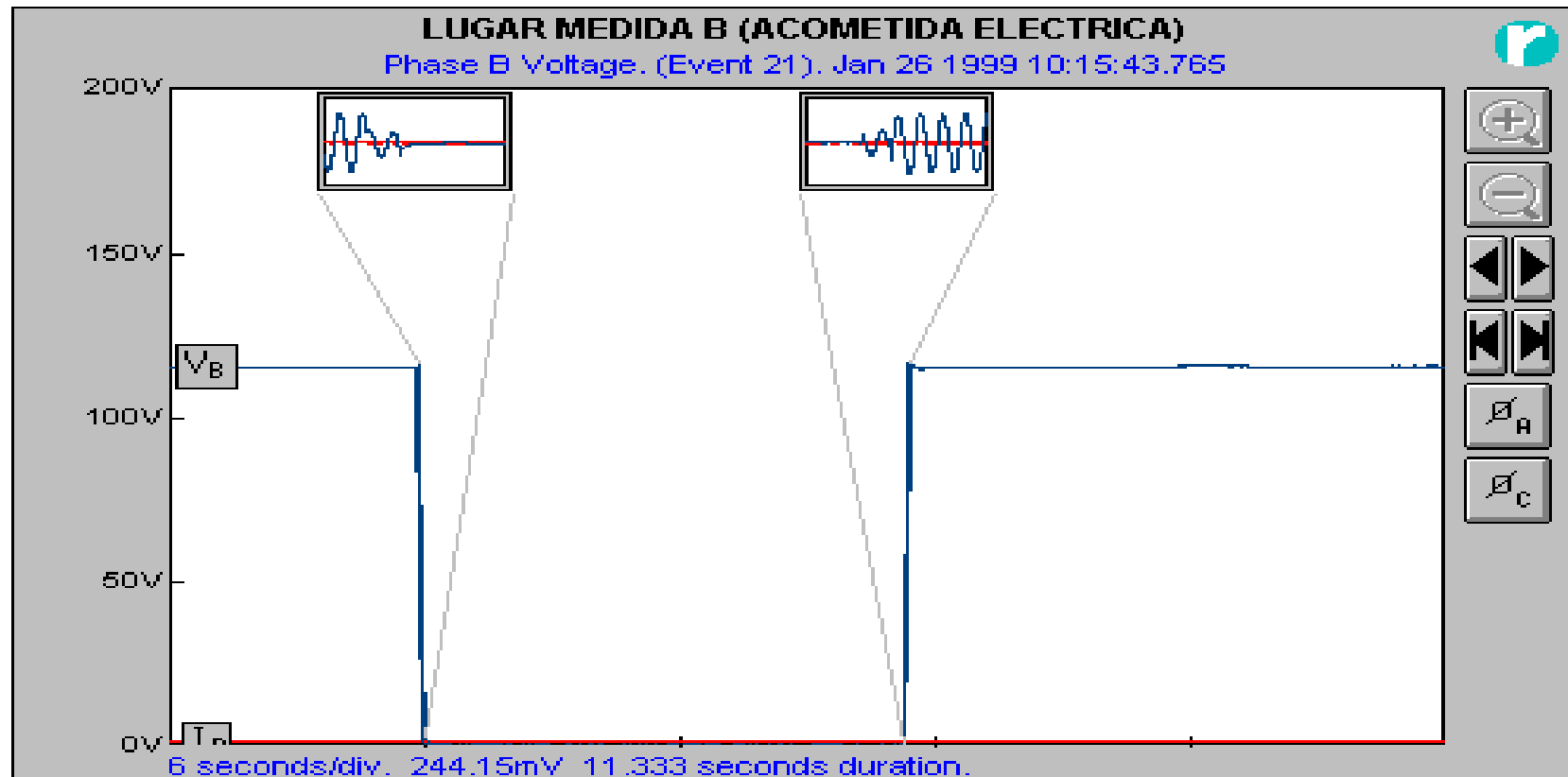
SAG



SWELL



INTERRUPCIONES

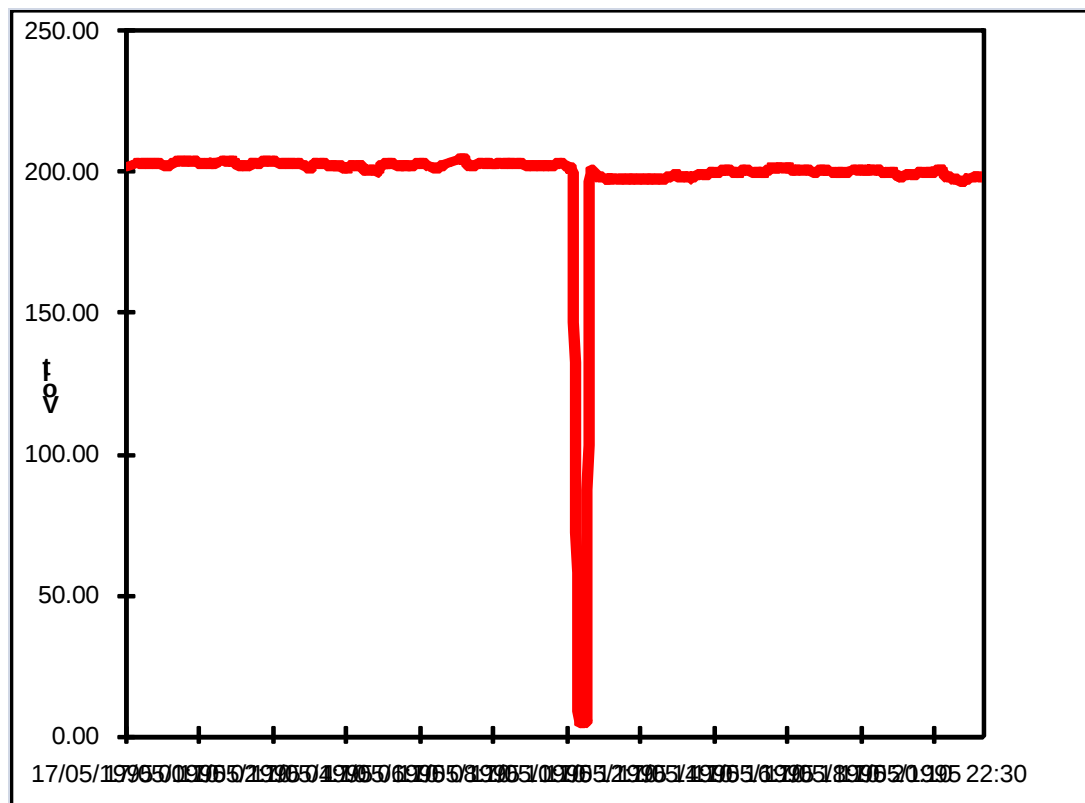


Las interrupciones son la **pérdida del servicio** causada generalmente por la operación de interruptores o fusibles en el momento de una falla o cualquier otro componente del sistema. Estas son definidas técnicamente como caídas de los niveles de tensión por **debajo de 0.1 p.u.**



Interrupciones de tensión

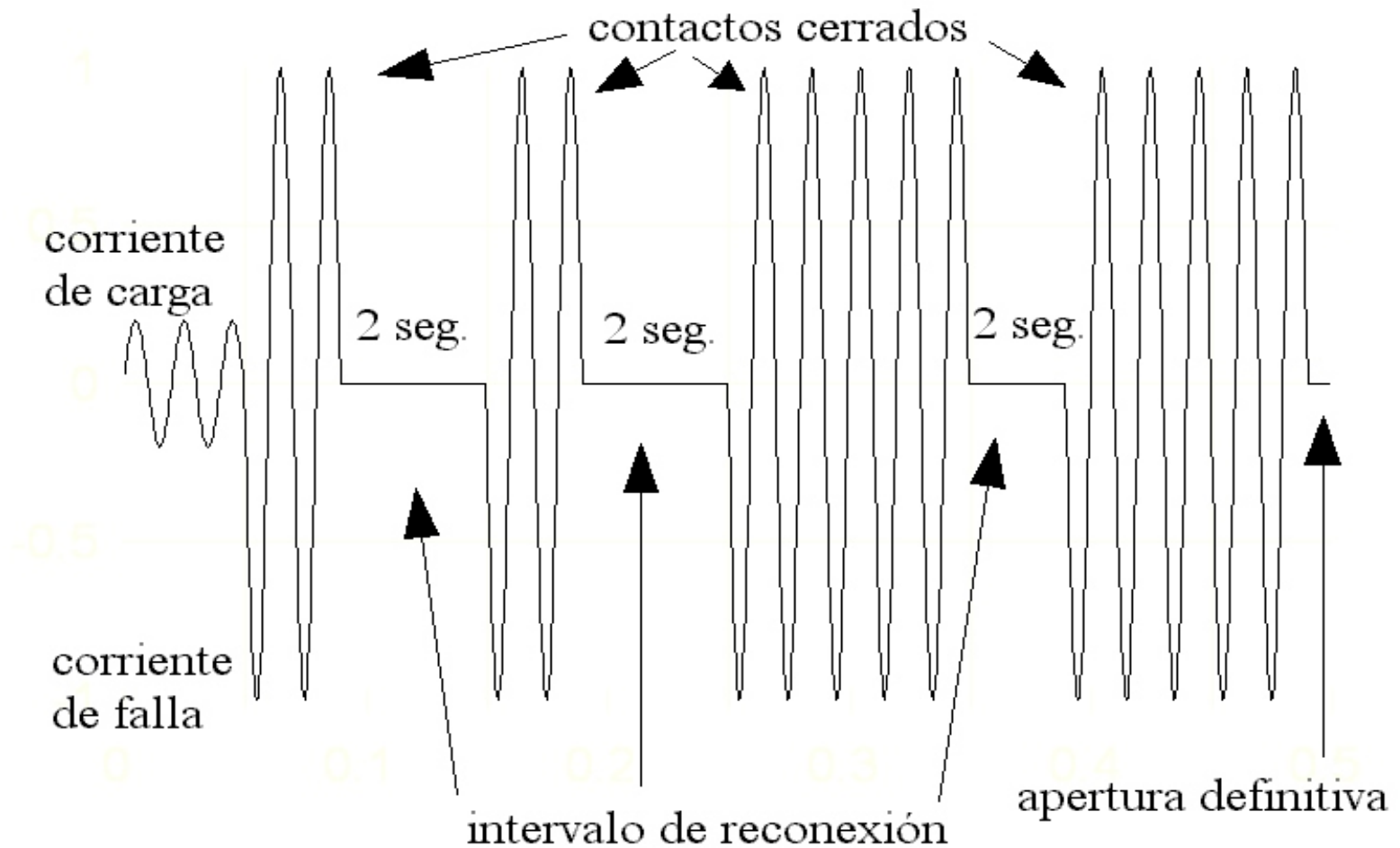
La tormenta
ha causado una
interrupción !



Se define como interrupción la caída de tensión por debajo del 10% de la nominal.

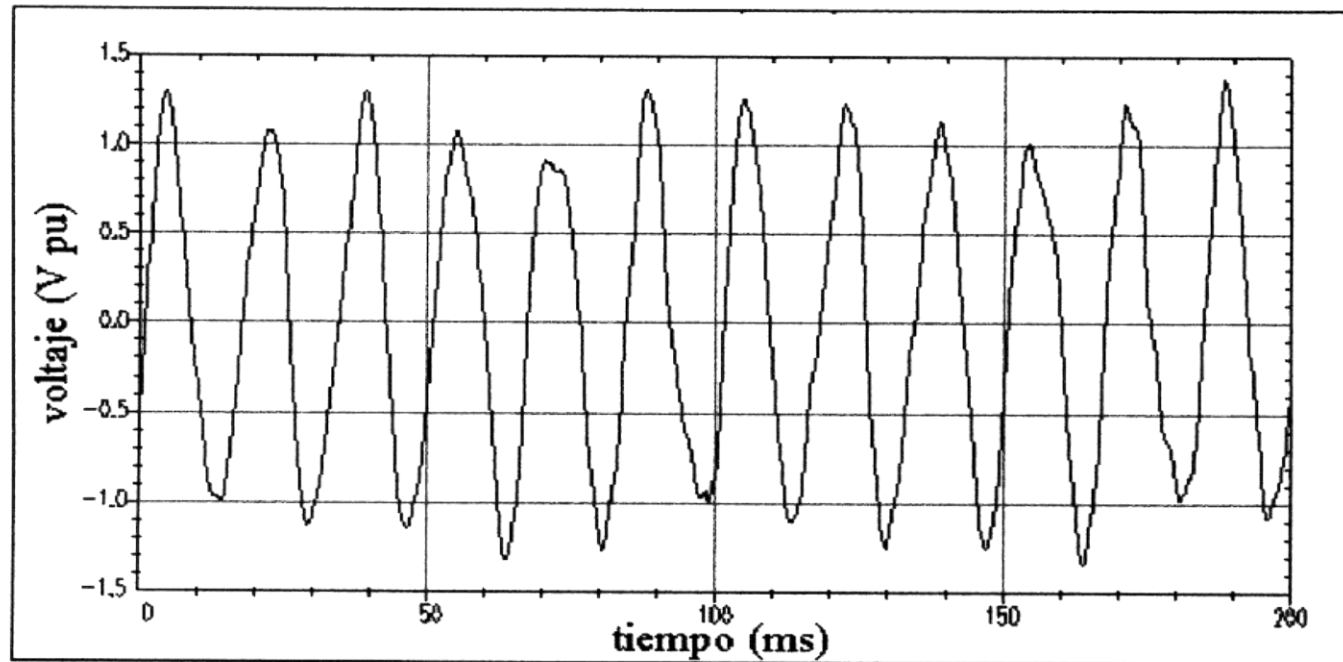


INTERRUPCIONES



INTERRUPCIÓN

Flicker

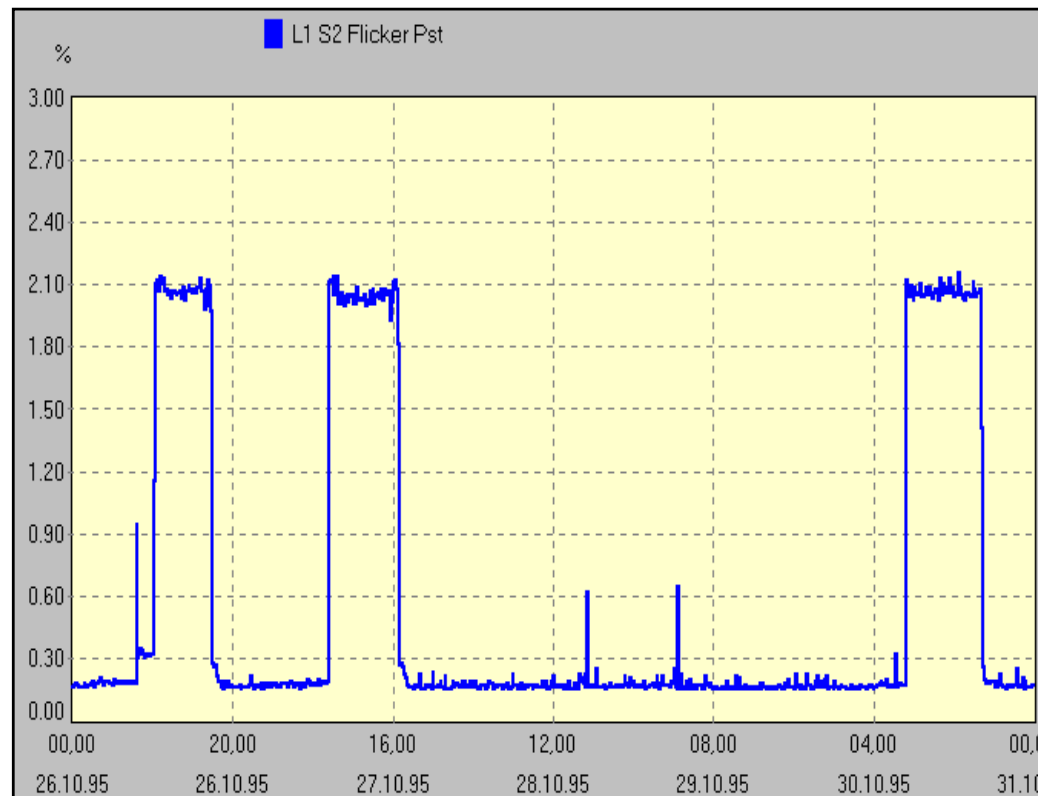
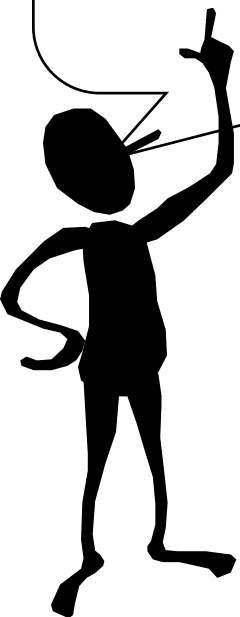


FLICKER



Flicker IEC 868 (Pst & Plt) IEC 61000-4-15

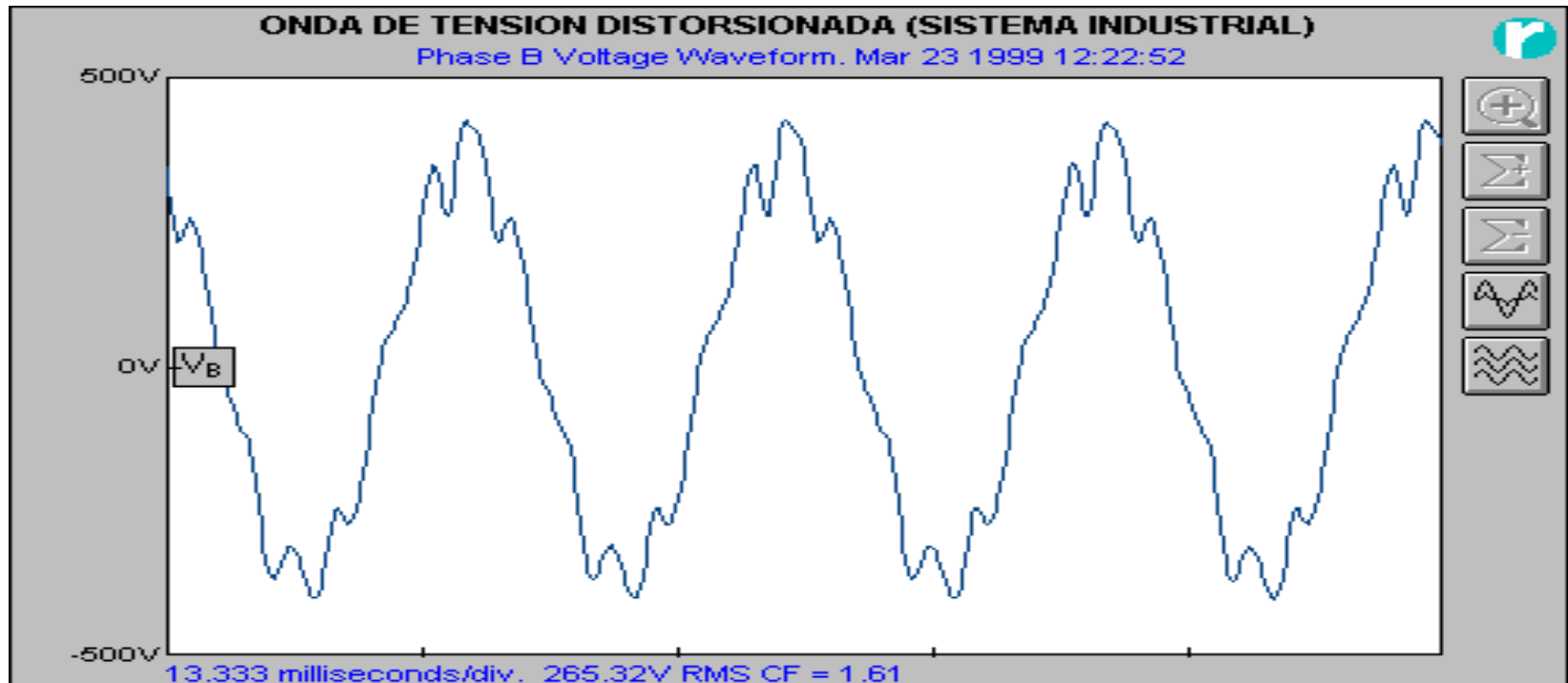
¡Los valores altos de flicker causan parpadeo en la luz de las bombillas!



El valor del factor de flicker de larga duración (Plt) no será mayor de 1 durante el 95% de 1 semana.



ARMÓNICOS IEEE-519



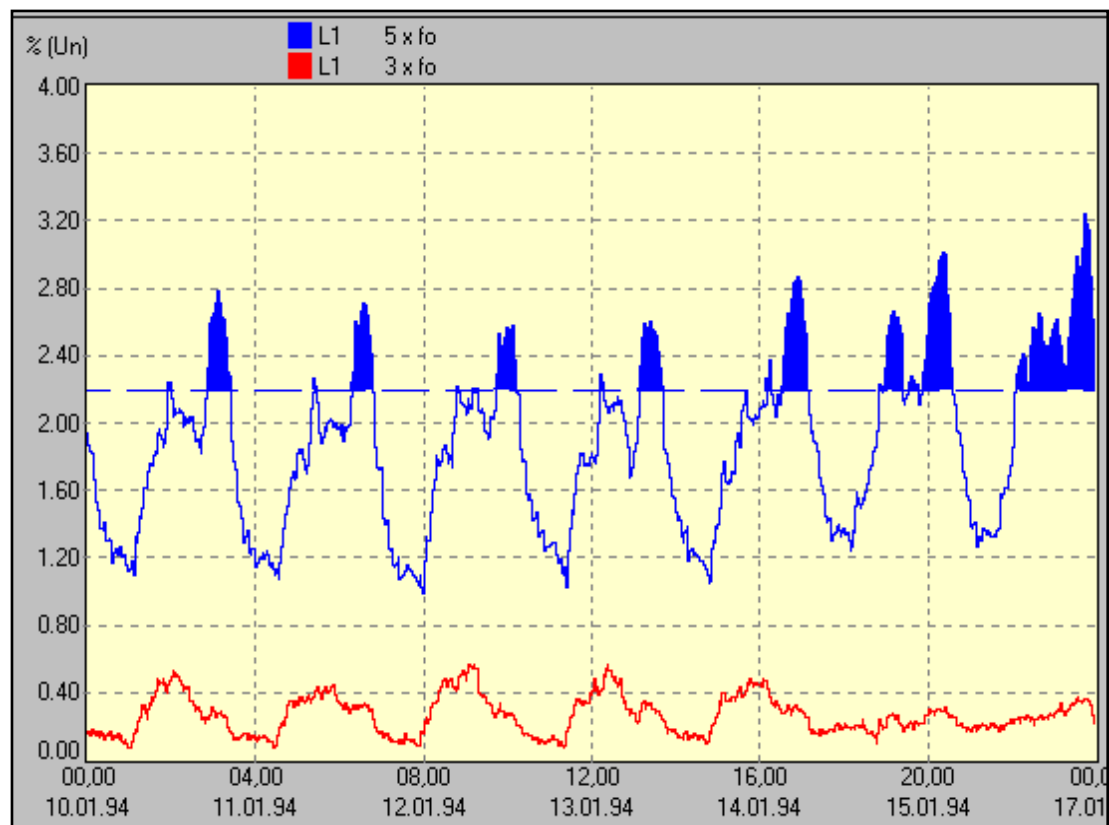
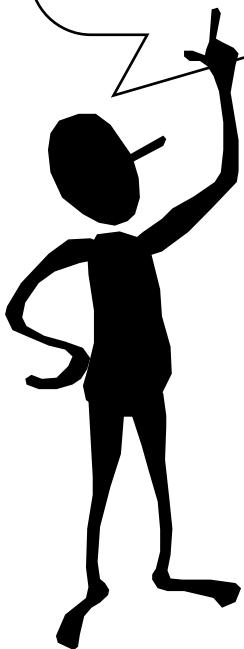
Tensiones o corrientes armónicas son aquellas tensiones o corrientes cuyas **frecuencias** son un **múltiplo entero** de la frecuencia fundamental.

Estos fenómenos se expresan generalmente como un porcentaje de la corriente o tensión fundamental.



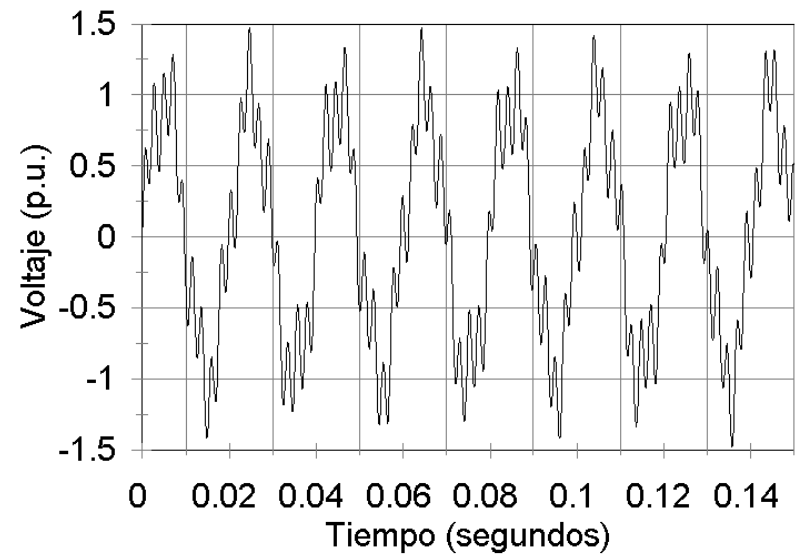
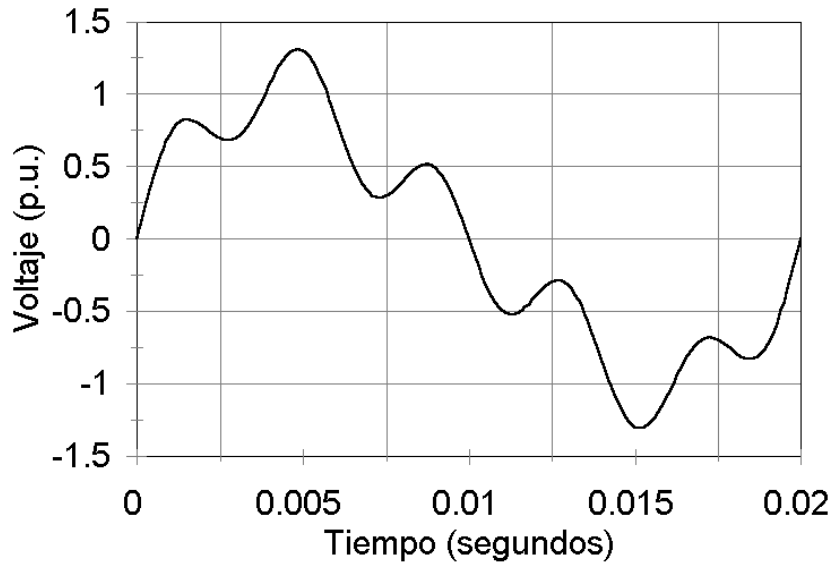
Armónicos e Interarmónicos

¡El 5º armónico sobrepasa el límite.
Se debe reducir la impedancia de la red!



Hay un limite para cada armónico individual que no se debe sobrepasar durante el 95% de 1 semana.

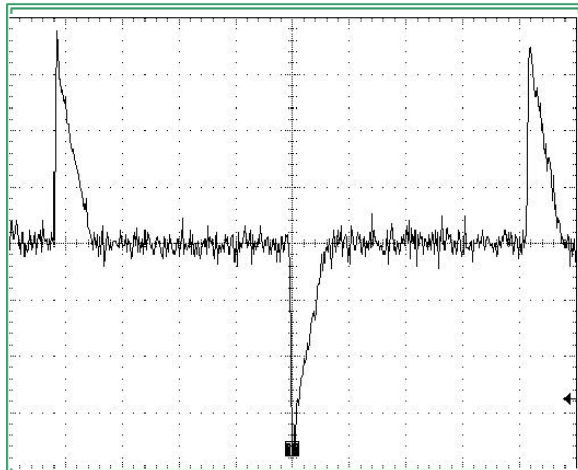
ARMÓNICOS



Corriente en el Conductor Neutro

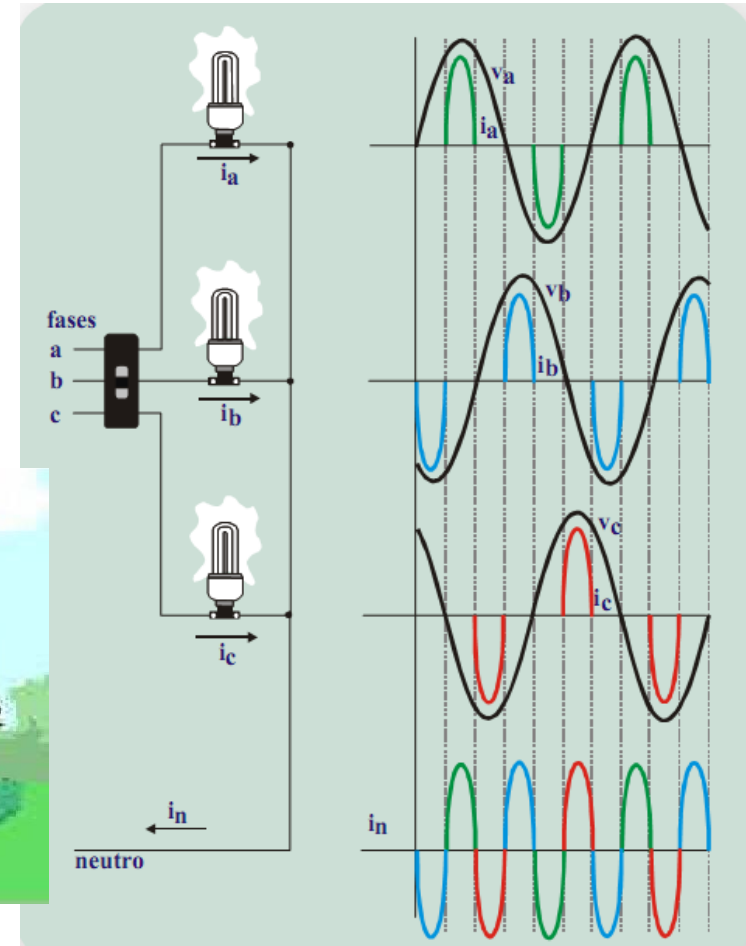
Para reflexión

Existe corriente en el conductor neutro en un sistema alimentando en una carga trifásica equilibrada?



Forma de onda da corrente em uma lâmpada fluorescente compacta de 15W (1)

(1) R.P.S. Leão, T.N. Tavares e J.T. Batista, "Conservação e poluição no uso de lâmpadas de descargas", III SBQEE, ST 08-IT 63, Brasília/DF, agosto 1999

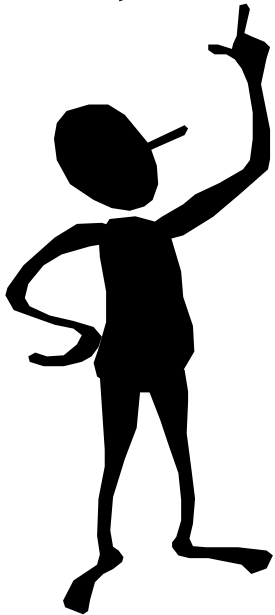
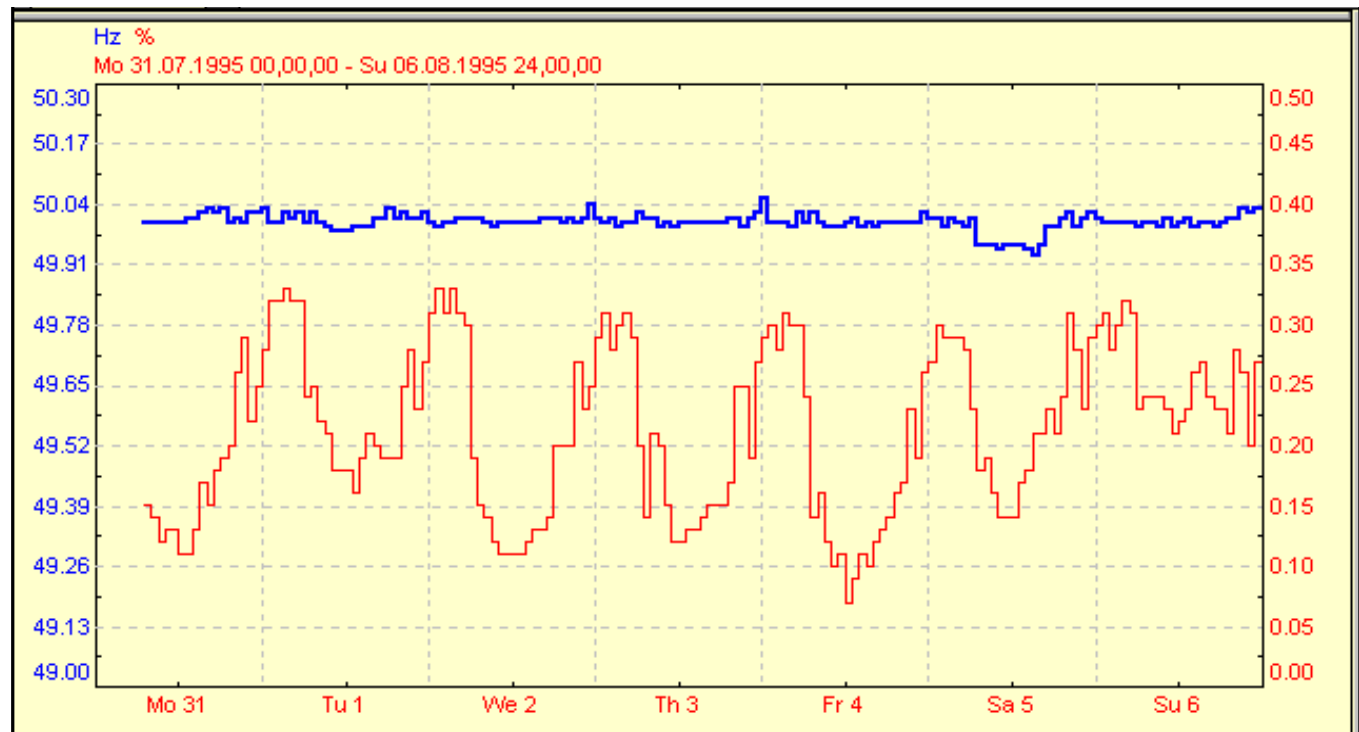


Fuente: Ing. Herivelto S. Bronzeado

Frecuencia y Desequilibrio

¡Desequilibrios y variaciones de frecuencia generalmente no dan problemas !

Desequilibrio:
Sist. Positivo / Sist. negativo < 2%.
Frecuencia:
60Hz +/- 1% (95 % de 1 semana)

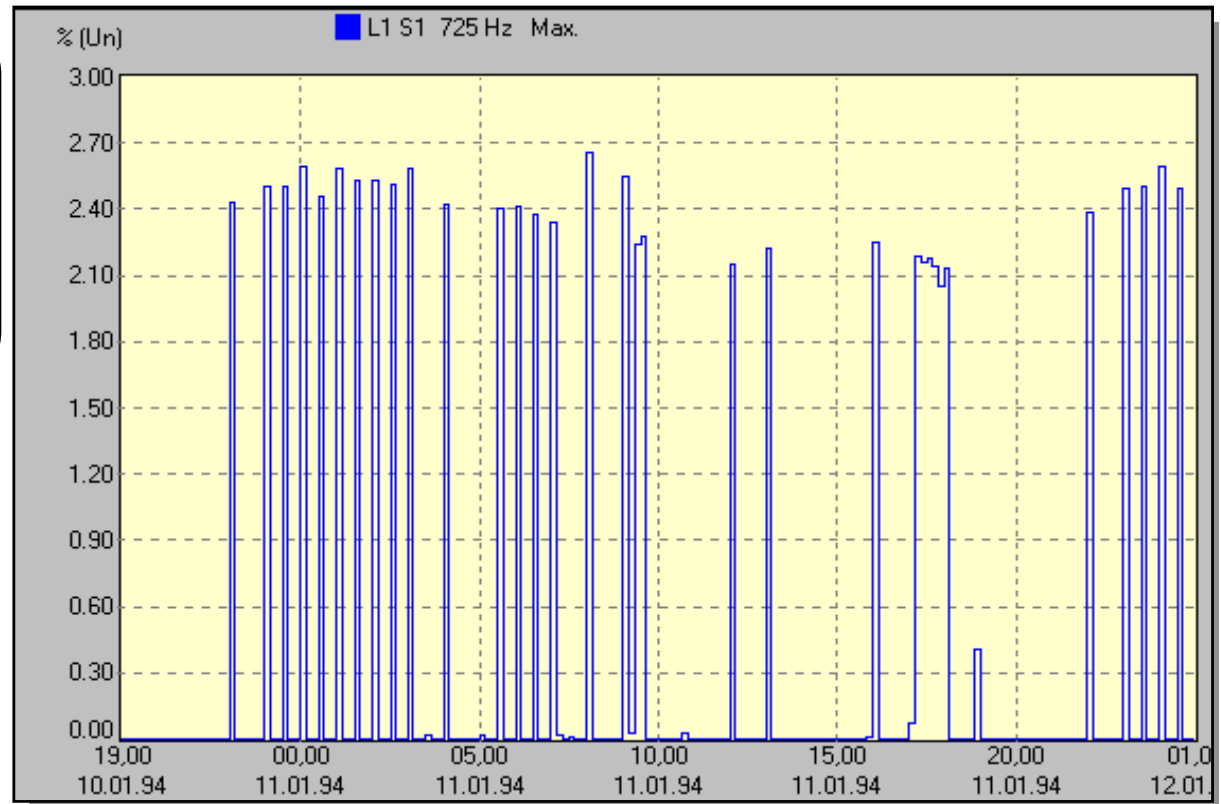


VARIACIÓN DE FRECUENCIA

CODENSA
mucho más que energía

Rizado de Señales de Control

¡La amplitud debe ser suficiente para control del receptor!



El rizado de la señal de control no debe superar el límite marcado para su frecuencia en % de la tensión nominal (por ejemplo: 725Hz - > límite 5 %).

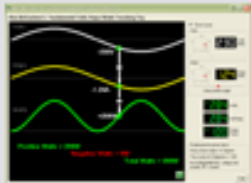
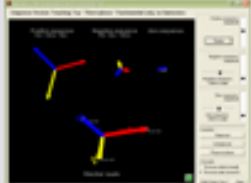
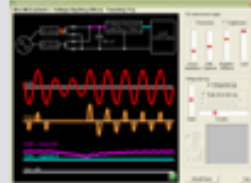
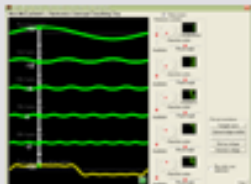
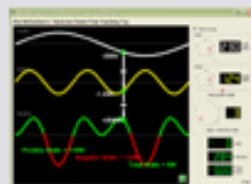
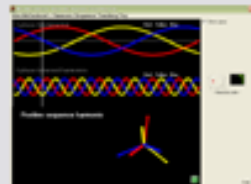
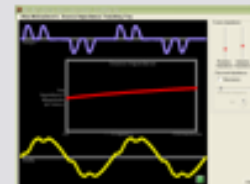


DEMO DE CALIDAD DE POTENCIA

Alex McEachern's Power Quality Teaching Toy - Edition 2.0

Language About

Power Quality Teaching Toy - Edition 2.0

 Fundamental power flow	 Fundamental sequence vectors	 Voltage sag/dip effects	 Flicker
 Harmonic concepts	 Harmonic power flow	 Harmonic sequencing	 Source impedance and distortion
 Voltage sag/dip causes	 High frequency impulses	 Transformers	 Voltage sag/dip phase shifts

Antecedentes Regulatorios y Normativos en Colombia

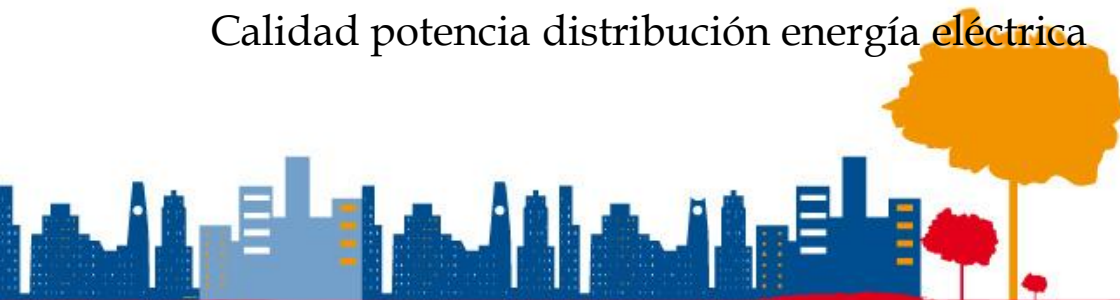
Ley 142 de 1994 (del 11 de Julio de 1994)
Servicios Públicos Domiciliarios

Ley 143 de 1994 (del 12 de Julio de 1994)
Ley Electrica

CREG 070 de 1998 (del 28 de mayo de 1998)
Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica

CREG 096 del 2000 (del 30 de Noviembre de 2000)
Modificación de la CREG 070

CREG 024 de 2005 (del 10 de mayo de 2005)
Calidad potencia distribución energía eléctrica



Antecedentes Regulatorios y Normativos en Colombia

CREG 016 de 2007 (del 26 de Febrero de 2007)

Modifica CREG 024 de 2005

NTC 1340 del 1994 (Primera 1994, segunda 25 Agosto 2004 y tercera actualización Agosto 2007)

NTC 5000 del 2002 (18 septiembre 2002)

CPE Calidad de Potencia. Definiciones y Términos fundamentales.

NTC 5001 del 2008 (18 septiembre 2002)

CPE Calidad de Potencia. Limites y metodología de evaluación en punto de conexión común

.





Ley 143 de 1994



CAPITULO I PRINCIPIOS GENERALES

- ⚡ Artículo 4o.- El Estado, en relación con el servicio de electricidad tendrá los siguientes objetivos en el cumplimiento de sus funciones:
- ⚡ “*c. Mantener y operar sus instalaciones preservando la integridad de las personas, de los bienes y del medio ambiente y manteniendo los niveles de calidad y seguridad establecidos .*”





Ley 143 de 1994



CAPITULO I PRINCIPIOS GENERALES

- ☀ Artículo 60.- Las actividades relacionadas con el servicio de electricidad se regirán por principios de eficiencia, calidad, continuidad, adaptabilidad, neutralidad, solidaridad y equidad.
- 🔔 “En virtud del principio de calidad, el servicio prestado debe cumplir los requisitos técnicos que se establezcan para él.”





Ley 143 de 1994



CAPITULO II DEFINICIONES ESPECIALES

- ☀ Artículo 23.- Para el cumplimiento del objetivo definido en el artículo 20 de la presente ley, la Comisión de Regulación de Energía y Gas con relación al servicio de electricidad tendrá las siguientes funciones generales:
- 🔔 “n. Definir y hacer operativos los criterios técnicos de calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de energía.”



CREG 070 de 1998

6.2.1.5 Transitorios Electromagnéticos Rápidos y Fluctuaciones de Tensión

- ***“Cuando se detecten fenómenos electromagnéticos que perjudiquen a Usuarios conectados a un STR y/o SDL, el OR conjuntamente con el Usuario afectado deberán buscar la causa del fenómeno y solucionarlo en un plazo no mayor a treinta (30) días hábiles.***
- ⚡ *“Cuando el problema causado por un Usuario sea grave e involucre a varios Usuarios, el OR deberá desconectarlo inmediatamente se identifique que el problema está en sus instalaciones.”*
- ⚡ La norma IEEE-1159 [1995] fija las pautas para el análisis de este tipo de fenómenos.



CREACION COMITE CALIDAD DE POTENCIA

16 de Marzo de 2000.



NORMA NTC 5001

PRESIDENTE 2000 - 2004 HORACION TORRES- UN PAAS
PRESIDENTE 2005 – 2010 JAIRO FLECHAS GENELEC



CREACION COMITE CALIDAD DE POTENCIA

CT 129

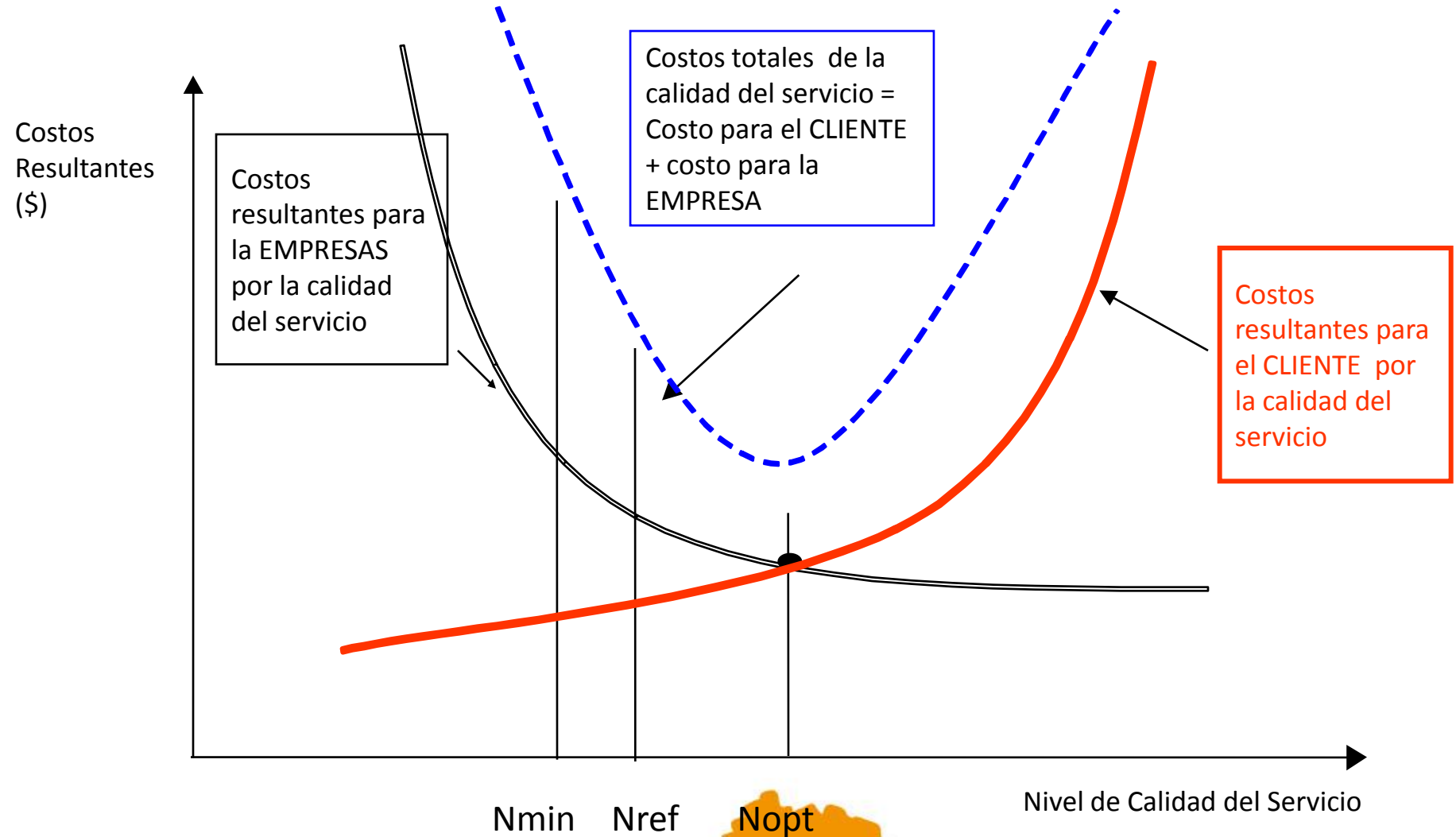


Auditorio ICONTEC

16 de marzo de 2000



MODELO GENERAL APLICADO

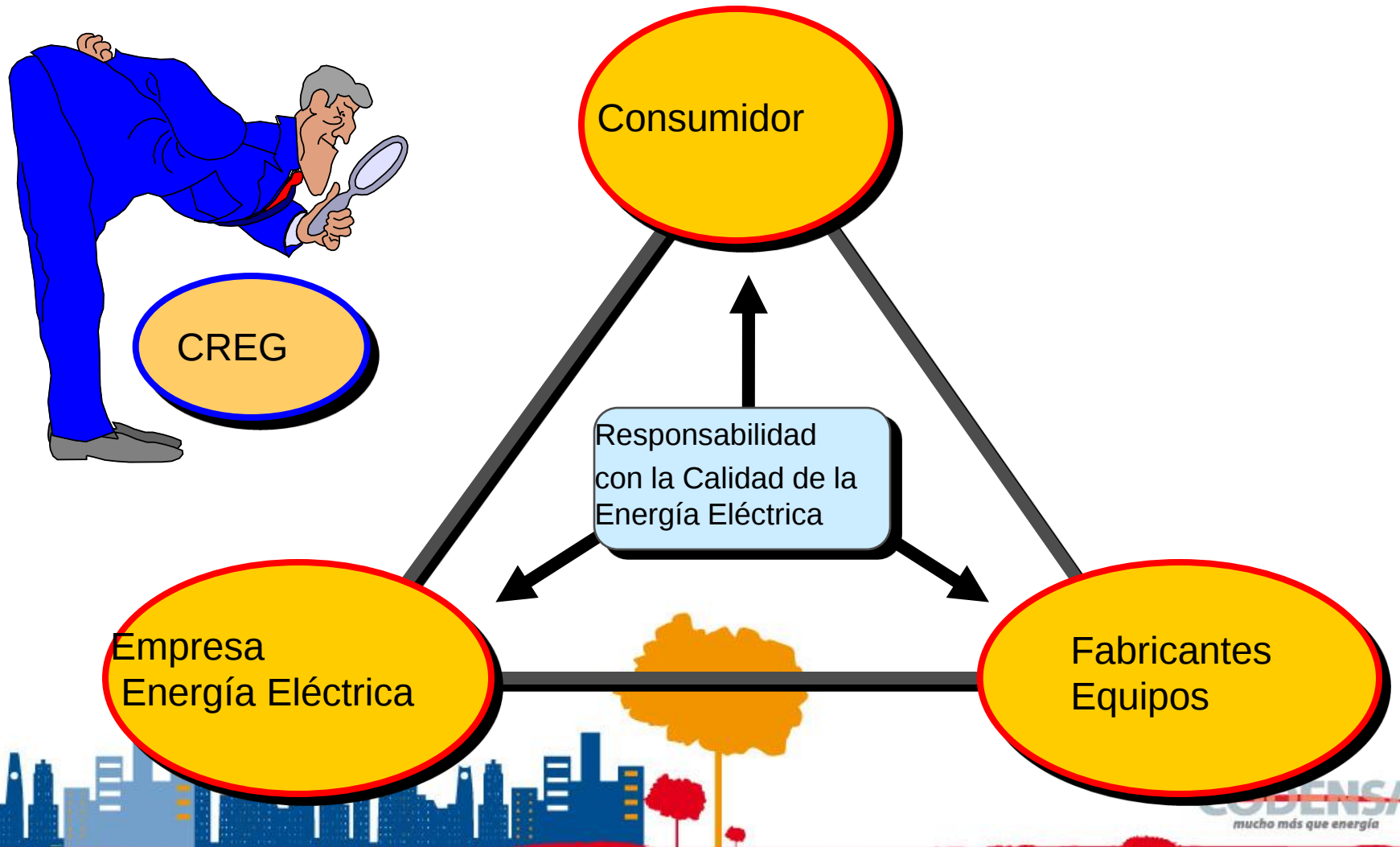


Modelo Teórico de la Calidad del Servicio en Sistemas Eléctricos

Costos Vs. Calidad del servicio



Responsabilidad con la Calidad de la Energía Eléctrica



MUCHAS GRACIAS

