

Normas Especiales

NTE-03

CALIDAD DE LA POTENCIA ELÉCTRICA

ESSA – Área de Proyectos – Equipo CET

CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Naturaleza del cambio	Elaboró	Revisó	Aprobó
2021-10-20	Elaboración	Equipo CET – Área de Proyectos	Equipo CET – Área de Proyectos	Comité técnico ESSA

Grupo Homologación y Normalización CET: Adriana Marcela Ortiz Roa, Fredy Antonio Pico Sánchez, Álvaro Ayala Rodríguez, Gema Liliana Carvajal Jiménez

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 3 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

CONTENIDO

1. OBJETIVO	6
2. ALCANCE	6
3. DEFINICIONES.....	6
4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	13
5. GENERALIDADES.....	14
5.1 CARGAS NUEVAS	15
5.1.1 REQUISITOS PREVIOS A LA CONEXIÓN.....	15
5.1.2 REQUISITOS POSTERIORES A LA CONEXIÓN.....	15
5.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS DE TENSIÓN Y DE CORRIENTE	16
5.3 PROBLEMA DE CALIDAD DE LA POTENCIA.....	16
5.4 CLASIFICACIÓN DE PERTURBACIONES DE CALIDAD DE POTENCIA	16
6. METODOS DE MEDIDA	19
6.1 MEDIDA CLASE A	20
6.2 MEDIDA CLASE S.....	21
7. VARIACIONES DE FRECUENCIA EN EL SISTEMA DE POTENCIA	21
8. EVALUACIÓN IMPACTO DE EVENTOS TRANSITORIOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	21
9. PROCESO DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LA POTENCIA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	22

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 4 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos de distorsión total de tensión (THDV).....	7
Tabla 2. Límites de distorsión de corriente (THDI) para sistemas de 120 V a 69 kV.	7
Tabla 3. Porcentaje máximo de desbalance de tensión.	9
Tabla 4. Límites de la profundidad, distorsión armónica total y el área de la muesca.....	11
Tabla 5. Límites para el PST	11
Tabla 6. Porcentaje máximo de desbalance de tensión.	12
Tabla 7. Valores de referencia de variaciones de frecuencia.	13
Tabla 8. Documentos de Referencia.	13
Tabla 9. Clasificación de perturbaciones de calidad de potencia según su duración.....	17

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 5 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva CBEMA - ITIC	21
------------------------------------	----

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 6 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

1. OBJETIVO

Establecer las metodologías de evaluación y los valores de referencia de los parámetros asociados a la calidad de la potencia eléctrica en el punto de acople común entre ESSA y el usuario.

2. ALCANCE

La presente norma cubre los temas de evaluación de la calidad de la potencia en baja, media y alta tensión, buscando implementar soluciones óptimas a los problemas de calidad en el servicio de energía, debido a las cargas no lineales generadas por los equipos electrónicos que deterioran la calidad de la potencia eléctrica en el sistema.

Las recomendaciones indicadas en esta norma no aplican en los siguientes casos:

- A tensiones que representen o transmitan señales de medida o control, así como a tensiones normalizadas de componentes y partes usadas dentro de dispositivos eléctricos.
- Suministro que sigue a una falla o en condiciones provisionales de alimentación, previstas para mantener el suministro a los clientes durante trabajos de mantenimiento o de construcción de la red, o para limitar la extensión y la duración de una interrupción de alimentación.
- Condiciones excepcionales, no controlables por el distribuidor, tales como condiciones climáticas excepcionales y otras catástrofes naturales; hechos provenientes de terceros; decisiones gubernamentales; fuerza mayor e interrupciones debidas a causas externas.

Esta norma aplica a todas las instalaciones eléctricas nuevas, ampliaciones y remodelaciones para todos los niveles de tensión bajo condiciones normales de operación.

3. DEFINICIONES

Armónicos característicos: Son aquellos armónicos particulares producidos por una carga no lineal en condiciones normales de operación. Por ejemplo, los armónicos característicos de un equipo convertidor semiconductor de seis pulsos son los armónicos impares no triples (de orden 5, 7, 11, 13, etc.).

Armónicos no característicos: Son aquellos armónicos producidos por cargas no lineales, pero no en condiciones normales de operación. Por ejemplo, en un convertidor semiconductor, pueden ser un resultado de frecuencias de pulso; una demodulación de los armónicos característicos y las frecuencias fundamentales; o un desequilibrio en el sistema de alimentación, ángulo de retraso asimétrico o la operación de ciclo convertidor.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 7 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Armónicos de tensión: Se define un valor máximo de distorsión armónica de tensión (THDV) en la frontera comercial entre el cliente y el Operador de Red (OR), esta frontera también se conoce como el punto de acople común (PCC).

$$THDv = \frac{\sqrt{\sum_{h \neq 1}^n V_h^2}}{V_1} \times 100\%$$

Tabla 1. Límites máximos de distorsión total de tensión (THDV)

Voltaje de bus V en el PCC	Armónicos individuales (%)	Distorsión armónica total THD (%)
$V \leq 1.0 \text{ kV}$	5.0	8.0
$1\text{kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5

Fuente: IEEE-519 Recommended practice and requirements for harmonic control in Electric, 2014

Armónicos de corriente: Se define un valor máximo de distorsión armónica de corriente (THDi) en la frontera comercial entre el cliente y el Operador de Red (OR), esta frontera también se conoce como el punto de acople común (PCC).

$$THDi = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$$

Tabla 2. Límites de distorsión de corriente (THDI) para sistemas de 120 V a 69 kV.

Máxima distorsión armónica de corriente en porcentaje de I_L						
Orden armónico individual (armónicos impares)						
I_{sc}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Fuente: IEEE-519 Recommended practice and requirements for harmonic control in electric, 2014

Donde;

ISC=corriente máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.

IL=máximo demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.

Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 8 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Calidad de la potencia eléctrica: Características de la electricidad en un punto dado de un sistema eléctrico, evaluado contra un conjunto de parámetros técnicos de referencia.

Carga no lineal: Una carga eléctrica cuya característica tensión/corriente es no lineal, es decir que la señal de corriente no sigue la misma forma de onda de la señal de tensión, de la cual se está alimentando la carga.

Algunos de los efectos adversos de cargas no lineales concentradas en un sistema eléctrico son:

- La distorsión de voltaje dentro de las instalaciones eléctricas.
- Las corrientes excesivas por el conductor de neutro.
- Altos niveles tensión entre neutro y tierra.
- Sobrecalentamiento en transformadores.
- Grandes campos magnéticos irradiados desde transformadores.
- Reducción en la capacidad de distribución
- Penalización por bajo factor de potencia

Componente armónica: Señal senoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Las componentes armónicas pueden ser evaluadas de dos formas:

1. Individualmente, según su amplitud relativa V_h con relación a la componente fundamental V_1 , donde h representa el orden del armónico.
2. Globalmente, es decir, según el valor de la tasa de distorsión armónica total THD calculada utilizando la fórmula siguiente:

$$THD = \sqrt{\left(\sum_{h=2}^{40} V_h^2\right)}$$

Las tensiones armónicas de la red de alimentación son principalmente debidas a cargas no lineales conectadas a todos los niveles de tensión de la red de alimentación. Las corrientes armónicas que circulan a través de las impedancias del circuito dan lugar a tensiones armónicas. Las corrientes armónicas, las impedancias de la red y por consiguiente las tensiones armónicas en los puntos de suministro varían en el tiempo.

Condiciones normales de operación: Condiciones de tensión, corriente y frecuencia que permiten atender la demanda del sistema, las maniobras en la red y la eliminación de fallas, en ausencia de condiciones de fuerza mayor.

Corriente de demanda máxima: Es el valor máximo de corriente R.M.S. de todas las fases, agregada en intervalos de 10 min. En un periodo de evaluación de mínimo una semana.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 9 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Corriente de cortocircuito: Para propósito de esta norma, es la mínima corriente de corto circuito trifásica que se tenga disponible para hacer la evaluación en el punto de acople común (amperios rms). En el caso de un usuario monofásico se debe utilizar la corriente de corto monofásica.

Desbalance de tensión: Este índice caracteriza la magnitud y asimetrías del ángulo de fase de las tensiones trifásicas en operación de estado estable. El factor de desbalance de tensión es definido usando la teoría de componentes simétricas, como la relación entre la componente de secuencia negativa de la tensión y la componente de secuencia positiva.

Tabla 3. Porcentaje máximo de desbalance de tensión.

Rango de Tensión	Valor de Referencia
$V_n < 69 \text{ kV}$	2,0 %
$V_n \geq 69 \text{ kV}$	1,5 %

Fuente: NTC 5001 de 2008

Desviación estacionaria de la tensión eficaz: Existe una desviación estacionaria de tensión cuando la tensión eficaz se encuentra por encima del 110% o por debajo del 90% de la tensión nominal durante un período superior a un minuto respecto a la tensión deslizante. La magnitud de la tensión de suministro debe ser determinada de acuerdo con el método de medida Clase A, según lo establecido en el numeral 5.2 del Estándar IEC 61000-4-30 de 2015.

Elevación (SWELL): aumento brusco de la tensión de alimentación a un valor situado, por encima del 110 % de la tensión declarada V_c seguida del restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo. Por convenio, esta variación de corta duración dura entre medio ciclo a un minuto.

Factor K: se define como aquel valor numérico que representa los posibles efectos de calentamiento de una carga no lineal sobre el transformador debido a la presencia de corrientes armónicas. Esto significa que el transformador se calienta n veces más con la carga no lineal que bajo el mismo valor producido por un valor rms de corriente de una carga lineal.

Flag: Señalización o Marcado. Durante una caída, elevación o interrupción, el algoritmo de medida para otros parámetros (por ejemplo, medida de frecuencia) puede producir valores poco confiables. El concepto de flagging evita contar un solo evento más de una vez en diferentes parámetros (por ejemplo, contar una sola caída como una caída y una variación de frecuencia) e indica que un valor agregado puede no ser confiable. El Flagging sólo será activado por caídas, elevaciones o interrupciones.

Flicker: Impresión de inestabilidad de la percepción visual inducida por un estímulo de luz cuya luminancia o distribución espectral varía en el tiempo.

Las fluctuaciones de tensión provocan variaciones de luminancia del alumbrado, lo que produce el fenómeno ocular llamado parpadeo. Por encima de un cierto umbral el parpadeo se vuelve molesto, esta molestia aumenta rápidamente con la amplitud de la fluctuación. Para ciertas tasas de repetición, amplitudes incluso débiles pueden resultar molestas.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 10 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Hundimiento (SAG): Disminución brusca de la tensión de alimentación a un valor situado, entre el 90 y el 10 % de la tensión declarada V_c seguida del restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo. Por convenio, esta variación de corta duración dura entre medio ciclo a 1 min.

Interrupción de alimentación: Es un evento de caída de tensión por debajo del 10% de la tensión declarada V_c .

Una interrupción de alimentación puede ser clasificada como:

- Programada, cuando los clientes son informados con antelación para permitir la ejecución de trabajos programados en la red de distribución
- Accidental, cuando la interrupción es provocada por fallas permanentes o transitorias, la mayoría de las veces ligadas a sucesos externos o averías. Una interrupción accidental puede ser clasificada como:
 - Interrupción larga (mayor a un (1) min) provocada por una falla permanente.
 - Interrupción corta (menor o igual a un (1) min) provocada por una falla transitoria.

Método de agregación: El método o algoritmo de agregación es un procedimiento que considera las variaciones de los valores medidos en un intervalo de registro correspondiente a un período de agregación (por ejemplo 10 min o 15 min). Cada intervalo de registro de 10 min está conformado por 3000 ventanas de medida de 13 ciclos cada una (60Hz). La agregación de las medidas se hace calculando la raíz media cuadrática de los valores eficaces de cada ventana de medida.

Muecas de tensión: Las muecas de tensión son un disturbio electromagnético periódico que afecta la forma de onda de voltaje reduciendo su valor instantáneo durante intervalos que generalmente no sobrepasan los 0,5 ciclos.

La distorsión armónica total de la señal debida a las muecas se define como:

$$THD_{m\acute{a}x} = 0,074 \sqrt{\frac{A_N}{\rho}} \%$$

Donde,

ρ es la relación de la inductancia total con respecto a la del sistema.
 A_N es el área de la muesca medida en voltios–microsegundos.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 11 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Tabla 4. Límites de la profundidad, distorsión armónica total y el área de la muesca.

Límites de distorsión			
	Aplicaciones Especiales*	Sistema General	Sistema Dedicado
Profundidad de la muesca	10%	20%	50%
THD (Tensión)	3%	5%	10%
Área de la muesca (AN)	16400	22800	36500
NOTA: El valor de AN para sistemas diferentes a 480 V deben ser multiplicados por V/480			
* Hospitales y aeropuertos			
† Un Sistema Dedicado es exclusivamente dedicado al rectificador de carga			
†† En Voltios-microsegundos			

Fuente: NTC 5001 de 2008

PST (Percibility Short Time): Es un indicador de la perceptibilidad de un equipo o sistema, ante fluctuaciones de tensión durante un período de tiempo corto (10 min), obtenido de forma estadística a partir del tratamiento de la señal de tensión.

Tabla 5. Límites para el PST

Nivel de Tensión	Pst_95
1	1.0
2	1.0
3	0.9
4	0.9
STN	0.8

Fuente: Resolución Creg 065 de 2012

Perturbación conducida: Fenómeno electromagnético propagado a lo largo de los conductores de las líneas de una red eléctrica. En ciertos casos, este fenómeno electromagnético se propaga a través de los arrollamientos de los transformadores y, por lo tanto, en redes de diferentes niveles de tensión. Estas perturbaciones pueden degradar las prestaciones de un aparato, de un equipo o de un sistema, o provocar daños.

Punto de acople común (PCC): Es el punto de conexión individual entre el SDL o el STR y el usuario final (el punto de medida de energía).

Relación de cortocircuito (Isc/IL): Es la relación de la corriente de cortocircuito en el punto de acople común (PCC), a la corriente de demanda máxima.

SAI: Sistema de alimentación ininterrumpido.

Severidad del Flicker: Intensidad de la molestia provocada por el parpadeo definida por el método de medida que se encuentra en la norma **IEC 61000 – 4 – 15** del Flicker y evaluada según las cantidades siguientes:

Severidad de corta duración (Pst) medida en un período de 10 min.

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_{1s} + 0.0657P_{3s} + 0.28P_{10s} + 0.08P_{50s}}$$

Severidad de larga duración (Plt) calculada a partir de una secuencia de 12 valores de Pst en un intervalo de dos horas, según la fórmula siguiente:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{12} P_{sti}^3}{12}}$$

Tabla 6. Porcentaje máximo de desbalance de tensión.

Rango de Tensión	Valor de Referencia Plt
$V_n < 69 \text{ kV}$	1,0 pu
$V_n \geq 69 \text{ kV}$	0,8 pu

Fuente: NTC 5001 de 2008

Si los valores calculados del percentil al 95 % exceden los valores de referencia, es una buena práctica realizar una evaluación adicional a los datos para tratar de establecer las causas de tal comportamiento.

Si esta razón es mayor a 1,3, se debe proceder a investigar la razón de discrepancia, ya que la posible presencia de eventos o fenómenos de causas no controlables, por ejemplo, interrupciones o fenómenos transitorios debidos a tormentas eléctricas, dentro del periodo de registro deben ser excluidas

Sobretensión transitoria: Sobretensión oscilatoria o no oscilatoria de corta duración generalmente fuertemente amortiguada y que dura como máximo algunos milisegundos.

Las sobretensiones transitorias son generalmente debidas a descargas atmosféricas, a maniobras o a la operación de fusibles. El tiempo de subida del frente de las sobretensiones transitorias puede variar de menos de un microsegundo a algunos milisegundos.

TDD: Distorsión de demanda total

Transitorios electromagnéticos rápidos y fluctuaciones de tensión: Es todo fenómeno que origina distorsiones transitorias de las ondas de tensión y corriente respecto a su forma y frecuencia permisibles.

Tensión de referencia deslizante (VRD): Magnitud de tensión promediada sobre un intervalo de tiempo específico, el cual representa la tensión previa a la ocurrencia de un hundimiento o

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 13 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

una elevación en tensión.

Variaciones de frecuencia: La frecuencia nominal de la tensión de suministro es 60 Hz. Este valor es determinado por la velocidad de los alternadores en las estaciones de generación.

Tabla 7. Valores de referencia de variaciones de frecuencia.

Tipo de red	Frecuencia aceptable durante el 95% de los datos tomados de una semana	Frecuencia aceptable durante el 100% de los datos tomados de una semana
Redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado	Desde 59,8 Hz Hasta 60,2 Hz	Desde 57,5 Hz Hasta 63 Hz
Redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de distribución en regiones no interconectadas e islas)	Desde 58,8 Hz Hasta 61,2 Hz	Desde 51 Hz Hasta 69 Hz

Fuente: Norma Técnica Colombiana 1340 Electrotecnia. Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público.

4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los reglamentos, resoluciones las normas técnicas nacionales e internacionales y demás documentos empleados como referencia en esta norma de construcción, deben ser considerados en su versión más reciente.

Tabla 8. Documentos de Referencia.

Código del documento	Descripción
Resoluciones	
MME 90708 (2013)	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.
CREG 070 (1998)	Se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica
CREG 024 (2005)	Se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de distribución de energía eléctrica
CREG 016 (2007)	Se modifica parcialmente la Resolución CREG 024 de 2005 que establece las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a la Distribución de Energía Eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional
Normas y estándares	
NTC 5001 (2008)	Calidad de la potencia eléctrica. Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común
NTC 1340 (2004)	Electrotecnia. Tensiones y frecuencias nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público
IEEE Std 519 (2014)	Recommended Practices and Requirements for Harmonics Control
IEEE Std 1159 (2019)	Recommended practice for monitoring electric power quality a status update, IEEE, 2019. DOI: 10.1109/IEEESTD. 2009.5154067
IEEE Std 1366 (2012)	Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 14 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Código del documento	Descripción
IEEE 1453 (2015)	Recommended Practice for the Analysis of Fluctuating Installations on Power Systems
IEEE 1547 (2018)	IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces
IEC 61000-4-7 (2002)	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Numeral 7: Guía general relativa a las medidas de armónicos y de interarmónicos, así como al equipo de medida, aplicable a las redes de distribución y a los aparatos a ellas conectados (véase la norma CE11000-4- 7:1991).
IEC61000-4-15 (2010)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-15: Testing and measurement techniques - Flickermeter - Functional and design specifications
IEC61000-4-30 (2015)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods

5. GENERALIDADES

La calidad de la potencia consiste en el cumplimiento de valores de referencia en un punto y momento determinado, de los parámetros eléctricos formas de ondas de tensión y corriente, bajo condiciones normales de operación en el sistema de distribución de energía eléctrica.

Según la norma IEEE Estándar 1159 de 2019 los fenómenos electromagnéticos pueden ser de tres tipos:

- Variaciones en el valor RMS de la tensión o la corriente.
- Perturbaciones de carácter transitorio.
- Deformaciones en la forma de onda.

Para efectos de determinar la fuente de las distorsiones o fluctuaciones, ESSA podrá instalar los equipos que considere necesarios en la red o en las fronteras y/o equipos de medición del usuario, para registrar variables como corrientes y tensiones, y podrá exigir el diseño de medidas remediales que técnicamente sigan las normas y buenas prácticas de ingeniería.

El periodo de medida debe ser de mínimo una semana con un periodo de agregación de diez minutos (tener en cuenta que los indicadores se evalúan en periodos de una semana). El 100 % de los valores registrados en la semana deben estar dentro del rango estipulado en los valores de referencia.

Las deformaciones de onda producidas por las cargas no lineales, de propiedad de los usuarios deben ser corregidas por el cliente con la inversión tecnológica necesaria para evitar que la distorsión afecte a los demás usuarios conectados a la red eléctrica.

El operador de la red es el responsable en el PCC por la calidad de la potencia y del servicio suministrado a los usuarios conectados a su sistema, sin embargo, la calidad de la potencia en la red se ve afectada principalmente por la naturaleza de las cargas conectadas al sistema y por lo tanto, es necesario establecer criterios mínimos de calidad que los usuarios deben cumplir, con el fin de mitigar las afectaciones producidas en la red.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 15 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

5.1 Cargas nuevas

Con el objetivo de determinar los efectos generados en el sistema eléctrico, causados por la energización de cargas no lineales conectadas al Sistema de distribución local (SDL) o al Sistema de transmisión regional (STR) de ESSA, el usuario en instalaciones no residenciales (Industrial, Comercial y Oficial) deberá cumplir con los requisitos establecidos en los numerales 5.1.1 y 5.1.2 de acuerdo con su capacidad instalada.

5.1.1 Requisitos previos a la conexión

Para instalaciones no residenciales con una carga igual o superior a 30 kVA, al momento de realizar la solicitud de conexión el usuario deberá presentar un cálculo simulado de la calidad de la potencia, donde se evalúe:

- La máxima distorsión de corriente armónica y de tensión deben estar en los rangos estipulados en las tablas 2 y 3.
- Los desbalances de tensión $V2/V1$ no deben ser superiores al 2% ver tabla 4.
- La severidad del parpadeo de corta duración, PST el valor percentil de 95% debe ser menor o igual a lo establecido en la tabla 6.

5.1.2 Requisitos posteriores a la conexión

Para instalaciones no residenciales con una carga igual o superior a 100 kVA, el usuario dispondrá de 30 días hábiles posterior a su legalización del servicio para presentar un estudio de la calidad de la potencia donde se evalúe:

- La máxima distorsión de corriente armónica y de tensión deben estar en los rangos estipulados en las tablas 2 y 3.
- El cliente debe mantener un Factor de Potencia ≥ 0.9 Inductivo en el Punto de Conexión con un valor percentil del 95 %.
- Los clientes no deben generar eventos de tensión (Sags, Swell, transitorios e interrupciones) que afecten las cargas de clientes sensibles conectados al SDL y al STR.
- Los desbalances de tensión no deben ser superiores al 2% ver tabla 4.
- La severidad del parpadeo de corta duración, PST el valor percentil de 95% de las mediciones realizadas en cualquier punto debe ser menor o igual a lo establecido en la tabla 6.

El estudio debe ser elaborado por una firma especializada en este tipo de actividades y estar avalado por el profesional competente que de acuerdo con el Retie para este caso debe ser un Ingeniero Electricista.

El periodo de medida debe ser una semana con un periodo de agregación de diez min. El 100% de los valores registrados en la semana deben estar dentro de los rangos especificados en la

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 16 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

NTC 5001 de 2008.

5.2 Características de las ondas de tensión y de corriente

Las ondas de tensión y corriente están definidas por las siguientes características principales:

- Número de Fases. La fase indica la situación instantánea en el ciclo, de una magnitud que varía cíclicamente.
- Amplitud de la onda: la amplitud de una onda es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la onda sinusoidal.
- El valor máximo positivo que toma la amplitud de una onda sinusoidal recibe el nombre de "pico o cresta".
- El valor máximo negativo, "vientre o valle".
- El punto donde el valor de la onda se anula al pasar del valor positivo al negativo, viceversa, se conoce como "nodo", "cero" o "punto de equilibrio".
- Frecuencia de la onda: La frecuencia (f) del movimiento ondulatorio se define como el número de oscilaciones completas o ciclos por segundo ($f=1/T$).
- Forma de la onda.

5.3 Problema de calidad de la potencia

Existe un problema de calidad de la potencia eléctrica cuando ocurre cualquier desviación de la tensión, la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final y deteriore la economía o el bienestar de los usuarios; asimismo cuando ocurre alguna interrupción del flujo de energía eléctrica.

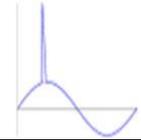
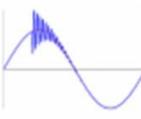
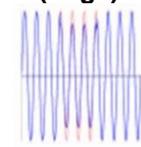
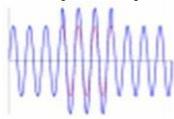
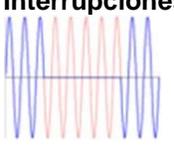
Los efectos asociados a problemas de calidad de la potencia son:

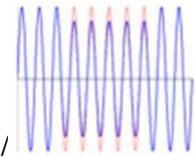
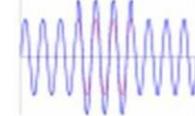
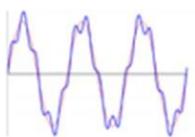
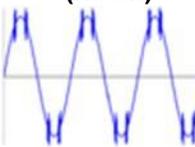
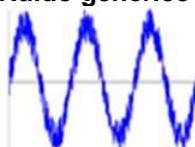
- Incremento en las pérdidas de energía.
- Daños a la producción, a la economía y la competitividad empresarial.
- Incremento del costo, deterioro de la confiabilidad, de la disponibilidad y del confort.
- Disparos intempestivos de protecciones eléctricas.
- Deterioro de conductores eléctricos.
- Disminución de vida útil de equipos.
- Sobredimensionamiento de instalaciones y equipos eléctricos.

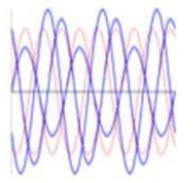
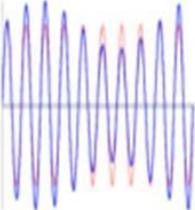
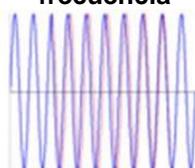
5.4 Clasificación de perturbaciones de calidad de potencia

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 17 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Tabla 9. Clasificación de perturbaciones de calidad de potencia según su duración

Categoría	Tipo de perturbación	Descripción	Características	Normas
Transitorios	Impulso 	Cambio bruscos, instantáneos y elevados en la tensión, corriente.	Valor pico, tiempo de subida y duración	EN 61000-2-1 IEEE C62 41 IEEE 1159 IEC 60816
	Oscilaciones 	Cambio repentino en la tensión o en la corriente con polaridad positiva y negativa	Valor pico, componentes de frecuencia	
Variaciones de tensión de corta duración	Interrupciones de corta duración 	Caída de tensión súbitas del valor eficaz de la tensión menor a 0,1 p.u. Su duración comprende entre 0.5 ciclos de onda y 1 minuto.	Duración	NTC 5001 NTC 1340 EN 61000-2-1 UNE EN 61000-4-11, UNE EN 61000-6-1, UNE EN 61000-6-2 IEEE 1159 EN 61000-2-8
	Hundimientos (Sags) 	Caída de tensión entre 0,9 y 0,1 p.u su tiempo es inferior a un (1) min.	Magnitud y duración	
Variaciones de tensión de corta duración	Elevaciones (Swell) 	Aumentos súbitos de la tensión eficaz superiores a 1,1 p.u. su tiempo es inferior a un (1) min.	Magnitud y duración	
	Interrupciones 	Son caída de tensión o anulaciones de tensión de la red eléctrica 0,1 p.u. son eventos de larga duración (> 1 min).	Duración	NTC 5001

Categoría	Tipo de perturbación	Descripción	Características	Normas
Variaciones de tensión de larga duración	Subtensiones 	Eventos en tensión de larga duración (> 1 min), están entre el 0.1 p.u. y el 0.9 p.u. de la tensión de alimentación declarada respectivamente.	Magnitud y duración	IEEE 1366
	Sobretensiones largas 	Eventos en tensión de larga duración (> 1 min), están por encima del 1.1 p.u. de la tensión de alimentación declarada respectivamente.	Duración	NTC 5001 IEEE 1366
Distorsión de la forma de onda	Interarmónicos 	Desviación permanente de la forma de la onda, como la superposición de tensiones senoidales múltiples no enteros de la frecuencia fundamental y con un desfase determinado.		IEEE 1159
Distorsión de la forma de onda	Ruido de conmutación (Notch) 	Las muescas de tensión son un disturbio electromagnético periódico que afecta la forma de onda de voltaje reduciendo su valor instantáneo durante intervalos que generalmente no sobrepasan los 0,5 ciclos.	THD y espectros de frecuencia	NTC 5001
	Ruido genérico 	Señales no deseadas de frecuencias elevadas superpuestas a la tensión de la red de forma permanente. Pueden producirse en modo común.		

Categoría	Tipo de perturbación	Descripción	Características	Normas
Otras perturbaciones	Desequilibrio 	Desigualdad entre las amplitudes y/o los desfases de las tensiones trifásicas.	Componentes simétricas	NTC 5001 de 2008
Otras perturbaciones	Parpadeo o Flicker 	Es el efecto producido sobre la percepción visual humana por una emisión cambiante de la iluminación debido a las fluctuaciones en la tensión de suministro en baja tensión. Las fluctuaciones de tensión consisten en una secuencia de rápidos cambios de tensión espaciadas lo bastante cerca en el tiempo para simular la respuesta del ojo-cerebro definida como Flicker.	Frecuencia de modulación de	NTC 5001 IEEE1564
	Variaciones de frecuencia 	Son cambios de frecuencia de señal senoidal proporcionada por la red, en Colombia la frecuencia es 60 Hz. Son de especial cuidado cuando existen sistemas de autogeneración conectados a la red eléctrica		NTC 1340 de 2013 CREG 070 de 1998

6. METODOS DE MEDIDA

Según la norma NTC 5001 de 2008 deben emplearse medidores Clase A de acuerdo con 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 esta

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 20 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

norma o en el caso de resolver reclamaciones o disputas entre un operador de red y un cliente.

La IEC-61000-4-30 propone medir distintos conceptos de forma separada:

- Medida de valores de tensión, basados en el valor eficaz de $\frac{1}{2}$ ciclo, indicando intervalos de sobretensión (“swell”), baja tensión (“sag”) e interrupción (“interruption”).
- Medida de la frecuencia, promediando cada 10 segundos.
- Medida de armónicos de tensión, según IEC-61000-4-7 por lo general se indican estadísticos con 95% de probabilidad (valor que no ha sido rebasado más que en un 5% de los ciclos).
- Medida de Flicker, según IEC-61000-4-15, en intervalos de 10 minutos (Pst) y de 2 horas (Plt).
- Medida del % de desequilibrio, usando las componentes fundamentales. El resultado se da en estadísticos con 95% de probabilidad.
- Periodo de agregación de 10 minutos.

Para efectos de la medición de la calidad de la potencia, los equipos deberán reunir las condiciones técnicas que permitan cumplir al menos las siguientes características y funciones:

- Medir el indicador THDV en el barraje, de acuerdo con el Estándar IEEE 519 (2014).
- Medir la relación entre el voltaje de secuencia negativa y el voltaje de secuencia positiva ($V(2) / V(1)$) en el barraje, con desempeño Clase A.
- Medir hundimientos y picos, de acuerdo con el Estándar IEC 61000-4-30 con desempeño Clase A.
- Medir la continuidad del servicio (frecuencia y duración de interrupciones superiores a un minuto).
- Medir la desviación estacionaria de la tensión RMS (duración superior a 1 minuto) por debajo o por encima de la permitida en el numeral 6.2.1 del Anexo 1 de la resolución CREG 016 de 2007.

Nota: Los estudios de calidad de la potencia para ESSA deberán ser con equipos Clase A.

6.1 Medida 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 esta norma o en el caso de resolver reclamaciones o disputas entre un operador de red y un cliente.

Cualquier medida de las perturbaciones de calidad de potencia definidas en esta norma y llevadas a cabo con dos diferentes instrumentos que cumplan con los requerimientos para **Clase A**, al medir las mismas señales producirán resultados similares dentro de la incertidumbre especificada.

6.2 Medida clase S

Esta clase se utiliza para aplicaciones estadísticas como estudios o evaluaciones de la calidad de la energía, posiblemente con un subconjunto limitado de parámetros. Aunque utiliza intervalos de medición equivalentes a los de la Clase A, los requisitos de procesamiento de la Clase S son mucho más bajos. Algunas encuestas pueden evaluar los parámetros de calidad de la energía de varios sitios de medición en una red; otras encuestas evalúan los parámetros de calidad de la energía en un solo sitio durante un período de tiempo, o en ubicaciones dentro de un edificio o incluso dentro de un solo equipo grande.

7. VARIACIONES DE FRECUENCIA EN EL SISTEMA DE POTENCIA

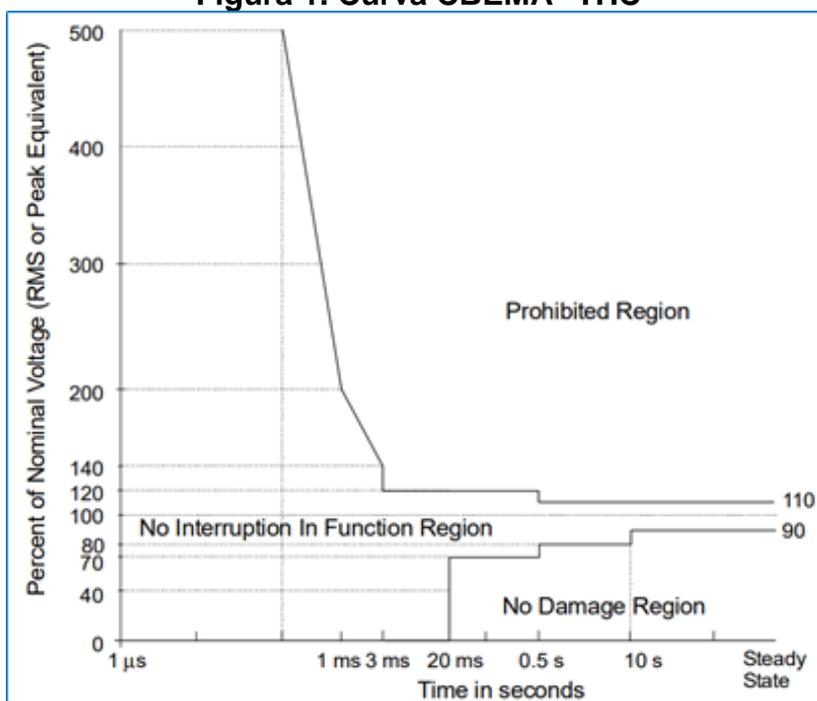
La variación de frecuencia es la desviación de la frecuencia fundamental del sistema de su valor nominal especificado (60 Hz en el caso de Colombia).

La frecuencia está directamente relacionada con la velocidad de rotación de los generadores que componen el sistema. Normalmente existen ligeras variaciones de frecuencia debido a la fluctuación del balance entre la generación y la demanda de potencia de un sistema.

8. EVALUACIÓN IMPACTO DE EVENTOS TRANSITORIOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Para el análisis de eventos de corta duración o de estado transitorio se emplea la curva CBEMA – ITIC, la cual fue creada para definir los límites transitorios dentro de los cuales la tensión de salida varía sin afectar el adecuado funcionamiento o sin causar daño a los equipos.

Figura 1. Curva CBEMA - ITIC



	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 22 de 24
	CALIDAD DE POTENCIA	Código: NTE-03

Las regiones de la curva CBEMA – ITIC, se clasifican de la siguiente manera:

- “No interruption in function region”: Eventos que no generan afectación a los procesos ni daños en equipos eléctricos.
- “No damage region”: Eventos que pueden generar interrupción de procesos sin generar daños a equipos eléctricos.
- “Prohibited region”: Eventos que pueden generar daño en los equipos eléctricos.

9. PROCESO DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LA POTENCIA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

En el anexo 1 se presenta el proceso de verificación de la calidad de potencia durante las etapas de diseño, conexión de cargas y operación de las cargas en el sistema eléctrico de ESSA.

ANEXO 1.

PROCESO VERIFICACIÓN CALIDAD DE LA POTENCIA

Requisitos previos a la conexión

Aplica para usuarios nuevos no residenciales con cargas ≥ 30 kVA

El usuario debe presentar un cálculo simulado de la calidad de la potencia, donde se evalúe:

*La máxima distorsión de corriente armónica y de tensión deben estar en los rangos estipulados en las tablas 2 y 3.

*Los desbalances de tensión V2/V1 no deben ser superiores al 2% ver tabla 4.

*La severidad del parpadeo de corta duración, PST el valor percentil de 95% debe ser menor o igual a lo establecido en la tabla 6.

Requisitos posteriores a la legalización de un usuario

Aplica para usuarios no residenciales con cargas ≥ 100 kVA

El usuario dispondrá de 30 días hábiles posterior a su legalización del servicio para presentar un estudio de la calidad de la potencia donde se evalúe:

*La máxima distorsión de corriente armónica y de tensión deben estar en los rangos estipulados en las tablas 2 y 3.

*El cliente debe mantener un Factor de Potencia ≥ 0.9 Inductivo en el Punto de Conexión con un valor percentil del 95 %.

*Los clientes no deben generar eventos de tensión (Sags, Swell, transitorios e interrupciones) que afecten las cargas de clientes sensibles conectados al STR y SDL de ESSA.

*Los desbalances de tensión no deben ser superiores al 2% ver tabla 4.

*La severidad del parpadeo de corta duración, PST el valor percentil de 95% de las mediciones realizadas en cualquier punto debe ser menor o igual a lo establecido en la tabla 6.

Requisitos durante la operación

Aplica para todos los usuarios existentes

Con el fin de garantizar la Calidad de la Potencia a todos los usuarios, ESSA realizará monitoreo de dichos indicadores de la siguiente manera:

*Identificación de zonas con problemas de Calidad de Potencia.

*Identificación de clientes con cargas que afectan la calidad de la potencia y solicitud de medidas correctivas.

*Seguimiento al caso y toma de medidas correctivas cuando aplique.

*Nota: De acuerdo con la resolución CREG 16 de 2007, el OR debe encontrar las deficiencias de calidad de potencia y solicitar al usuario la solución de las mismas en plazos razonables. Si el usuario no cumple con los acuerdos, el OR puede corregir las deficiencias o desconectar al usuario, previo aviso a la SSPD.

Si el OR detecta que las deficiencias en calidad de potencia ocasionan peligro inminente en la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal o la preservación del medio ambiente, puede realizar la desconexión del equipo causante o en su defecto de la carga del usuario respectivo.

Para efectos de determinar la fuente de las distorsiones o fluctuaciones, el OR podrá instalar los equipos que considere necesarios en la red o en las Fronteras y/o equipos de medición del usuario, para registrar variables como corrientes y tensiones, y podrá exigir el diseño de medidas remediales que técnicamente sigan las normas y buenas prácticas de ingeniería.