

1. CALIDAD DE POTENCIA

En esa última década se ha hecho familiar el término Calidad de Potencia (CP) o más bien su expresión en inglés «Power Quality (PQ)». La calidad de potencia no es un término medible que surja de una expresión matemática como sucede con los parámetros eléctricos en general. Comparándolo con el factor de potencia con el que guarda una estrecha relación no permite establecer, por ejemplo, una «graduación» de 0 a 1, ya que la CP es más bien una cualidad. Por este motivo también resulta difícil definir la CP, la norma IEEE1159 [1] en su anexo B la define como: «*El concepto de alimentación y puesta a tierra del equipo electrónico de manera apropiada para su funcionamiento y compatibilidad con la instalación eléctrica y otros equipos conectados*». Si bien es cierto que esta definición no complace a gran parte de expertos en la materia, su interés reside en considerar la *puesta a tierra* como un aspecto importante en la CP. Sin embargo, sí tenemos claro lo que supone la no calidad de potencia como la responsable de averías en máquinas y pérdidas en las redes eléctricas, por lo que la definición de [2] para un problema de CP resulta probablemente más ajustado: «*Cualquier problema de potencia manifestado en desviaciones de la tensión, corriente o frecuencia que resulten en el fallo o disfunción de un equipo de un usuario*».

Varias décadas atrás los términos más empleados al hacer referencia al suministro de electricidad era la continuidad o fiabilidad y posteriormente la calidad de onda, en referencia explícita a la tensión de suministro. Sin embargo, el término CP contempla el concepto más amplio de potencia, producto de tensión y corriente eléctrica, por lo que implícitamente al referirnos a la calidad de potencia nos referimos no solo a la calidad de tensión sino también a la de corriente.

La calidad de potencia ideal es, por tanto, la que contempla senoides perfectas de tensión y corriente, ambas de frecuencia constante y de amplitud también constante la primera. Al no ser esto posible debe establecerse una calidad mínima, pero mientras la calidad de tensión concierne a la red y, por tanto, al operador de la misma, la corriente concierne al usuario, corriente que suele estar notablemente perturbada y que al circular por las impedancias de la red provoca perturbaciones de tensión.

La calidad de tensión incumbe como se ha mencionado al operador de la red por lo que a este se le exige el suministro de una calidad mínima definida por normas al respecto, tal es el caso de la norma europea EN50160 [3].

Mientras para el usuario y debido a la variedad y complejidad de las cargas no resulta fácil establecer estas normas, por lo que las exigencias normativas se centran en aspectos concretos como la emisión de corrientes armónicas, optando por trasladar gran parte de las exigencias normativas a los fabricantes de aparatos o equipos a conectar a la red eléctrica.

En resumen, tenemos tres claros protagonistas de la calidad de potencia como se refleja gráficamente en la figura 1.1. De ellos el distribuidor u operador de red es el objeto principal de la CP.

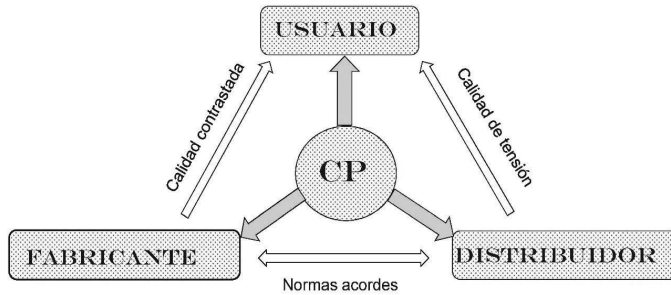


Figura 1.1 Los tres protagonistas destacados de la CP.

1.1 Normas relativas a la CP

De las numerosas normas que tratan aspectos de la CP hay dos que engloban la mayor parte de parámetros implicados en la misma. La primera de ellas es la elaborada por CENELEC¹ y aprobada como norma europea EN50160. Se trata de una norma limitada a las redes eléctricas europeas. La segunda es la IEEE1159 con un contenido muy parecido y utilizada comúnmente como referencia en EE.UU.

La norma EN50160² define en el punto de entrega al usuario de la red, las características de la tensión suministrada en BT, MT y AT, fijando los límites de sus distintos parámetros.

Por otra parte, la norma IEC61000-2-4 [4] concierne a ambientes industriales de ámbito privado y, por tanto, se aplica a puntos de conexión internos, utilizada como referencia con independencia de la norma EN50160.

1.2 Norma EN50160

Esta norma en su versión de 2010 contempla las redes de BT, MT y AT, con los límites siguientes:

Baja Tensión (BT)	$U_n \leq 1.000 \text{ V}$
Media Tensión (MT)	$1 \text{ kV} < U_n \leq 36 \text{ kV}$
Alta Tensión (AT)	$36 \text{ kV} < U_n \leq 150 \text{ kV}$

1. Comité Europeo de Normalización Electrotécnica formado por 33 países afiliados.
2. Citada a partir de este punto salvo posible confusión como «la Norma».

Abarcando los parámetros y límites de la tabla 1.2-1.

Parámetro	Observaciones	Baja tensión $\leq 1.000 \text{ V}$	Media tensión $> 1\text{k V} \leq 36 \text{ kV}$	Alta tensión $> 36 \text{ kV} \leq 150 \text{ kV}$
FENÓMENOS CONTINUOS				
Frecuencia	Redes acopladas ¹	50 Hz $\pm 1 \%$ (99,5 %/año) 50 Hz +4 % -6 % (100 % del tiempo)		
	Redes no acopladas ¹	50 Hz $\pm 2 \%$ (95 %/semana) 50 Hz $\pm 15 \%$ (100 % del tiempo)		
Variaciones lentas de tensión	Normal	$\pm 10 \%$ *		Sin definir
	Zonas remotas ²	+10 % a -15 %		
Variaciones rápidas de tensión		5 % (máx. 10 %)	4 % (máx. 6 %)	Sin definir
	Parpadeo (Flicker)	$P_{it} \leq 1$ (95 % del tiempo)		
Desequilibrios		$U^- \leq 2 \%$ U^+ (95 %/semana)		
Tensiones armónicas	Individuales THDu	Tabla 1.2.1.5-1 $\leq 8 \%$		Tabla 1.2.1.5-1 sin definir
Tensiones interarmónicas	Sin definir			
Transmisión de señales	Consultar la Norma			Sin especificar
EVENTOS**				
Interrupciones	Breve duración (1 s < t < 3 min), U < 10 % Larga duración (t > 3 min), U = 0 %			
Huecos	10 % < U < 90 % (10 ms < t < 1 min)			
Sobretensiones	U > 110 % ***			

1. El acoplamiento hace referencia a una conexión síncrona.

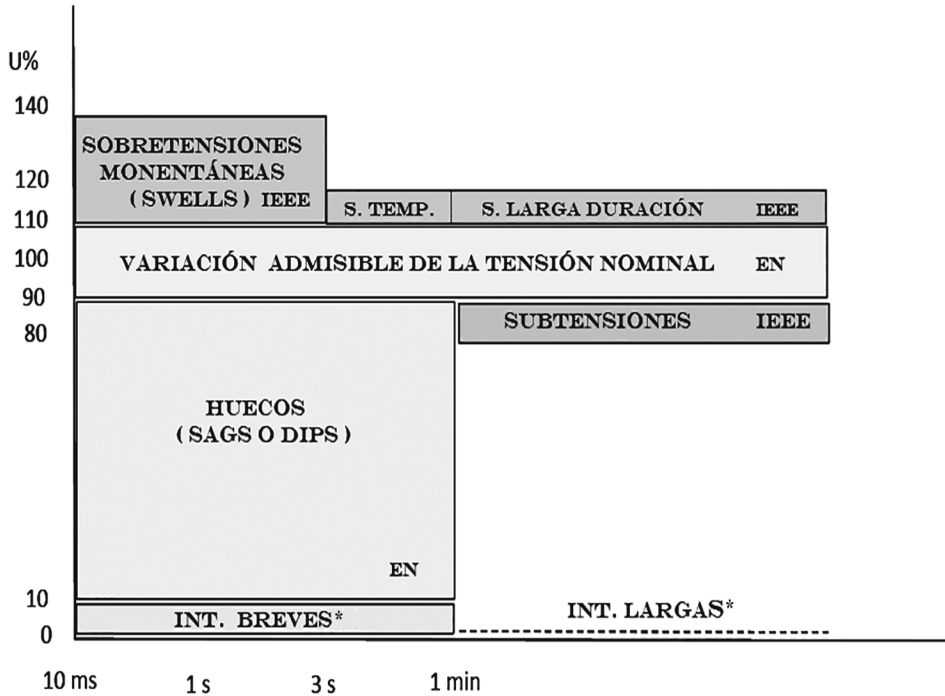
2. O en redes no interconectadas a redes de transporte.

* En España esta tolerancia está reducida al $\pm 7 \%$ para los consumidores finales (art. 104 del R.D.1955/2000).

** La edición de 2010 de la norma EN50160 recomienda confeccionar estadísticas a los países miembros.

*** En IEEE1159 se establece una duración de 10 ms a 1 min para las de corta duración o sags.

Tabla 1.2-1 Características de la tensión suministrada por las redes públicas de distribución.



* La norma EN50160 no indica ningún valor de la tensión residual para interrupciones <1 min (se supone valor nulo), la norma IEEE1159 considera valor de tensión <10 % y nulo para duración >1 min.

Figura 1.2-1 Magnitud y duración de las perturbaciones de tensión según la norma EN50160 o IEEE1159 en los casos no detallados por la primera. En los recuadros se indica la norma correspondiente.

La figura 1.2-1 así como con más detalle la tabla 1.2-1 permiten establecer una clasificación de las perturbaciones en las redes eléctricas, de forma que una vez registrada una perturbación mediante su amplitud y duración es posible identificarla con uno de los fenómenos descritos. Este método es de gran ayuda tanto para detectar el origen de la perturbación como sus posibles efectos sobre la red y los equipos conectados a ella.

1.2.1 Fenómenos continuos

Los fenómenos continuos son aquellos cuyas desviaciones respecto a su valor nominal se producen de forma continua en el tiempo, debidos principalmente al tipo de carga, variaciones o falta de linealidad de la misma.

Incluye variaciones de tensión, severidad de parpadeo (flicker), desequilibrios, tensiones armónicas e interarmónicas y transmisión de señales de información por la red. La norma indica a excepción de los interarmónicos, el intervalo o límite de variación del parámetro. En la tabla 1.2-1 se resumen los citados límites. A continuación se tratan con más detalle los de mayor interés.

1.2.1.1 Frecuencia

El valor medio de la frecuencia fundamental medida en periodos de 10 s debe situarse en los intervalos indicados de la tabla 1.2-1, indicándose entre paréntesis el percentil y periodo correspondiente.

1.2.1.2 Variación de la tensión de alimentación

La Norma cita el método de ensayo en condiciones normales de explotación: durante cada periodo semanal el 95 % en BT y el 99 % en MT de los valores eficaces de la tensión suministrada promediados en periodos de 10 min no deben superar un ± 10 %.³ Además, todos los valores eficaces deben estar dentro de la tolerancia $+10$ % / -15 %.

1.2.1.3 Variaciones rápidas de tensión

Las variaciones rápidas provienen de variaciones de la carga del usuario de la red o de maniobras en la misma.

El anexo B6 de la Norma se indica que en BT una variación rápida no sobrepasa generalmente el 5 % de U_n pudiendo alcanzar el 10 % en cortos instantes. En MT estos valores son del 4 % y 6 % respectivamente.

1.2.1.3.1 Parpadeo (flicker)

Las fluctuaciones de tensión pueden provocar parpadeo o flicker. El límite se fija a un valor inferior o igual a 1 para el flicker de larga duración, P_{lt} , durante el 95 % del tiempo. En el capítulo 6 (anexo A6.3) se ofrecen más detalles. Los hornos de arco son un ejemplo clásico de cargas productores de flicker.

1.2.1.4 Desequilibrios de tensión

El cociente entre la componente simétrica negativa o inversa, U^- , y la componente simétrica positiva o directa, U^+ , debe situarse entre 0 % y 2 %, para cada periodo de una semana y para valores promediados cada 10 min. En IEC61000-2-2 [5] se propone para su cálculo aproximado la fórmula siguiente:

$$\text{desequilibrio de tensión} = \sqrt{\frac{6 \cdot (U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)}{U_{12} + U_{23} + U_{31}}} - 2$$

Siendo U_{12} , U_{23} y U_{31} las tensiones compuestas.

3. En España esta tolerancia se ve reducida en ± 7 % para los consumidores finales (RD1955/2000 art. 104).