

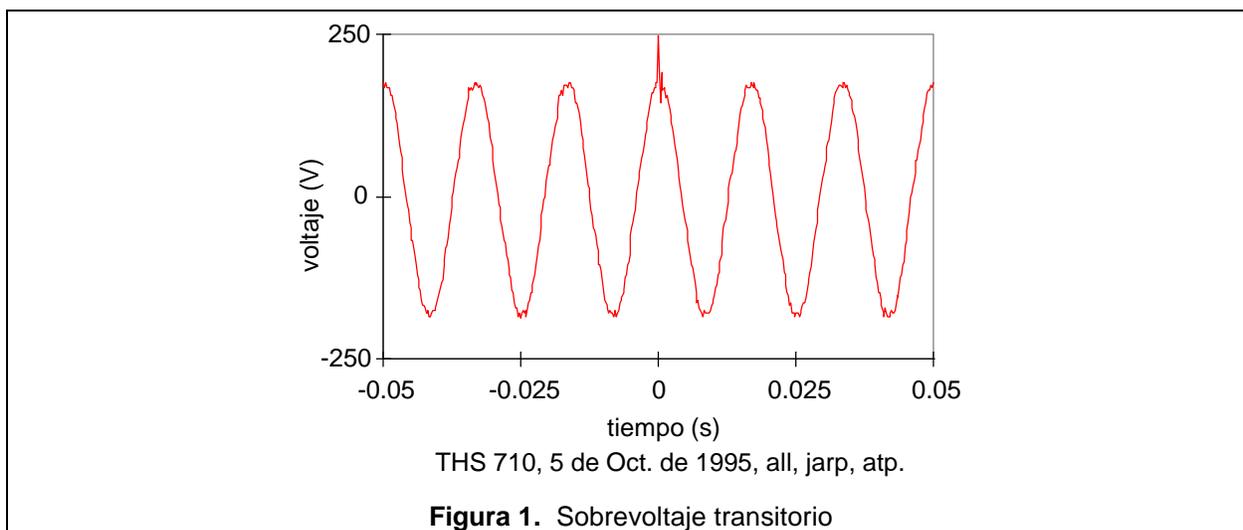
# Supresores de sobrevoltajes transitorios

## 1. Introducción

Los sobrevoltajes transitorios pueden originarse por maniobras de conexión o desconexión, descargas atmosféricas y descargas electrostáticas. Los transitorios eléctricos más severos son los ocasionados por las descargas atmosféricas. Éstas pueden dañar el aislamiento de transformadores, motores, capacitores, cables y ocasionar fallas en líneas de transmisión por la ionización del aire. La protección del aislamiento del equipo eléctrico se ha llevado a cabo tradicionalmente con apartarrayos y capacitores.

Los transitorios eléctricos ocasionados por maniobras con interruptores se deben a que el sistema debe pasar de una condición de estado estable a otra. Un ejemplo de maniobras con interruptores que dan lugar a sobrevoltajes transitorios es la conexión de capacitores. La energización de transformadores y de motores da lugar a sobrecorrientes transitorias. La desconexión de estas cargas inductivas también da lugar a sobrevoltajes transitorios. La conexión de capacitores y la desconexión de cargas inductivas se han llevado a cabo sin mayor daño al resto de las cargas convencionales. Pero las cargas sensibles empleadas en hospitales, centros de cómputo y en los controles industriales son más susceptibles a estos disturbios. De ahí la necesidad de los supresores de sobrevoltajes transitorios, estos protegen al equipo electrónico sensible dentro de límites de voltaje menores que los apartarrayos. El equipo electromagnético tolera sobrevoltajes transitorios hasta que su aislamiento se perfora; en cambio, el equipo electrónico sensible puede dejar de funcionar o funcionar erráticamente antes de que ocurra daño visible. Mientras que el propósito de los apartarrayos es el de proteger el aislamiento de transformadores, motores y líneas de transmisión, el propósito de los supresores de sobrevoltajes transitorios es el de proteger al equipo electrónico sensible.

La Figura 1 muestra un sobrevoltaje transitorio ocasionado por la conexión de un capacitor en un tomacorrientes. Debido al *pico* que presenta en la captura de forma de onda del voltaje, en el idioma inglés se le conoce como "spike". Sin embargo, de acuerdo al Libro Esmeralda [1], el término "spike" se debe evitar ya que no tiene una definición técnica clara.



## 2. Clasificación de supresores de sobrevoltajes transitorios de acuerdo a la conexión con la carga.

Los supresores se pueden clasificar de acuerdo a la conexión con la carga que protegen. La conexión puede ser en *paralelo* o en *serie* con la carga, siendo la conexión en paralelo la más común. El tamaño de los supresores paralelo no depende del tamaño de la carga, sino de su cercanía a la acometida y de la corriente que pueden tolerar. El supresor de sobrevoltajes transitorios conectado en paralelo y el apartarrayos tienen el mismo principio de operación; cuando el voltaje en terminales de éstos aumenta, la resistencia del elemento de protección disminuye, dejando pasar más corriente.

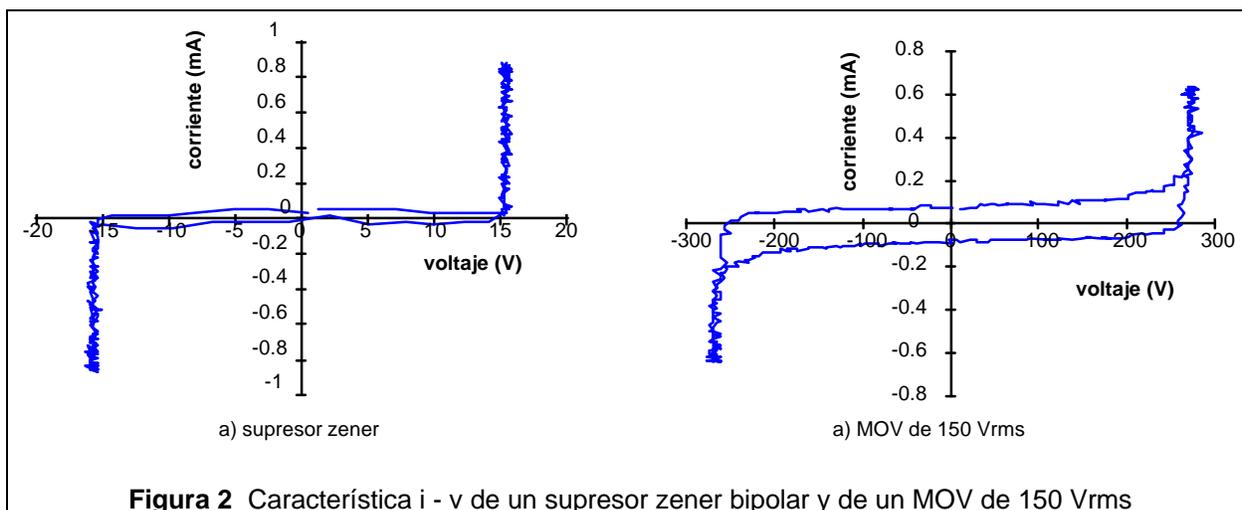
Los dispositivos paralelo se pueden clasificar a su vez en dos tipos:

- Sujetadores de voltaje, "voltage clamping devices",
- Dispositivos de arco, "crowbar devices"

Ambos tipos de protectores (supresores) paralelo drenan corriente cuando el voltaje aumenta por arriba del valor de ruptura. Los sujetadores de voltaje recuperan el estado de circuito abierto cuando el voltaje disminuye por debajo del nivel de ruptura, mientras que los de arco entran en conducción cuando el voltaje está muy por arriba del voltaje de arco (digamos un 50% por arriba de dicho voltaje), una vez en conducción el voltaje en terminales cae repentinamente a ese voltaje de arco y se mantiene casi constante. Entre los dispositivos sujetadores de voltaje se tienen los siguientes:

- MOV, varistor de óxido metálico,
- Celdas de selenio
- Diodos de avalancha, protectores zener.

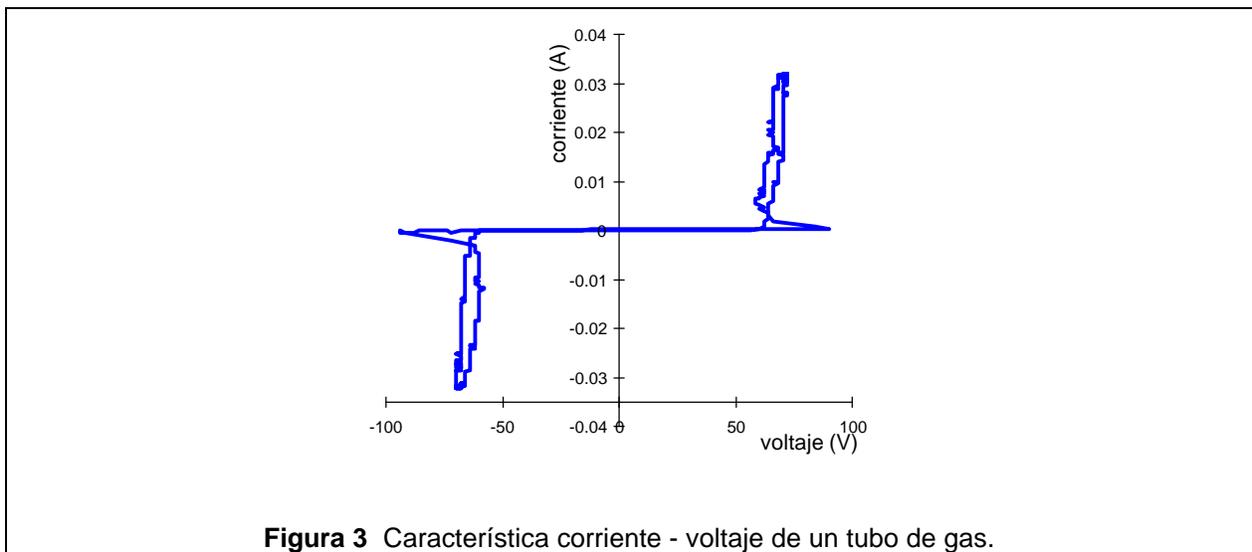
La Figura 2-a muestra la característica corriente - voltaje de un supresor zener con voltaje de ruptura nominal de 15 V a 1 ma. Obsérvese que la corriente es casi cero cuando el voltaje en terminales del supresor es inferior a 15 V y la corriente crece rápidamente cuando el voltaje excede un valor cercano al nominal. La Figura 2-b corresponde a la característica corriente - voltaje de un MOV de 150 V rms. La corriente es prácticamente cero para voltajes inferiores a 260 V y para voltajes superiores la corriente crece rápidamente.



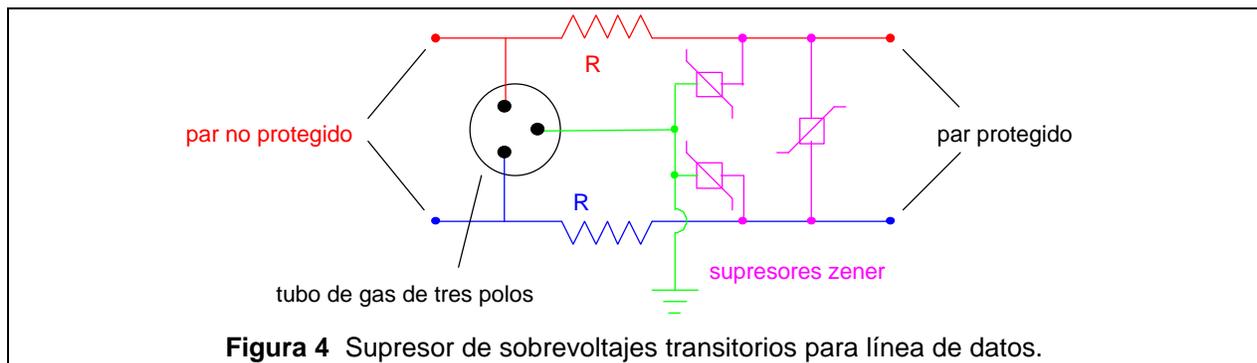
Entre los dispositivos de arco se encuentran los siguientes:

- Tubos de gas
- Puntas metálicas con separación pequeña, entrehierros
- Puntas de carbón con separación pequeña
- Tiristores

Estos dispositivos tienen la capacidad de manejar grandes corrientes ya que el voltaje en sus terminales disminuye en forma importante cuando están en estado de conducción. Se utilizan frecuentemente en protectores telefónicos y en protectores de líneas de datos. No se pueden utilizar fácilmente en protectores de alimentación de CA; en esa aplicación son preferibles los sujetadores de voltaje. La Figura 3 muestra la característica corriente - voltaje de un tubo de gas, el voltaje de arco es de 60 V; pero el voltaje en terminales debe llegar a casi 100 V para que entre en conducción, cuando el voltaje cae por debajo de 60 V la corriente se hace cero.

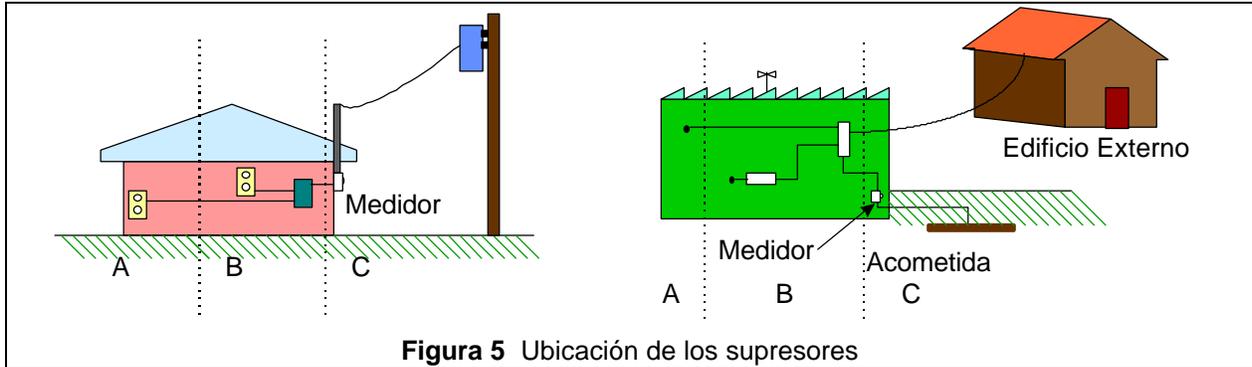


Los supresores *serie* utilizan elementos de protección como los utilizados en los protectores paralelo; pero incorporan un inductor o un resistor serie; debido a esto pueden limitar mucho mejor los sobrevoltajes transitorios. Los elementos serie deben ser capaces de conducir la misma corriente que la carga, de ahí que las dimensiones y el costo de éstos sean dependientes de la carga. La Figura 4 muestra un supresor de línea de datos que tiene elementos serie; este es el tipo de protectores de línea de datos recomendado en el Libro Esmeralda [ 1], en la página 221.



### 3. Categorías de ubicación.

Los supresores de sobrevoltajes transitorios también se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación. De acuerdo al “IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits” [ 2], se tienen las categorías A, B y C. La Figura 5 ilustra la ubicación de las tres categorías.

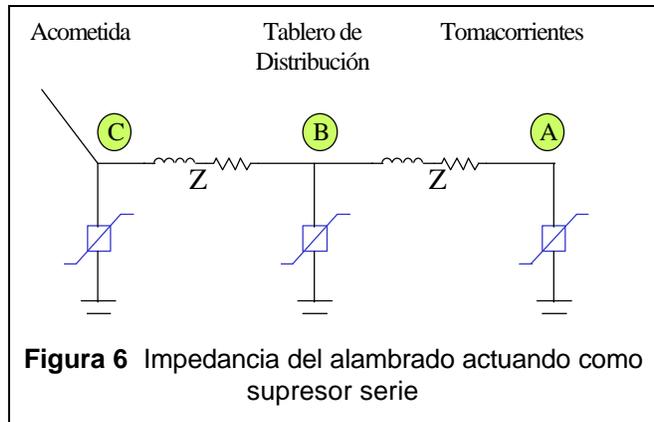


La categoría C corresponde a las siguientes ubicaciones:

- instalación exterior y acometida,
- circuitos que van del wathorímetro al medio de desconexión principal,
- cables del poste al medidor,
- líneas aéreas a edificios externos y
- líneas subterráneas para bombas.

La categoría B corresponde a las localidades siguientes:

- alimentadores y circuitos derivados cortos,
- tableros de distribución,
- barrajes y alimentadores en plantas industriales
- tomacorrientes para aparatos grandes con cableados cercanos a la acometida
- sistemas de iluminación en edificios comerciales



La categoría A corresponde a las ubicaciones siguientes:

- tomacorrientes y circuitos derivados largos,
- todos los tomacorrientes que estén a más de 10 m de categoría B con hilos #14 - #10,
- todos los tomacorrientes que estén a más de 20 m de categoría C con hilos #14 - #10.

Esta clasificación es el resultado de un compromiso entre dos extremos: a) proteger en forma sobrada sin importar la inversión inicial y b) no proteger evitando así la inversión inicial. Entre estos extremos, el estándar recomienda que los protectores de categoría C deben ser capaces de tolerar mayores corrientes que los de categoría A y B, mientras que el B debe soportar mayores corrientes que los de categoría A. Es por esto que, en general, los de categoría C son más robustos y más costosos. La clasificación también sugiere que los de categoría A tengan un voltaje de sujeción menor, de esta manera los de clase B y C se encargan de manejar altas energías y los de categoría A se encargan de restringir las excursiones del sobrevoltaje transitorio para evitar disturbios en la operación del equipo sensible [ 3]. La Figura 6 muestra que la impedancia del alambreado actúa como un supresor serie.

#### 4. Principio de operación de los supresores

A los supresores de sobrevoltajes transitorios se les conoce como supresores de picos. La acción de estos protectores es exactamente ésta, la de recortar los sobrevoltajes transitorios, drenando corriente en el caso de los tipo paralelo, presentando una impedancia serie grande en el caso de los tipo serie. La explicación que sigue ha sido adaptada del libro de Greenwood [ 4]. Como ya se mencionó, los apartarrayos y los supresores paralelo drenan corriente para sujetar los sobrevoltajes transitorios. Cuando el voltaje debido al disturbio excede cierto valor el dispositivo de protección permite el paso de la corriente ocasionando una caída de potencial en la impedancia de la fuente. La Figura 7 ilustra la forma en que un dispositivo sujetador de voltaje lleva a cabo su labor de protección. En la parte superior izquierda se presenta la forma del voltaje si el supresor no estuviera presente. En la parte superior derecha se muestra la característica voltaje - corriente del supresor y las líneas voltaje - corriente de la fuente del disturbio. La intersección con el eje vertical es el voltaje de circuito abierto mientras que la intersección con el eje horizontal es la corriente de corto circuito, esto es, la corriente que habría si se presentara un corto a la fuente. El voltaje y la corriente resultantes son la intersección de estas dos características v-i, la del supresor y la de la fuente. En la parte inferior derecha aparece el voltaje resultante cuando se tiene el supresor. El voltaje resultante depende de dos impedancias: a) la del supresor en la zona de conducción y b) la de la fuente. Cabe recalcar que las fuentes de impulsos empleadas para probar los supresores categoría C tienen una impedancia menor que las de las fuentes empleadas para probar los de categorías A y B.

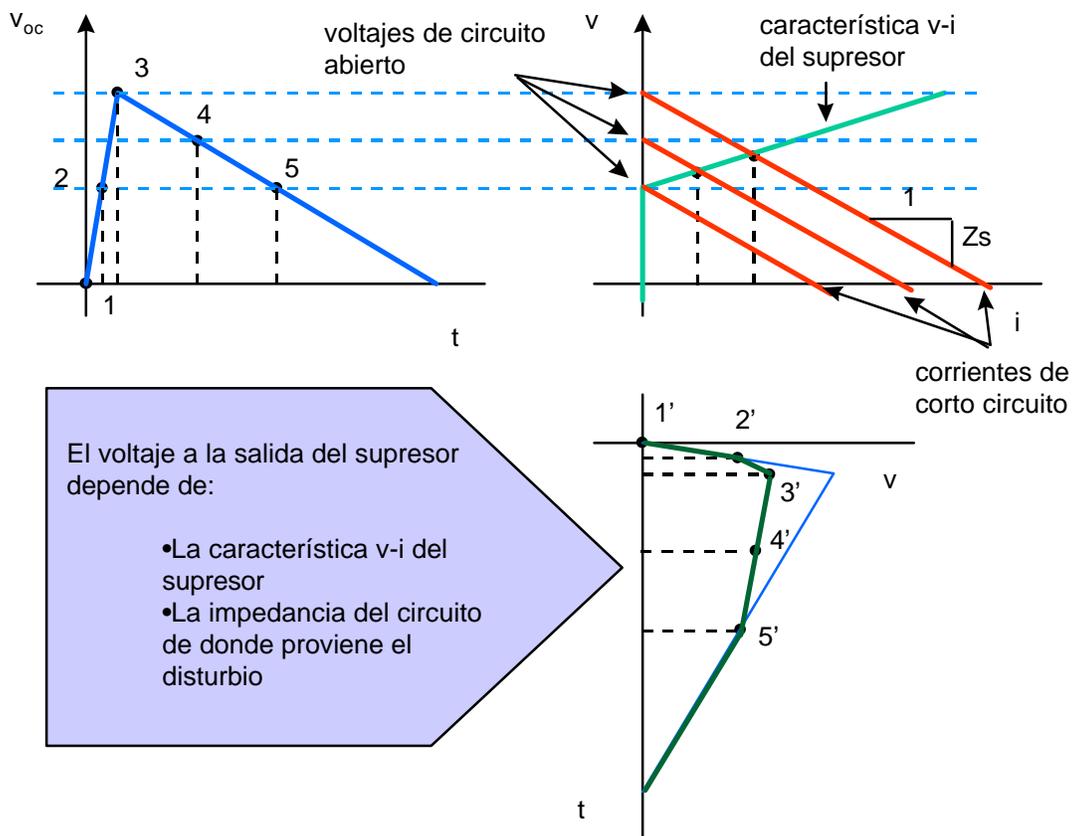
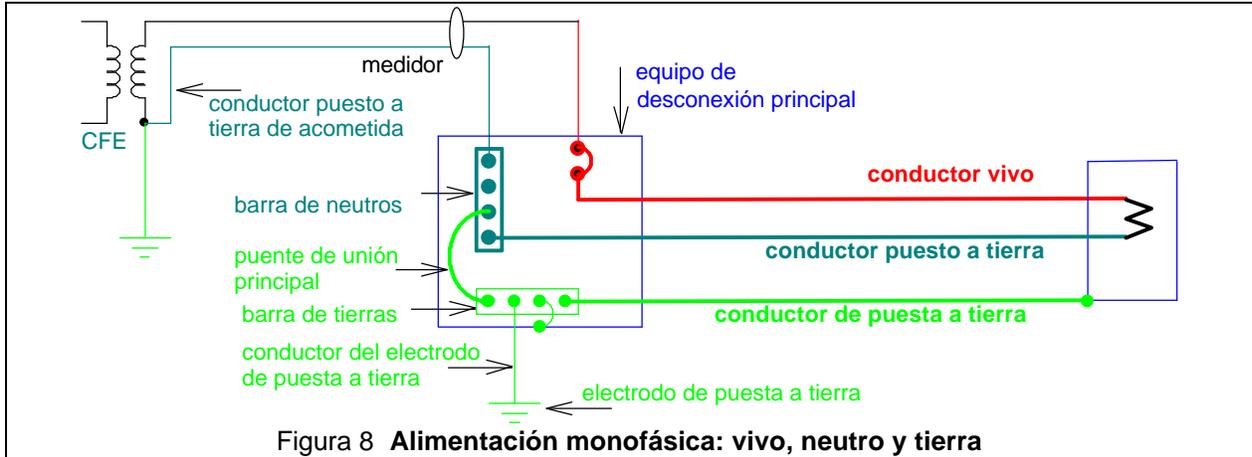


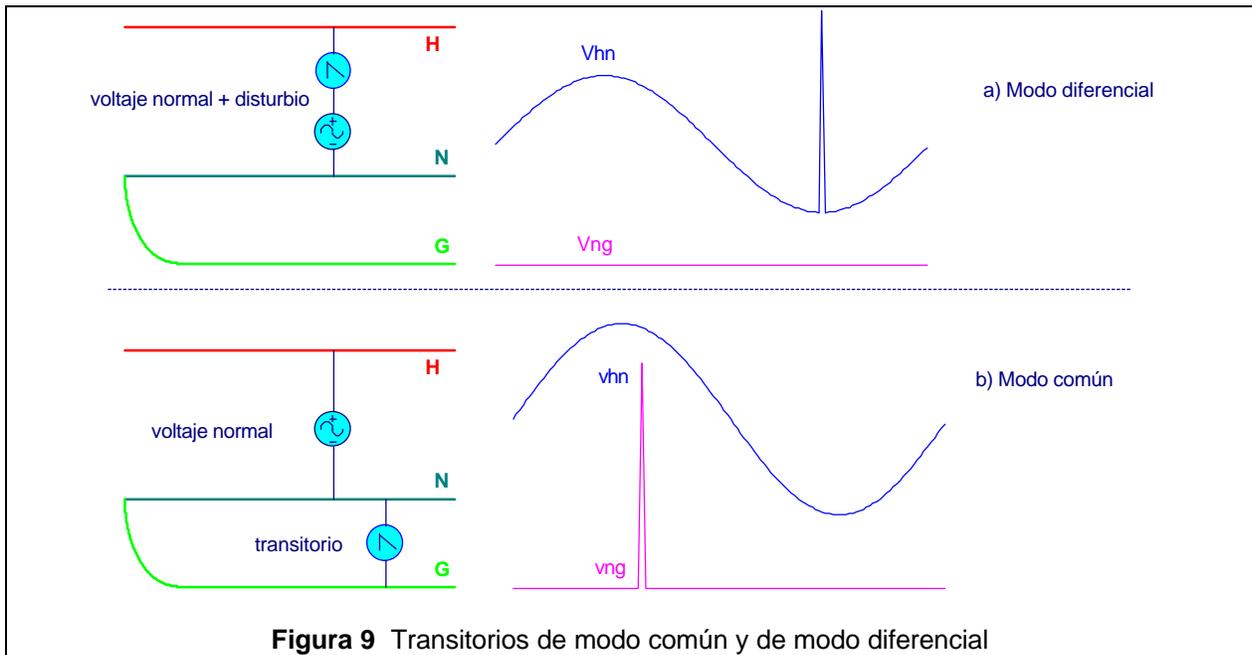
Figura 7. Sujeción de sobrevoltajes transitorios

## 5. Transitorios de modo común y de modo diferencial

Consideremos un suministro monofásico de 120 V rms, 60 Hz, como el mostrado en la Figura 8. Los conductores que normalmente llevan corriente son el vivo y el neutro. El conductor de puesta a tierra no lleva corriente sino bajo condiciones de falla o cuando hay errores de alambrado.



La Figura 9 a) muestra un transitorio de modo diferencial. El modo diferencial se hace presente entre los dos conductores que normalmente llevan corriente; en este caso esto corresponde a un transitorio entre vivo y neutro (o línea y neutro). El voltaje entre neutro y tierra no presenta transitorio alguno; el voltaje es cero. La Figura 9 b) ilustra un transitorio de modo común. Ahora los dos conductores del circuito, el vivo y el neutro se desplazan con respecto al conductor de puesta a tierra. Aunque los transitorios más comunes son los de modo diferencial, la recomendación del Libro Esmeralda [ 1] es que se cuente con protección de vivo a neutro, de vivo a tierra y de neutro a tierra.



## 6. Instalación de los supresores de sobrevoltajes transitorios

- Es muy importante que el supresor de transitorios esté cerca de la carga a proteger. En caso de que el supresor esté retirado de la carga y se presente un transitorio con frente de onda muy pronunciado es posible que éste llegue al equipo sensible.
- Es importante respetar las Categorías de Ubicación para los supresores de transitorios en circuitos de alimentación de baja tensión. Por ejemplo, en la acometida debe emplearse uno de Categoría C.
- Es importante que los supresores cuenten con protección en modo diferencial y en modo común. La protección de modo diferencial es indispensable pero no es suficiente; se requiere de protección de modo común. El supresor de la Figura 4 cuenta con protección en los dos modos.
- Con el propósito de evitar distancias eléctricas importantes es necesario que los supresores de transitorios se conecten con conductores tan cortos como sea posible, sin lazos, sin trenzados y sin curvas pronunciadas.
- Los supresores de transitorios no realizarán su función si no se instalan en forma adecuada. Por ejemplo, no podrán proteger contra disturbios de modo común si no están conectados a un conductor de puesta a tierra, de ahí que sea indispensable seguir las instrucciones de instalación del fabricante.
- El Libro Esmeralda [ 1 ] recomienda que el conductor de puesta a tierra de los supresores no sea uno de tipo aislado sino uno de puesta a tierra de equipo normal.
- La misma referencia [ 1 ] recomienda que se instalen supresores categoría B a la entrada de un UPS y a la entrada de los circuitos asociados de "bypass". Esto requiere de énfasis pues se tiene la idea errónea de que un UPS es la solución total a los problemas de calidad de energía.
- La instalación de supresores en las líneas de datos que entran y salen del edificio es de suma importancia. Un ejemplo de un supresor de línea de datos aparece en la Figura 4. Los supresores de línea de datos deben ser de acuerdo a la línea de datos a proteger; esto es, se requiere de uno especial para un RS-232, de uno especial para "Ethernet" y de uno especial para "Token-Ring"; no son intercambiables.

## 7. Bibliografía

[ 1 ] IEEE Std 1100-1992, Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, ISBN: 1-55937-231-1.

[ 2 ] IEEE C62.41-1991, IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits.

[ 3 ] F.D. Martzloff, "Coordination of surge protectors in low-voltage AC power circuits," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-99, No. 1 Jan/Feb 1980, pp 129 - 133.

[ 4 ] Allan Greenwood, "Electrical Transient in Power Systems, Second Edition, Wiley- Interscience," ISBN: 0-471-62058-0, TK/3226/.G73/1991.