

ARTICULO 450
TRANSFORMADORES Y BOVEDAS PARA TRANSFORMADORES
(INCLUIDOS LOS ENLACES DEL SECUNDARIO)

450-1. Alcance. Este Artículo trata sobre la instalación de todos los transformadores.

Excepción 1: Los transformadores de corriente.

Excepción 2: Los transformadores de tipo seco que formen parte de otro aparato y cumplan los requisitos para tal aparato.

Excepción 3: Los transformadores que formen parte integral de aparatos de rayos X, de alta frecuencia o de galvanizado.

Excepción 4: Los transformadores utilizados con circuitos Clase 2 y Clase 3 que cumplan con el Artículo 725.

Excepción 5: Los transformadores de anuncios luminosos e iluminación de contorno que cumplan con el Artículo 600.

Excepción 6: Los transformadores de equipos de alumbrado por descarga eléctrica que cumplan con el Artículo 410.

Excepción 7: Los transformadores utilizados con circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada que cumplan con la Parte C del Artículo 760.

Excepción 8: Los transformadores utilizados en investigación, desarrollo o pruebas cuando se hayan tomado las medidas necesarias para proteger a las personas del contacto con sus partes energizadas.

Este Artículo comprende la instalación de transformadores dedicados al suministro de potencia a instalaciones de bombas contra incendios, según las modificaciones del Artículo 695.

Este Artículo trata también de la instalación de transformadores en lugares (clasificados) peligrosos, según las modificaciones de los Artículos 501 a 504.

A. Generalidades

450-2. Definiciones. Para el propósito de este Artículo, se debe aplicar la siguiente definición.

Transformador. Mientras no se indique otra cosa en este Artículo, transformador individual, monofásico o polifásico, identificado por una sola placa de características.

450-3. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de los transformadores debe cumplir (a), (b) o (c) siguientes. Tal como se usa en esta sección, la palabra transformador significará un transformador o un banco polifásico de dos o más transformadores monofásicos que funcionan como una unidad.

NOTA 1: Para la protección contra sobrecorriente de los conductores véase 240-4, 240-21, 240-100 y 240-101.

NOTA 2: Las cargas no lineales pueden aumentar el calentamiento de un transformador sin que opere su dispositivo de protección contra sobrecorriente.

a) Transformadores de más de 600 volts nominales. La protección contra sobrecorriente se debe suministrar de acuerdo con la Tabla 450-3(a).

b) Transformadores de 600 volts nominales o menos. La protección contra sobrecorriente se debe suministrar de acuerdo con la Tabla 450-3(b).

Excepción: Cuando el transformador esté instalado como un transformador del circuito de control de motores, de acuerdo con 430-72(c)(1) hasta (c)(5).

c) Transformadores de potencial. Los transformadores de potencial instalados en interiores o en envolventes, deben estar protegidos con fusibles en el primario.

NOTA: Para la protección de circuitos de instrumentos que incluyen transformadores de potencial, véase 408-52.

Tabla 450-3(a).- Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador).

Limitaciones sobre el lugar	Impedancia nominal del transformador	Protección del secundario (ver la Nota 2)				
		Protección del primario, más de 600 volts		Más de 600 volts		
		Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Valor nominal del interruptor automático o fusible
Cualquier lugar	No más del 6%	600% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
	Más del 6%, pero máximo el 10%	400% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	225% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3).	Cualquiera	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	No se exige	No se exige	No se exige
	No más del 6%	600%	300%	300% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)
	Más del 6% pero máximo el 10%	400%	300%	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)

NOTAS:

1. Cuando el valor nominal del fusible o el ajuste del interruptor automático exigido no correspondan a un valor nominal o ajuste estándares, se permitirá tomar el valor nominal o ajuste estándar inmediatamente superior.
2. Cuando se exija protección contra sobrecorriente del secundario, se permitirá que el dispositivo de protección contra sobrecorriente del secundario esté compuesto por un máximo de seis interruptores automáticos o seis grupos de fusibles agrupados en un lugar. Cuando se utilicen dispositivos múltiples de protección contra sobrecorriente, el total de los valores nominales de los dispositivos no debe exceder el valor permitido para un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente. Si como dispositivo de protección contra sobrecorriente se utilizan tanto interruptores como fusibles, el total de los valores nominales del dispositivo no debe exceder el permitido para los fusibles.
3. Un lugar supervisado es aquel en que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado supervisará y prestará servicio a la instalación de transformadores.
4. Los fusibles accionados electrónicamente que se puedan ajustar para abrir a una corriente específica se deben ajustar de acuerdo con los ajustes para interruptores automáticos.
5. Se permitirá que un transformador equipado por el fabricante con protección térmica coordinada contra sobrecarga no tenga protección independiente del secundario.

Tabla 450-3(b).- Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para los transformadores de 600 volts y menos (como un porcentaje nominal de la corriente nominal del transformador)

Método de protección	Protección del primario			Protección del secundario	
	Corrientes de 9 amperes o más	Corrientes de menos de 9 amperes	Corrientes de menos de 2 amperes	Corrientes de 9 amperes o más	Corrientes de menos de 9 amperes
Protección del primario solamente	125 % (véase nota 1)	167%	300%	No se requiere	No se requiere
Protección del primario y secundario	250 % (véase nota 3)	250 % (véase nota 3)	250 % (véase nota 3)	125 % (véase nota 1)	167 %

NOTAS:

1. Cuando el 125 por ciento de la corriente no corresponde a un valor estándar de un fusible o interruptor automático no ajustable, se permitirá elegir el valor nominal estándar inmediatamente superior.
2. Cuando se exija protección contra sobrecorriente en el secundario, se permitirá que el dispositivo de sobrecorriente del secundario esté compuesto por máximo seis interruptores automáticos o seis grupos de fusibles agrupados en un lugar. Cuando se utilicen dispositivos múltiples de protección contra sobrecorriente, el total de todos los valores nominales de los dispositivos no deben exceder el valor permitido para un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente.
3. Se permitirá que un transformador equipado por el fabricante con protección térmica coordinada contra sobrecarga y dispuesta para interrumpir la corriente del primario, tenga protección contra sobrecorriente en el primario con valor nominal o ajuste a un valor de corriente que no sea más de seis veces la corriente nominal del transformador, para transformadores que no tienen una impedancia de más del 6 por ciento y no más de cuatro veces la corriente nominal del transformador, para transformadores que tienen una impedancia de más del 6 por ciento pero no más del 10 por ciento.

450-4. Autotransformadores de 600 volts nominales o menos.

a) Protección contra sobrecorriente. Todos los autotransformadores de 600 volts nominales o menos deben estar protegidos por dispositivos separados de protección contra sobrecorriente instalados en serie con cada conductor de entrada no puesto a tierra. Este dispositivo de protección debe tener un valor nominal o ajuste no mayor al 125 por ciento de la corriente de entrada nominal de plena carga del autotransformador.

Cuando este cálculo no corresponda al valor nominal estándar de un fusible o interruptor automático no ajustable, y la corriente nominal de entrada sea de 9 amperes o más, se permitirá elegir el valor nominal estándar inmediatamente superior descrito en 240-6. No se debe instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente en serie con el devanado en derivación (el devanado común a los circuitos de entrada y de salida) del autotransformador, es decir, entre los puntos A y B como se ilustra en la Figura 450-4.

Excepción: Cuando la corriente nominal de entrada del autotransformador sea menor a 9 amperes, se permitirá instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente de corriente nominal o ajuste no mayor al 167 por ciento de la corriente de entrada.

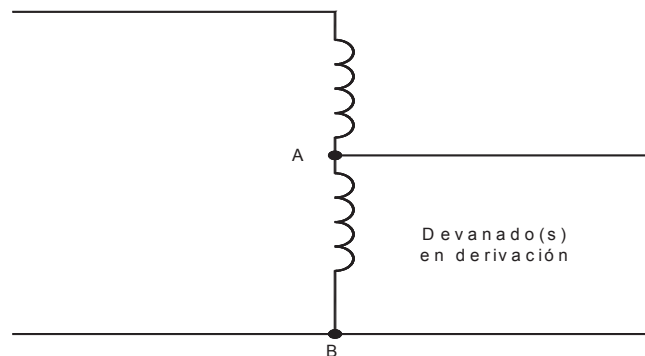


Figura 450-4.- Autotransformador

b) Transformador conectado en campo como autotransformador. Un transformador conectado en campo como un autotransformador, debe estar identificado para su uso a una tensión elevada.

NOTA: Para más información sobre los usos permitidos de los autotransformadores, véase 210-9 y 215-11.

450-5. Autotransformadores para puesta a tierra. Los autotransformadores de puesta a tierra de los que trata esta sección son transformadores conectados en zigzag o en T y conectados a sistemas trifásicos, 3 conductores de fase, con el fin de crear un sistema de distribución trifásico, 4 hilos, o para proporcionar un punto neutro para fines de puesta a tierra. Estos transformadores deben tener un valor de corriente nominal permanente por cada fase y un valor de corriente nominal permanente del neutro. Los transformadores conectados en zigzag no se deben instalar en el lado carga de cualquier conexión de puesta a tierra del sistema, incluso aquellos elaborados de acuerdo con 250-24(b), 250-30(a)(1) o 250-32(b), Excepción.

NOTA: La corriente de fase en un autotransformador de puesta a tierra es un tercio de la corriente del neutro.

a) Sistemas trifásicos de 4 hilos. Un autotransformador de puesta a tierra usado para crear un sistema de distribución trifásico 4 hilos a partir de un sistema trifásico y de 3 conductores de fase, debe cumplir con (1) hasta (4) siguientes:

1) Conexiones. El transformador se debe conectar directamente a los conductores de fase y no se debe conectar o equipar con un interruptor o un sistema de protección contra sobrecorriente que sea independiente del interruptor principal y del dispositivo de protección contra sobrecorriente de disparo común del sistema de 3 fases, 4 hilos.

2) Protección contra sobrecorriente. Se debe instalar un dispositivo de detección de sobrecorriente, que cause la apertura del interruptor principal o del dispositivo de protección contra sobrecorriente de disparo común especificado en 450-5(a)(1), cuando la carga del autotransformador alcance o exceda el 125 por ciento de su corriente nominal permanente por fase o su valor nominal del neutro. Se permitirá el disparo retardado cuando se detecten sobrecorrientes transitorias en el dispositivo de protección contra sobrecorriente del autotransformador, con el propósito de permitir la operación adecuada de los dispositivos de protección del alimentador o del derivado en los sistemas de 4 hilos.

3) Detección de fallas del transformador. En los sistemas trifásicos de 4 hilos se debe instalar un sistema de detección de fallas que ocasione la apertura del interruptor principal o del dispositivo de protección contra sobrecorriente de disparo común para proteger la instalación contra fallas monofásicas o internas.

NOTA: Esta protección se puede conseguir mediante el uso de dos transformadores de corriente, tipo toroidal (dona), conectados sustractivamente e instalados de modo que detecten e indiquen si se produce un desequilibrio en la corriente de línea al autotransformador de 50 por ciento o más de la corriente nominal.

4) Capacidad nominal. El autotransformador debe tener un valor nominal de corriente permanente del neutro suficiente para soportar la corriente máxima posible de carga de desequilibrio del neutro en los sistemas de 4 hilos.

b) Referencia de puesta a tierra para los dispositivos de protección contra fallas. Un autotransformador de puesta a tierra que se utilice para suministrar una magnitud especificada de corriente de falla a tierra para la operación de un dispositivo de protección sensible a fallas a tierra en sistemas trifásicos 3 hilos no puestos a tierra, debe cumplir los requisitos de (b)(1) y (b)(2).

1) Capacidad nominal. El autotransformador debe tener un valor nominal permanente de corriente del neutro suficiente para la corriente de falla a tierra especificada.

2) Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente debe cumplir lo indicado en los literales (a) y (b) siguientes:

a. Capacidad nominal de operación e interrupción. En el circuito derivado de un autotransformador de puesta a tierra se debe aplicar un dispositivo de protección contra corriente, que tenga una capacidad nominal de interrupción conforme con 110-9 y que cuando opere abra simultáneamente todos los conductores de fase.

b. Capacidad nominal en amperes. La protección contra sobrecorriente debe tener un valor nominal o ajuste de un valor de corriente que no exceda el 125 por ciento de la capacidad de corriente nominal permanente por fase del autotransformador, o del 42 por ciento del valor de corriente nominal permanente de cualquier dispositivo conectado en serie con el neutro del autotransformador. Se permitirá el disparo retardado para corrientes temporales, con el fin de permitir la correcta operación de los dispositivos de disparo sensibles a fallas a tierra del sistema principal, pero no debe exceder los valores que serían mayores que un valor nominal de corriente de corta duración del autotransformador de puesta a tierra, o de cualquier dispositivo conectado en serie con el neutro del mismo.

Excepción: Para los sistemas puestos a tierra con alta impedancia tratados en 250-36, en donde se diseña la corriente máxima de falla a tierra para que sea como máximo de 10 amperes, y cuando el autotransformador de puesta a tierra y la impedancia de puesta a tierra están clasificadas para servicio continuo, se permitirá instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente, con valor nominal máximo de 20 amperes y que abra simultáneamente todos los conductores de fase, en el lado de alimentación del autotransformador de puesta a tierra.

c) Referencia de puesta a tierra para la amortiguación de sobretensiones transitorias. Un autotransformador de puesta a tierra utilizado para limitar sobretensiones transitorias, debe tener un valor nominal adecuado y debe estar conectado de acuerdo con 450-5(a)(1).

450-6. Enlaces del secundario. Tal como se usa en este Artículo, un enlace del secundario es un circuito que funciona a 600 volts nominales o menos entre fases, que conecta dos fuentes de alimentación o puntos de alimentación de potencia, tales como los secundarios de dos transformadores. Se permitirá que el enlace conste de uno o más conductores por fase o neutro. Los conductores que conectan los secundarios de los transformadores de acuerdo con 450-7 no se deben considerar enlaces del secundario. Como se usa en esta sección, la palabra "transformador" hace referencia a un transformador o a un banco de transformadores que funcionan como una unidad.

a) Circuitos de enlace. Los circuitos de enlace deben estar equipados con protección contra sobrecorriente en cada extremo, tal como se exige en las partes A, B y H del Artículo 240. En las condiciones descritas en 450-6(a)(1) y 450-6(a)(2) se permitirá que la protección contra sobrecorriente esté de acuerdo con lo que se establece en 450-6(a)(3).

1) Cargas conectadas sólo en los puntos de alimentación del transformador. Cuando todas las cargas estén conectadas en los puntos de alimentación del transformador en cada extremo del enlace y no se proporcione protección contra sobrecorriente según las Partes A, B y H del Artículo 240, la capacidad del enlace no debe ser menor al 67 por ciento de la corriente nominal del secundario del transformador con un valor nominal más grande que alimente al sistema de enlace del secundario.

2) Cargas conectadas entre los puntos de alimentación del transformador. Cuando haya una carga conectada al enlace en cualquier punto entre los puntos de alimentación del transformador y no se proporcione protección contra sobrecorriente según las Parte A, B y H del Artículo 240, la ampacidad nominal del enlace no debe ser menor al 100 por ciento de la corriente nominal del secundario del transformador con el valor nominal más grande que alimenta al sistema de enlace del secundario.

Excepción: Se permitirá que los circuitos de enlace que constan de múltiples conductores por fase, estén dimensionados y protegidos de acuerdo con 450-6(a)(4).

3) Protección del circuito de enlace. Bajo las condiciones descritas en 450-6(a)(1) y (a)(2), los dos extremos de alimentación de cada conductor no puesto a tierra del enlace deben estar equipados con un dispositivo de protección que se abra a una temperatura predeterminada del conductor del enlace bajo condiciones de cortocircuito. Esta protección debe consistir en uno de los siguientes:

- (1) Un conector de cable, terminal o lengüeta con un enlace fusible, conocido como un limitador, de un tamaño correspondiente al del conductor y de construcción y características de acuerdo con la tensión de funcionamiento y el tipo de aislamiento de los conductores del enlace, o
- (2) Interruptores automáticos accionados por dispositivos con características comparables de corriente - tiempo.

4) Interconexión de los conductores de fase entre los puntos de alimentación del transformador. Cuando el enlace consta de más de un conductor por fase o neutro, los conductores de cada fase o del neutro deben cumplir con una de las siguientes disposiciones:

- a. Interconectados. Los conductores se deben interconectar para establecer un punto de alimentación de la carga y se debe proporcionar el dispositivo protector especificado en 450-6(a)(3) en cada conductor no puesto a tierra del enlace en ese punto en ambos lados de la interconexión. Los medios de interconexión deben tener una ampacidad no menor a la carga que se va a alimentar.
- b. No interconectados. Las cargas se deben conectar a uno o más conductores individuales de un enlace con conductores en paralelo, sin interconectar los conductores de cada fase o neutro y sin la protección especificada en 450-6(a)(3) en los puntos de conexión de la carga. Cuando se hace esto, los conductores de enlace de cada fase o neutro deben tener una ampacidad de capacidad combinada no menor al 133 por ciento de la corriente nominal del secundario del transformador con el valor nominal más grande que alimenta al sistema de enlace del secundario; la carga total de estas derivaciones no debe exceder la corriente nominal del secundario del transformador con el valor nominal más grande y las cargas deben estar divididas equitativamente entre cada fase y entre los conductores individuales de cada fase, en la medida de lo posible.

5) Control del circuito de enlace. Cuando la tensión de operación exceda los 150 volts a tierra, los enlaces del secundario equipados con limitadores deben tener un interruptor en cada extremo que, cuando se abran, desenergicen los conductores de enlace y los limitadores asociados. La ampacidad del interruptor no debe ser menor a la ampacidad de la corriente nominal de los conductores conectados al mismo. El interruptor debe ser capaz de interrumpir su corriente nominal y debe estar construido de modo que no se abra por las fuerzas magnéticas resultantes de la corriente de cortocircuito.

b) Protección contra sobrecorriente para las conexiones del secundario. Cuando se utilicen enlaces del secundario, en las conexiones del secundario de cada transformador que alimenta al sistema de enlace, se debe instalar un dispositivo de protección contra sobrecorriente con valor nominal o ajuste no mayor al 250 por ciento de la corriente nominal del secundario de los transformadores. Además, en la conexión del secundario de cada transformador se debe instalar un interruptor automático accionado por un relevador de corriente inversa ajustado para que abra el circuito a una corriente no mayor a la corriente nominal del secundario del transformador.

c) Puesta a tierra. Cuando el sistema de enlace del secundario esté puesto a tierra, el secundario de cada transformador que alimenta al sistema de enlace debe estar puesto a tierra de acuerdo con los requisitos de 250-30 para sistemas derivados separados.

450-7. Funcionamiento en paralelo. Se permitirá que los transformadores funcionen en paralelo y desconectados como una unidad, siempre que el dispositivo de protección contra sobrecorriente para cada transformador cumpla los requisitos de 450-3(a) para dispositivos de protección del primario y del secundario de más de 600 volts, o con 450-3(b) para dispositivos de protección del primario y del secundario de 600 volts o menos.

450-8. Resguardo. Los transformadores se deben resguardar según se especifica en 450-8(a) hasta (d).

a) Protección mecánica. Cuando los transformadores estén expuestos a daños físicos, se deben adoptar las medidas adecuadas para reducir al mínimo la posibilidad de daños a los transformadores por causas externas.

b) Caja o envolvente. Los transformadores tipo seco deben estar instalados en un tanque o en un envolvente no combustible y resistente a la humedad que ofrezca protección contra la inserción accidental de objetos extraños.

c) Partes energizadas expuestas. Se permitirá que los interruptores u otros equipos que funcionen a 600 volts nominales o menos y que estén conectados únicamente a equipos dentro del tanque del transformador, estén instalados dentro de este tanque si sólo son accesibles a personas calificadas.

Todas las partes energizadas se deben resguardar según lo establecido en 110-27 y 110-34.

d) Advertencia de tensión. La tensión de funcionamiento de las partes vivas expuestas en las instalaciones de transformadores, se debe indicar por anuncios o marcas visibles colocadas en los equipos o estructuras.

450-9. Ventilación. La ventilación debe ser la adecuada para eliminar las pérdidas del transformador a plena carga sin provocar aumentos de temperatura que excedan sus valores nominales.

450-10. Puesta a tierra. Cuando estén puestas a tierra, las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de las instalaciones de transformadores, incluidas las cercas, barreras, protecciones, etc., se deben poner a tierra y unirse en las condiciones y con los métodos especificados en las Partes E, F y G del Artículo 250 para los equipos eléctricos y otras partes metálicas expuestas. Para puesta a tierra de cercas metálicas ver además la sección 921-26.

450-11. Marcado. Todos los transformadores deben tener una placa de características en la que conste el nombre del fabricante, el valor nominal en kilovoltamperes, la frecuencia, la tensión del primario y del secundario, la impedancia para los transformadores de 25 kilovoltamperes en adelante, las distancias necesarias para los transformadores con aberturas de ventilación y la cantidad y el tipo del líquido de aislamiento, cuando se use. Además, en la placa de características de todos los transformadores de tipo seco se debe incluir la clase de temperatura del sistema de aislamiento.

450-12. Espacio para el alambrado de las terminales. El espacio mínimo para formar dobleces del alambrado en las terminales fijas de conexión de la alimentación y de la carga de los transformadores de 600 volts nominales y menos debe ser como se requiere en 312-6. El espacio de alambrado para conexiones en espiral debe cumplir lo establecido en la Tabla 314-16(b).

450-13. Accesibilidad. Todos los transformadores y las bóvedas para transformadores deben ser fácilmente accesibles al personal calificado para su inspección y mantenimiento, o deben cumplir los requisitos de 450-13(a) o 450-13(b).

a) Instalaciones abiertas. No se exigirá que los transformadores tipo seco de 600 volts nominales o menos, instalados en lugares abiertos sobre paredes, columnas o estructuras, sean fácilmente accesibles.

b) Instalaciones en espacios huecos. Se permitirá instalar transformadores tipo seco de 600 volts nominales o menos y que no excedan los 50 kilovoltamperes, en espacios huecos de edificios no cerrados permanentemente por la estructura, siempre que cumplan los requisitos de ventilación de 450-9 y los requisitos sobre separación de materiales combustibles de 450-21(a). No se exigirá que los transformadores así instalados sean fácilmente accesibles.

450-14. Medios de desconexión. Los transformadores, diferentes a los transformadores Clase 2 o Clase 3, deben tener un medio de desconexión localizado ya sea a la vista del transformador o en un lugar remoto. Cuando esté localizado en un lugar remoto, el medio de desconexión debe bloquearse, y la ubicación debe ser marcada en campo en el transformador.

B. Disposiciones específicas aplicables a diferentes tipos de transformadores

450-21. Transformadores tipo seco instalados en interiores.

a) Hasta 112.5 kilovoltamperes. Los transformadores de tipo seco instalados en interiores y de 112.5 kilovoltamperes nominales o menos, deben instalarse con una separación mínima de 30 centímetros de materiales combustibles, a menos que estén separados de ellos por una barrera resistente al fuego y aislante del calor.

Excepción: Esta regla no se debe aplicar a transformadores para 600 volts nominales o menos que están completamente encerrados, con o sin aberturas de ventilación.

b) De más de 112.5 kilovoltamperes. Los transformadores individuales de tipo seco de más de 112.5 kilovoltamperes nominales se deben instalar en un cuarto de transformadores de construcción resistente al fuego. A menos que se especifique algo diferente en este Artículo, el término resistente al fuego significa una construcción con un valor nominal mínimo de 1 hora de resistencia al fuego.

Excepción 1: Los transformadores con sistemas de aislamiento Clase 155 o mayor, y separados de materiales combustibles por una barrera resistente al fuego y aislante del calor, o por no menos de 1.83 metros horizontalmente y 3.70 metros verticalmente.

Excepción 2: Los transformadores con sistemas de aislamiento Clase 155 o mayor y encerrados completamente, excepto por las aberturas de ventilación.

c) Para más de 35 000 volts. Los transformadores de tipo seco de más de 35 000 volts nominales se deben instalar en una bóveda que cumpla lo establecido en la Parte C de este Artículo.

450-22. Transformadores de tipo seco instalados en exteriores. Los transformadores de tipo seco instalados en exteriores deben tener un envolvente a prueba de la intemperie. Los transformadores de más de 112.5 kilovoltamperes no se deben ubicar a una distancia menor de 30 centímetros de los materiales combustibles de los edificios, a menos que el transformador tenga sistemas de aislamiento Clase 155 o mayores y esté encerrado completamente, excepto por las aberturas de ventilación.

450-23. Transformadores aislados con líquidos de baja inflamabilidad. Se permitirá instalar transformadores aislados con líquidos aprobados cuyo punto de inflamación no sea menor a 300 °C, de acuerdo con (a) o (b) siguientes:

NOTA: Un edificio Tipo I (Resistente al fuego) se compone de losas, columnas y vigas de concreto; Un edificio Tipo II (No combustible) se compone de columnas y vigas de acero sin recubrimiento contra fuego

a) Instalaciones en interiores. Las instalaciones en interiores se permitirán de acuerdo con una de las siguientes:

- (1) En edificios Tipo I o Tipo II, en áreas donde se cumplan todos los requisitos siguientes:
 - a. El transformador sea para 35 000 volts nominales o menos.
 - b. No se almacenen materiales combustibles.
 - c. Se proporcione un área de confinamiento de líquidos.
 - d. La instalación cumpla todas las restricciones previstas en el aprobado del líquido.
- (2) Con un sistema automático de extinción de incendios y un área de confinamiento de líquidos, siempre que el transformador sea para 35 000 volts nominales o menos.
- (3) De acuerdo con 450-26.

b) Instalaciones en exteriores. Se permitirá instalar transformadores aislados con líquidos de baja inflamabilidad en exteriores, sujetos a, adyacentes a, o sobre el techo de edificios, siempre que estén instalados de acuerdo con (1) ó (2):

- (1) En edificios Tipo I y Tipo II, la instalación debe cumplir todas las restricciones previstas en el aprobado del líquido.

NOTA: Las instalaciones adyacentes a materiales combustibles, salidas de incendios o a las aberturas de puertas y ventanas, pueden requerir protección adicional tal como se indica en 450-27.

- (2) De acuerdo con 450-27.

NOTA: Véase la definición de aprobado en el Artículo 100.

450-24. Transformadores aislados en líquidos no inflamables. Se permitirá instalar transformadores aislados con fluidos dieléctricos, identificados como no inflamables, tanto en interiores como en exteriores. Tales transformadores instalados en interiores y de más de 35 000 volts nominales deben estar instalados en una bóveda. Cuando tales transformadores estén instalados en interiores, deben estar provistos con un área para confinamiento de líquidos y una válvula de alivio de presión. Los transformadores deben estar equipados con un medio para absorber los gases generados por cualquier arco eléctrico que se produzca dentro del tanque, o la válvula de alivio de presión debe estar conectada a una chimenea o salida de humos que dirija estos gases a un área ambientalmente segura.

NOTA: La seguridad se puede aumentar si se hacen análisis de riesgo de incendio para dichas instalaciones de transformadores. Para los propósitos de esta sección, un fluido dieléctrico no inflamable es el que no tiene punto de inflamación o punto de chispa y no es inflamable en el aire.

450-25 Transformadores aislados con Askarel. No se permite el uso de bifenilos policlorados (Askarel) como medio aislante en transformadores.

450-26. Transformadores aislados con aceite instalados en interiores. Los transformadores aislados con aceite e instalados en interiores, se deben instalar en una bóveda construida como se indica en la Parte C de este Artículo.

Excepción 1: Cuando la capacidad total no exceda los 112.5 kilovoltamperes, se permitirá que la bóveda especificada en la Parte C de este Artículo esté hecha en concreto reforzado de no menos de 10 centímetros de espesor.

Excepción 2: Cuando la tensión nominal no exceda los 600 volts, no se exigirá una bóveda si se toman las medidas adecuadas para evitar que el fuego del aceite del transformador encienda otros materiales y si la capacidad total de una instalación no excede los 10 kilovoltamperes en una sección del edificio clasificada como combustible, o 75 kilovoltamperes si la estructura que rodea al transformador está clasificada como construcción resistente al fuego.

Excepción 3: Se permitirá que los transformadores de hornos eléctricos con un valor nominal total que no exceda los 75 kilovoltamperes, se instalen sin bóveda en un edificio o cuarto de construcción resistente al fuego, siempre que se tomen las medidas necesarias para evitar que el fuego del aceite del transformador se propague a otros materiales combustibles.

Excepción 4: Se permitirá instalar sin bóveda un transformador con un valor nominal total que no exceda los 75 kilovoltamperes y una tensión de alimentación de 600 volts o menos que sea parte integral de un equipo de aceleración de partículas cargadas, en un edificio o cuarto de construcción no combustible o resistente al fuego, siempre y cuando se tomen las medidas necesarias para evitar que el fuego del aceite del transformador se propague a otros materiales combustibles.

Excepción 5: Se permitirá instalar transformadores en un edificio separado que no cumpla con la Parte C de este Artículo si tanto el edificio como su contenido no presentan riesgo de incendio para otros edificios o propiedades, y si el edificio se utiliza únicamente para suministrar el servicio de electricidad y su interior es accesible sólo a personas calificadas.

Excepción 6: Se permitirá utilizar transformadores con aislamiento de aceite sin bóveda, en equipos portátiles y móviles de minería de superficie (tales como excavadoras eléctricas) si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- a. Existen medidas para drenar las fugas de líquido al suelo.
- b. Existe un medio de salida seguro para el personal.
- c. Se dispone de una barrera de acero de 6 milímetros de espesor, como mínimo, para la protección de las personas.

450-27. Transformadores con aislamiento de aceite instalado en exteriores. Los materiales combustibles, edificios combustibles y partes de edificios, las salidas de incendios y las aperturas de las puertas y ventanas, se deben resguardar contra los incendios originados en transformadores con aislamiento de aceite, instalado en techos y asegurados o próximos a edificios o materiales combustibles. En los casos en que la instalación del transformador presente peligro de incendio, se debe utilizar una o más de las siguientes protecciones, de acuerdo con el grado de peligro involucrado:

- (1) Espacios de separación
- (2) Barreras resistentes al fuego
- (3) Sistemas automáticos de supresión de incendios
- (4) Envoltentes que confinen el aceite de un tanque roto de un transformador.

Se permitirá que los envoltentes para el de aceite sean diques, áreas con reborde o estanques resistentes al fuego, o zanjas rellenas de piedra gruesa triturada. Cuando la cantidad de aceite y la exposición sean tales que su eliminación sea importante, los recipientes de aceite deben estar dotados con medios para drenaje.

450-28. Modificaciones a los transformadores. Cuando se hagan modificaciones en un transformador de una instalación ya existente, que cambien el tipo de transformador respecto a lo establecido en la Parte B de este Artículo, dicho transformador debe ser marcado para indicar el tipo de líquido aislante utilizado, y la instalación del transformador modificado debe cumplir con los requisitos aplicables a ese tipo de transformador.

C. Bóvedas para transformadores

450-41. Ubicación. Siempre que sea posible, las bóvedas para transformadores deben estar ventiladas al aire exterior sin necesidad de utilizar ductos o canales.

450-42. Paredes, techos y pisos. Las paredes y techos de las bóvedas se deben construir con materiales que tengan una resistencia estructural adecuada para las condiciones, y con una resistencia mínima al fuego de tres horas. Los pisos de las bóvedas que estén en contacto con la tierra deben ser de concreto con un espesor mínimo de 10 centímetros, pero si la bóveda está construida con un espacio vacío u otras plantas del edificio por debajo de ella, el piso debe tener una resistencia estructural adecuada para soportar la carga impuesta sobre él y debe tener una resistencia mínima al fuego de tres horas. Para los propósitos de esta sección, no son aceptables construcciones atornilladas ni paredes de paneles.

Excepción: Cuando los transformadores estén protegidos con rociadores automáticos, agua en gotas finas, dióxido de carbono o halón, se permitirá que la construcción tenga valor nominal de 1 hora de resistencia al fuego.

NOTA 2: Una construcción típica con tres horas de resistencia al fuego es una de concreto reforzado de 15 centímetros de espesor.

450-43. Entradas. Las entradas a las bóvedas para transformadores se deben proteger según 450-43(a), (b) y (c).

a) Tipo de puerta. Todas las entradas que conducen desde el interior de un edificio hasta la bóveda de transformadores deben estar equipadas con una puerta de cierre hermético que tenga una resistencia mínima al fuego de 3 horas.

Excepción: Cuando los transformadores estén protegidos por rociadores automáticos, agua en gotas finas, dióxido de carbono o halón, se permitirá una construcción con valor nominal de resistencia al fuego de 1 hora.

b) Sardinell. Las puertas deben tener un sardinell de altura suficiente para confinar el aceite del transformador más grande dentro de la bóveda. En ningún caso la altura debe ser menor a 10 centímetros.

c) Cerraduras. Las puertas deben estar equipadas con cerraduras, se deben mantener cerradas y se permitirá el acceso sólo a personas calificadas. Las puertas para el personal deben abrirse hacia fuera y deben estar equipadas de barras de pánico, placas de presión u otros dispositivos que las mantengan normalmente cerradas pero que se abran por presión simple.

450-45. Aberturas de ventilación. Cuando lo exija 450-9, deben existir aberturas para ventilación de acuerdo con (a) hasta (f) siguientes:

a) Ubicación. Las aberturas de ventilación deben estar ubicadas lo más lejos posible de las puertas, ventanas, salidas de incendios y materiales combustibles.

b) Disposición. Se permitirá que una bóveda ventilada por circulación natural de aire tenga aproximadamente la mitad del área total de las aberturas necesarias para ventilación en una o más aberturas cerca del piso y la restante en una o más aberturas en el techo o en la parte superior de las paredes, cerca del techo, o que toda el área requerida para ventilación esté en una o más aberturas en el techo o cerca de él.

c) Tamaño. Para una bóveda ventilada por circulación natural del aire hacia un área exterior, el área neta total combinada de todas las aberturas de ventilación, restando el área ocupada por persianas, rejillas o pantallas, no debe ser menor a 20 cm² por kilovoltamperes de capacidad de los transformadores en servicio. Si los transformadores tienen una capacidad menor a 50 kilovoltamperes, en ningún caso el área neta debe ser menor a 0.10 m².

d) Cubiertas. Las aberturas de ventilación deben estar cubiertas por rejillas, persianas o pantallas durables, de acuerdo con las condiciones necesarias para evitar que se produzcan situaciones inseguras.

e) Compuertas. Todas las aberturas de ventilación que den al interior deben estar dotadas de compuertas contra incendios de cierre automático que funcionen en respuesta a cualquier incendio en la bóveda. Dichas compuertas deben tener un valor nominal de resistencia al fuego no menor a 1.5 horas.

f) Ductos. Los ductos de ventilación deben ser construidos con material resistente al fuego.

450-46. Drenaje. Cuando sea posible, las bóvedas que contengan transformadores de más de 100 kilovoltamperes de capacidad deben estar dotadas de un drenaje o de otro medio que permita eliminar cualquier acumulación de aceite o agua en la bóveda, a menos que por las condiciones locales esto resulte impráctico. Cuando exista drenaje, el piso debe estar inclinado hacia éste.

450-47. Tuberías de agua y accesorios. Sistemas de ductos o tuberías ajenos a la instalación eléctrica no deben entrar ni atravesar las bóvedas para transformadores. No se deben considerar ajenas a la instalación eléctrica las tuberías u otros elementos para la protección contra incendios de las bóvedas o para el enfriamiento de los transformadores.

450-48. Almacenamiento dentro de las bóvedas. Las bóvedas para transformadores no se deben utilizar para el almacenamiento de materiales.

ARTICULO 455

CONVERTIDORES DE FASE

A. Generalidades

455-1. Alcance. Este Artículo trata sobre la instalación y uso de los convertidores de fase.

455-2. Definiciones.

Convertidor de fase. Dispositivo eléctrico que convierte un sistema eléctrico de potencia monofásico en uno trifásico. Los convertidores de fase pueden ser de dos tipos: estáticos y rotatorios.

NOTA: Los convertidores de fase tienen características que modifican el par de arranque y la corriente con rotor bloqueado de los motores alimentados, por lo que es necesario tener esto en cuenta al elegir un convertidor de fase para una carga específica.

Convertidor estático de fase. Dispositivo sin piezas rotatorias, dimensionado para una determinada carga trifásica, que permite la operación desde una fuente de alimentación monofásica.

Convertidor rotatorio de fase. Dispositivo que consiste en un transformador rotatorio y panel de capacitores, que permite la operación de cargas trifásicas a partir de una fuente de alimentación monofásica.

Fase fabricada. La fase fabricada o derivada es la que se origina en el convertidor de fase y no está conectada sólidamente a ninguno de los conductores monofásicos de entrada.

455-3. Otros Artículos. Los convertidores de fase deben cumplir con este Artículo y con las disposiciones aplicables de otros Artículos de esta NOM.

455-4. Marcado. Todos los convertidores de fase deben tener una placa de características permanente que indique la siguiente información:

- (1) El nombre del fabricante.
- (2) La tensión nominal de entrada y salida.
- (3) La frecuencia.
- (4) La corriente monofásica nominal de entrada de plena carga.
- (5) La carga nominal mínima y máxima monofásica en kilovoltamperes o caballos de fuerza.
- (6) La carga máxima total en kilovoltamperes o caballos de fuerza.
- (7) En el caso de un convertidor rotativo de fase, su corriente trifásica a plena carga.

455-5. Conexión de puesta a tierra de equipos. Se debe proporcionar un medio de conexión para la terminal del conductor de puesta a tierra de equipos de acuerdo con 250-8.

455-6. Conductores.

a) Ampacidad. La ampacidad de los conductores monofásicos de alimentación se debe determinar según 455-6(a) (1) o (a) (2).

NOTA: Los conductores monofásicos dimensionados para prevenir una caída de tensión no mayor al 3 por ciento desde la fuente de alimentación hasta el convertidor de fase, pueden contribuir al mejor arranque y funcionamiento de las cargas del motor.

1) Cargas variables. Cuando las cargas que se van a alimentar son variables, la ampacidad del conductor no debe ser menor al 125 por ciento de la corriente nominal de plena carga en amperes de la entrada monofásica del convertidor, marcada en la placa de características.

2) Cargas fijas. Cuando el convertidor de fase alimente cargas fijas específicas, y la ampacidad del conductor sea menor al 125 por ciento de la corriente nominal de plena carga en amperes de la entrada monofásica del convertidor marcada en la placa de características, los conductores deben tener una ampacidad no menor al 250 por ciento de la suma de las corrientes nominales trifásicas de plena carga de los motores y otras cargas alimentadas, cuando las tensiones de entrada y de salida del convertidor de fase sean idénticas. Cuando las tensiones de entrada y salida del convertidor sean distintas, la corriente determinada según esta sección se debe multiplicar por la relación entre la tensión de salida a la de entrada.