

	NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES	
	DF 2020	VERSIÓN: 1

Tabla de Contenido

	<i>Pág.</i>
1 OBJETO.....	5
2 ALCANCE	5
3 NORMATIVIDAD DE REFERENCIA	5
4 DEFINICIONES.....	8
5 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.....	10
5.1 TENSIONES NORMALIZADAS.....	12
5.2 PRUEBAS DE LABORATORIO.....	13
5.2.1 Pérdidas y Tensión de Cortocircuito.....	13
5.2.2 Corriente de Vacío e Impedancia de Cortocircuito.....	13
5.2.3 Eficiencia	16
5.2.4 Niveles Básicos de Aislamiento de Impulso y Niveles de Prueba Dieléctrica.....	21
5.2.5 Ensayos Eléctricos	21
5.3 DERIVACIONES NOMINALES - CONMUTADOR DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	22
6 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	22
6.1 CONEXIONES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN	23
6.2 NIVEL MÁXIMO DE RUIDO	23
6.3 TRANSFORMADORES PARA MONTAJE EN POSTE EN REDES AÉREAS	23
6.3.1 Valores Nominales de Potencia	23
6.3.2 Requisitos de Producto.....	24
6.3.3 Instalación para Transformadores en Poste.....	26
6.4 TRANSFORMADORES PARA MONTAJE EN SUBESTACIONES SOBRE PISO.....	28
6.5 INSTALACIÓN PARA TRANSFORMADORES EN PISO	29
6.6 TRANSFORMADORES TIPO PEDESTAL O TIPO JARDÍN	31
6.6.1 Generalidades	31
6.6.2 Valores Nominales de Potencia	31
6.6.3 Instalación.....	31
6.6.4 Protección.....	32



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

6.7	TRANSFORMADORES PARA MONTAJE EN SUBESTACIONES SUBTERRÁNEAS	33
6.7.1	Generalidades	33
6.7.2	Placa de Características	34
6.7.3	Instalación.....	34
6.8	TRANSFORMADORES SECOS	34
6.8.1	Valores Nominales de Potencia	34
6.8.2	Instalación.....	34
6.8.3	Transformadores de Alumbrado Público independiente de EMCALI	35
6.9	SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR.....	36
6.9.1	Selección de Transformadores para Urbanizaciones	39
6.9.2	Factor de Demanda	39
6.9.3	Factor de Diversidad.....	39
6.10	PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE PARA TRANSFORMADORES	54
6.10.1	Cortacircuitos en Media Tensión	54
6.10.2	Cortacircuitos y Fusibles en Media Tensión	55
6.10.3	Fusibles.....	55
6.10.4	Tipos de Fusibles.....	56
6.10.5	Interruptores Termomagnéticos en Baja Tensión	57
6.10.6	Protección de Sobrecarga del Transformador	57
6.11	PROTECCIONES DE SOBRETENSIÓN (DPS) PARA TRANSFORMADORES	59
6.11.1	Instalación.....	59
6.11.2	Características	60
6.11.3	Protecciones de Sobretensión para Transformadores	60
6.12	TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN CON TRANSFORMADORES DE CORRIENTE INTERNOS	61



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. Normatividad de referencia	5
Tabla 2. Valores de impedancia de cortocircuito y corriente de vacío para transformadores monofásicos en aceite	14
Tabla 3. Valores de impedancia de cortocircuito y corriente de vacío para transformadores trifásicos en aceite	14
Tabla 4. Valores de impedancia de cortocircuito y corriente de vacío para transformadores secos	15
Tabla 5. Valores de eficiencia mínima para transformadores monofásicos en aceite	16
Tabla 6. Valores de eficiencia mínima para transformadores trifásicos en aceite	17
Tabla 7. Valores de eficiencia mínima para transformadores secos	18
Tabla 8. Valores de eficiencia mínima para transformadores secos	18
Tabla 9. Niveles de aislamiento dieléctrico para transformadores sumergidos en aceite	21
Tabla 10. Características generales de transformadores	24
Tabla 11. Características generales de transformadores para montaje en pedestal	25
Tabla 12. Valores nominales de alta tensión y características eléctricas de transformadores y conectores premoldeados	28
Tabla 13. Calibre de los bajantes de los transformadores - red aérea	28
Tabla 14. Tabla de fusibles de protección para transformadores tipo pedestal	32
Tabla 15. Selección de transformadores particulares	36
Tabla 16. Rango de cargabilidad eficiente para transformadores monofásicos	36
Tabla 17. Rango de cargabilidad eficiente para transformadores trifásicos	37
Tabla 18. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 1 y 2	40
Tabla 19. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 3 ...	42
Tabla 20. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 4 ...	45
Tabla 21. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 5 ...	48
Tabla 22. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 6 ...	51
Tabla 23. Características generales de cortacircuitos	54



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Tabla 24. Características generales de fusible tipo dual.....	56
Tabla 25. Accesorios para transformadores tipo pedestal. Configuración radial o malla	58
Tabla 26. Características generales de pararrayos	60
Tabla 27. Selección de transformadores de corriente, clase de tensión 0,72 kV	61

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Procedimiento para seleccionar el transformador económico	38
---	----

	NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES	
	DF 2020	VERSIÓN: 1

1 OBJETO

Esta norma tiene como objetivo establecer las características técnicas, disposiciones, los criterios de selección y montaje de los transformadores de distribución de media y baja tensión para usuarios del Sistema de Distribución Local de las Empresas Municipales de Cali, **EMCALI E.I.C.E. E.S.P.**, con el fin de garantizar cumplimiento de requisitos técnicos, de seguridad y de conformidad con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE y con las normas técnicas vigentes.

2 ALCANCE

La presente normatividad es de aplicación obligatoria por parte de los clientes y usuarios que instalen transformadores de distribución en el Sistema de Distribución Local - SDL de **EMCALI**, sin perjuicio del cumplimiento de las normas vigentes, en el municipio de Santiago de Cali y sus áreas de influencia en los municipios de Yumbo y Puerto Tejada.

La presente norma presenta requisitos mínimos para el cálculo, selección e implementación de transformadores de distribución en las redes de **EMCALI** y bajo ninguna circunstancia, reemplazará o predominará sobre la normatividad y regulación nacional y/o internacional del tema en mención, aplicable en su versión más reciente.

3 NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

Los transformadores de distribución estarán sujetos a los reglamentos, requisitos técnicos y procedimiento vigentes (o el que lo modifique o sustituya) contenidos entre otras, en las siguientes normas y estándares que se citan en la Tabla 1.

Tabla 1. Normatividad de referencia

Ítem	Norma / Entidad	Descripción
1.	RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
2.	NTC 2050	Código Eléctrico Colombiano.
3.	NTC 316	Transformadores. Métodos de ensayo para determinar el calentamiento para transformadores sumergidos en líquido refrigerante.
4.	NTC 317	Electrotecnia. Transformadores de potencia y distribución. Terminología.
5.	NTC 375	Transformadores. Medida de la resistencia de los devanados.
6.	NTC 380	Transformadores eléctricos. Ensayos eléctricos. Generalidades.
7.	NTC 471	Transformadores. Relación de transformación, polaridad y relación de fase.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Ítem	Norma / Entidad	Descripción
8.	NTC 532	Transformadores. Aptitud para soportar el cortocircuito.
9.	NTC 618	Transformadores eléctricos. Placa de características.
10.	NTC 737	Transformadores. Especificaciones de devanados y sus derivaciones.
11.	NTC 800	Transformadores. Designación de refrigeración.
12.	NTC 801	Transformadores. Límites de calentamiento.
13.	NTC 818	Transformadores. Monofásicos autorefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito.
14.	NTC 819	Transformadores. Trifásicos, autorefrigerados y sumergidos en líquido, corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito.
15.	NTC 836	Electrotecnia. Niveles de aislamiento y ensayos para transformadores sumergidos en líquido refrigerante.
16.	NTC 837	Transformadores. Prueba del dieléctrico.
17.	NTC 1005	Transformadores. Determinación de la tensión de cortocircuito y pérdidas con carga.
18.	NTC 1031	Transformadores. Ensayos para la determinación de pérdidas y corriente sin carga.
19.	NTC 1057	Electrotecnia. Transformadores. Valores nominales de las potencias aparentes.
20.	NTC 1058	Transformadores de distribución sumergidos en líquido refrigerante con refrigeración natural. Requisitos de funcionamiento en condiciones de altitud y temperatura diferentes a las normalizadas.
21.	NTC 1358	Protocolo de pruebas para transformadores.
22.	NTC 1465	Especificaciones para aceites minerales nuevos. Aislantes, para transformadores, interruptores y equipos eléctricos.
23.	NTC 1490	Electrotecnia. Accesorios para transformadores monofásicos de distribución con potencias entre 5 kVA y 167 kVA, tipo poste.
24.	NTC 1656	Electrotecnia. Accesorios para transformadores trifásicos de distribución con potencias entre 15 kVA y 150 kVA, tipo poste.
25.	NTC 1759	Electrotecnia. Empaques elastómeros resistentes al aceite para transformadores eléctricos.
26.	NTC 1954	Electrotecnia. Transformadores reconstruidos y reparados. Requisitos.
27.	NTC 2076	Recubrimiento de zinc por inmersión en caliente para elementos en hierro y acero.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Ítem	Norma / Entidad	Descripción
28.	NTC 2135	Electrotecnia. Transformadores. Guía para fórmulas de evaluación de pérdidas.
29.	NTC 2501-2	Electrotecnia. Herrajes conectores para terminales con tensión de serie menor o igual a 34,5 kV y superior a 1,2 kV, corriente máxima de 250 a utilizados en transformadores de distribución y potencia
30.	NTC 2501-1	Electrotecnia. Pasatapas para terminales con tensión de serie 1,2 kVA sumergidos en líquido refrigerante
31.	NTC 2784	Electrotecnia. Guía para embalaje, almacenamiento y transporte de transformadores de distribución.
32.	NTC 2743	Electrotecnia. Campos de prueba para transformadores. Requisitos mínimos y clasificación.
33.	NTC 2797	Electrotecnia. Guía para la selección de fusibles para transformadores de distribución.
34.	NTC 4616	Pararrayos. Recomendaciones para selección y uso.
35.	NTC 3396	Electrotecnia. Pintura para tanques de transformadores.
36.	NTC 3445	Transformadores trifásicos autorefrigerados, tipo secos, abiertos y encapsulados en resina. Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito.
37.	NTC 3582	Electrotecnia. Guía para la puesta a tierra de transformadores con tensión de serie 15 kV.
38.	NTC 3600	Electrotecnia. Guía para la realización e interpretación del ensayo de impulso a transformadores.
39.	NTC 3607	Electrotecnia. Accesorios para transformadores trifásicos de potencias entre 2001 kVA y 10000 kVA.
40.	NTC 3609	Electrotecnia. Ensayos mecánicos a transformadores de distribución.
41.	NTC 3654	Transformadores de potencia tipo seco.
42.	NTC 3680	Electrotecnia. Conmutador de derivaciones para operación sin tensión.
43.	NTC 3997	Requisitos para transformadores de distribución trifásicos, tipo pedestal con compartimientos, autorefrigerados, con potencias de 10 MVA y menores, sistema nominal de alta tensión de 34,5 kV y menores; sistema nominal de baja tensión de 15 kV y menores.
44.	NTC 4406	Transformadores trifásicos de distribución tipo ocasionalmente sumergibles, de potencia menor o igual a 2500 kVA con alta tensión menor o igual que 34500 V - estrella aterrizada-/19920 V y baja tensión menor o igual que 480 V.

	NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES	
	DF 2020	VERSIÓN: 1

Ítem	Norma / Entidad	Descripción
45.	NTC 4470	Métodos de ensayo para determinar la compatibilidad de materiales con aceite aislante eléctrico derivado del petróleo.
46.	NTC 4558	Método de ensayo para fluidos de silicona utilizados en aislamiento eléctrico.
47.	NTC 4559	Electrotecnia. Método de ensayo para establecer la compatibilidad entre los materiales de construcción y los fluidos de silicona utilizados como aislamiento electrónico.
48.	NTC 4560	Electrotecnia. Guía para la aceptación de fluidos de hidrocarburos menos inflamables y su mantenimiento en transformadores.
49.	NTC 4561	Electrotecnia. Guía de propiedades de aceites aislantes eléctricos con alto punto de ignición, derivados del petróleo.
50.	NTC 4907	Accesorios para transformadores monofásicos con potencias superiores a 167 kVA y no mayores a 500 kVA y para transformadores trifásicos con potencias superiores a 150 kVA y no mayores a 2000 kVA.
51.	NTC 5110	Cajas de maniobra tipo compartimiento para uso con conectores elastoméricos de media tensión aislados separables, para proveer frente muerto.
52.	NTC 5978	Electrotecnia. Transformadores monofásicos y trifásicos valores de referencia de los niveles de emisión sonora.

4 DEFINICIONES

Para la correcta comprensión de esta norma, se definen a continuación algunos términos utilizados en el contexto de transformadores y en este sentido deberán ser interpretados:

ACREDITACIÓN: Declaración escrita otorgada a un organismo evaluador de la conformidad donde se certifica su competencia técnica.

AT: Alta tensión.

AUTOREFRIGERADOS INMERSOS EN LÍQUIDO REFRIGERANTE: Transformadores en aceite.

BT: Baja tensión.

C: Corporativos.

CERTIFICACIÓN: Documento mediante el cual se asegura el cumplimiento de un requisito.

CONMUTADOR DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN: Cambiador de posiciones para variar la tensión de alimentación primaria en el transformador.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

CORRIENTE DE VACÍO: Es la corriente que circula en el transformador cuando se encuentra sin carga. Esta corriente es demandada para producir el efecto de inducción magnética en el transformador. Su valor se expresa en porcentaje de la corriente nominal.

CORTACIRCUITOS: Los cortacircuitos de distribución son de un polo, tipo abierto (de expulsión), de caída automática (dropout), para servicio a la intemperie e instalación vertical, equipados con elementos que le permitan operar bajo carga por medio de pértiga.

DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES (DPS): Descargadores de sobretensiones transitorias.

EAT: Extra alta tensión.

E: Propiedad de EMCALI.

EFICIENCIA: Es la potencia efectiva que se obtiene a la salida en función de la potencia de entrada.

ENSAYOS DE AISLAMIENTO: Se refiere a los ensayos dieléctricos. Estos consisten en aplicar una tensión determinada por norma, generalmente el doble de la tensión nominal y verificar su soporte por un determinado tiempo.

FACTOR DE DEMANDA: Es la relación entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y la carga total conectada a la instalación o parte de la instalación considerada.

FACTOR DE DIVERSIDAD: Es la relación entre la suma de las demandas máximas individuales de un grupo de cargas y la demanda máxima coincidente.

IMPEDANCIA DE CORTOCIRCUITO: Es la impedancia propia del transformador la cual se emplea en cálculos de coordinación de protecciones. Esta se determina a partir de la de tensión de cortocircuito, la cual es medida cuando se realiza la prueba de pérdidas baja carga en los transformadores. Su valor se expresa en %.

MBT: Muy baja tensión.

MT: Media tensión.

N: Propiedad de PRONE.

NIVELES BÁSICOS DE AISLAMIENTO DE IMPULSO (BIL): Nivel básico de soporte ante un impulso tipo rayo.

ONAC: Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.

PEDESTAL: Transformador tipo Padmounted para ubicación en espacios de jardines con presencia de personas con bajo riesgo para las mismas.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

PCB: Bifenilos policlorados. El Policloruro de bifenilo (PCB) está considerado según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como uno de los doce contaminantes más nocivos fabricados por el ser humano. Por sus características anti-inflamables, la mayoría de los aceites dieléctricos con PCB's se usaron fundamentalmente en áreas con alto riesgo de incendio, tales como plantas industriales, en transporte colectivo de tracción eléctrica (tranvías) y en la industria petroquímica, específicamente en transformadores eléctricos.

PP: Propiedad Particular.

PROTOCOLO DE PRUEBAS: Documento mediante el cual se certifica los resultados de pruebas realizadas en un laboratorio a una sustancia o producto.

REGULACIÓN: Es una determinada variación de una magnitud de tensión de salida con la carga.

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN: Es la constante que se obtiene entre la tensión primaria y la tensión secundaria de un transformador.

REPARACIÓN: Se refiere a reparación total, donde se fabrica nuevamente las bobinas con todos los aislamientos nuevos. En estos casos se reinicia la vida útil del transformador.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO: Es la resistencia de un dieléctrico obtenida a través de la aplicación de una tensión midiendo su corriente de fuga. Se aplica la ley de Ohm para conocer su resultado.

RUIDO (PRESIÓN DE RUIDO LPA): Presión sonora generada en Db.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA: Son el grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común.

SISTEMA EN MALLA: Este sistema se caracteriza porque el transformador está conectado a la línea de alimentación primaria y mediante una derivación permite que de ella se alimenten otras cargas.

SISTEMA RADIAL: Este sistema consiste en que el transformador está conectado a la línea de alimentación primaria, pero de ella no se permite la continuación para alimentar otras cargas.

TETRAFILAR: Instalación de cuatro conductores.

TRANSFORMADOR: Maquina eléctrica que transforma magnitudes de tensión y de corriente sin modificar la naturaleza de la misma.

TRIFILARES: Instalación de tres conductores.

5 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Todos los transformadores para ser instalados en las redes de **EMCALI** podrán ser nuevos o usados y cumplir con lo establecido en el RETIE y el documento de Especificaciones Técnicas, aprobado tanto



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

para transformadores de propiedad de **EMCALI**, como para los particulares. Se exceptúan solamente aquellos que, por el traslado de sus instalaciones, el cliente pueda usar los transformadores existentes, siempre y cuando cumpla con las pruebas exigidas por **EMCALI**, y se encuentren dentro de los parámetros establecidos por las normas para transformadores usados.

En el caso de transformadores usados y o reparados éstos deben cumplir con los siguientes requerimientos para ser instalados:

- Tiempo de uso desde la fecha de fabricación no mayor a 10 años (para transformadores usados no reparados).
- Fecha de fabricación posterior a 1996 (para transformadores reparados totalmente).
- Para transformadores de alumbrado público, revisar la norma de Alumbrado público.
- Certificación de la procedencia del equipo.
- Certificación de que el equipo no presenta contaminación por bifenilos policlorados - PCB (Resolución No. 0222 de 15 de diciembre 2011 por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible).
- Protocolo de pruebas con las características indicadas en la norma NTC 1358:
 1. Fabricante, protocolo de pruebas, frecuencia, tensión serie, condiciones térmicas, condiciones de instalación, material de los devanados.
 2. Nombre del fabricante, norma aplicable identificación del protocolo o certificado, número de serie.
 3. Prueba de relación de transformación.
 4. Prueba de resistencia de aislamiento.
 5. Ensayos de aislamiento (tensión aplicada y tensión inducida).
 6. Prueba de resistencia de devanados y pruebas de pérdidas en vacío y bajo carga.
 7. Impedancia de cortocircuito y corriente de vacío, regulación y eficiencia.
 8. Masa total y volumen del líquido refrigerante, dimensiones, refrigeración y color de la pintura externa.
 9. Firma de la persona quien aprueba el protocolo de pruebas.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

NOTAS:

- El protocolo de pruebas debe ser expedido por una entidad acreditada por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) con fecha no superior a tres (3) meses. Además, los ensayos reportados deben estar incluidos dentro del alcance de la acreditación el cual se valida con la inclusión del logo de acreditación ONAC en el protocolo.
- La aceptación del protocolo de pruebas se determina por la validez de ensayos acreditados (logo de acreditación ONAC) y por la aceptación de parámetros eléctricos según las normas NTC vigentes.
- Dependiendo del organismo que expida el protocolo, este puede denominarse de forma diferente (informe, certificado o reporte) siempre y cuando los ensayos se encuentren dentro de su alcance de acreditación.
- Para la adquisición de transformadores deben tenerse en cuenta el cumplimiento de los requerimientos de los Artículos 20.4.1, 20.14.2, 20.25, 20.25.2, 23, 24.3, del RETIE, las Especificaciones Técnicas y las normas NTC relacionadas y todas aquellas que posteriormente se aprueben, siempre lo estipulado en la última revisión. Antes de la instalación de todo transformador debe presentarse el certificado de conformidad del producto según lo indicado en el Capítulo 20 del RETIE.

5.1 TENSIONES NORMALIZADAS

Las tensiones o niveles de tensión normalizados están definidos en el Artículo 12 del RETIE, adoptado de la NTC 1340 con referentes IEC 60038, ANSI C84.1:

- a) Extra alta tensión (EAT): Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
- b) Alta tensión (AT): Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
- c) Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
- d) Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
- e) Muy baja tensión (MBT): Tensiones menores de 25 V.

Las tensiones normalizadas en el sistema de distribución para las redes de media y alta tensión (Nivel de Tensión 2, 3 y 4) según la clasificación de acuerdo con lo establecido por la CREG en la Resolución CREG 097 de 1998 (Reglamento de Distribución) de **EMCALI** son:

- Nivel 4: Sistemas con tensión mayor o igual a 57,5 kV y menor a 220 kV.
- Nivel 3: Sistemas con tensión mayor o igual a 30 kV y menor a 57,5 kV.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

- Nivel 2: Sistemas con tensión mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV.
- Nivel 1: Sistemas con tensión menor a 1 kV.

Las tensiones primarias de transformadores conectados a la red de **EMCALI** deben corresponder a uno de estos niveles, según el nivel de tensión al que se va a conectar el usuario.

En el Nivel de Tensión 2 las redes deberán tener como tensión nominal, medida entre fases, en el punto de conexión a la red 13.200 V.

En el Nivel de Tensión 3 las redes deberán tener como tensión nominal, medida entre fases, en el punto de conexión a la red 34.500 V.

Los transformadores de distribución de uso residencial, poseen las siguientes tensiones secundarias normalizadas:

- Redes trifásicas tetrafilares: 208/120V a plena carga
- Redes monofásicas trifilares: 240/120 V en vacío.

Se pueden permitir otras tensiones secundarias dependiendo de las condiciones de la carga donde se desea instalar, estas condiciones están sujetas a evaluación de **EMCALI**.

Para transformadores de uso comercial e industrial, la tensión secundaria es determinada por las características de la carga del usuario (por ejemplo 4160 V, 460V, 440 V, 380 V), tensiones en vacío o plena carga, dependiendo de las condiciones ya determinadas.

En cualquier caso, el transformador se debe especificar con su tensión en vacío.

5.2 PRUEBAS DE LABORATORIO

5.2.1 Pérdidas y Tensión de Cortocircuito

En el protocolo de pruebas se deben reportar los valores de pérdidas eléctricas medidos por el laboratorio, para transformadores monofásicos y trifásicos autorefrigerados inmersos en líquido refrigerante.

Para transformadores tipo seco, también es necesario reportar los valores de pérdidas eléctricas medidos por el laboratorio.

5.2.2 Corriente de Vacío e Impedancia de Cortocircuito

Los valores máximos permisibles de impedancia de cortocircuito (U_z %) y de corriente de vacío (I_0 %), para su aceptación se establece de acuerdo con lo indicado en la norma NTC 818 y NTC 819 en su



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

versión más actual aplicable para transformadores monofásicos y trifásicos autorefrigerados inmersos en líquido refrigerante respectivamente.

Tabla 2. Valores de impedancia de cortocircuito y corriente de vacío para transformadores monofásicos en aceite

Transformadores Monofásicos				
kVA	Serie AT≤15 kV Serie BT≤1,2 kV		15 kV≤ Serie AT ≤ 34,5kV Serie BT≤1,2 kV	
	I _o %	U _z %	I _o %	U _z %
5	2,5	3,0	-	-
10	2,5	3,0	-	-
15	2,4	3,0	-	-
25	2,0	3,0	2,4	4,0
37,5	2,0	3,0	2,0	4,0
50	1,9	3,0	2,0	4,0
75	1,7	3,0	1,9	4,0
100	1,6	3,0	1,7	4,0
167	1,5	3,0	1,6	4,0
167,5	1,5	3,0	1,6	4,0
250	1,5	3,0	1,6	4,0
333	1,5	3,0	1,6	4,0
500	1,5	3,0	1,6	4,0
667	1,5	3,0	1,6	4,0
833	1,5	3,0	1,6	4,0

Fuente: NTC 818

Tabla 3. Valores de impedancia de cortocircuito y corriente de vacío para transformadores trifásicos en aceite

Transformadores Trifásicos				
kVA	Serie AT≤15 kV Serie BT≤1,2 kV		15 kV≤ Serie AT ≤ 34,5kV Serie BT≤1,2 kV	
	I _o %	U _z %	I _o %	U _z %
15	4,4	3,0	-	-
30	3,6	3,0	-	-
45	3,5	3,0	-	-
75	3,0	3,5	3,5	6,0
112,5	2,6	3,5	2,6	6,0
150	2,4	4,0	2,5	6,0
225	2,1	4,0	2,5	6,0
300	2,0	4,5	2,0	6,0
400	1,9	4,5	2,0	6,0



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Transformadores Trifásicos				
kVA	Serie AT ≤ 15 kV Serie BT ≤ 1,2 kV		15 kV ≤ Serie AT ≤ 34,5 kV Serie BT ≤ 1,2 kV	
	I _o %	U _z %	I _o %	U _z %
500	1,7	5,0	1,7	6,0
630	1,6	5,0	1,7	6,0
750	1,6	5,0	1,5	6,0
800	1,6	5,0	1,2	6,0
1000	1,6	5,0	1,0	6,0
1250	1,5	6,0	1,0	6,0
1500	-	-	-	-
1600	1,5	6,0	1,0	6,0
2000	1,5	6,0	1,0	6,0
2500	1,5	6,0	1,0	6,5
3000	1,5	6,0	1,0	6,5
3750	1,5	-	0,8	6,5
4000	-	-	0,8	6,5
5000	-	-	0,8	6,5
6000	-	-	0,8	7,15
7500	-	-	0,8	7,15
10000	-	-	-	7,15

Fuente: NTC 819

Para transformadores tipo seco, los valores de impedancia de cortocircuito (U_z %) y corriente de vacío (I_o %), para su aceptación se establece según lo indicado en la norma NTC 3445 en su versión más actual.

Tabla 4. Valores de impedancia de cortocircuito y corriente de vacío para transformadores secos

Transformadores Trifásicos Secos de 15 kVA a 2 000 kVA Serie AT ≤ 15 kV, Serie BT ≤ 1,2 kV (Tipo 1)				
Transformadores Trifásicos Secos de 10 kVA a 1 000 kVA Serie AT ≤ 1,2 kV, Serie BT ≤ 1,2 kV (TIPO 2)				
kVA	Tipo 1		Tipo 2	
	I _o %	U _z %	I _o %	U _z %
10	5,6	6,0	5,5	4,0
15	5,6	6,0	5,5	4,0
20	4,5	6,0	5,5	4,0
25	4,5	6,0	5,0	4,0
30	4,5	6,0	4,5	4,0
45	4,5	6,0	4,5	4,0



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Transformadores Trifásicos Secos de 15 kVA a 2 000 kVA Serie AT ≤ 15 kV, Serie BT $\leq 1,2$ kV (Tipo 1)				
Transformadores Trifásicos Secos de 10 kVA a 1 000 kVA Serie AT $\leq 1,2$ kV, Serie BT $\leq 1,2$ kV (TIPO 2)				
kVA	Tipo 1		Tipo 2	
	I ₀ %	U _z %	I ₀ %	U _z %
75	4,0	6,0	4,0	4,0
112,5	3,6	6,0	3,6	5,0
150	2,9	6,0	3,5	5,0
225	2,8	6,0	2,9	5,0
300	2,8	6,0	2,8	5,0
400	2,8	6,0	2,8	6,0
500	2,3	6,0	2,3	6,0
630	2,3	6,0	2,3	6,0
650	2,3	6,0	2,3	6,0
750	2,3	6,0	2,3	6,0
800	2,3	6,0	2,3	6,0
1000	2,3	6,0	2,3	6,0
1250	1,8	8,0	-	-
1600	1,8	8,0	-	-
2000	1,8	8,0	-	-

Fuente: NTC 3445

5.2.3 Eficiencia

Los valores de eficiencia mínima (%), para su aceptación se establecen según lo indicado en la norma NTC 818 y NTC 819, en su versión más actual aplicable para transformadores monofásicos y trifásicos autorefrigerados inmersos en líquido refrigerante respectivamente.

Para transformadores tipo seco se establece según lo indicado en la NTC 3445 en su versión más actual.

Tabla 5. Valores de eficiencia mínima para transformadores monofásicos en aceite

Transformadores Monofásicos - Eficiencia Mínima (%)				
kVA	A	B	C	D
5	98,70	98,62	98,32	98,02
10	98,70	98,62	98,50	98,39
15	98,82	98,76	98,63	98,50
25	98,95	98,91	98,80	98,69
37,5	99,05	99,01	98,91	98,80



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Transformadores Monofásicos - Eficiencia Mínima (%)				
kVA	A	B	C	D
50	99,11	99,08	98,99	98,91
75	99,19	99,17	99,09	99,02
100	99,25	99,23	99,15	99,08
167	99,33	99,25	99,22	99,19
167,5	99,33	99,25	99,22	99,19
250	99,39	99,32	99,25	99,18
333	99,43	99,36	99,28	99,20
500	99,49	99,42	99,32	99,22
667	99,52	99,46	99,35	99,24
833	99,55	99,49	99,37	99,26

Fuente: NTC 818

Tabla 6. Valores de eficiencia mínima para transformadores trifásicos en aceite

Transformadores Trifásicos - Eficiencia Mínima (%)				
kVA	A	B	C	D
15	98,65	98,36	98,20	98,03
30	98,83	98,62	98,48	98,35
45	98,92	98,76	98,63	98,50
75	99,03	98,91	98,78	98,65
112,5	99,11	99,01	98,88	98,74
150	99,16	99,08	98,95	98,82
225	99,23	99,17	99,03	98,88
300	99,27	99,23	99,09	98,94
400	99,31	99,24	99,12	99,01
500	99,35	99,25	99,15	99,05
630	99,38	99,29	99,19	99,08
750	99,40	99,32	99,22	99,11
800	99,41	99,33	99,23	99,12
1000	99,43	99,36	99,25	99,15
1250	99,46	99,39	99,29	99,18
1500	99,48	99,42	99,32	99,21
1600	99,49	99,43	99,32	99,22
2000	99,51	99,46	99,35	99,24
2500	99,53	99,49	99,38	99,26

Fuente: NTC 819



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Tabla 7. Valores de eficiencia mínima para transformadores secos

Transformadores Trifásicos Secos de 15 kVA a 2 000 kVA Serie AT ≤ 15 kV, Serie BT $\leq 1,2$ - Eficiencia Mínima (%)				
kVA	A	B	C	D
15	97,18	97,18	96,60	96,62
30	97,63	97,63	97,54	97,45
45	97,86	97,86	97,87	97,87
75	98,13	98,12	98,15	98,19
112,5	98,36	98,30	98,31	98,32
150	98,51	98,42	98,42	98,43
225	98,69	98,57	98,57	98,58
300	98,81	98,67	98,66	98,66
400	98,90	98,75	98,75	98,75
500	98,99	98,83	98,82	98,81
650	99,07	98,90	98,91	98,92
750	99,12	98,95	98,95	98,95
800	99,14	98,97	98,96	98,95
1000	99,20	99,03	99,01	98,99
1250	99,25	99,08	99,06	99,04
1500	99,30	99,12	99,04	98,97
1600	99,31	99,13	99,12	99,10
2000	99,36	99,18	99,17	99,16

Fuente: NTC 3445

Tabla 8. Valores de eficiencia mínima para transformadores secos

Transformadores Trifásicos Secos de 10 kVA a 1 000 kVA Serie AT $\leq 1,2$ kV, Serie BT $\leq 1,2$. Eficiencia mínima (%)				
kVA	A	B	C	D
10	97,18	96,83	96,60	96,37
15	97,89	97,00	96,86	96,73
20	98,00	97,17	97,07	96,98
25	98,12	97,33	97,26	97,19
30	98,23	97,50	97,42	97,34
45	98,40	97,70	97,69	97,69
75	98,60	98,09	-	-
112,5	98,74	98,25	-	-
150	98,83	98,43	-	-
225	98,94	98,63	-	-
300	99,02	98,74	-	-



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Transformadores Trifásicos Secos de 10 kVA a 1 000 kVA Serie AT $\leq 1,2$ kV, Serie BT $\leq 1,2$. Eficiencia mínima (%)				
kVA	A	B	C	D
400	99,08	98,84	-	-
500	99,14	98,91	-	-
630	99,19	99,96	-	-
750	99,23	99,01	-	-
800	99,24	99,03	-	-
1000	99,28	99,07	-	-

Fuente: NTC 3445

Los valores de eficiencia indicados en la columna D corresponden con los valores de pérdidas eléctricas aceptados en la versión de la NTC 818 y NTC 819 de 1995.

Las columnas A y B son niveles de eficiencia más elevados donde se exigirá menos pérdidas eléctricas al transformador que será instalado.

La columna C es el promedio de las columnas B y D.

5.2.3.1 Selección de Transformadores de acuerdo con la Eficiencia

Para definir los criterios de eficiencia de pérdidas del sistema del nivel de tensión I se tienen en cuenta las normas técnicas que se utilizan en Colombia, como la NTC 818 y NTC 819, la cual aplica para la fabricación de transformadores de distribución tanto monofásicos como trifásicos.

La selección de la eficiencia requerida es muy determinante dentro del costo de la energía para **EMCALI** (\$ / kW) y está asociada a los costos eficientes de los transformadores de distribución y las redes secundarias, lo anterior según el crecimiento proyectado de las redes. Existen modelos aplicables para evaluar el costo de las pérdidas basadas en criterios de cargabilidad en el tiempo, vida útil y pérdidas eléctricas en los transformadores.

Para seleccionar adecuadamente los transformadores en función de la eficiencia se consideran los factores que impactan en la determinación de la misma:

- La cargabilidad a la cual serán sometidos los transformadores.
- Pérdidas de vacío.
- Pérdidas bajo carga.

Si bien, las normas técnicas vigentes (NTC 819 y NTC 818) solo establecen los criterios en función de la eficiencia, las pérdidas eléctricas se encuentran implícitas en su modelo de cálculo (IEC 60076-20):



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

$$E(\%) = \frac{k * S}{(k * S) + P_0 + (k^2 * T_f * P_k)} * 100$$

Donde:

P_0	Pérdidas de vacío (W) referidas a 20 °C.
P_k	Pérdidas bajo carga (W), medidas en el tap nominal y referidas a 85°C.
S	Potencia nominal en VA del transformador.
k	Factor de carga por unidad (50%).
T_f	Factor de corrección por temperatura, la metodología se define en la NTC 818, NTC 819 y NTC 3445 (en el caso de transformadores tipo seco).

Si se considera que los transformadores poseen las pérdidas mínimas definidas en las versiones NTC 818 y NTC 819 de 1995 y NTC 3445 de 1992, se establece el cumplimiento de la columna D de eficiencia.

De manera que un criterio de selección de acuerdo a la eficiencia se encuentra asociado a la cargabilidad.

Si la cargabilidad del transformador es muy alta (mayor al 50%) las pérdidas serán más significativas por tanto una eficiencia alta (o sea pérdidas menores) tendrá un impacto menor en el costo eficiente de energía (ver NEMA TP-1). Por otro lado si la cargabilidad es menor (menor al 50 %) las pérdidas esperadas serán bajas por tanto la evaluación del costo eficiente de energía aportará que es mejor un transformador de eficiencia baja (siendo baja el menor valor, o sea la columna D).

5.2.3.2 Selección de Transformadores de acuerdo con las Pérdidas Eléctricas

La selección de transformadores también puede definirse de acuerdo con las pérdidas eléctricas declaradas por el fabricante, si bien se espera un cumplimiento normativo de eficiencia, se deben solicitar la declaración de pérdidas (NEMA TP-1).

Esta metodología solo aplica cuando se ha definido una eficiencia (Columna A, B, C y D de la norma NTC 818, NTC 819 y NTC 3445) de aceptación y es determinante para seleccionar el proveedor. Este modelo considera lo siguiente:

$$P (\$ COP) = Precio + K_1 * P_0 + K_2 * P_C$$

Donde:

<i>Precio</i>	Precio de adquisición ofertado por el proveedor.
$P (\$ COP)$	Costo capitalizado de las pérdidas totales.
P_0	Pérdidas de vacío en kW.
P_C	Pérdidas bajo carga en kW.
K_1	Costo de pérdidas en vacío (\$ / kW) definidas por EMCALI .
K_2	Costo de pérdidas bajo carga (\$ / kW) definidas por EMCALI .



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

La evaluación de K_1 y K_2 se realiza según la metodología de la norma NTC 2135.

Esta metodología se traduce como el costo capitalizado de las pérdidas asociado al costo del transformador.

5.2.4 Niveles Básicos de Aislamiento de Impulso y Niveles de Prueba Dieléctrica

Los niveles básicos de aislamiento de impulso (BIL) deben estar de acuerdo con el numeral 5 de la norma NTC 836. Los niveles de prueba dieléctrica deben estar de acuerdo con los niveles de distribución especificados en la Tabla 2 de la misma norma o con su versión más actualizada.

Tabla 9. Niveles de aislamiento dieléctrico para transformadores sumergidos en aceite

Aplicación	Tensión Nominal del Sistema, U_s	Ensayo de Tensión Inducida (Fase a Tierra)	Ensayo de Tensión Aplicada (Delta o Estrella)	Niveles de Aislamiento de Impulso		
				Onda Completa	Onda Recortada	
	kV Eficaces	kV Eficaces	kV Eficaces	kV Cresta	kV Cresta	Tiempo Mínimo de Recorte (ms)
Distribución	$\leq 1,2$	1,4	10	30	33	1,0
	2,5	2,9	15	45	50	1,5
	5,0	5,8	19	60	66	1,5
	8,7	10	26	75	83	1,5
	15	17	34	95	105	1,8
	25	29	40	125	138	2,3
	34,5	40	70	200	220	3,0
	46	53	95	250	275	3,0
	69	80	140	350	385	3,0

Fuente: NTC 836

5.2.5 Ensayos Eléctricos

Los ensayos eléctricos deben ser ejecutados como se especifica en la norma NTC 380 y los ensayos dieléctricos como se indica en la norma NTC 837, en su versión más actualizada.

Para transformadores tipo seco, debe considerarse que la temperatura de referencia para las pérdidas con carga y la tensión U_z es la correspondiente a la clase de aislamiento del transformador así:

- A: (75 °C).
- E: (85 °C).



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

- B: (100 °C).
- F: (120 °C).
- H: (145 °C).

5.3 DERIVACIONES NOMINALES - CONMUTADOR DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

En los transformadores a instalar en las redes de **EMCALI**, la tensión primaria se debe ajustar con un cambiador manual ubicado de forma accesible en el transformador. Este conmutador también se puede usar para ajustar la tensión secundaria y su operación debe ser sin tensión.

Este conmutador debe ser diseñado para prevenir la operación accidental por medio de un paso preliminar antes de cambiar la asignación de tensión. En la placa de características debe identificarse claramente la tensión nominal junto con su posición correspondiente, además se debe indicar el número de posiciones con sus respectivas tensiones. Se debe localizar cerca al conmutador un aviso de precaución: “**Manióbrese sin tensión**”.

Este conmutador de relación (o cambiador de TAP's) debe disponer de los siguientes ajustes:

- a. +5%, +2,5%, -2,5% y -5% para la posición nominal No. 3.
- b. +2,5%, -2,5%, -5%, -7,5% para la posición nominal No. 2.

6 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los transformadores a instalar en las redes de distribución de **EMCALI**, en los niveles de tensión 2 y 3, pueden ser monofásicos o trifásicos, dependiendo de la capacidad del transformador a instalar y de la configuración de la red en el punto de conexión.

De acuerdo con las características del montaje, los transformadores pueden de los siguientes tipos:

- Transformadores para montaje en poste.
- Transformadores para montaje en plataforma.
- Transformadores para montaje en pedestal.
- Transformadores para montaje en subestación subterránea (ocasionalmente sumergibles).

La selección del tipo de transformador depende de la potencia del mismo y de la disposición física y la topología del sector donde se instalará el equipo. La factibilidad de instalación para alimentar redes aéreas en baja tensión se determina con base en la reglamentación establecida en la Tabla 10.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

En algunos casos especiales y sobre todo en el sector industrial y para aplicaciones especiales, también se pueden instalar transformadores secos.

La selección del tipo constructivo de transformador (seco o sumergido en líquido refrigerante) depende de las características de la instalación y de la aplicación del mismo.

6.1 CONEXIONES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

Los transformadores trifásicos y monofásicos deben ser del grupo de conexión DYn5 y Ii0, respectivamente, con el neutro sólidamente puesto a tierra. Los transformadores monofásicos deben conectar a tierra el TAP central en el lado secundario del transformador.

6.2 NIVEL MÁXIMO DE RUIDO

El nivel máximo de ruido (presión de ruido LPA) no debe superar los niveles establecidos en las normas técnicas de producto aplicables.

Los niveles máximos de ruido se establecen según la norma IEC 60076-10 y la norma NTC 5978, los niveles de ruido se establecen por potencia, tensión y por tipo de transformador (aceite o seco). Ver Tabla 2 de la norma NTC 5978.

6.3 TRANSFORMADORES PARA MONTAJE EN POSTE EN REDES AÉREAS

La instalación de los transformadores para montajes en poste debe cumplir con lo señalado en el Artículo 24.3 del RETIE. (Subestaciones Tipo Poste).

Se permiten transformadores instalados en poste si el área donde será instalado no corresponde con topologías de redes subterráneas.

Los transformadores de distribución serán del tipo convencional, para ser instalados en poste, sumergidos en aceite, autorefrigerado.

6.3.1 Valores Nominales de Potencia

Los valores nominales de potencia son continuos y están dados de forma que no se excedan los 65 °C de elevación de temperatura promedio del devanado, ni 80 °C de elevación de temperatura en el punto más caliente del conductor. La elevación de temperatura del líquido refrigerante no debe exceder los 60 °C cuando es medida cerca del límite superior del tanque. Estos valores nominales de potencia están basados en las condiciones de temperatura y servicio especificadas en la NTC 1057.

Los valores de elevación de temperatura son de acuerdo con la altura promedio de Santiago de Cali de 1000 msnm.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

La Tabla 10 indica los valores nominales de potencia normalizados para transformadores a ser instalados en el sistema de **EMCALI**.

Tabla 10. Características generales de transformadores

Propietario	Tipo de Transformador	Capacidad Nominal (kVA)	Relación de Tensión (voltios)	Observaciones
EMCALI	Monofásicos	15	13200 / 240-120	Para alimentar redes de uso general de baja tensión en el área de influencia de EMCALI
		25		
		37,5		
		50		
		75		
PARTICULAR	Trifásico	45	13200 / 208-120 PC	Para alimentar redes de uso general de baja tensión en el área de influencia de EMCALI
		75		
		112,5		
	Monofásicos	150	13200/240-120	Servicio(s) no industrial(es) hasta 20 kVA de demanda máxima cada servicio
		Libre hasta 75		
		Libre hasta 167,5		
		Libre hasta 333		
	Trifásico	Libre	13200 / Libre	Servicio industrial
		Libre	34500 / Libre	
	Trifásico	Libre	13200 / Libre	Servicio residencial y/o comercial
		Libre	13200 / Libre 34500 / Libre	Servicio no residencial y/o comercial

6.3.2 Requisitos de Producto

Los transformadores con capacidad mayor o igual a 3 kVA hasta 800 kVA (para transformadores mayores a 800 kVA el fabricante expide una autocertificación RETIE Artículo 20.25.1 parágrafo 2), nuevos, reparados o reconstruidos deben cumplir con los requisitos vigentes aplicables a transformadores:

- Deben tener dispositivo de puesta a tierra.
- Aviso: “Manióbrense sin tensión” para transformadores en aceite.
- Dispositivo de alivio de sobre presión.
- Dispositivo de izaje con factor de seguridad de 5 para transformadores en aceite y 3 para secos.
- El nivel máximo de ruido no debe superar lo señalado en la siguiente tabla.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Nivel de Ruido	kVA
48	0 - 50
51	51 - 100
55	101- 300
56	301 - 500

Valores tomados de la NTC 5978.

- f. Manual y recomendaciones de montaje.
- g. Placa de características. Ver numeral 6.7.2.

Nota: En casos de usuarios no residenciales es factible la instalación de transformadores con potencias no normalizadas por la norma NTC 1057 indicados en la Tabla 11.

Tabla 11. Características generales de transformadores para montaje en pedestal

Tipo De Transformador	Capacidad Nominal (kVA)	Relación de Tensión (Voltios)
Monofásicos Red EMCALI	25	13200 / 240-120 34500 / 240-120
	37,5	
	50	
	75	
	100	
	167	
Trifásico Red. EMCALI	10	13200/208-120 34500/208-120
	30	
	45	
	75	
	112,5	
	150	
	225	
	300	
	400	
	500	
	630	
	750	
	800	



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Tipo De Transformador	Capacidad Nominal (kVA)	Relación de Tensión (Voltios)
	1000	
	1250	
	1600	
	2000	
	2500	
Particular	Libre	34500/Libre 13200/libre

6.3.3 Instalación para Transformadores en Poste

Se realiza según el Artículo 24.3 del RETIE.

Se podrán instalar subestaciones con transformador en poste hasta 250 kVA y con un peso inferior a 800 kg. Se pueden instalar transformadores en un solo poste como se indica a continuación:

- Potencias menores o iguales a 112,5 kVA con un peso inferior a 600 kgf se deben instalar en un solo poste con resistencia de ruptura no menor a 510 kgf.
- Potencias superiores a 112,5 kVA y menor o igual a 150 kVA con pesos menores a 700 kgf, se deben instalar en un solo poste con resistencia de ruptura no menor a 750 kgf.
- Potencia mayores a 150 kVA y menores o iguales a 250 kVA se deben instalar en un solo poste con resistencia de ruptura no menor a 1050 kgf.
- En zonas rurales los transformadores de potencias menores o iguales a 25 kVA podrán instalarse en postes de fibra, con resistencia de rotura menor a 510 kgf

Todo transformador instalado en poste debe tener por lo menos en el lado primario protección contra sobrecorriente (fusibles) y contra sobretensiones (DPS). El DPS debe instalarse en el camino de la corriente de impulso y lo más cerca posible de los bujes del transformador.

El transformador debe tener el punto neutro y la carcasa sólidamente conectados a tierra. En su instalación se debe garantizar que se cumplan las distancias de seguridad que le apliquen, establecidas en el Artículo 13 del RETIE. Los elementos de fijación del transformador deben tener un factor de seguridad de por lo menos 2,5.

Las conexiones en media tensión, deben tener una forma y rigidez mecánica que no les permita moverse con el viento o vibraciones, de tal forma que las ponga en contacto con partes que no se deben energizar, o acercamientos que produzcan arcos eléctricos. Se deben cumplir los requisitos de puesta a tierra que le apliquen, establecidos en el Artículo 15 del RETIE.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

La instalación de transformadores de mayor capacidad (225 kVA) debe realizarse sobre pedestal de acuerdo con las características de montaje y distancias de maniobra y seguridad enunciadas en la presente norma, en los Artículos 13 y 20.25.2 del RETIE y la NTC 2050.

En zonas industriales se podrán instalar transformadores en H (doble poste de 750 kg y 510 kg. con conducto interno) sobre la vía pública hasta 225 kVA a 13,2 kV o hasta 112,5 kVA a 34,5 kV. En ningún caso se permite instalar transformadores en H (plataforma) cuando su peso total (incluido el equipo adicional) exceda de 910 kg.

Cuando la capacidad del transformador sea mayor a 225 kVA su instalación debe ser sobre piso.

La instalación de postes de 1050 kgf en zonas industriales puede ser a alturas diferentes en donde se conecta a la red el de mayor altura. La selección de postes está sujeta a validación de acuerdo a la topología del punto de conexión y del poste principal.

Los transformadores de diferentes capacidades y con peso inferior a los límites aquí establecidos deben presentar el correspondiente certificado de conformidad.

En el centro de la ciudad de Cali no se permite la instalación de transformadores en poste, como tampoco en las vías de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial - POT del municipio de Santiago de Cali, Acuerdo 0373 de 2014 o el que lo modifique, reemplace o actualice.

No se permite ninguna derivación de las líneas de 34,5 kV, la conexión en configuración "T" de transformadores, acometidas o extensiones de redes a partir de las líneas de 34,5 kV que sirven de enlaces entre las subestaciones del sistema de **EMCALI**.

No se permite colocar ningún equipo, como transformador, terminales premoldeados, etc., en un poste primario con conjunto de maniobra, por ejemplo, doble terminal con o sin puentes, poste con la combinación de conjunto corrido y terminal (martillo).

No se permite la instalación de más de un transformador trifásico en un mismo poste, ni la instalación de doble juego de terminales premoldeados, tampoco ninguna combinación entre transformador y terminales premoldeados u otras combinaciones de equipos.

Lo anterior se exceptúa para instalaciones en parcelaciones cerradas donde se permitirá la instalación de dos transformadores monofásicos sobre un mismo poste con capacidades máxima de 50 kVA cada uno, en el caso de que los transformadores sean autoprotegidos se debe realizar la norma para montaje de transformadores autoprotegidos. En este caso, las protecciones para cada transformador deben ser totalmente independientes y deben instalarse sobre una cruceta auxiliar. Cada juego de descargadores de sobretensiones y cortacircuitos irá a cada lado de dicha cruceta.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Tabla 12. Valores nominales de alta tensión y características eléctricas de transformadores y conectores premoldeados

Transformadores		Características Eléctricas del Conector Premoldeado Primario Completamente Ensamblado			
Tensión nominal del primario (V)	BIL (kV)	Tensión Nominal en A,T,		BIL (kV)	Tensión de Ensayo en Seco a 60 Hz durante 1 min, (kV)
		Fase a Tierra (kV)	Fase-tierra / fase-fase (kV)		
11400 a 13800 34500 Grd Y/19920	95 ** 150	* 8,3-15,2 21,1	8,3/14,4 o 21,1/36,6	95-125 150	34 o 40 50

NOTAS:

Para valores nominales completos de conectores premoldeados, véase la norma IEEE 386.

* El rango de conector requerido debe ser especificado.

** Cuando se especifique un BIL de 125 kV, se deben hacer estudios adecuados de puesta a tierra y protección contra sobretensiones.

Tabla 13. Calibre de los bajantes de los transformadores - red aérea

Transformador (kVA)		Conductor Bajante AWG (mm ²)	
Monofásico	Trifásico	Fase: Para Transformadores 1F o 3F Neutro: Para Transformadores 1F	Neutro: Para Transformador 3F
15	-	4 (21,14)	4 (21,14)
25	45	1/0 (53,50)	4 (21,14)
37,5	-	1/0 (53,50)	4 (21,14)
50	75	107,21 (4/0)	1/0 (53,50)
75	112,5	4/0 (2 x 107,21)	4/0 (2 x 107,21)
-	150	4/0 (2 x 107,21)	4/0 (2 x 107,21)

6.4 TRANSFORMADORES PARA MONTAJE EN SUBESTACIONES SOBRE PISO

Los montajes se realizan en subestaciones que superan los 250 kVA o que por su peso no es posible instalarlos en redes aéreas en poste. Aplicada para:

- Las que van al exterior con cerramiento en malla.
- Las que van en interiores alojadas en celdas.

A su vez los interiores podrán ser con transformadores secos o en aceite.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

En ningún caso se acepta la instalación de transformadores aislados en líquidos refrigerantes para ser instalados en niveles superiores que esté por encima o contiguos a sitios de habitación, oficinas y en general lugares destinados a ocupación permanente de personas, que puedan ser objeto de incendio o daño por derrame del aceite. (Artículo 20.25.2 del RETIE).

Los transformadores con más de 2000 galones de aceite deben instalarse mínimo a 9 m de las paredes de la subestación, si no se cumple esa condición deben colocarse paredes resistentes al fuego conforme a la norma NFPA 255. Si el volumen de aceite está entre 500 y 2000 galones, la distancia se puede reducir a 7 m y si no se puede cumplir tal distancia se debe colocar la pared resistente al fuego mínimo de dos horas.

Para servicios industriales y de acuerdo con la reglamentación, se aceptan transformadores ubicados al nivel del piso. En este caso la subestación debe poseer una malla de cerramiento para la seguridad de las personas, cuya altura mínima será de 2,50 m (Artículo 23.1.e del RETIE) y la distancia a cualquier parte energizada será mínimo de 3,1 m para tensión serie de 15 kV y 3,2 m para tensión serie de 35 kV, además debe cumplir con lo indicado en el Artículo 13 del RETIE. Todas las mallas de cerramiento deben estar sólidamente conectadas a tierra según se indica en el Artículo 15 del RETIE.

En estas subestaciones se deben instalar avisos preventivos de seguridad. Las puertas de acceso a la subestación deben estar provistas de mecanismos que bloqueen el ingreso para personal no autorizado.

Las consideraciones técnicas son las mismas que se describen en el numeral 6.3, sin embargo, se deben tener en consideración las condiciones indicadas por el RETIE en este tipo de instalaciones.

Se realiza según el Artículo 24.3 del RETIE.

La iluminación en la central y en las subestaciones debe ser uniforme, evitando en especial el deslumbramiento en las zonas de lectura de tableros, los valores de iluminancia deben cumplir los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP.

6.5 INSTALACIÓN PARA TRANSFORMADORES EN PISO

Para la instalación de transformadores con potencias superiores a 112,5 kVA que utilicen aceite mineral se debe construir un foso ecológico o sumidero en el que se colocarán varias capas de gravilla que servirán como filtro y para ahogar la combustión, este foso debe tener la capacidad de contener el 100 % del volumen total del aceite del transformador. Para transformadores con aceite vegetal se tendrán las misas recomendaciones, sin embargo se permite una bandeja recolectora en lugar de pozo, esto debido a que el impacto ambiental y de seguridad no es el mismo cuando el aceite es del tipo mineral. El diseño del foso

El foso colector de aceite se diseña integralmente con la fundación del transformador, de tal manera que puedan descargar en él la totalidad del aceite contenido en el transformador y que soporte las



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

cargas impuestas por el equipo, de acuerdo con lo recomendado por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente - NSR-10.

Estos transformadores deben ser instalados en espacios protegidos por muros y puertas cortafuego. Las separaciones mínimas están definidas en la Sección 110 de la NTC 2050.

Las distancias de seguridad se definen en el Artículo 23.2 del RETIE.

En las subestaciones interiores los transformadores deben estar dispuestos en gabinetes metálicos (encapsulados), al igual que los demás equipos de la subestación y ubicados en locaciones debidamente iluminados y ventilados, con las siguientes consideraciones:

- La obra civil de apoyo debe proveer el espacio adecuado para efectuar los movimientos del transformador dentro de un lugar sobre la superficie de montaje sin desordenar o dañar los cables de alta o baja tensión. La base debe permitir el desplazamiento del transformador en dos direcciones: paralelo y perpendicular a un lado del transformador.
- La base o fundación para la instalación del transformador debe incluir, en el caso de transformadores inmersos en aceite, la construcción de un foso con capacidad suficiente para contener el aceite en caso de derrame.
- Se deben proveer facilidades para el levantamiento del tanque con gateo para potencias mayores o iguales a 500 kVA. El espacio libre vertical para un gato debe estar entre 38 y 165 mm.
- Las distancias de los vanos de las puertas en la subestación y de acceso a la edificación deben permitir la salida del transformador para el retiro del equipo, para efectos de reemplazo y/o mantenimiento. Las puertas del acceso deben abrir hacia fuera o lateralmente, si se desplazan sobre rieles.
- La profundidad mínima del espacio de trabajo frente a la celda del transformador de 1,50 metros, y de 0,20 m a los costados para permitir su retiro. En cualquier caso, se deben cumplir las distancias de seguridad expuestas en el Artículo 23.2 del RETIE.
- La distancia mínima de la parte posterior de la celda del transformador a la pared del local, de 0,20 metros (cuando no se dispone de equipos de maniobra o monitoreo en la parte posterior de éste).
- Para más requerimientos de espacio dentro de la subestación debe consultar la Sección 110 de la NTC 2050.
- La distancia mínima de las partes laterales de la celda del transformador a la pared del local de 0,50 metros.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Los transformadores instalados en bóvedas de dedicación exclusiva para equipos eléctricos deben ser tipo semiestanco, al igual que todos los equipos allí instalados. Además, en este sitio no debe almacenarse combustible de ninguna clase.

6.6 TRANSFORMADORES TIPO PEDESTAL O TIPO JARDÍN

6.6.1 Generalidades

Sus condiciones se detallan en el Artículo 24.4 del RETIE y en la NTC 3997.

El uso de transformadores tipo pedestal solo aplica para construcciones o instalaciones de infraestructura propia del cliente.

Se establecen las características eléctricas, dimensionales, mecánicas y algunas especificaciones de seguridad eléctrica que deben cumplir los transformadores de distribución tipo pedestal, autorefrigerados, sumergidos en líquido refrigerante, con compartimentos y conectores premoldeados de alta tensión aislados separables, con potencias hasta 10 MVA y tensiones hasta 34,5 kV en los valores normalizados para las redes de **EMCALI** (ver numeral 5.1). Se incluyen los arreglos de conectores y terminales para sistemas de alimentación radial y sistemas de alimentación en anillo.

No cubre los requisitos eléctricos y mecánicos que puedan ser suministrados con el transformador.

6.6.2 Valores Nominales de Potencia

Los valores nominales de potencia son continuos y están dados de forma que no se excedan los 65 °C de elevación de temperatura promedio del devanado, ni 80 °C de elevación de temperatura en el punto más caliente del conductor. La elevación de temperatura del líquido refrigerante no debe exceder los 60 °C cuando es medida cerca del límite superior del tanque. Estos valores nominales de potencia están basados en las condiciones de temperatura y servicio especificadas en la NTC 1057.

6.6.3 Instalación

El equipo fabricado con base en esta norma, puede ser instalado en áreas en las cuales las condiciones del medio ambiente y las condiciones climáticas hacen de la operación en ángulos variantes de inclinación de la horizontal mayores de 1°, una consideración importante. Bajo estas circunstancias, el usuario puede esperar hacer parte de la especificación un "ángulo de inclinación" particular.

Para subestaciones tipo pedestal o tipo jardín expuestas al contacto del público en general, que en condiciones normales de operación la temperatura exterior del cubículo supere en 45 °C la temperatura ambiente, debe instalarse una barrera de protección para evitar quemaduras y debe colocar avisos que indiquen la existencia de una "superficie caliente". Si el transformador posee una protección que garantice el corte o desenergización cuando exista una sobretensión o no este localizada en espacios accesibles al público, no requiere dicha barrera (Artículo 24.4.g del RETIE).



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Para la instalación de transformadores con potencias superiores a 112,5 kVA que utilicen aceite mineral se debe construir un foso o sumidero en el que se colocarán varias capas de gravilla que servirán como filtro y para ahogar la combustión, este foso debe tener la capacidad de contener el 100 % del volumen total del aceite del transformador. Estos transformadores deben ser instalados en espacios protegidos por muros y puertas cortafuego. Las separaciones mínimas están definidas en la Sección 110 de la NTC 2050.

Las distancias de seguridad se definen en el Artículo 23.2 del RETIE. Para asegurar estas distancias se instalará una malla (cerca) de protección. Se debe revisar y validar con la norma de construcción.

6.6.4 Protección

El transformador de pedestal se alimenta desde un cortacircuitos, con cable monopolar XLPE de cobre o aluminio cuando el punto de conexión es aéreo (selección del calibre de acuerdo con el Capítulo 2, Conductores, de la Norma de Diseño de Media y Baja Tensión) aislado con aislamiento serie 15 kV y terminales premoldeados tipo codo de 200 A y 600 A

El sistema de protecciones por el lado de media tensión está conformado por un fusible de tipo bayoneta en serie con el fusible limitador.

La protección en baja tensión para los autoprotegidos por baja tensión será opcional, sin embargo se debe asegurar la apertura de la baja tensión y se condiciona en casos especiales, se determina un interruptor automático, seleccionado de acuerdo con su capacidad de ruptura con la curva de capacidad térmica y la corriente de cortocircuito del transformador. Las fallas externas en baja tensión se deben ser despejar por este interruptor automático.

Los fusibles limitadores limitan la capacidad de la energía transferida al transformador, solo actúa en el caso de fallas internas del transformador y se debe ajustar solo para que opere ante estas condiciones. El fusible limitador solo puede ser accedido desde el interior del transformador a diferencia del tipo bayoneta, y si es necesario su reemplazo, debe realizarse en las instalaciones de un taller competente para realizar esta tarea.

Tabla 14. Tabla de fusibles de protección para transformadores tipo pedestal

Capacidad	Fusible Bayoneta	Fusible Limitador
kVA	A	A
45	6	30
75	10	40
112,5	10	40
150	15	80
225	25	80 100
300	25	80 100



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

500	40	125 150
750	40	150 165

Fuente: IEEE Std C37.48.1

NOTA:

Los valores de potencia están basados en las condiciones de servicio usuales y altitud especificadas en la norma IEEE Std C57.12.00

6.7 TRANSFORMADORES PARA MONTAJE EN SUBESTACIONES SUBTERRÁNEAS

En zonas de la ciudad de Cali, como la zona centro, vías y sectores definidos por el POT, la instalación de transformadores se determina según las condiciones de la zona donde se realizará la instalación tal como lo determina el Artículo 24.2.f del RETIE.

Toda subestación eléctrica alojada en cuartos, sótanos, debe contar con los elementos de drenaje o bombeo que impida la inundación. En caso que esta condición no se pueda garantizar, el equipo debe ser tipo sumergible. Cuando el transformador no sea de tipo sumergible y se aloje en cámaras subterráneas sujetas a inundación, éstas deben ser debidamente impermeabilizadas para evitar humedad y en lo posible debe separarse de la cámara de maniobras. Cuando la cámara subterránea no sea impermeable se debe instalar transformador y caja de maniobras tipo sumergible. (Artículo 20.25.2.a del RETIE).

En caso de que se pueda garantizar el drenaje en caso de inundación se debe instalar transformadores ocasionalmente sumergibles protegidos a una inmersión temporal IP-X7 y la cámara debe garantizar el drenaje en un tiempo menor al soportado por el equipo. (Artículo 23.i del RETIE).

Para servicios industriales y de acuerdo con la reglamentación, se aceptan transformadores ubicados al nivel del piso. En este caso la subestación debe poseer una malla de cerramiento para la seguridad de las personas, cuya altura mínima será de 2,50 m y la distancia a cualquier parte energizada del sistema eléctrico no debe ser menor de 3,1 metros. En estas subestaciones deben colocarse avisos preventivos de seguridad, de acuerdo con el Artículo 6.2 del RETIE.

Para subestaciones subterráneas debe consultarse la Norma de Subestaciones y los planos de construcción.

6.7.1 Generalidades

Los transformadores de distribución serán del tipo subterráneo (Norma ANSI C57.12.24), sumergibles ocasionalmente (Vault Type), aislados en aceite, para ser instalados en cámaras subterráneas o tipo pedestal, (Pad-Mounted Norma ANSI C57.12.26, NTC 3997), para ser instalados en las zonas de protección ambiental de las vías públicas o en los separadores viales, de acuerdo con la reglamentación definida en esta norma y con lo establecido en el POT.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Para redes particulares, conjuntos residenciales horizontales o verticales cerrados e interiores para edificios, los transformadores deben ser del tipo subterráneo o pedestal. La subestación de pedestal se instala sobre una base de concreto y adyacente a una cámara subterránea, deben estar dotadas de puertas cortafuego, capaces de evitar que el incendio del transformador se propague a otros sitios de la edificación.

Los transformadores para redes particulares deben ser aislados en líquido refrigerante, con excepción de las subestaciones interiores a edificaciones, donde se recomienda utilizar aislamiento tipo seco.

6.7.2 Placa de Características

La placa de características debe cumplir con lo que se indica en la norma de requerimientos técnicos.

6.7.3 Instalación

En las subestaciones interiores se debe tener en cuenta lo indicado en el numeral 6.6.3.

En estas subestaciones se deben colocar avisos preventivos de seguridad, como se indican en el Artículo 6.2 del RETIE. Las puertas de acceso a la subestación deben estar provistas de mecanismos que bloqueen el ingreso para personal no autorizado.

En subestaciones subterráneas deben observarse todas las recomendaciones que se indican en las Normas de Diseño de Media y Baja Tensión y en la Norma de Subestaciones.

6.8 TRANSFORMADORES SECOS

Para algunas aplicaciones específicas, por ejemplo para el montaje en un nivel superior o en instalaciones industriales para ambientes específicos, es recomendable la utilización de este tipo de transformadores. (Artículo 21.1.I del RETIE).

6.8.1 Valores Nominales de Potencia

No existe una clasificación específica para los valores normalizados de potencia, sin embargo, se encuentran en los valores estandarizados para los transformadores inmersos.

6.8.2 Instalación

En las subestaciones interiores se debe tener en cuenta lo indicado en el numeral 6.6.3.

En estas subestaciones se deben colocar avisos preventivos de seguridad, como se indican en el Artículo 6.2 del RETIE. Estos avisos deben ser con fondo amarillo y el diagrama y las letras en color negro, de 50x100 cm. Las puertas de acceso a la subestación deben estar provistas de mecanismos que bloqueen el ingreso para personal no autorizado.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

En subestaciones subterráneas deben observarse todas las recomendaciones que se indican en la Norma de Diseño de Media y Baja Tensión y en la Norma de Subestaciones.

Para transformadores secos, de potencia mayor o igual a 112,5 kVA, con RISE menor de 80 °C y tensión inferior a 35 kV, se acepta una bóveda o cuarto de transformadores resistente al fuego durante una hora.

Para transformadores secos, de potencia mayor o igual a 112,5 kVA, con RISE mayor de 80 °C y tensión inferior a 35 kV, no requiere puerta resistente al fuego, siempre y cuando estén instalados en cabina o gabinete metálico (celda) con abertura de ventilación tal como lo determina la NTC 2050.

En las celdas de transformador tipo seco se debe facilitar el intercambio de calor en el transformador (Artículo 20.23.2. parágrafo 1 del RETIE).

6.8.3 Transformadores de Alumbrado Público independiente de EMCALI

Se ajusta a los criterios del Capítulo 8, Alumbrado Público, de la Norma de Diseño de Media y Baja Tensión.

Los conductores que se utilizarán serán de cobre suave o aluminio, aislamiento THW (75°C) y los calibres se seleccionan de la siguiente manera (para pases subterráneos):

Capacidad Transformador (kVA)	Calibre Conductores AWG - (mm²) Cobre
10	4 - (21,14)
> 10 – 15	1/0 - (53,50)
> 15 – 25	4/0 - (107,21)

Los conductores en el poste deben instalarse a través de conductos galvanizados adosados al mismo y cuya selección debe realizarse conforme a lo presentado en el Capítulo 8, Alumbrado Público, de la Norma de Diseño de Media y Baja Tensión.

Las características eléctricas del sistema corresponden con:

- Tensión primaria 13200 V o 34500 V.
- Tensión secundaria 480 V o 240 V.
- Tensión en uso compartido 208/120 V o 240/120 V.
- Frecuencia 60 Hz.
- Regulación máxima 3,5%.
- Factor de potencia 0,9.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

6.9 SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

El transformador se selecciona con base en la capacidad nominal del mismo. Para seleccionar la capacidad del transformador se calcula su demanda máxima, D_{MAX} , utilizando el mismo procedimiento descrito en el Capítulo 2, Conductores, de la Norma de Diseño de Media y Baja Tensión.

El cálculo de la capacidad de transformadores en circuitos de alumbrado público independiente, se hace con base en la potencia nominal (kVA) de las luminarias que serán atendidas por el transformador.

Una vez establecida la demanda máxima, se selecciona el transformador apropiado para el tipo de instalación, con base en lo indicado por la Tabla 15.

Tabla 15. Selección de transformadores particulares

Demanda Máxima D_{MAX} (kVA)	Transformador Monofásico	Transformador Trifásico
10	10	30
> 10 - 15	15	30
> 15 - 25	25	30
> 25 - 30	37,5	30
> 30 - 37,5	37,5	45
> 37,5 - 45	50	45
> 45 - 50	50	75
> 50 - 75	75	75
> 75 - 112,5	-	112,5
> 112,5 - 150	-	150
> 150 - 225	-	225

NOTA: En general la capacidad del transformador será la inmediatamente superior a D_{MAX} . La máxima capacidad por cada transformador aceptada para servicio residencial es 630 kVA.

Por encima de las capacidades anotadas, la capacidad del transformador será la inmediatamente superior a D_{MAX} .

Si las redes diseñadas pueden convertirse en redes de uso general, se deben aplicar además de los criterios de selección anteriores, los indicados en la Tabla 16 y Tabla 17 para transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente.

Tabla 16. Rango de cargabilidad eficiente para transformadores monofásicos

Sector	Capacidad kVA	Rango de Carga [kVA]			Porcentaje de Carga [kVA]	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Mínimo	Máximo
Urbano	10	6,50	11,91	1,930	65%	119%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Sector	Capacidad kVA	Rango de Carga [kVA]			Porcentaje de Carga [kVA]	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Mínimo	Máximo
	15	11,91	17,33	2,103	79%	116%
	25	17,33	29,24	2,349	69%	117%
	37,5 *	29,24	44,40	2,883	78%	118%
	50 *	44,40	59,56	3,684	89%	119%
	75 *	59,56	71,47	4,329	79%	95%
	100	71,47	120,00	5,077	71%	120%
Rural	10	6,50	11,91	2,296	65%	119%
	15	11,91	17,33	2,468	79%	116%
	25	17,33	29,24	2,847	69%	117%
	37,5 *	29,24	44,40	3,457	78%	118%
	50 *	44,40	59,56	4,477	89%	119%
	75 *	59,56	89,88	5,069	79%	120%
	100	89,88	120,00	5,990	90%	120%

Tabla 17. Rango de cargabilidad eficiente para transformadores trifásicos

Sector	Capacidad kVA	Rango de Carga [kVA]		Porcentaje de Carga [kVA]	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Urbano	15	6,50	17,33	43%	116%
	30	17,33	35,73	58%	119%
	45	35,73	53,06	79%	118%
	75 *	53,06	89,88	71%	120%
	112,5 *	89,88	134,27	80%	119%
	150	134,27	179,75	90%	120%
Rural	15	6,50	17,33	43%	116%
	30	17,33	35,73	58%	119%
	45 *	35,73	53,06	79%	118%
	75 *	53,06	89,88	71%	120%
	112,5 *	89,88	134,27	80%	119%
	150	134,27	179,75	90%	120%

De acuerdo con el numeral 6.9.1 la cargabilidad de los transformadores no debe superar el 70% para urbanizaciones abiertas y con posibilidad de ampliación hacia un segundo o tercer piso.

La Figura 1 esboza de manera esquemática el procedimiento para la selección del transformador económico.

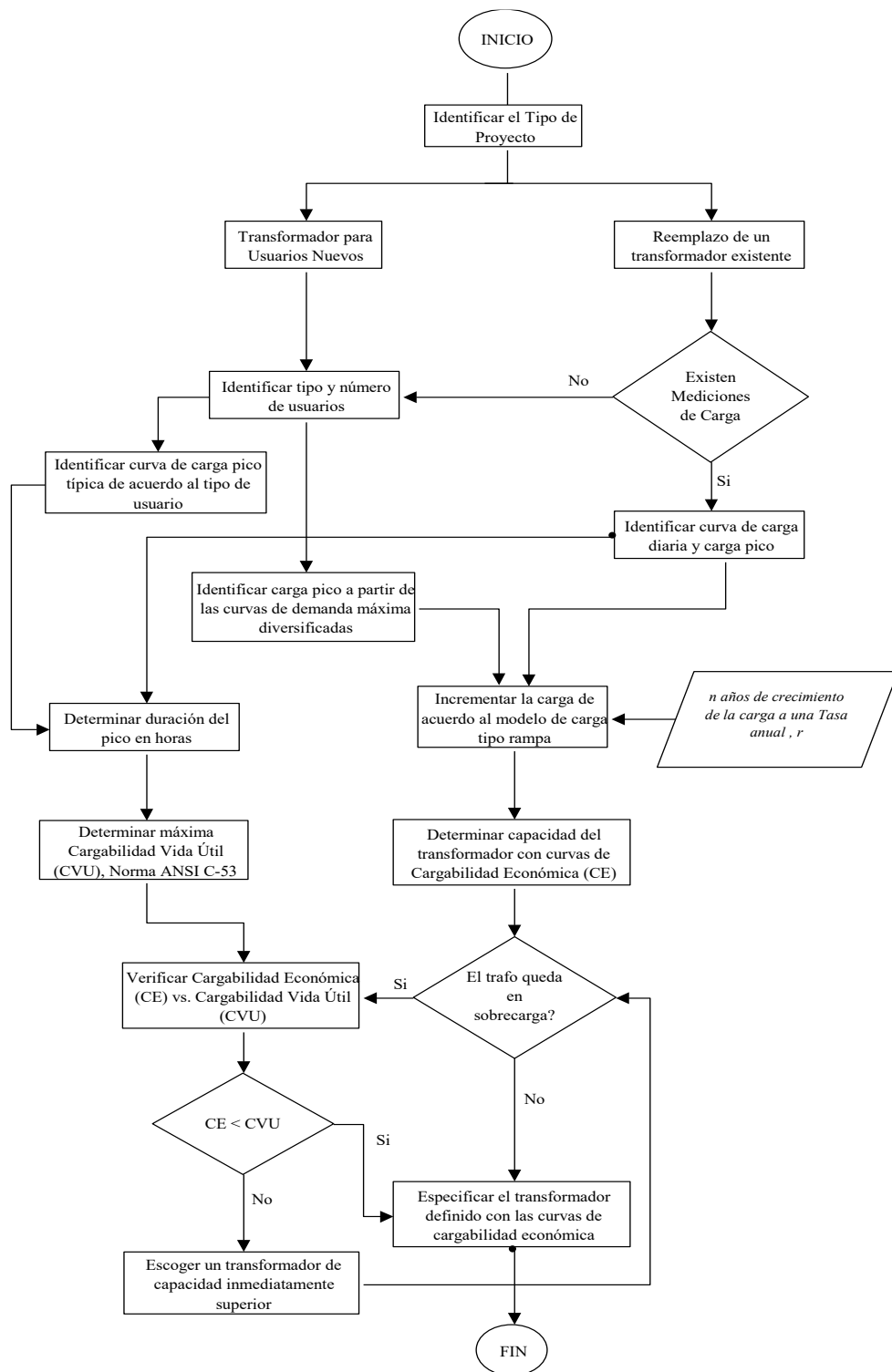


Figura 1. Procedimiento para seleccionar el transformador económico



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

6.9.1 Selección de Transformadores para Urbanizaciones

Cuando se trata de urbanizaciones abiertas en las cuales las viviendas sólo tienen un nivel con posibilidad de expansión (construcción de 2 o más pisos), el cálculo de los transformadores debe considerar una reserva del 30 %. Además, la regulación en estos casos no debe superar el 3% en el nodo terminal de los circuitos secundarios.

6.9.2 Factor de Demanda

Es la relación entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y la carga total conectada a la instalación o parte de la instalación considerada. Este factor siempre es menor o igual que 1 ($F_D \leq 1$).

Se deben utilizar los factores descritos en la NTC 2050, Sección 200. Estos factores aplican desde la selección de cargas individuales hasta la demanda de cargas totales de usuarios dependiendo de su clasificación.

Se deben considerar de acuerdo con los factores de demanda, se debe considerar el dimensionamiento de los alimentadores según se describe en la NTC 2050. Estos factores varían dependiendo del tipo de usuario.

Los factores de demanda se emplean para estimar la potencia demandada en las zonas comunes y para la demanda de cada usuario se debe aplicar el método de la NTC 2050.

6.9.3 Factor de Diversidad

El Factor de Diversidad es la relación entre la demanda máxima de un sistema y la suma de las demandas máximas de los subsistemas que lo conforman, de conformidad con la Resolución CREG 025 de 1995. Para calcularlo se toma como base de referencia un tiempo determinado. El factor de diversidad es mayor que uno (1).

$$\text{Factor de Diversidad} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\text{Demanda máxima coincidente } D_g}$$

El factor de diversidad se toma del estrato socioeconómico según corresponda y se obtienen de las curvas de demanda diversificada de acuerdo a cada estrato (1, 2, 3, 4, 5 y 6), para ello se debe hacer distinción de usuarios que usan gas natural y usuarios que no usarían gas.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Tabla 18. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 1 y 2

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
1	1	1	2,40	2,40	5	48%	-	-
2	1	1,185	2,00	4,00	5	80%	-	-
3	1	1,37	1,74	5,22	5	104%	-	-
4	1	1,54	1,58	6,32	10	63%	-	-
5	1	1,71	1,41	7,06	10	71%	15	47%
6	1	1,855	1,33	8,00	10	80%	15	53%
7	1	2	1,25	8,75	10	88%	15	58%
8	1	2,135	1,20	9,60	10	96%	15	64%
9	1	2,27	1,14	10,29	10	103%	15	69%
10	1	2,39	1,12	11,16	10	112%	15	74%
11	1	2,51	1,10	12,05	15	80%	15	80%
12	1	2,62	1,09	13,09	15	87%	15	87%
13	1	2,73	1,07	13,87	15	92%	15	92%
14	1	2,83	1,05	14,74	15	98%	15	98%
15	1	2,93	1,04	15,65	15	104%	15	104%
16	1	3,02	1,03	16,48	15	110%	15	110%
17	1	3,11	1,02	17,36	15	116%	15	116%
18	1	3,195	1,00	18,00	25	72%	30	60%
19	1	3,28	1,00	18,92	25	76%	30	63%
20	1	3,36	0,99	19,83	25	79%	30	66%
21	1	3,44	0,99	20,74	25	83%	30	69%
22	1	3,51	0,98	21,55	25	86%	30	72%
23	1	3,58	0,97	22,35	25	89%	30	74%
24	1	3,65	0,96	23,13	25	93%	30	77%
25	1	3,72	0,96	24,00	25	96%	30	80%
26	1	3,78	0,96	24,86	25	99%	30	83%
27	1	3,84	0,95	25,71	25	103%	30	86%
28	1	3,9	0,95	26,56	25	106%	30	89%
29	1	3,96	0,94	27,40	25	110%	30	91%
30	1	4,015	0,94	28,24	25	113%	30	94%
31	1	4,07	0,94	29,06	25	116%	30	97%
32	1	4,12	0,93	29,88	37,5	80%	30	100%
33	1	4,17	0,93	30,70	37,5	82%	30	102%
34	1	4,215	0,93	31,51	37,5	84%	30	105%
35	1	4,26	0,92	32,31	37,5	86%	30	108%
36	1	4,305	0,92	33,23	37,5	89%	30	111%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
37	1	4,35	0,92	34,15	37,5	91%	30	114%
38	1	4,395	0,92	34,94	37,5	93%	30	116%
39	1	4,44	0,92	35,73	37,5	95%	30	119%
40	1	4,48	0,91	36,50	37,5	97%	45	81%
41	1	4,52	0,91	37,41	37,5	100%	45	83%
42	1	4,555	0,91	38,18	37,5	102%	45	85%
43	1	4,59	0,91	38,94	37,5	104%	45	87%
44	1	4,625	0,90	39,70	37,5	106%	45	88%
45	1	4,66	0,90	40,45	37,5	108%	45	90%
46	1	4,695	0,90	41,19	37,5	110%	45	92%
47	1	4,73	0,89	41,93	37,5	112%	45	93%
48	1	4,765	0,89	42,83	37,5	114%	45	95%
49	1	4,8	0,89	43,72	50	87%	45	97%
50	1	4,83	0,89	44,44	50	89%	45	99%
51	1	4,86	0,89	45,33	50	91%	45	101%
52	1	4,89	0,89	46,22	50	92%	45	103%
53	1	4,92	0,89	47,11	50	94%	45	105%
54	1	4,93	0,89	48,00	50	96%	45	107%
55	1	4,94	0,89	48,89	50	98%	45	109%
56	1	4,985	0,89	49,59	50	99%	45	110%
57	1	5,03	0,89	50,48	50	101%	45	112%
58	1	5,055	0,89	51,37	50	103%	45	114%
59	1	5,08	0,89	52,25	50	105%	45	116%
60	1	5,105	0,88	52,94	50	106%	45	118%
61	1	5,13	0,88	53,82	50	108%	75	72%
62	1	5,15	0,88	54,71	50	109%	75	73%
63	1	5,17	0,88	55,38	50	111%	75	74%
64	1	5,195	0,88	56,26	50	113%	75	75%
65	1	5,22	0,88	57,14	50	114%	75	76%
66	1	5,24	0,88	58,02	75	77%	75	77%
67	1	5,26	0,88	58,90	75	79%	75	79%
68	1	5,28	0,88	59,56	75	79%	75	79%
69	1	5,3	0,88	60,44	75	81%	75	81%
70	1	5,32	0,88	61,31	75	82%	75	82%
71	1	5,34	0,87	61,96	75	83%	75	83%
72	1	5,36	0,87	62,84	75	84%	75	84%
73	1	5,38	0,87	63,71	75	85%	75	85%
74	1	5,4	0,87	64,35	75	86%	75	86%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
75	1	5,42	0,87	65,22	75	87%	75	87%
76	1	2,71	0,87	66,09	75	88%	75	88%
77	1	5,45	0,87	66,71	75	89%	75	89%
78	1	5,465	0,87	67,58	75	90%	75	90%
79	1	5,48	0,87	68,45	75	91%	75	91%
80	1	5,5	0,86	69,06	75	92%	75	92%
81	1	5,52	0,86	69,93	75	93%	75	93%
82	1	5,535	0,86	70,79	75	94%	75	94%
83	1	5,55	0,86	71,65	75	96%	75	96%
84	1	5,565	0,86	72,26	75	96%	75	96%
85	1	5,58	0,86	73,12	75	97%	75	97%
86	1	5,595	0,86	73,98	75	99%	75	99%
87	1	5,61	0,86	74,84	75	100%	75	100%
88	1	5,625	0,86	75,43	75	101%	75	101%
89	1	5,64	0,86	76,29	75	102%	75	102%
90	1	5,65	0,86	77,14	75	103%	75	103%
91	1	5,66	0,86	78,00	75	104%	75	104%
92	1	5,675	0,86	78,86	75	105%	75	105%
93	1	5,69	0,85	79,43	75	106%	75	106%
94	1	5,705	0,85	80,28	75	107%	75	107%
95	1	5,72	0,85	81,14	76	107%	75	108%
96	1	5,73	0,85	81,99	77	106%	75	109%
97	1	5,74	0,85	82,85	78	106%	75	110%
98	1	5,755	0,85	83,70	79	106%	75	112%
99	1	5,77	0,85	84,56	80	106%	75	113%
100	1	5,78	0,85	85,11	81	105%	75	113%

Tabla 19. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 3

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
1	1	1	2,80	2,80	5	56%	-	-
2	1	1,185	2,33	4,67	5	93%	-	-
3	1	1,37	2,03	6,09	10	61%	-	-
4	1	1,54	1,84	7,37	10	74%	15	49%
5	1	1,71	1,65	8,24	10	82%	15	55%
6	1	1,855	1,56	9,33	10	93%	15	62%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
7	1	2	1,46	10,21	10	102%	15	68%
8	1	2,135	1,40	11,20	10	112%	15	75%
9	1	2,27	1,33	12,00	15	80%	15	80%
10	1	2,39	1,30	13,02	15	87%	15	87%
11	1	2,51	1,28	14,06	15	94%	15	94%
12	1	2,62	1,27	15,27	15	102%	15	102%
13	1	2,73	1,24	16,18	15	108%	15	108%
14	1	2,83	1,23	17,19	15	115%	15	115%
15	1	2,93	1,22	18,26	25	73%	30	61%
16	1	3,02	1,20	19,23	25	77%	30	64%
17	1	3,11	1,19	20,26	25	81%	30	68%
18	1	3,195	1,17	21,00	25	84%	30	70%
19	1	3,28	1,16	22,07	25	88%	30	74%
20	1	3,36	1,16	23,14	25	93%	30	77%
21	1	3,44	1,15	24,20	25	97%	30	81%
22	1	3,51	1,14	25,14	25	101%	30	84%
23	1	3,58	1,13	26,07	25	104%	30	87%
24	1	3,65	1,12	26,99	25	108%	30	90%
25	1	3,72	1,12	28,00	25	112%	30	93%
26	1	3,78	1,12	29,00	25	116%	30	97%
27	1	3,84	1,11	30,00	37,5	80%	30	100%
28	1	3,9	1,11	30,99	37,5	83%	30	103%
29	1	3,96	1,10	31,97	37,5	85%	30	107%
30	1	4,015	1,10	32,94	37,5	88%	30	110%
31	1	4,07	1,09	33,91	37,5	90%	30	113%
32	1	4,12	1,09	34,86	37,5	93%	30	116%
33	1	4,17	1,09	35,81	37,5	96%	45	80%
34	1	4,215	1,08	36,76	37,5	98%	45	82%
35	1	4,26	1,08	37,69	37,5	101%	45	84%
36	1	4,305	1,08	38,77	37,5	103%	45	86%
37	1	4,35	1,08	39,85	37,5	106%	45	89%
38	1	4,395	1,07	40,77	37,5	109%	45	91%
39	1	4,44	1,07	41,68	37,5	111%	45	93%
40	1	4,48	1,06	42,59	37,5	114%	45	95%
41	1	4,52	1,06	43,65	37,5	116%	45	97%
42	1	4,555	1,06	44,55	50	89%	45	99%
43	1	4,59	1,06	45,43	50	91%	45	101%
44	1	4,625	1,05	46,32	50	93%	45	103%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
45	1	4,66	1,05	47,19	50	94%	45	105%
46	1	4,695	1,04	48,06	50	96%	45	107%
47	1	4,73	1,04	48,92	50	98%	45	109%
48	1	4,765	1,04	49,96	50	100%	45	111%
49	1	4,8	1,04	51,00	50	102%	45	113%
50	1	4,83	1,04	51,85	50	104%	45	115%
51	1	4,86	1,04	52,89	50	106%	45	118%
52	1	4,89	1,04	53,93	50	108%	75	72%
53	1	4,92	1,04	54,96	50	110%	75	73%
54	1	4,93	1,04	56,00	50	112%	75	75%
55	1	4,94	1,04	57,04	50	114%	75	76%
56	1	4,985	1,03	57,86	50	116%	75	77%
57	1	5,03	1,03	58,89	50	118%	75	79%
58	1	5,055	1,03	59,93	75	80%	75	80%
59	1	5,08	1,03	60,96	75	81%	75	81%
60	1	5,105	1,03	61,76	75	82%	75	82%
61	1	5,13	1,03	62,79	75	84%	75	84%
62	1	5,15	1,03	63,82	75	85%	75	85%
63	1	5,17	1,03	64,62	75	86%	75	86%
64	1	5,195	1,03	65,64	75	88%	75	88%
65	1	5,22	1,03	66,67	75	89%	75	89%
66	1	5,24	1,03	67,69	75	90%	75	90%
67	1	5,26	1,03	68,72	75	92%	75	92%
68	1	5,28	1,02	69,49	75	93%	75	93%
69	1	5,3	1,02	70,51	75	94%	75	94%
70	1	5,32	1,02	71,53	75	95%	75	95%
71	1	5,34	1,02	72,29	75	96%	75	96%
72	1	5,36	1,02	73,31	75	98%	75	98%
73	1	5,38	1,02	74,33	75	99%	75	99%
74	1	5,4	1,01	75,07	75	100%	75	100%
75	1	5,42	1,01	76,09	75	101%	75	101%
76	1	2,71	1,01	77,10	75	103%	75	103%
77	1	5,45	1,01	77,83	75	104%	75	104%
78	1	5,465	1,01	78,84	75	105%	75	105%
79	1	5,48	1,01	79,86	75	106%	75	106%
80	1	5,5	1,01	80,58	75	107%	75	107%
81	1	5,52	1,01	81,58	75	109%	75	109%
82	1	5,535	1,01	82,59	75	110%	75	110%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
83	1	5,55	1,01	83,60	75	111%	75	111%
84	1	5,565	1,00	84,30	75	112%	75	112%
85	1	5,58	1,00	85,30	75	114%	75	114%
86	1	5,595	1,00	86,31	75	115%	75	115%
87	1	5,61	1,00	87,31	75	116%	75	116%
88	1	5,625	1,00	88,00	75	117%	75	117%
89	1	5,64	1,00	89,00			112,5	79%
90	1	5,65	1,00	90,00			112,5	80%
91	1	5,66	1,00	91,00			112,5	81%
92	1	5,675	1,00	92,00			112,5	82%
93	1	5,69	1,00	92,67			112,5	82%
94	1	5,705	1,00	93,67			112,5	83%
95	1	5,72	1,00	94,66			112,5	84%
96	1	5,73	1,00	95,66			112,5	85%
97	1	5,74	1,00	96,65			112,5	86%
98	1	5,755	1,00	97,65			112,5	87%
99	1	5,77	1,00	98,65			112,5	88%
100	1	5,78	0,99	99,29			112,5	88%

Tabla 20. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 4

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
1	1	1	4,20	4,20	5	84%	-	-
2	1	1,185	3,50	7,00	10	70%	15	47%
3	1	1,37	3,04	9,13	10	91%	15	61%
4	1	1,54	2,76	11,05	10	111%	15	74%
5	1	1,71	2,47	12,35	15	82%	15	82%
6	1	1,855	2,33	14,00	15	93%	15	93%
7	1	2	2,19	15,31	15	102%	15	102%
8	1	2,135	2,10	16,80	15	112%	15	112%
9	1	2,27	2,00	18,00	25	72%	30	60%
10	1	2,39	1,95	19,53	25	78%	30	65%
11	1	2,51	1,92	21,10	25	84%	30	70%
12	1	2,62	1,91	22,91	25	92%	30	76%
13	1	2,73	1,87	24,27	25	97%	30	81%
14	1	2,83	1,84	25,79	25	103%	30	86%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
15	1	2,93	1,83	27,39	25	110%	30	91%
16	1	3,02	1,80	28,84	25	115%	30	96%
17	1	3,11	1,79	30,38	37,5	81%	30	101%
18	1	3,195	1,75	31,50	37,5	84%	30	105%
19	1	3,28	1,74	33,11	37,5	88%	30	110%
20	1	3,36	1,74	34,71	37,5	93%	30	116%
21	1	3,44	1,73	36,30	37,5	97%	45	81%
22	1	3,51	1,71	37,71	37,5	101%	45	84%
23	1	3,58	1,70	39,11	37,5	104%	45	87%
24	1	3,65	1,69	40,48	37,5	108%	45	90%
25	1	3,72	1,68	42,00	37,5	112%	45	93%
26	1	3,78	1,67	43,51	37,5	116%	45	97%
27	1	3,84	1,67	45,00	50	90%	45	100%
28	1	3,9	1,66	46,48	50	93%	45	103%
29	1	3,96	1,65	47,95	50	96%	45	107%
30	1	4,015	1,65	49,41	50	99%	45	110%
31	1	4,07	1,64	50,86	50	102%	45	113%
32	1	4,12	1,63	52,30	50	105%	45	116%
33	1	4,17	1,63	53,72	50	107%	75	72%
34	1	4,215	1,62	55,14	50	110%	75	74%
35	1	4,26	1,62	56,54	50	113%	75	75%
36	1	4,305	1,62	58,15	50	116%	75	78%
37	1	4,35	1,62	59,77	75	80%	75	80%
38	1	4,395	1,61	61,15	75	82%	75	82%
39	1	4,44	1,60	62,52	75	83%	75	83%
40	1	4,48	1,60	63,88	75	85%	75	85%
41	1	4,52	1,60	65,48	75	87%	75	87%
42	1	4,555	1,59	66,82	75	89%	75	89%
43	1	4,59	1,58	68,15	75	91%	75	91%
44	1	4,625	1,58	69,47	75	93%	75	93%
45	1	4,66	1,57	70,79	75	94%	75	94%
46	1	4,695	1,57	72,09	75	96%	75	96%
47	1	4,73	1,56	73,38	75	98%	75	98%
48	1	4,765	1,56	74,94	75	100%	75	100%
49	1	4,8	1,56	76,51	75	102%	75	102%
50	1	4,83	1,56	77,78	75	104%	75	104%
51	1	4,86	1,56	79,33	75	106%	75	106%
52	1	4,89	1,56	80,89	75	108%	75	108%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
53	1	4,92	1,56	82,44	75	110%	75	110%
54	1	4,93	1,56	84,00	75	112%	75	112%
55	1	4,94	1,56	85,56	75	114%	75	114%
56	1	4,985	1,55	86,79	75	116%	75	116%
57	1	5,03	1,55	88,34	75	118%	75	118%
58	1	5,055	1,55	89,89			112,5	80%
59	1	5,08	1,55	91,44			112,5	81%
60	1	5,105	1,54	92,65			112,5	82%
61	1	5,13	1,54	94,19			112,5	84%
62	1	5,15	1,54	95,74			112,5	85%
63	1	5,17	1,54	96,92			112,5	86%
64	1	5,195	1,54	98,46			112,5	88%
65	1	5,22	1,54	100,00			112,5	89%
66	1	5,24	1,54	101,54			112,5	90%
67	1	5,26	1,54	103,08			112,5	92%
68	1	5,28	1,53	104,23			112,5	93%
69	1	5,3	1,53	105,77			112,5	94%
70	1	5,32	1,53	107,30			112,5	95%
71	1	5,34	1,53	108,44			112,5	96%
72	1	5,36	1,53	109,96			112,5	98%
73	1	5,38	1,53	111,49			112,5	99%
74	1	5,4	1,52	112,61			112,5	100%
75	1	5,42	1,52	114,13			112,5	101%
76	1	2,71	1,52	115,65			112,5	103%
77	1	5,45	1,52	116,75			112,5	104%
78	1	5,465	1,52	118,27			112,5	105%
79	1	5,48	1,52	119,78			112,5	106%
80	1	5,5	1,51	120,86			112,5	107%
81	1	5,52	1,51	122,37			112,5	109%
82	1	5,535	1,51	123,88			112,5	110%
83	1	5,55	1,51	125,40			112,5	111%
84	1	5,565	1,51	126,45			112,5	112%
85	1	5,58	1,51	127,96			112,5	114%
86	1	5,595	1,51	129,46			112,5	115%
87	1	5,61	1,51	130,97			112,5	116%
88	1	5,625	1,50	132,00			112,5	117%
89	1	5,64	1,50	133,50			150	89%
90	1	5,65	1,50	135,00			150	90%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
91	1	5,66	1,50	136,50			150	91%
92	1	5,675	1,50	138,00			150	92%
93	1	5,69	1,49	139,00			150	93%
94	1	5,705	1,49	140,50			150	94%
95	1	5,72	1,49	141,99			150	95%
96	1	5,73	1,49	143,49			150	96%
97	1	5,74	1,49	144,98			150	97%
98	1	5,755	1,49	146,48			150	98%
99	1	5,77	1,49	147,97			150	99%
100	1	5,78	1,49	148,94			150	99%

Tabla 21. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 5

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
1	1	1	4,80	4,80	5	96%	-	-
2	1	1,185	4,00	8,00	10	80%	15	53%
3	1	1,37	3,48	10,43	10	104%	15	70%
4	1	1,54	3,16	12,63	15	84%	15	84%
5	1	1,71	2,82	14,12	15	94%	15	94%
6	1	1,855	2,67	16,00	15	107%	15	107%
7	1	2	2,50	17,50	15	117%	15	117%
8	1	2,135	2,40	19,20	25	77%	30	64%
9	1	2,27	2,29	20,57	25	82%	30	69%
10	1	2,39	2,23	22,33	25	89%	30	74%
11	1	2,51	2,19	24,11	25	96%	30	80%
12	1	2,62	2,18	26,18	25	105%	30	87%
13	1	2,73	2,13	27,73	25	111%	30	92%
14	1	2,83	2,11	29,47	25	118%	30	98%
15	1	2,93	2,09	31,30	37,5	83%	30	104%
16	1	3,02	2,06	32,96	37,5	88%	30	110%
17	1	3,11	2,04	34,72	37,5	93%	30	116%
18	1	3,195	2,00	36,00	37,5	96%	45	80%
19	1	3,28	1,99	37,84	37,5	101%	45	84%
20	1	3,36	1,98	39,67	37,5	106%	45	88%
21	1	3,44	1,98	41,48	37,5	111%	45	92%
22	1	3,51	1,96	43,10	37,5	115%	45	96%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
23	1	3,58	1,94	44,70	50	89%	45	99%
24	1	3,65	1,93	46,27	50	93%	45	103%
25	1	3,72	1,92	48,00	50	96%	45	107%
26	1	3,78	1,91	49,72	50	99%	45	110%
27	1	3,84	1,90	51,43	50	103%	45	114%
28	1	3,9	1,90	53,12	50	106%	45	118%
29	1	3,96	1,89	54,80	50	110%	75	73%
30	1	4,015	1,88	56,47	50	113%	75	75%
31	1	4,07	1,88	58,13	50	116%	75	78%
32	1	4,12	1,87	59,77	75	80%	75	80%
33	1	4,17	1,86	61,40	75	82%	75	82%
34	1	4,215	1,85	63,01	75	84%	75	84%
35	1	4,26	1,85	64,62	75	86%	75	86%
36	1	4,305	1,85	66,46	75	89%	75	89%
37	1	4,35	1,85	68,31	75	91%	75	91%
38	1	4,395	1,84	69,89	75	93%	75	93%
39	1	4,44	1,83	71,45	75	95%	75	95%
40	1	4,48	1,83	73,00	75	97%	75	97%
41	1	4,52	1,83	74,83	75	100%	75	100%
42	1	4,555	1,82	76,36	75	102%	75	102%
43	1	4,59	1,81	77,89	75	104%	75	104%
44	1	4,625	1,80	79,40	75	106%	75	106%
45	1	4,66	1,80	80,90	75	108%	75	108%
46	1	4,695	1,79	82,39	75	110%	75	110%
47	1	4,73	1,78	83,87	75	112%	75	112%
48	1	4,765	1,78	85,65	75	114%	75	114%
49	1	4,8	1,78	87,43	75	117%	75	117%
50	1	4,83	1,78	88,89			112,5	79%
51	1	4,86	1,78	90,67			112,5	81%
52	1	4,89	1,78	92,44			112,5	82%
53	1	4,92	1,78	94,22			112,5	84%
54	1	4,93	1,78	96,00			112,5	85%
55	1	4,94	1,78	97,78			112,5	87%
56	1	4,985	1,77	99,19			112,5	88%
57	1	5,03	1,77	100,96			112,5	90%
58	1	5,055	1,77	102,73			112,5	91%
59	1	5,08	1,77	104,50			112,5	93%
60	1	5,105	1,76	105,88			112,5	94%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
61	1	5,13	1,76	107,65			112,5	96%
62	1	5,15	1,76	109,41			112,5	97%
63	1	5,17	1,76	110,77			112,5	98%
64	1	5,195	1,76	112,53			112,5	100%
65	1	5,22	1,76	114,29			112,5	102%
66	1	5,24	1,76	116,04			112,5	103%
67	1	5,26	1,76	117,80			112,5	105%
68	1	5,28	1,75	119,12			112,5	106%
69	1	5,3	1,75	120,88			112,5	107%
70	1	5,32	1,75	122,63			112,5	109%
71	1	5,34	1,75	123,93			112,5	110%
72	1	5,36	1,75	125,67			112,5	112%
73	1	5,38	1,75	127,42			112,5	113%
74	1	5,4	1,74	128,70			112,5	114%
75	1	5,42	1,74	130,43			112,5	116%
76	1	2,71	1,74	132,17			112,5	117%
77	1	5,45	1,73	133,43			150	89%
78	1	5,465	1,73	135,16			150	90%
79	1	5,48	1,73	136,90			150	91%
80	1	5,5	1,73	138,13			150	92%
81	1	5,52	1,73	139,86			150	93%
82	1	5,535	1,73	141,58			150	94%
83	1	5,55	1,73	143,31			150	96%
84	1	5,565	1,72	144,52			150	96%
85	1	5,58	1,72	146,24			150	97%
86	1	5,595	1,72	147,96			150	99%
87	1	5,61	1,72	149,68			150	100%
88	1	5,625	1,71	150,86			150	101%
89	1	5,64	1,71	152,57			150	102%
90	1	5,65	1,71	154,29			150	103%
91	1	5,66	1,71	156,00			150	104%
92	1	5,675	1,71	157,71			150	105%
93	1	5,69	1,71	158,86			150	106%
94	1	5,705	1,71	160,57			150	107%
95	1	5,72	1,71	162,28			150	108%
96	1	5,73	1,71	163,99			150	109%
97	1	5,74	1,71	165,69			150	110%
98	1	5,755	1,71	167,40			150	112%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
99	1	5,77	1,71	169,11			150	113%
100	1	5,78	1,70	170,21			150	113%

Tabla 22. Selección de transformador de acuerdo número de usuarios y factor de diversidad para Estrato 6

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
1	1	1	6,00	6,00	10	60%	15	40%
2	1	1,185	5,00	10,00	10	100%	15	67%
3	1	1,37	4,35	13,04	15	87%	15	87%
4	1	1,54	3,95	15,79	15	105%	15	105%
5	1	1,71	3,53	17,65	15	118%	15	118%
6	1	1,855	3,33	20,00	25	80%	30	67%
7	1	2	3,13	21,88	25	88%	30	73%
8	1	2,135	3,00	24,00	25	96%	30	80%
9	1	2,27	2,86	25,71	25	103%	30	86%
10	1	2,39	2,79	27,91	25	112%	30	93%
11	1	2,51	2,74	30,14	37,5	80%	30	100%
12	1	2,62	2,73	32,73	37,5	87%	30	109%
13	1	2,73	2,67	34,67	37,5	92%	30	116%
14	1	2,83	2,63	36,84	37,5	98%	45	82%
15	1	2,93	2,61	39,13	37,5	104%	45	87%
16	1	3,02	2,58	41,20	37,5	110%	45	92%
17	1	3,11	2,55	43,40	37,5	116%	45	96%
18	1	3,195	2,50	45,00	50	90%	45	100%
19	1	3,28	2,49	47,30	50	95%	45	105%
20	1	3,36	2,48	49,59	50	99%	45	110%
21	1	3,44	2,47	51,85	50	104%	45	115%
22	1	3,51	2,45	53,88	50	108%	75	72%
23	1	3,58	2,43	55,87	50	112%	75	74%
24	1	3,65	2,41	57,83	50	116%	75	77%
25	1	3,72	2,40	60,00	75	80%	75	80%
26	1	3,78	2,39	62,15	75	83%	75	83%
27	1	3,84	2,38	64,29	75	86%	75	86%
28	1	3,9	2,37	66,40	75	89%	75	89%
29	1	3,96	2,36	68,50	75	91%	75	91%
30	1	4,015	2,35	70,59	75	94%	75	94%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
31	1	4,07	2,34	72,66	75	97%	75	97%
32	1	4,12	2,33	74,71	75	100%	75	100%
33	1	4,17	2,33	76,74	75	102%	75	102%
34	1	4,215	2,32	78,76	75	105%	75	105%
35	1	4,26	2,31	80,77	75	108%	75	108%
36	1	4,305	2,31	83,08	75	111%	75	111%
37	1	4,35	2,31	85,38	75	114%	75	114%
38	1	4,395	2,30	87,36	75	116%	75	116%
39	1	4,44	2,29	89,31			112,5	79%
40	1	4,48	2,28	91,25			112,5	81%
41	1	4,52	2,28	93,54			112,5	83%
42	1	4,555	2,27	95,45			112,5	85%
43	1	4,59	2,26	97,36			112,5	87%
44	1	4,625	2,26	99,25			112,5	88%
45	1	4,66	2,25	101,12			112,5	90%
46	1	4,695	2,24	102,99			112,5	92%
47	1	4,73	2,23	104,83			112,5	93%
48	1	4,765	2,23	107,06			112,5	95%
49	1	4,8	2,23	109,29			112,5	97%
50	1	4,83	2,22	111,11			112,5	99%
51	1	4,86	2,22	113,33			112,5	101%
52	1	4,89	2,22	115,56			112,5	103%
53	1	4,92	2,22	117,78			112,5	105%
54	1	4,93	2,22	120,00			112,5	107%
55	1	4,94	2,22	122,22			112,5	109%
56	1	4,985	2,21	123,99			112,5	110%
57	1	5,03	2,21	126,20			112,5	112%
58	1	5,055	2,21	128,41			112,5	114%
59	1	5,08	2,21	130,63			112,5	116%
60	1	5,105	2,21	132,35			112,5	118%
61	1	5,13	2,21	134,56			150	90%
62	1	5,15	2,21	136,76			150	91%
63	1	5,17	2,20	138,46			150	92%
64	1	5,195	2,20	140,66			150	94%
65	1	5,22	2,20	142,86			150	95%
66	1	5,24	2,20	145,05			150	97%
67	1	5,26	2,20	147,25			150	98%
68	1	5,28	2,19	148,91			150	99%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

No. Usuarios	Factor de Demanda	Factor de Diversidad	kVA Demandado Usuario	kVA total	Transformador Monofásico		Transformador Trifásico	
					kVA	% Uso	kVA	% Uso
69	1	5,3	2,19	151,09			150	101%
70	1	5,32	2,19	153,28			150	102%
71	1	5,34	2,18	154,91			150	103%
72	1	5,36	2,18	157,09			150	105%
73	1	5,38	2,18	159,27			150	106%
74	1	5,4	2,17	160,87			150	107%
75	1	5,42	2,17	163,04			150	109%
76	1	2,71	2,17	165,22			150	110%
77	1	5,45	2,17	166,79			150	111%
78	1	5,465	2,17	168,95			150	113%
79	1	5,48	2,17	171,12			150	114%
80	1	5,5	2,16	172,66			150	115%
81	1	5,52	2,16	174,82			150	117%
82	1	5,535	2,16	176,98			150	118%
83	1	5,55	2,16	179,14			225	80%
84	1	5,565	2,15	180,65			225	80%
85	1	5,58	2,15	182,80			225	81%
86	1	5,595	2,15	184,95			225	82%
87	1	5,61	2,15	187,10			225	83%
88	1	5,625	2,14	188,57			225	84%
89	1	5,64	2,14	190,71			225	85%
90	1	5,65	2,14	192,86			225	86%
91	1	5,66	2,14	195,00			225	87%
92	1	5,675	2,14	197,14			225	88%
93	1	5,69	2,14	198,58			225	88%
94	1	5,705	2,14	200,71			225	89%
95	1	5,72	2,14	202,85			225	90%
96	1	5,73	2,14	204,98			225	91%
97	1	5,74	2,14	207,12			225	92%
98	1	5,755	2,14	209,25			225	93%
99	1	5,77	2,14	211,39			225	94%
100	1	5,78	2,13	212,77			225	95%



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

6.10 PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE PARA TRANSFORMADORES

Los transformadores deben disponer de elementos adecuados que los protejan de las corrientes de cortocircuito o sobrecarga, aislándolos apropiadamente. Los elementos que conforman el sistema de protección del transformador son:

- Cortacircuitos y fusibles en media tensión.
- Totalizador en baja tensión.

Para casos especiales, dependiendo del tipo de instalación (por ejemplo, aplicaciones industriales, instalaciones en nivel 4, industria), se requiere además de equipos especiales como interruptores en media tensión y relés o elementos de protección auxiliar que no están cubiertos por esta norma.

6.10.1 Cortacircuitos en Media Tensión

Los cortacircuitos de distribución son de un polo, tipo abierto (de expulsión), de caída automática (drop-out), para servicio a la intemperie e instalación vertical, equipados con elementos que le permitan operar bajo carga por medio de pértiga, con dispositivo de apertura con carga (Load-buster) y portafusibles para la instalación de fusibles tipo dual. Los cortacircuitos se instalan en cruceta independiente junto a los descargadores de sobretensiones, para transformadores trifásicos, a una distancia de un metro por encima de la parte superior de los bujes de media tensión del transformador, en el caso de transformadores en postes, o a la misma distancia por encima de la parte superior de los bujes de los transformadores de medida, en el caso de subestaciones en piso.

La conexión de los cortacircuitos a la parte superior de los descargadores de sobretensiones y a los bujes de media tensión de los transformadores se realiza mediante conductores de cobre o aluminio del calibre adecuado para transportar la corriente de la carga.

Nota: La selección apropiada de protecciones depende de la coordinación.

Tabla 23. Características generales de cortacircuitos

Parámetro	Unidad	Valores	Nominales
		13,2 kV	34,5 kV
Tensión máxima	kV eficaz	15	38
Corriente continua o permanente	A	100	100
Corriente de interrupción simétrica	kA	10,6 (*)	5,0 (*)

(*) Para casos especiales, se requerirán cortacircuitos de mayor capacidad de corriente de interrupción.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

6.10.2 Cortacircuitos y Fusibles en Media Tensión

Para transformadores en poste y al nivel del piso se utilizan los cortacircuitos y fusibles que se describen en la presente norma.

Los transformadores tipo sumergible o pedestal deben incorporar el sistema de protección de sobrecorriente del transformador mediante fusibles de media tensión, cuya capacidad de corriente nominal no debe exceder el 300% de la corriente nominal primaria del transformador.

Para subestaciones interiores los transformadores se instalan en compartimentos metálicos autosoportados, con o sin equipo de medición en media tensión. En compartimento independiente se deben instalar, para servicios industriales, seccionadores de operación tripolar bajo carga equipados con fusibles. Para servicios no industriales, se permite la instalación de seccionadores para operación tripolar sin carga (cuchillas de corte), si no existen motores trifásicos o si existen pero cada uno de ellos posee su propia protección por ausencia de tensión en una fase.

En instalaciones con equipo de medida en media tensión, el compartimento de maniobra debe ser independiente del compartimento de medida. Los fusibles en las subestaciones interiores se calculan con base en los criterios indicados en el numeral 6.10.4, teniendo en cuenta que la corriente nominal de los fusibles no exceda el 300% de la corriente nominal del transformador.

En las subestaciones tipo Pad mounted se debe proveer fusibles limitadores de corriente y se debe utilizar con protección primaria de baja corriente con el fin de minimizar los esfuerzos sobre el equipo y sobre el sistema de protección en caso de una corriente de falla de gran valor. Este fusible se utiliza en los transformadores para aislar y proteger el equipo que ha fallado, opera en caso de falla interna y es del tipo no reemplazable.

6.10.3 Fusibles

Son elementos termofundentes con características de tiempo inverso que cumplen con las siguientes funciones:

- Protección contra cortocircuitos.
- Protección contra sobrecargas.
- Aislamiento del transformador fallado.
- Soporte de corrientes de arranque y sobrecarga por corto tiempo.

El grado de protección del fusible se determina superponiendo la curva de capacidad térmica, mecánica y de sobrecarga del transformador y las curvas características de corriente - tiempo (amperio - seg.) de fusión mínima del fusible, seleccionando el fusible cuya curva de máximo tiempo de fusión lo cubra



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

totalmente, es decir, la curva del fusible que quede totalmente al lado izquierdo de la curva de capacidad térmica del transformador y que no opere para la corriente de INRUSH del transformador.

6.10.4 Tipos de Fusibles

Para la selección correcta de los accesorios se deben tener en cuenta las siguientes descripciones:

6.10.4.1 Fusible Bayoneta, Tipo Sensor de Corriente

Este tipo de fusible es utilizado en transformadores tipo pedestal y es para proteger al equipo de sobrecorriente dañina o al sistema de distribución de posibles fallas del equipo. Se recomienda su utilización en serie con un fusible limitador de corriente ELSP y con un fusible de respaldo por enlace de aislamiento. Este tipo de fusible es reemplazable en el transformador sin intervenir en su parte activa.

6.10.4.2 Fusible Tipo Dual

Adicionalmente monitorea la temperatura del punto caliente del equipo y limita el calentamiento de éste por sobrecargas prolongadas o condiciones ambientales. Este tipo de fusible es reemplazable.

En la Tabla 24 se encuentra la selección de los fusibles tipo dual de acuerdo con el transformador a instalar.

Tabla 24. Características generales de fusible tipo dual

Potencia del Transformador kVA		Referencia
Monofásico	Trifásico	
5, 10	15	0,4
15	30	1
30	45	1,4
	75	2,1
45		3,1
3	112,5	4,2
3	150	5,2
1	225	7,8
	300	10,4

6.10.4.3 Fusible de Respaldo por Enlace de Aislamiento

La función que cumple este fusible es de detección contra corrientes que excedan la capacidad de protección del fusible bayoneta sensor de corriente. Este fusible no tiene definida la capacidad de interrupción y brinda protección adicional, en caso de reemplazar el fusible bayoneta sensor de corriente, cuando el transformador ha fallado. Este tipo de fusible no es reemplazable.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

6.10.4.4 Fusible Limitador de Corriente ELSP

Este tipo de fusible se debe utilizar con protección primaria de baja corriente. Minimiza los esfuerzos sobre el equipo y sobre el sistema de protección en caso de una corriente de falla de gran valor. Este fusible se utiliza en los transformadores para aislar y proteger el equipo que ha fallado. Opera en caso de falla interna y es del tipo no reemplazable.

Para la selección de los fusibles duales, la corriente de la curva característica de fusión mínima, I_f , debe cumplir con los siguientes requisitos técnicos, a temperatura ambiente de 40°C y carga precedente del 90% de capacidad nominal (Normas NTC 2482 y 2797).

6.10.5 Interruptores Termomagnéticos en Baja Tensión

Se debe realizar coordinación de protecciones en baja tensión.

Con excepción de las subestaciones en poste de propiedad de **EMCALI**, en todo transformador se debe instalar un interruptor termomagnético general o totalizador en baja tensión.

Si la subestación es de propiedad particular y está localizada en poste o en piso, el totalizador deberá localizarse en zona de propiedad particular, interior en edificación.

La capacidad nominal del totalizador no debe ser superior al 250% de la capacidad nominal secundaria del transformador. (Norma NTC 2050, Tabla 450-3-a).

6.10.6 Protección de Sobrecarga del Transformador

- **Para transformadores menores o iguales a 50 kVA monofásicos o 150 kVA trifásicos:** El tiempo de operación debe ser menor que los que se indican para las siguientes cargas:

Carga ($I_f = K I_n$) Valor de K	Tiempo Valor de K (Horas)
1,55	1
1,33	2
1,17	4
1,06	8
0,89	24

I_n = Corriente nominal del transformador.

- **Transformadores mayores de 50 kVA y menores o iguales a 250kVA monofásicos o mayores de 150 kVA y menores de 800 kVA trifásicos:** El tiempo de operación debe ser menor que los que se indican para las siguientes cargas:

Carga ($I_f = K I_n$) Valor de K	Tiempo Valor de K (Horas)
1,13	1



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

1,03	2
0,97	4
0,94	8
0,91	24

- **Para soporte térmico de transformadores categoría I (monofásicos de 5 a 500 kVA y trifásicos de 15 kVA a 500 kVA):** El tiempo de operación debe ser menor que los que se indican para las siguientes cargas (NTC 2797):

Carga ($I_f = K I_n$)	Valor de K	Tiempo	Valor de K (Horas)
111,8		0,1	
25		2	
11,3		10	
6,3		30	
4,75		60	
3,0		300	
2,0		1800	

- **Para corriente de conexión de transformadores (corriente INRUSH):** El tiempo de operación debe ser mayor que los que se indican para las siguientes cargas (NTC 2797):

Carga ($I_f = K I_n$)	Valor de K	Tiempo	Valor de K (Horas)
25		0,01	
12		0,1	
6		1,0	
3		10,0	

De acuerdo con los requisitos anteriores resultan curvas características de fusibles para cada tipo de transformador, los cuales se pueden identificar simplemente con la capacidad del transformador y el tipo de transformador (monofásico o trifásico).

- **Verificación:** La capacidad nominal de los fusibles en media tensión no puede ser superior al 250% de la corriente nominal primaria del transformador, si no existe protección en baja tensión y al 300% si existe protección en baja tensión (NTC 2050, Tabla 450-3-a).

Tabla 25. Accesorios para transformadores tipo pedestal. Configuración radial o malla

Accesorio	Cantidad de acuerdo con la Configuración		Véanse las notas
	Radial/fase	Malla	
Buje pozo	3	6	1
Buje inserto	3	6	1
Buje integral	3	6	1



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Accesorio	Cantidad de acuerdo con la Configuración		Véanse las notas
	Radial/fase	Malla	
Buje inserto integral doble	3	3	2,3
Buje de parqueo	3	6	3
Conjunto soporte fusible bayoneta	3	3	7, 4, 6
Fusible bayoneta tipo sensor de corriente o tipo sensor dual	3	3	4, 5, 6
Fusible de respaldo limitador de corriente "ELSP"	3	3	4, 5
Seccionador apertura – cierre	1	-	7, 8
Seccionador secuencial de 4 posiciones	-	1	7
Conector separable aislado (codo)	3	6	7, 3
Adaptador de pantalla	3	6	3
Pararrayos separable aislado	3	3	3

Tomado de NTC 3997.

- 1) El buje inserto se debe entregar instalado. Si se instala buje pozo, no se coloca buje integral, y viceversa.
- 2) Se coloca en caso de instalación de descargadores de sobretensiones.
- 3) Opcional.
- 4) Se requiere. (Cuando por potencia y magnitud se pueda coordinar).
- 5) Los fusibles deben estar coordinados, de acuerdo con las recomendaciones. del fabricante de éstos.
- 6) Cuando no sea posible el uso del fusible bayoneta se debe utilizar un fusible de expulsión no extraíble
- 7) Para operación o conexión bajo carga.
- 8) Opcional cuando el seccionamiento se realice externamente.

6.11 PROTECCIONES DE SOBRETENSIÓN (DPS) PARA TRANSFORMADORES

Los transformadores, en redes de distribución aéreas, deben estar protegidos contra sobretensiones transitorias de origen interno (producidas por alteraciones propias del sistema) o atmosférico (externo), a través de descargadores de sobretensiones.

Los DPS deben cumplir con los requisitos de producto indicados en el Artículo 20.14 del RETIE.

6.11.1 Instalación

Los descargadores se conectan entre cada fase y tierra, utilizando cable de cobre duro desnudo o aluminio, el cual irá a través del conducto interno del poste de concreto hasta la puesta a tierra (al pie del poste). En el caso de no existir poste con conducto interno, el conductor de puesta a tierra debe instalarse a través de un conducto metálico galvanizado exterior de $\frac{3}{4}$ " (19,1 mm) de diámetro adosado al poste mediante cintas y hebillas de acero inoxidable.

Los descargadores se conectan a la red de media tensión mediante entice y cable ACSR. Luego éste se empalma con cable de cobre duro desnudo o aluminio con conectores bimetálicos de compresión.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

La selección de los DPS se realiza de conformidad con la Tabla 26. Las conexiones entre estos conductores de cobre y los de ACSR se realizan mediante conectores bimetalicos tipo tornillo (2 por conductor).

La conexión de los descargadores de sobretensiones se realizará de acuerdo con el RETIE, como indica Figura 20.2 mediante el conductor que arroje el cálculo indicado en el Artículo 15.3.2 y en el material que le permitan las Notas 1, 2 y 3 de la Tabla 15.3, pero en ningún caso se especificarán en un conductor de calibre inferior al # 4 AWG en Cu duro desnudo o # 2 AWG en Aluminio. Esta conexión se hará utilizando los terminales de los equipos. En el caso de los transformadores monofásicos se deben instalar los descargadores sobre el tanque del transformador, en los orificios normalizados para tal fin.

Se debe tener presente que, de acuerdo a la IEEE, los DPS multiaterrizados.

Para transformadores tipo pedestal (Padmounted) es obligatorio la instalación de DPS.

6.11.2 Características

Se utilizarán descargadores tipo óxido metálico de Zinc, sin explosores (Gaps) para servicio a la intemperie.

El descargador de óxido metálico tiene resistencias de óxido de Zinc (normalmente combinado con pequeñas cantidades de cobalto, antimonio, bismuto y manganeso).

La mayor no linealidad presentada en descargadores de óxido de Zinc permite utilizarlos sin explosores, además estos equipos disminuyen los valores nominales utilizados y mejoran los márgenes de protección, lo cual reduce los niveles de aislamiento (BIL) de los equipos.

Tabla 26. Características generales de pararrayos

Parámetro	Unidad	Valores Nominales	
		13,2 kV	34,5 kV
Tensión	kV	12	30
Corriente de descarga	kA	10	10

6.11.3 Protecciones de Sobretensión para Transformadores

Los transformadores tipo pedestal deben poseer protección contra sobretensiones, tipo terminal preformado, los cuales deben instalarse en el gabinete del transformador.

Para transformadores en poste o al nivel del piso, se utilizarán los descritos en estas normas.



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

6.12 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN CON TRANSFORMADORES DE CORRIENTE INTERNOS

Los transformadores de distribución que se instalarán en las redes del Sistema de Distribución de **EMCALI** deberán contener en su interior transformadores de corriente en las salidas de baja tensión, estos son necesarios para realizar balances de energía comparando los kWh medidos en el transformador con los kWh medidos en los clientes asociados al transformador.

El conjunto de TC's internos deberán estar disponibles y debidamente marcados en el exterior del tanque de los transformadores de distribución, e identificados con conductores de color negro y rojo para los monofásicos y para los trifásicos amarillo, azul y rojo, las salidas se deben conectar con terminales macho hembra y deben llegar a una porta bornera exterior fijada a uno de los laterales del tanque del transformador.

Los transformadores de corrientes deben cumplir con la norma NTC 2205. Se debe garantizar condiciones de aislamiento interno y no deben limitar el desempeño del transformador ante los ensayos de sobretensión.

La selección del transformador de corriente se realiza según la Tabla 27 de acuerdo al transformador de distribución que corresponda:

Tabla 27. Selección de transformadores de corriente, clase de tensión 0,72 kV

Transformador Distribución			Transformador de Corriente			
kVA	V Secundaria [V]	Fases	I Primaria [A]	I Secundaria [A]	Clase	VA
5	240	1	20	5	0,5	5
10	240	1	40	5	0,5	5
15	240	1	60	5	0,5	5
25	240	1	100	5	0,5	5
37,5	240	1	150	5	0,5	5
50	240	1	200	5	0,5	5
75	240	1	300	5	0,5	5
30	208	3	100	5	0,5	5
45	208	3	150	5	0,5	5
75	208	3	200	5	0,5	5
112,5	208	3	300	5	0,5S	5
150	208	3	400	5	0,5S	5
225	208	3	600	5	0,5S	5
300	208	3	800	5	0,5S	5



NORMAS DE DISEÑO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
CAPÍTULO 5 TRANSFORMADORES

DF 2020

VERSIÓN: 1

Transformador Distribución			Transformador de Corriente			
kVA	V Secundaria [V]	Fases	I Primaria [A]	I Secundaria [A]	Clase	VA
400	208	3	1000	5	0,5S	5
500	208	3	1400	5	0,5S	5