

Los problemas de calidad de energía se empezaron a visualizar a partir de la década de los años 60's con el desarrollo de los microprocesadores y su incorporación a los procesos productivos de todas las empresas. Los equipos electromecánicos del pasado eran mucho más robustos a los fenómenos transitorios que en la actualidad, los cuáles pueden dañar u ocasionar problemas de funcionamiento en equipos como computadoras, controladores lógicos programable (PLC), variadores de velocidad, fuentes conmutadas, etc.

Principios Básicos

Corriente Alterna

La CNFL distribuye energía eléctrica a través de un sistema de corriente alterna (AC). Al utilizar un instrumento que permite graficar la señal de tensión respecto al tiempo (osciloscopio) de un tomacorriente en una casa de habitación, se puede observar la señal de la siguiente figura:

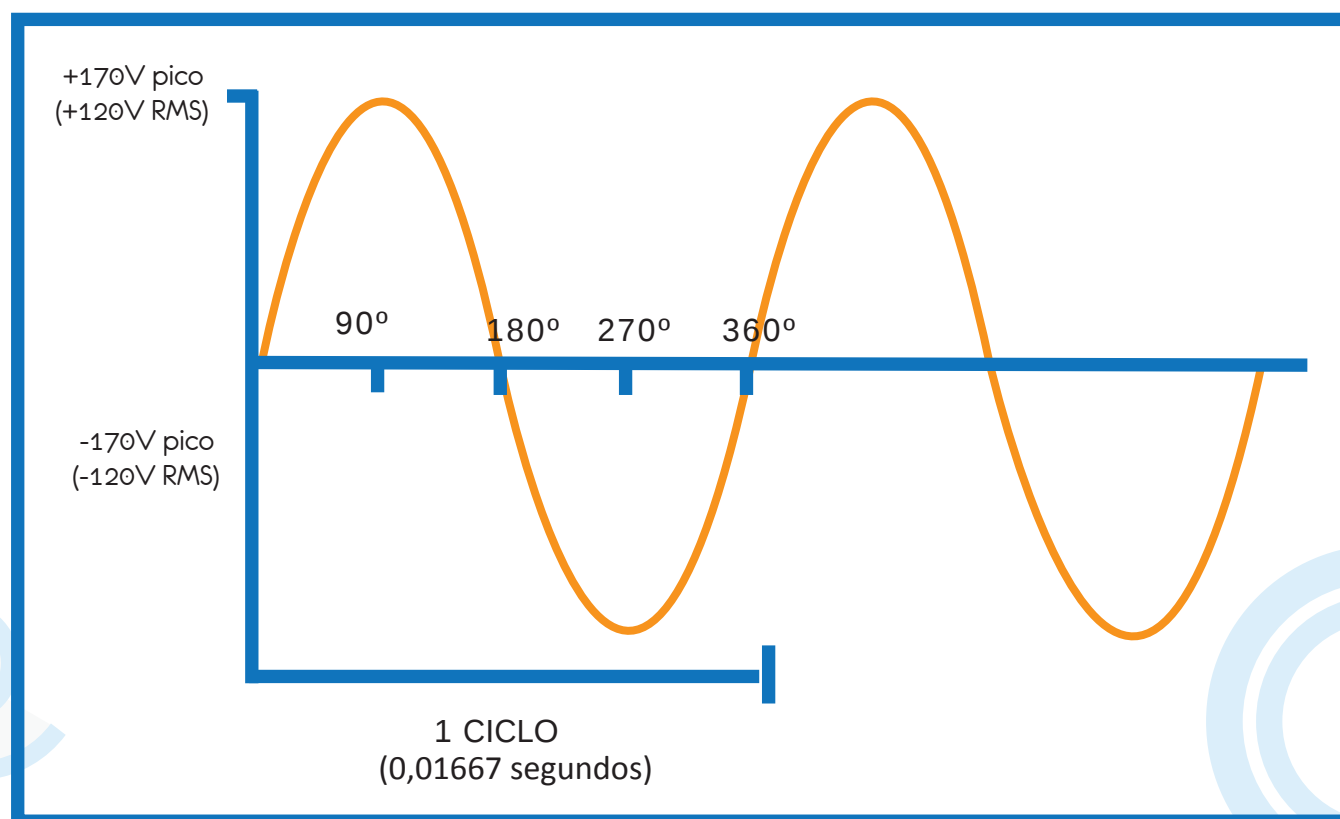


Figura N°1. Forma de onda senoidal de la tensión residencial de 120VRMS suministrada por CNFL

La corriente o tensión que suministra CNFL en las residencias es de 240V y/o 120V. Pues bien, a partir de la figura N°1. se pueden realizar algunas observaciones:

1. La señal de tensión varía con el tiempo, alternando entre valores positivos y negativos. La señal alterna su polaridad cada cierto tiempo y de ahí se deriva su nombre de corriente o tensión alterna.
2. El valor pico de la señal es de 170V pero la tensión efectiva que realiza trabajo es de 120V. A este valor efectivo y que equivale a un valor en corriente directa que realizaría el mismo trabajo, se le conoce como valor RMS (valor medio cuadrático) y es el que se utiliza normalmente para caracterizar la tensión de suministro de una instalación.

La relación entre el valor RMS y el valor pico es: $V_{Pico} = V_{RMS} \times \sqrt{2}$

3. Otra característica de la señal de la figura N°1 es que el inicio positivo de la señal se repite cada cierto tiempo. A este tiempo se le conoce como ciclo. Para el caso de Costa Rica, la señal de tensión que suministra CNFL y cualquier otra distribuidora eléctrica, es de 60 ciclos por segundo, es decir, la señal repite su ciclo 60 veces en un segundo (ó 60Hz). Esta característica se conoce como frecuencia (f) y sus unidades son los Hertz (Hz). El tiempo (t) de cada ciclo es de 0,01667 segundos.

La relación entre la frecuencia y la duración de un ciclo es: $t = \frac{1}{f}$

Donde f es la frecuencia en Hz y t es la duración del ciclo en segundos.

4. Es imposible para cualquier distribuidora entregar un nivel de tensión RMS sin variaciones ya que la red eléctrica es un sistema dinámico que está sometido a un sin fin de operaciones intencionales (la operación de una protección en una subestación) y no intencionales (descarga atmosférica o la caída de un poste de tendido eléctrico) que van a producir variaciones en la tensión de alimentación de los clientes, como se aprecia en la Figura N°2. Debido a lo anterior, se manejan franjas de variación para la tensión de alimentación y que la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, ARESEP, ha establecido en $\pm 5\%$ de la tensión RMS nominal, según la norma AR-NTCVS (Calidad de Voltaje de Suministro).

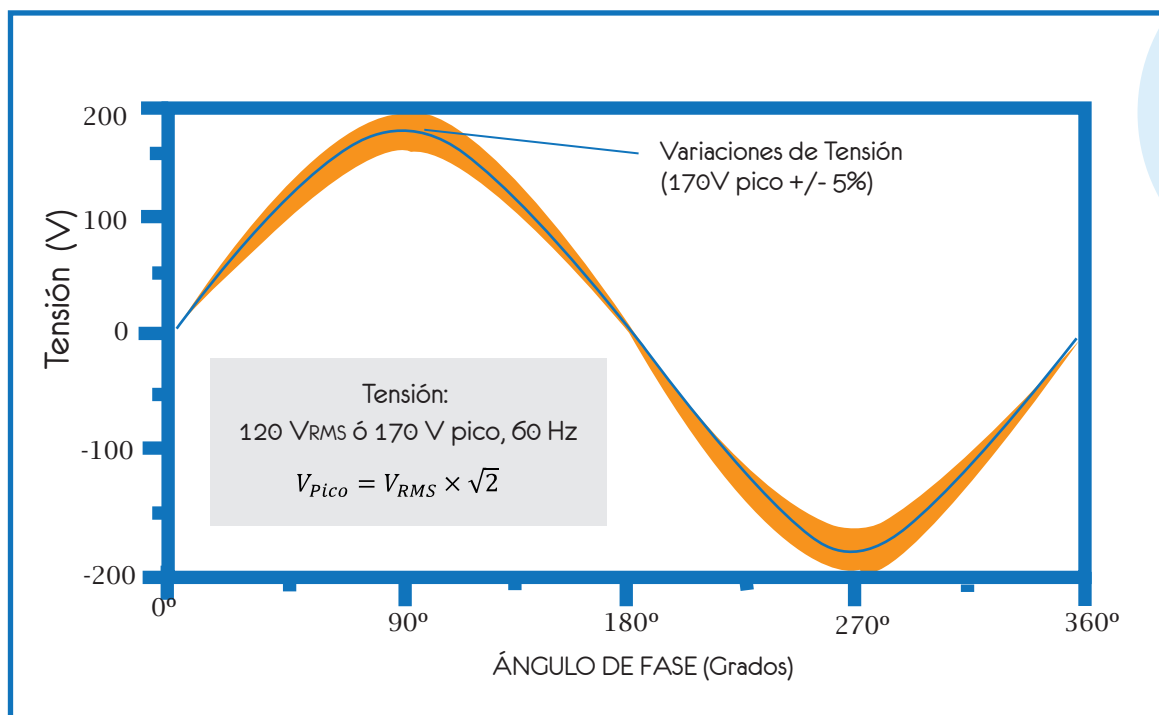


Figura N°2. Variaciones en la onda senoidal de tensión suministrada por CNFL

5. Los niveles de tensión nominal disponibles en Costa Rica, según la norma AR-NTCVS son los siguientes:

Sistema	Intervalo Normal	
	Valor Mínimo	Valor Máximo
Monofásico Bifilar 120 V	114	126
Monofásico Trifilar 120/240V	114/228	126/252
Trifásico 120/208, conexión estrella	114/197	126/218
Trifásico 277/480, conexión estrella	263/456	297/504
Trifásico 240, conexión delta	228	252
Trifásico 480, conexión delta	456	504

Es importante destacar que los valores indicados en la tabla corresponden a promedios en un intervalo de 10 minutos y en la normativa respectiva se establece que en un lapso de 7 días consecutivos, el 95% de los valores registrados deberá ubicarse dentro de los límites indicados en la Tabla N°1

Tabla N°1. Intervalo Normal del Valor de Tensión RMS de Servicio.
Fuente: Norma ARESEP ART-NTCVS, 08 de enero 2002

Modos de Medición

Las perturbaciones en la señal alterna se especifican, por lo general, en términos de la tensión de alimentación establecida entre dos puntos. Con el fin de definir los puntos entre los cuales se realiza una medición, se establecen los modos de medición. Cualquier medición tomada respecto a la tierra del sistema (T), es conocida como Modo Común.

Por lo contrario cualquier medición realizada entre líneas (L) o entre líneas y neutro (N) es llamada Modo Normal. En la figura N°3 se aprecian los diferentes modos de medición para un tomacorriente tradicional de 15A.

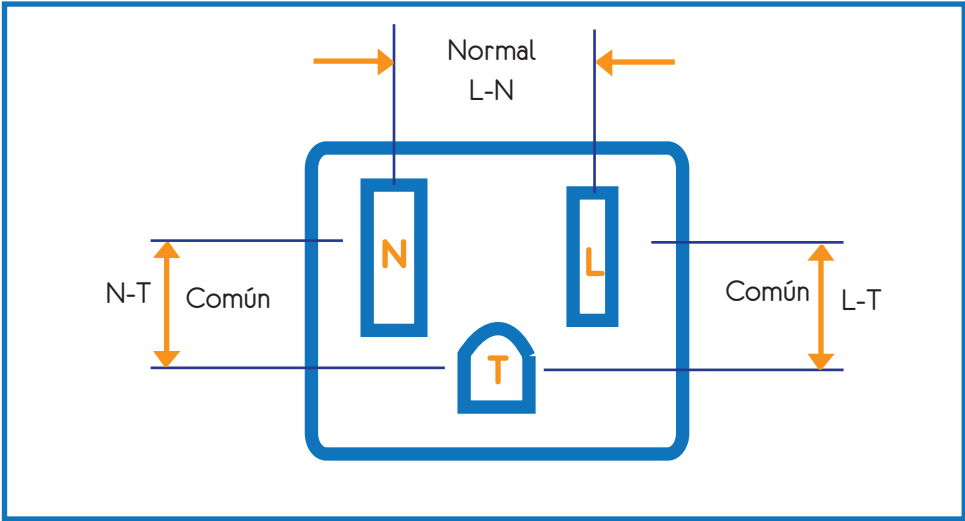


Figura N°3. Modos de medición para un tomacorriente tradicional de 15 A.

Acondicionamiento de Potencia

Las perturbaciones en el sistema eléctrico se pueden presentar desde el punto de generación (una planta hidroeléctrica) hasta el punto de servicio (una pantalla LCD, por ejemplo). Sin embargo, el acondicionamiento de la potencia se enfoca a partir de la acometida del cliente.

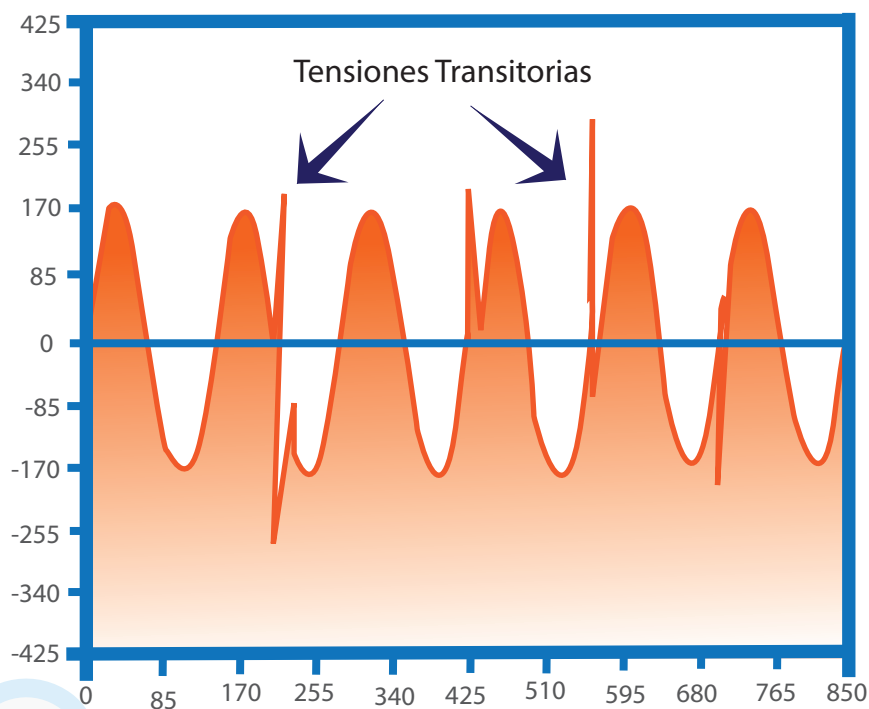
Estas perturbaciones en el sistema toman muchas formas, con síntomas y soluciones características. Sin embargo, los problemas de calidad de energía, en general pueden agruparse en seis categorías bien definidas: Ruido, Regulación, Armónicos, Supresión, Aislamiento y Puesta a Tierra. Un sistema de protección integral debe tomar en cuenta estas seis categorías.

El tema sobre Tensiones Transitorias que se desarrollará se ubica en la categoría de supresión.

¿Qué son tensiones transitorias?

Corresponde a variaciones o cambios de corta duración de un nivel de tensión o de señal deseado para el caso de computadoras y equipo electrónico. Este cambio o variación puede ocasionar un problema de funcionamiento en el equipo e inclusive, el daño total de este.

En general los transitorios son fenómenos de corta duración (de una frecuencia superior a los 60Hz) pero de una magnitud superior a la tensión nominal pico de la red eléctrica que alimenta al cliente y entre mayor sea la magnitud del transitorio, mayor es la posibilidad de ocasionar algún daño severo en los equipos eléctricos y electrónicos.



En la figura N°4 se aprecian varios transitorios con una frecuencia superior a los 60Hz de la onda senoidal de tensión y algunos de ellos con una magnitud que supera el valor pico de la señal.

Los transitorios pueden ser generados por una gran variedad de fuentes pero es posible clasificarlos en dos grandes grupos:

- Descargas atmosféricas.
- Operaciones de conmutación.

Figura N°4. Ocurrencia de transitorios en la onda de tensión.

Regulación de Tensión

Los problemas de regulación de tensión corresponden a fenómenos con duraciones superiores a 1ms y que pueden llegar a ser detectados por el ojo humano. Son clasificados en la categoría de regulación, los eventos con duraciones entre $\frac{1}{4}$ de ciclo (4.16ms) y varios ciclos. Podemos encontrar tres eventos característicos en los sistemas eléctricos:

SWELLS

Corresponde a un incremento en la forma de onda de la tensión alterna del sistema eléctrico a la misma frecuencia (60Hz) y con duraciones entre $\frac{1}{2}$ ciclo (8.32ms) hasta 60 segundos. El nivel de tensión puede variar entre el 110% hasta el 180% de la tensión nominal, dependiendo de la duración del evento. Un evento SWELL con una duración superior a los 60 segundos recibe el nombre de sobretensión.

Algunos síntomas: monitores tipo CRT (de tubos de rayos catódicos) y lámparas incrementan su salida luminosa de forma temporal, componentes de fuente de poder quemados, marcas de quemaduras en tarjetas y componentes.

SAGS

Corresponde a una disminución en la forma de onda de la tensión alterna del sistema eléctrico a la misma frecuencia (60Hz) y con duraciones entre $\frac{1}{2}$ ciclo (8.32ms) hasta 60 segundos. El nivel de tensión puede variar entre el 10% y el 90% de la tensión nominal. Un evento SAG con una duración superior a los 60 segundos recibe el nombre de baja tensión.

Algunos síntomas: los motores reducen su velocidad o se detienen por completo, los computadores se bloquean y deben ser reiniciados, los monitores tipo CRT (de tubos de rayos catódicos) y lámparas disminuyen su salida luminosa o parpadean. Los SAGS corresponden a la mayoría de los fenómenos registrados en la red eléctrica, respecto a los SWELLS. En la Figura N°5 se pueden apreciar gráficamente ambos fenómenos SAG y SWELL.

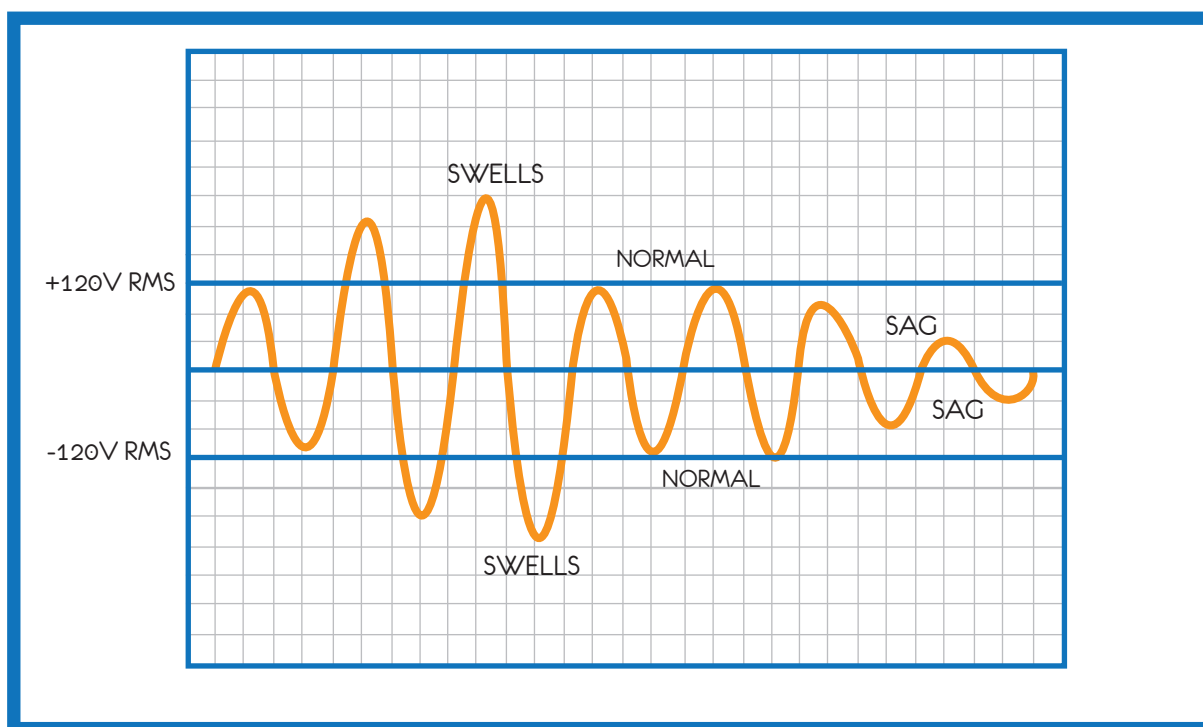


Figura N°5. Variaciones de tensión SAGS y SWELLS

Interrupciones

Pérdida total de la tensión de entrada al sistema eléctrico (tensión inferior al 10% de la tensión nominal) con duraciones entre ½ ciclo (8.32ms) hasta 60 segundos.

Para controlar estos eventos es necesario regular la tensión de entrada a los dispositivos; este proceso consiste en agregar (en el caso de un SAG) o remover (para un SWELL) la energía necesaria para mantener la integridad de la señal senoidal de la tensión de entrada. Los equipos normalmente utilizados para resolver los problema de regulación son las fuentes de potencia ininterrumpible ó UPS.

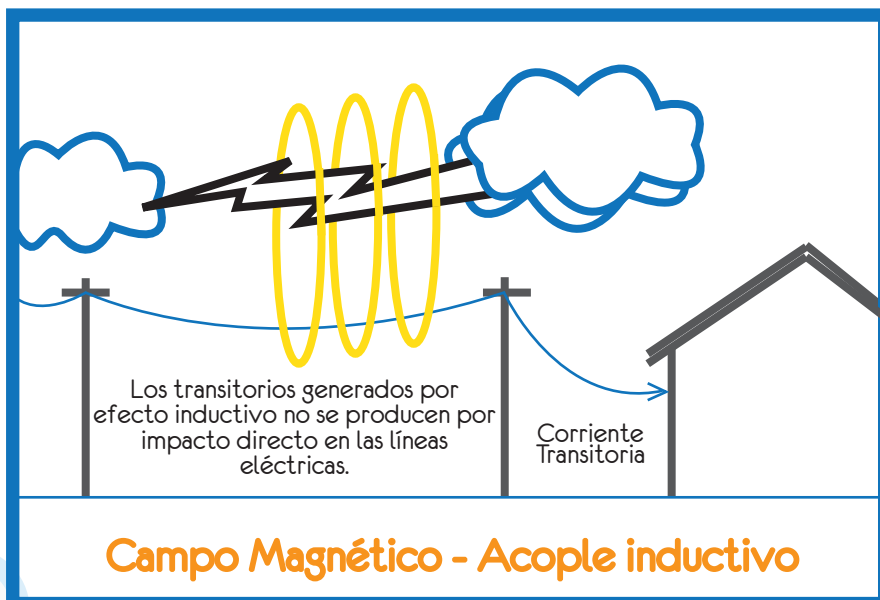
Transitorios

Las tensiones transitorias son fenómenos de gran contenido energético que pueden ocasionar daños o mal funcionamiento de equipos en general, pero especialmente de equipo electrónico. Se generan cuando la corriente que circula en un circuito eléctrico es interrumpida. Por lo tanto, es lógico pensar que las fuentes generadoras de transitorios no son sólo externas a la instalación eléctrica del cliente sino también internas, como por ejemplo motores eléctricos o impresoras láser.

Las dos principales fuentes de voltajes transitorios en los sistemas de baja tensión son:

Descargas atmosféricas (impactos directos o indirectos):

- Un impacto de rayo produce fuertes campos electromagnéticos que, en las cercanías de un circuito eléctrico, primario o secundario, inducirán tensiones en estos conductores.
- La descarga de un rayo a tierra ocasiona diferencias de potencial en los conductores de los sistemas de puesta a tierra, condición que puede generar la circulación de corrientes indeseadas y eventual daño de equipos.
- Impactos directos en las líneas de media y baja tensión, provocando daños a los equipos en general.



No es necesario que se produzca un impacto directo de un rayo en las líneas de distribución para que se genere una tensión transitoria en el sistema eléctrico; basta que la líneas eléctricas se encuentren dentro del campo de acción del campo magnético generado por una descarga atmosférica entre, por ejemplo, nube a nube, para que se induzca en ellas una tensión y corriente transitoria, como se aprecia en la Figura N°6.

Figura N°6. Tensión transitoria inducida por efecto de una descarga atmosférica indirecta.

Operaciones de conmutación:

- Apagado de electrodomésticos y cargas eléctricas.
- Transitorios periódicos cada ciclo en operaciones de conmutación de convertidores electrónicos (NOTCHING).
- Conmutación de bancos de capacitores que pueden alcanzar hasta 1.5 veces la tensión nominal.
- Recierres en la red eléctrica.
- Cortocircuitos en la red y fallas de arco por la operación de dispositivos de protección. Tenga presente que entre más rápido actúe el dispositivo mayor magnitud tendrá el transitorio.

En términos generales y fundamentados en estudios realizados por expertos, se ha logrado determinar que la mayoría de los problemas de calidad de energía (un 80%), son generados a nivel interno. Debido a esta realidad, las empresas deben tomar acciones preventivas para proteger sus equipos sensibles ya que en la mayoría de los casos, estos pueden fallar por problemas generados internamente en la instalación.

Los transitorios pueden presentarse a cualquier hora del día y en cualquier conductor metálico, ya sea por interrupción del flujo de electrones o por acople magnético, lo que incluye no sólo los conductores de acometida sino también líneas de datos (redes LAN), telefónicas, de señal (alarmas contra fuego o cámaras de vigilancia), de control (PLC, máquinas CNC) y coaxiales (servicios de cable para TV), por lo que el usuario debe asegurar la protección del equipo desde todas sus entradas.

Debido a la corta duración de los transitorios, se pueden caracterizar por su contenido energético en Joules. Estos pueden ser positivos o negativos como se aprecia en la Figura N°7, (según su ubicación en la onda senoidal de corriente o tensión alterna) y aparecen en cualquier punto de la onda que por lo general se especifica como un ángulo, tomando en consideración que un ciclo de la onda senoidal corresponde a un giro completo de 360° mecánicos de la bobina en el generador.

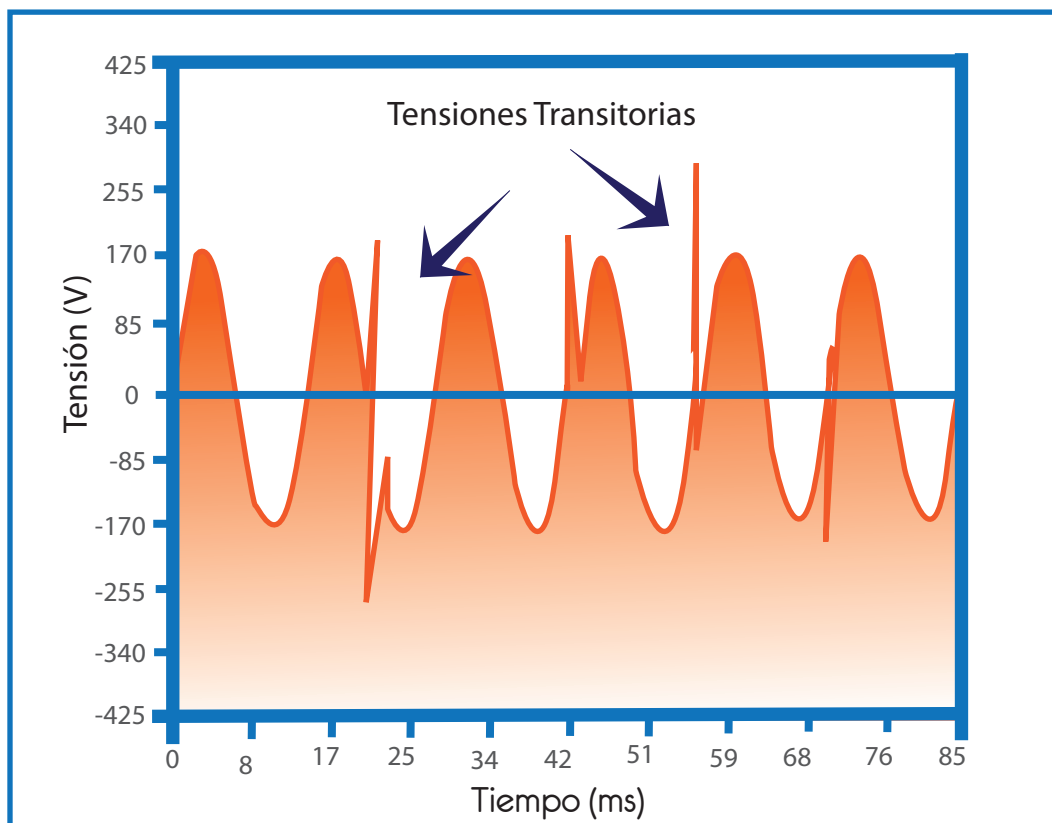


Figura N°7. Transitorios Positivos y Negativos

Nomenclatura de Señales Transitorias

Las siguientes definiciones hacen referencia de la figura N°8:

Origen virtual (Virtual Origin):

Se utiliza para definir el origen de la señal. Se determina al identificar dos puntos en la onda, 10% y 90% del valor pico, y trazar una línea recta entre estos dos puntos. La intersección de la línea con el eje X (corriente ó tensión con valor 0) es el tiempo virtual cero t_0 . Su origen surge por la dificultad de poder observar el inicio real de la señal en los antiguos osciloscopios.

Tiempo de subida (Rise Time):

Definido como la diferencia entre t_2 y t_1 , para el 90% y 10% respectivamente, pero sin incluir el factor de 1,25 definido para el Front Time.

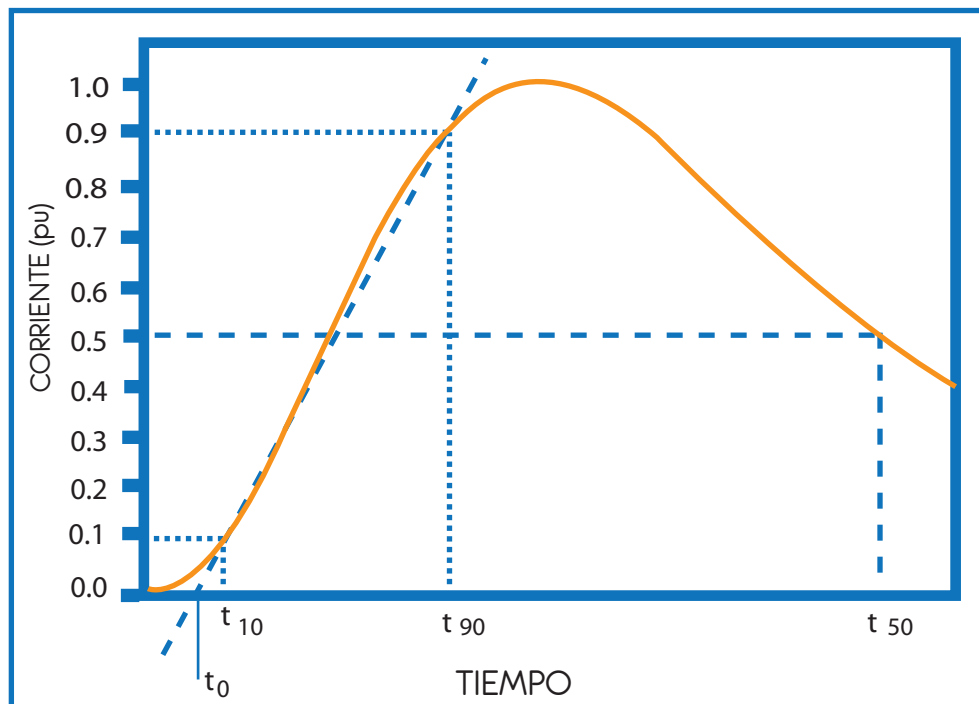


Figura N°8. Identificación de puntos utilizados en la definición de señales transitorias de corriente y tensión.

Tiempo de frente de onda (Front Time): Se define como $1,25 \times (t_2 - t_1)$ siendo t_2 el valor respectivo al 90% de la señal en su camino ascendente y t_1 , el 10% en el mismo sentido. Se utiliza para señales de corriente ya que para tensión, el valor es $1,67 \times (t_2 - t_1)$ siendo t_2 el valor respectivo al 90% de la señal en su caminos ascendente y t_1 , el 30% en el mismo sentido. La definición original correspondía a la diferencia entre el inicio y el valor pico de la señal, pero es evidente que existió alguna dificultad para definir correctamente el tiempo de inicio como se mencionó anteriormente y hay problema al definir el tiempo exacto del valor pico para señales de muy larga duración (por ejemplo la onda 10/1000 μ s). El valor de 30% se estableció para los generadores de tensión que producían mucho ruido; en caso contrario utilizaban el 10%.

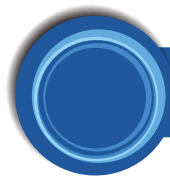
Tiempo al valor medio (Time to Half Value): Definido como la diferencia entre el tiempo virtual cero t_0 y el momento en que la onda alcanza el 50% de su valor pico en la etapa de descenso, t_3 .

Formato α/β : Este formato es utilizado en laboratorios de prueba y ambos identificadores son positivos. El significado de cada identificador es el siguiente:

α : Corresponde al tiempo de subida de la señal en μ s.

β : Corresponde al tiempo de caída de la señal, en μ s, en el cual se alcanza el 50% del valor pico de la señal.

Para brindar una mayor descripción de la señal de prueba, se acostumbra indicar el valor pico de la tensión de circuito abierto y el valor pico de la corriente de cortocircuito del generador empleado. Tenga en cuenta que si sólo se proporciona una de las variables anteriormente mencionadas (tensión de circuito abierto o corriente de cortocircuito), se deberá especificar la impedancia de salida del generador.



Oscilatorio (Ring Wave)

Tiempo de subida de $0.5\mu\text{s}$ con una caída oscilatoria exponencial con una frecuencia de 100kHz . Adicionalmente, la amplitud de la oscilación decae por un factor de 0.6 durante cada medio ciclo.

Fuentes: Cargas inductivas como elevadores, copiadoras, soldadoras, equipo de aire acondicionado, accionamiento de fusibles, motores y herramientas en general. Corresponden al resultado de la actividad interna normal operativa de cualquier centro de trabajo. También puede ser producto residual de un transitorio externo y su interacción con el sistema de distribución.

Este tipo de forma de onda se utiliza para las pruebas que se realizan a equipos diseñados para trabajar en las categorías A y B, de acuerdo a la normativa IEEEC62.41 y la impedancia del generador de señales debe ser de 30Ω y 12Ω respectivamente, equivalente a corrientes de cortocircuito de 200A y 500A para un nivel de tensión de 6kV.

En la Figura N°8 se aprecia la forma de onda de un transitorio oscilatorio ring wave con un tiempo de subida de $0.5\mu\text{s}$ y una frecuencia de oscilación de 100kHz .

Tenga presente que la impedancia del generador de señales corresponde a la relación entre su tensión de circuito abierto y su corriente de cortocircuito, por lo que es posible obtener distintas configuraciones en función de la severidad de la prueba que se desee simular; sin embargo la norma IEEE C62.41 establece que el valor máximo de la prueba es de 6kV.

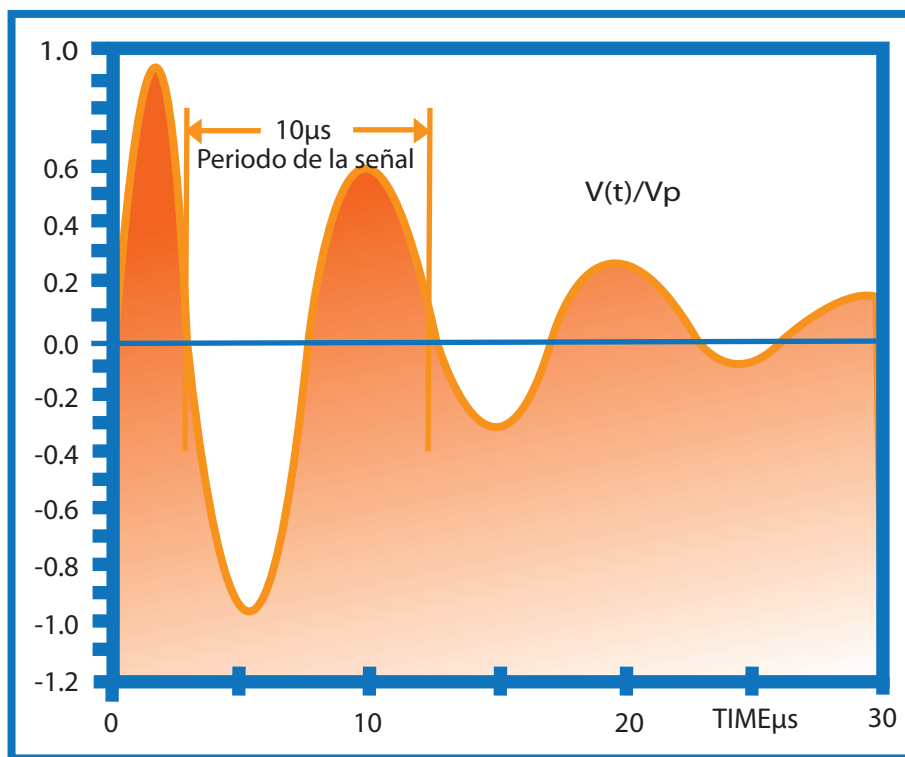


Figura N°8. Forma de onda 100 kHz tipo oscilatorio (ring wave)

Impulsivo (Unidireccional):

Es una señal con un tiempo de subida rápido pero con una caída lenta y alto contenido energético. Definida generalmente por dos formas de onda: tensión y corriente y conocida comúnmente como onda combinada. La forma de onda de tensión de circuito abierto está definida por un tiempo de frente de onda de $1.2\mu\text{s}$ y un tiempo de valor medio de $50\mu\text{s}$ mientras que la forma de onda de corriente de cortocircuito está definida por un tiempo de frente de onda de $8\mu\text{s}$ y un tiempo de valor medio de $20\mu\text{s}$. La norma IEEEC62.41 recomienda que los valores picos representativos para la realización de las pruebas de desempeño de supresores de tensión transitoria son: $1.2/50\mu\text{s}$, 6kV y $8/20\mu\text{s}$, 3kA.

Fuentes: Descargas atmosféricas, conmutación de la red eléctrica, accidentes industriales. Este tipo de forma de onda está asociada a eventos generados externamente al cliente y toma en cuenta valores de circuito abierto para la tensión y de corto circuito para la corriente y de ahí que se defina como Onda Combinada.

Fallas más comunes

Las fallas más comunes producidas por los transitorios en equipo electrónico se pueden clasificar en tres tipos:

Fallas disruptivas: Se dan por acople inductivo. La energía contenida en el evento puede afectar los datos de salida, ocasionando que los componentes electrónicos traten de procesar el transitorio como un comando válido, provocando bloqueo del sistema, problemas de operación, salidas erróneas, archivos dañados o perdidos, entre otros.

Fallas disipativas: Relacionadas con eventos repetitivos que generan estrés sobre los componentes electrónicos. Si bien es cierto que los materiales con que se construyen los circuitos integrados (CI) están diseñados para soportar o disipar correctamente una cantidad de energía contenida en cada evento, es una realidad que a largo plazo se presentará una degradación del dispositivo que ocasionará, tarde o temprano y sin aparente razón, que este falle (cortos o circuitos abiertos en el CI).

Fallas destructivas: Incluye aquellos casos en los que un transitorio con gran contenido energético ocasiona el fallo inmediato de un equipo. Por lo general el daño físico es evidente (tarjetas quemadas o componentes derretidos). El daño se puede presentar ya sea por un transitorio de muy alta frecuencia y por lo tanto, muy rápido, que la fuente de poder no tiene capacidad de limitar o por que el transitorio contiene una cantidad considerable de energía que el dispositivo electrónico no puede soportar.

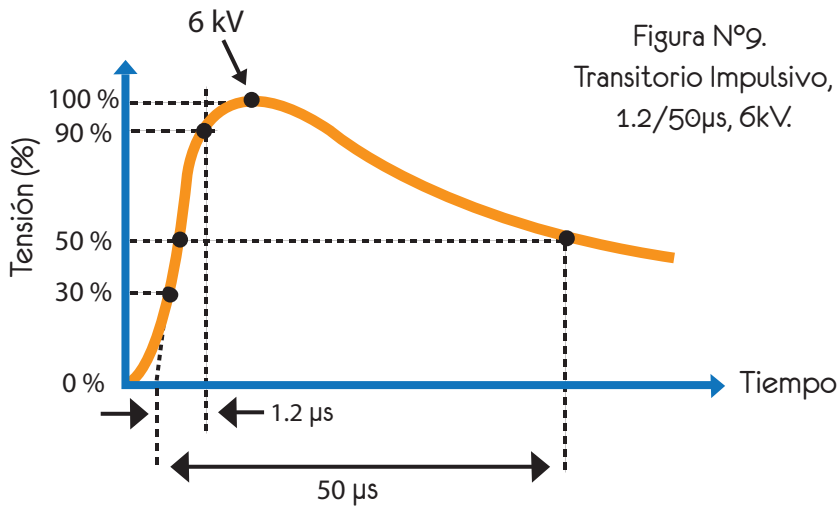


Figura N°9. Forma de onda combinada para tensión 1.2/50μs)

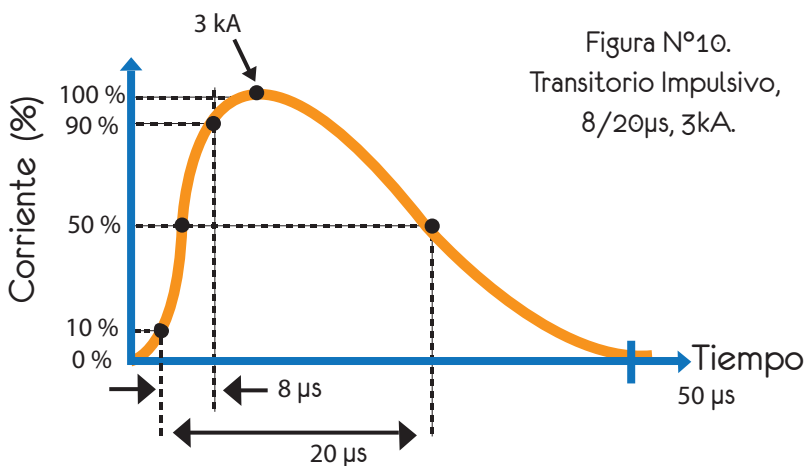


Figura N°10. Forma de onda combinada para de corriente 8/20μs.

Operación básica de un supresor de transitorios (SPD)

Como se ha mencionado, un transitorio corresponde a una variación de alta frecuencia, o de alta velocidad, de una tensión o señal nominal de trabajo. Entre mayor sea la desviación respecto al valor nominal, mayor serán las probabilidades de que se presenten problemas de funcionamiento o daño en el equipo electrónico. Por ejemplo, un variador de velocidad contiene elementos que conmutan constantemente a una alta frecuencia y se pueden generar entre 1 y 7 transitorios por ciclo (@60Hz), que equivale a 420 eventos por segundo.

Un supresor de transitorios es un dispositivo diseñado para atenuar la magnitud del transitorio y proteger así a los equipos de sus efectos negativos. Sin embargo, la atenuación no es del 100% sino que corresponde a un porcentaje del evento original y que debe ser inferior al valor máximo permitido por la carga para evitar problemas. Por lo tanto, el fabricante del equipo es quien debería indicar cuál es la máxima tensión de operación transitoria que el dispositivo puede soportar para seguir en funcionamiento. Por ejemplo, las computadoras pueden soportar tensiones transitorias que varían entre 150% y 300% de la tensión de línea.

Debido a que la mayoría de los transitorios son generados internamente en las instalaciones de los clientes, es necesario implementar un esquema de protección que abarque desde el tablero principal, tableros secundarios e inclusive los puntos de uso final debido a que el transitorio se puede generar en medio de cualquiera de estos puntos.

Es importante destacar que los supresores de tensiones transitorias sólo solucionan una parte de los problemas que pueden existir en una instalación eléctrica. No eliminan SAGS, SWELLS, interrupciones o armónicos; mucho menos van a generar ahorros de energía.

El supresor ofrece un camino alternativo al transitorio para que no afecte el funcionamiento de la carga como se aprecia en la figura N°12.

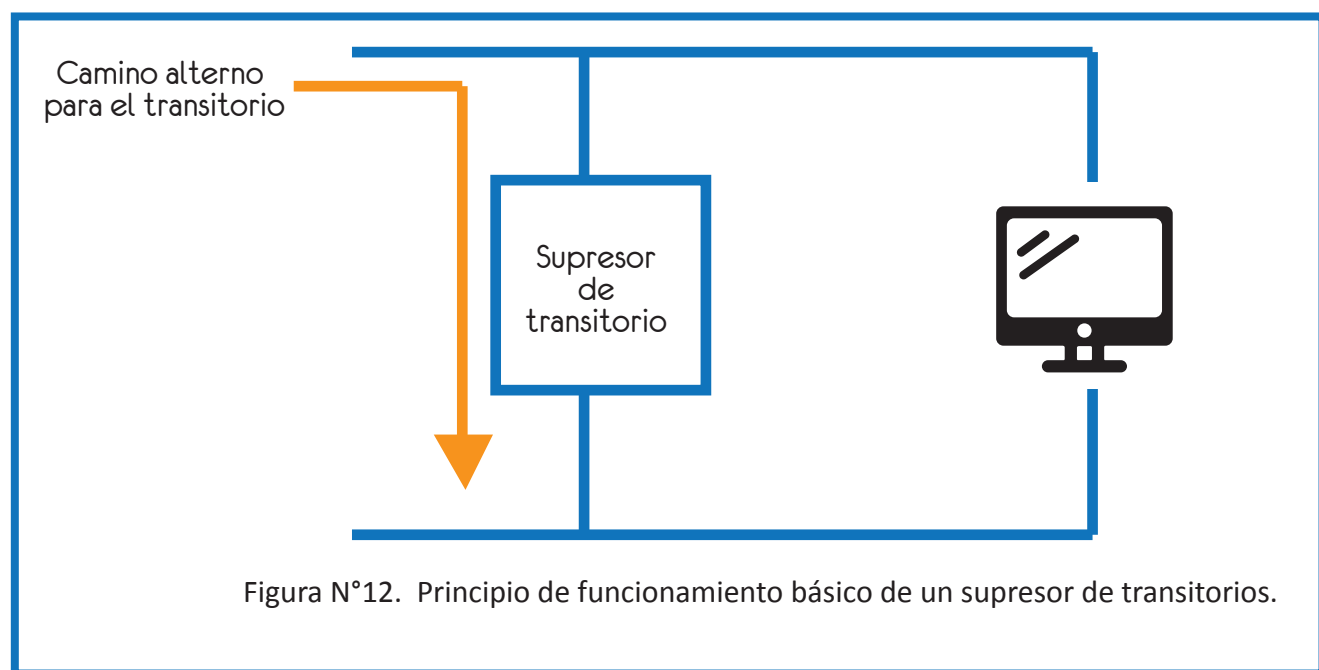


Figura N°12. Principio de funcionamiento básico de un supresor de transitorios.

Tensión de anclaje o de corte (Clamping):

Este término se refiere a la tensión de entrada a partir de la cual, el supresor va a iniciar su proceso de conducción y de reducción o atenuación del transitorio y como se aprecia en la Figura N°13, su valor está por encima de la tensión de operación del dispositivo de protección para evitar el funcionamiento continuo del SPD. Como se ha mencionado, el supresor no es capaz de reducir a cero el transitorio, por lo que siempre hay una tensión mayor a la nominal en la salida del dispositivo, que se conoce como tensión residual (LetThroughVoltage).

Esta tensión residual incluye la tensión de anclaje o corte del dispositivo más la caída de tensión en los conductores de conexión, de ahí que sea importante reducir al máximo la longitud de las conexiones eléctricas ante el SPD y la carga.

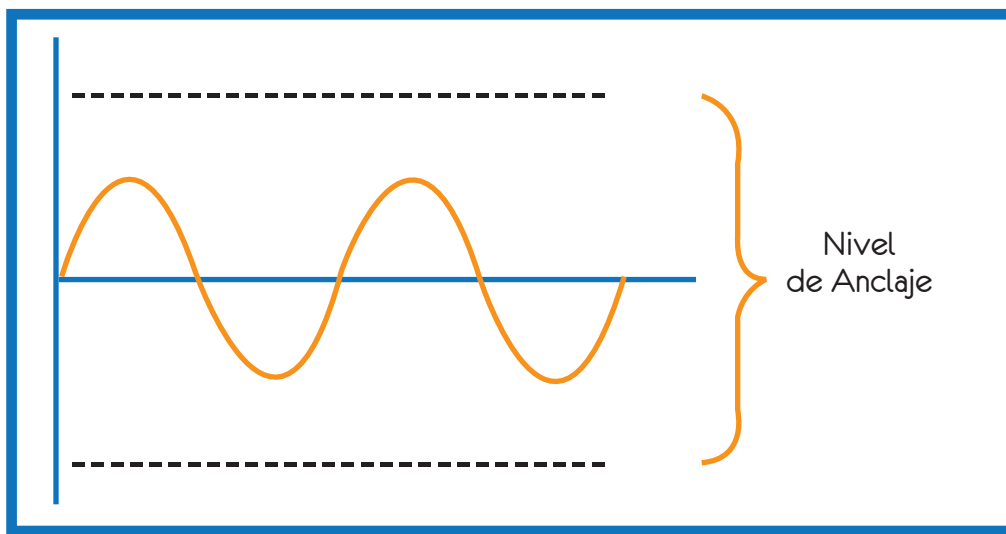


Figura N°12. Envoltorio de anclaje típica para un SPD.

Evidentemente entre menor sea la tensión residual para un mismo transitorio, mayor será la cantidad de energía que deberá disipar el dispositivo de protección y mayor será su ciclo de trabajo, lo que puede, eventualmente, acortar su vida útil. Existen otros parámetros que se utilizan para comparar supresores entre sí que se revisarán posteriormente.

En la Figura N°14 se puede apreciar en forma resumida, el funcionamiento de un SPD. Un transitorio en la acometida principal de 6.8kV pico es reducido a la salida del primer dispositivo de protección SPD1, a 1.7kV pico. Posteriormente, el SPD2 recorta el transitorio de 1.6kV (Los 1.7kV en el primario del transformador se reducen a 1.6kV en el secundario debido a la impedancia del conductor a altas frecuencias, es decir por caída de tensión) a 320V pico, la cual debería ser una tensión de trabajo segura para la carga.

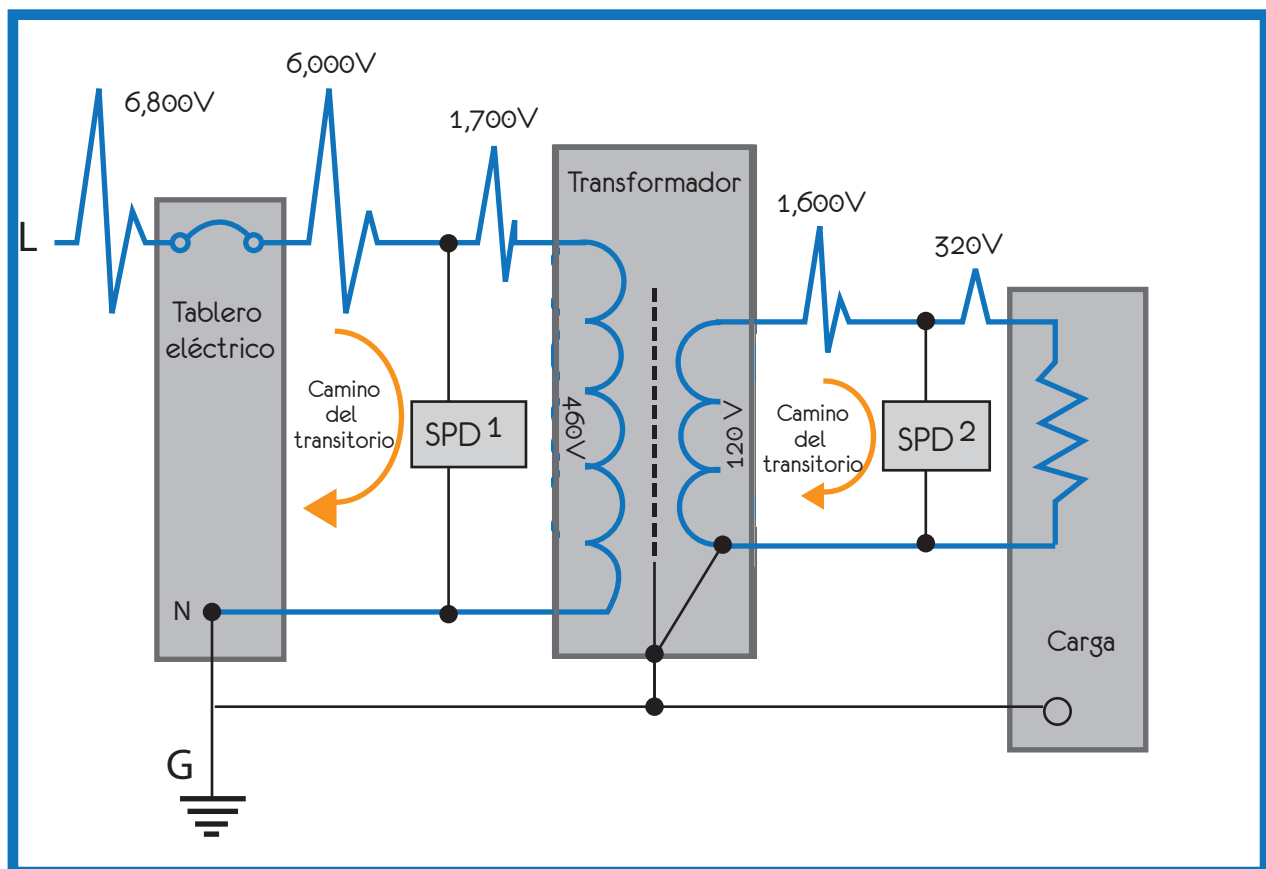


Figura N°14. Principio de funcionamiento en cascada de un supresor de transitorios (SPD).

Componentes internos de los supresores de transitorios

Un SPD debe verse y analizarse como si fuera una caja negra, sin importar el tipo de tecnología utilizada en su interior; lo que realmente debería interesar al usuario es el desempeño de ese SPD ante un transitorio determinado así como el nivel de protección a los equipos y que no represente un peligro de incendio o choque eléctrico luego de haber actuado ante un fenómeno transitorio.

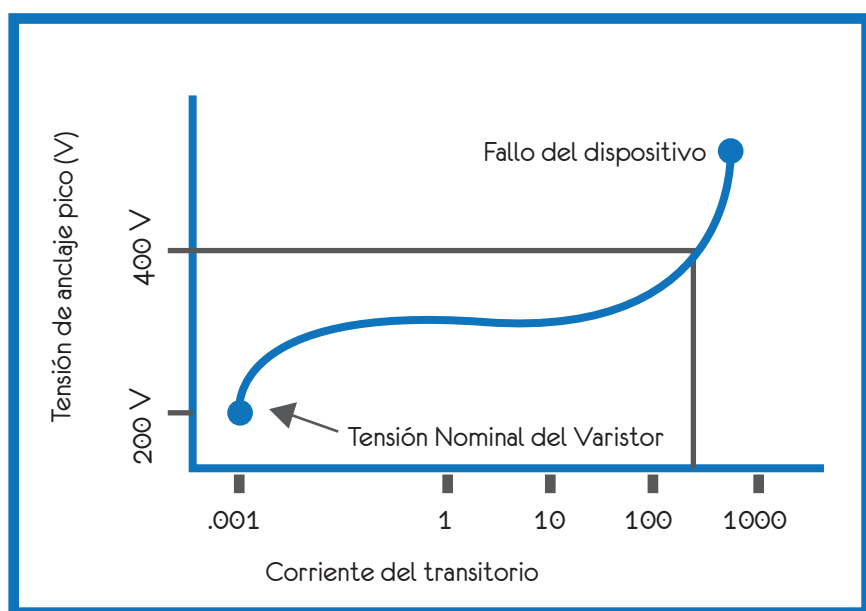
A pesar de lo anterior, es importante mencionar y detallar aspectos generales de las principales tecnologías utilizadas para construir un SPD.

Varistor de óxido metálico (MOV): Corresponde al dispositivo mayormente utilizado en dispositivos SPD para sistemas eléctricos por las siguientes propiedades: bajo costo, buena capacidad de disipación de corriente y tensión residual aceptable.

El MOV es una resistencia no lineal con características semiconductoras que le permiten permanecer en el estado APAGADO o no conductor hasta que un transitorio de ciertas características se presente en sus terminales, es decir, su impedancia es dependiente de la tensión en sus terminales.

Por debajo de la tensión de anclaje, el MOV se comporta como una resistencia de alta impedancia, que deja pasar una pequeña corriente de fuga. Una vez que se alcanza o sobrepasa esta tensión de anclaje, el MOV cambia de estado y se convierte en una resistencia de bajo valor, bajo limitando la tensión de salida o residual al valor de anclaje más la caída de tensión en el dispositivo (MOV). Como se aprecia en la Figura N°15, entre mayor sea la magnitud de corriente del evento, mayor es la tensión de anclaje y por lo tanto, menor es la protección, pues el dispositivo entrará a funcionar cuando se sobrepase el voltaje de anclaje determinado por la curva; es decir, el equipo a proteger estará expuesto a una mayor tensión mientras el SPD entra en funcionamiento.

El valor de la tensión de anclaje no debe ser muy bajo, debido a que, en condiciones donde existen variaciones de tensión como SWELLS (8.32ms hasta 60 segundos) o sobrevoltajes (mayor a 60 segundos), el SPD estará entrando y saliendo de operación, lo que ocasionará una reducción considerable de su vida útil.



Con el fin de establecer un nivel o ambiente seguro de operación, se define otra característica de los supresores que contienen MOVs, la Tensión de Operación Continua Máxima (MCOV por sus siglas en inglés, Maximum Continuous Operating Voltage) y que corresponde a la máxima tensión RMS de línea que puede ser aplicado al SPD sin ocasionar daños o deterioro a los MOVs en su interior. En la figura N°16 se aprecia la condición en la cual, ante una sobretensión superior a la tensión de anclaje del dispositivo, este pasa brevemente a su estado de conducción, degradándolo y acortando su vida útil.

Curva de desempeño del MOV

Figura N°15. Principio de funcionamiento de un MOV

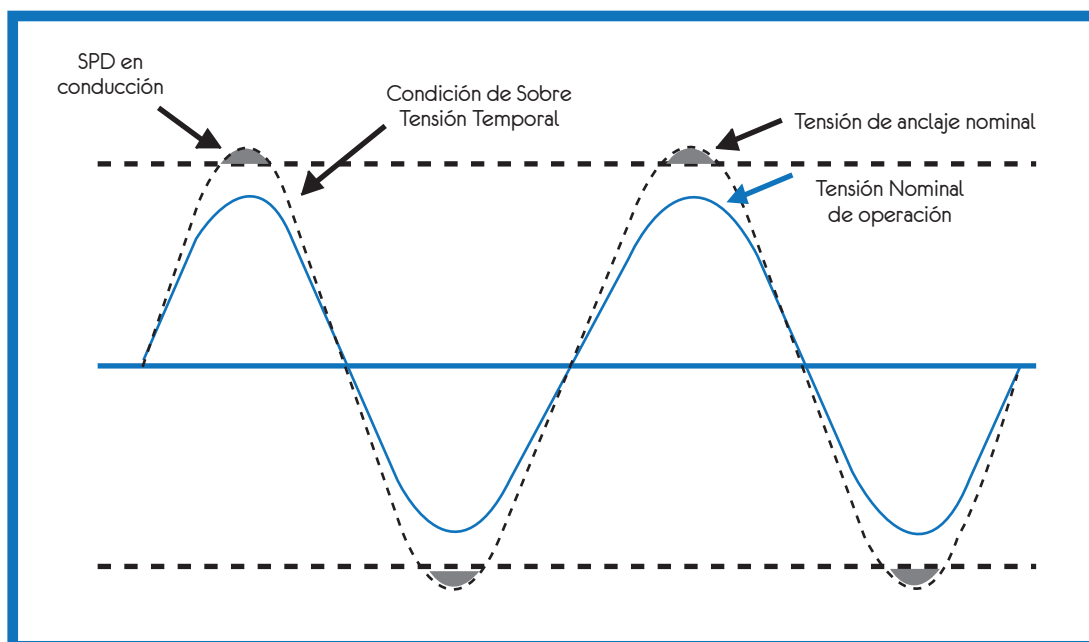


Figura N°16. Funcionamiento de un supresor de transitorios (SPD) en condiciones de sobretensión.

Diodos de avalancha

Estos dispositivos presentan tensiones residuales más bajas que las ofrecidas por los SPD compuestos por MOVs. Debido a lo anterior, en esquemas de protección de multietapa, son ideales en las aplicaciones tipo A, para proteger equipo sensible como por ejemplo, circuitos integrados. Adicionalmente tienen mejores tiempo de respuesta en comparación con los MOVs, es decir, son más rápidos. Sin embargo, su capacidad de disipación de energía es inferior que la proporcionada por los MOVs y su costo es superior a estos últimos.

Se recomienda solicitar al fabricante los resultados de las pruebas al aplicar formas de onda 8/20 μ s para cada etapa y modo de protección, adicional a los resultados con forma onda 10/1000 μ s.

Tubos al vacío

Una de sus principales características es la gran capacidad de disipación de energía. Sin embargo, la tensión residual es mucho más elevada que la proporcionada por los MOVs, (en el orden de 3kV-4kV) y su tiempo de respuesta es lento en comparación con los MOVs. Su aplicación ideal es en acometidas telefónicas.

Tecnologías híbridas

Las tecnologías híbridas combinan las ventajas de las tecnologías mencionadas anteriormente y trata de compensar a la vez, las deficiencias de cada una de ellas, obteniendo como resultado un producto con un alto desempeño. Sin embargo, ligado a su gran eficiencia, también está su elevado costo en comparación con las tecnologías individuales.