

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
3508:1999**

**CENTROS DE FUERZA Y
DISTRIBUCIÓN (CDF) HASTA 600
V Y 6300 A. REQUISITOS.**



CODELECTRA
COMITE DE ELECTRICIDAD DE VENEZUELA



FONDONORMA

PRÓLOGO

La presente norma fue elaborada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización CT-11 Electricidad, Electrónica y Comunicaciones, por el Subcomité Técnico SC-9 Equipos de Protección a través del convenio para la elaboración de normas suscrito entre CODELECTRA y FONDONORMA siendo aprobada por FONDONORMA en la reunión del Consejo Superior N° 99-11 de fecha 20/10/99.

En la elaboración de esta norma participaron las siguientes entidades:

ANATAVE
ABB-ASEA BROWN BOVERI
AEG DE VENEZUELA, S.A.
AES, C.A.
AIESA
BIEMCA
COMPLEX
CORP. METALCONTACT, C.A.
CUTLER HAMMER DE VZLA.
DATA POWER DEAR
ELECTRICOS GUR, C.A.
FEECA, C.A.
GENTE, C.A.
INDUSTRIAS TEYCER
INDUSTRIAS TRIAL, S.A.
INESLA
INSPECTRA
K & H TECNICA, C.A.
KLOCKNER MOELLER / SOMERINCA
MAGNO, C.A.
MARESA, S.A.
MASTER CIRCUITO, C.A.
METAL ELECTRIC, C.A.
METALURGICA ORION, C.A.
ORION ELECTRONICA, C.A.
ROCKWELL AUTOMATION DE VZLA.
ROMI, C.A.
SERWEST, C.A.
SIEMENS S.A.
TABEL C.A.
TABLESUR, C.A.
TALLER ELECTROMECAÁNICO EZETA
TEMI, C.A.
TERMAQ GENERAL ELECTRIC (ED & C)
VALECTRA

ÍNDICE

	Páginas
1 Objeto y campo de aplicación	1
2.- Normas COVENIN a consultar	2
3.- Unidades de medición	3
4.- Definiciones	3
5.- Clasificación y designaciones	3
6.- Requisitos	5
6.1 Generalidades	5
6.2 Grados de protección	6
6.3 Ensamblaje mecánico	6
6.4 Envolventes	6
6.5 Ventilación	8
6.6 Puertas y tapas exteriores	8
6.7 Medios de montaje	10
6.8 Material de aislamiento eléctrico	10
6.9 Partes conductoras de corriente	10
6.10 Terminales de alambrado	14
6.11 Medios de conexión	15
6.12 Protección contra sobrecorriente	17
6.13 Separaciones y distancias mínimas	18
6.14 Espacio para el cableado	19
6.15 Tapas de reserva	21
6.16 Puesta a tierra y sus conexiones	22
6.17 Protección contra falla a tierra	24
7.- Métodos de ensayo	25
8.- Ensayos de tipo	26
8.1 Ensayo de temperatura a corriente nominal en régimen permanente	26
8.2 Ensayo de corriente momentánea de cortocircuito	26
8.3 Ensayo de resistencia de los aisladores	28
8.4 Ensayo de nivel de descarga (Ruptura dieléctrica)	29
8.5 Ensayo de resistencia dieléctrica del material aislante	29
8.6 Ensayo de verificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes	29
8.7 Ensayo de compresión	29
8.8 Ensayo de flexión	29
8.9 Ensayo de presión y de impacto sobre visores	29
9.- Ensayos de rutina, verificaciones y certificaciones	30
9.1 Prefabricación mecánica	30
9.2 Verificación del funcionamiento mecánico	30
9.3 Verificación del funcionamiento eléctrico	30
9.4 Medición y prueba de aislamiento eléctrico	30
9.5 Ensayo del equipo de protección contra falla a tierra	30
9.6 Verificación final	31
9.7 Expresión de los resultados	31
10.- Marcación	32
10.1 Identificación	32
10.2 Ubicación de las placas de marcación	32

11.-	Documentación técnica	34
12.-	Transporte, instalación y puesta en servicio	35
12.1	Transporte	35
12.2	Instalación y puesta en servicio	35
	Bibliografía	35
	Anexo A Lista de verificaciones	36
	Anexo B Protocolo general de pruebas	37
Tabla Nº 1	Tensiones nominales normalizadas para los efectos de esta norma	38
Tabla Nº 2	Pares de ajustes (torques) para fabricación y pruebas	39
Tabla Nº 3	Espesores mínimos de laminas de acero para la fabricación de envolventes y bastidores CFD	40
Tabla Nº 4	Espesores mínimos de láminas de aluminio, cobre y latón para la fabricación de envolventes y bastidores CFD	41
Tabla Nº 5	Espacios mínimos entre bisagras de puertas y de tapas abisagradas	42
Tabla Nº 6	Separaciones mínimas y distancias de fuga	43
Tabla Nº 7	Capacidad de corriente de barras desnudas hasta 800 A máximo	44
Tabla Nº 8	Capacidad mínima de corriente de barras para alimentación múltiple	45
Tabla Nº 9	Capacidad de carga de conductores aislados dentro de tableros CFD	46
Tabla Nº 10	Capacidad de carga de conductores aislados externos	47
Tabla Nº 11	Aumentos de temperatura máxima admisible sobre una temperatura ambiental de 25° C (77°F) ..	49
Tabla Nº 12	Espacios para doblamientos de cables en los terminales	50
Tabla Nº 13	Ancho mínimo de canaleta y espacio para doblamientos de conductores	51
Tabla Nº 14	Espacios libres para el cableado	52
Tabla Nº 15	Secciones de los conductores de tierra para conexiones de equipos, del tablero y del neutro principal	53
Tabla Nº 16	Ubicación de placas de identificación y marcación	54
Tabla Nº 17	Pares de ajuste (torques) de los tornillos para los conductores en los terminales	55
Figura Nº 1	Esquema típico de un tablero CFD con interruptor principal incorporado	57
Figura Nº 2	Esquema típico de un tablero CFD con interruptor principal separado y de una acometida	58
Figura Nº 2	Esquema típico de un tablero CFD con alimentación múltiple	59
Figura Nº 4	Protección de las aberturas para ventilación	59
Figura Nº 5	Solapas y flanges en puertas y tapas exteriores	60

**NORMA VENEZOLANA
CENTROS DE FUERZA Y DISTRIBUCIÓN
(CFD) HASTA 600 V Y 6300 A.
REQUISITOS.**

**COVENIN
3508:1999**

INTRODUCCIÓN.

El conjunto de tableros del tipo "FRENTE MUERTO", en las normas norteamericanas (ANSI / NEMA / UL) se divide en dos grupos:

Tableros en cajas y gabinetes superficiales o empotrados hasta 600V, 1600A y máximo 42 circuitos ramales (Panelboards), y

Tableros en celdas autosoportantes hasta 600V, 6000A y sin límites de circuitos ramales (Dead – Front Distribution Switchboards).

El primer grupo está cubierto por las normas ANSI / NEMA – PB-1 y ANSI / UL – 67 y el segundo grupo por ANSI / NEMA PB-2 y ANSI / UL – 891.

Ambas normas incluyen tableros equipados con interruptores en caja moldeada del tipo fijo o enchufable, interruptores con o sin fusibles, interruptores tipo cuchilla y equipos para acometidas de servicio de las empresas del suministro eléctrico.

En Venezuela hay tres (03) normas COVENIN que cubren en parte los tableros del tipo "FRENTE MUERTO".

COVENIN 542:1999 Tableros de Alumbrado y Fuerza.

COVENIN 1568:1980 Tableros Eléctricos hasta 600V y 4000A con Interruptores Termomagnéticos en Caja Moldeada (anulada).

COVENIN 1631:1998 Tableros Eléctricos para Uso en Viviendas.

Las tres normas fueron elaboradas a base de las normas norteamericanas NEMA PB-1 (1957) y UL 67 (1974), ediciones ya obsoletas.

En vista de que en nuestra región no se usan tableros con interruptores con o sin fusibles, ni el tipo de cuchilla, ni se incluyen los equipos de acometidas de servicio; se limitó al alcance de las tres normas revisadas en la forma siguiente:

La norma COVENIN 542, basada en las normas ANSI / UL 67 (1993) y NEMA PB-1 (1995), ambas tituladas "PANELBOARDS", cubre los tableros para alumbrado, artefactos y de distribución, en cajas (gabinetes) superficiales y empotradas, hasta 600 V, 1600 A y de máximo 42 circuitos ramales, usando exclusivamente interruptores en caja moldeada del tipo atornillado.

Por cambiar el objeto de la norma venezolana 1568, este número se elimina y se sustituye por la norma COVENIN 3508, basada en las normas ANSI / UL 891 (1993) y NEMA PB-2 (1989), ambas tituladas "Dead – Front Distribution Switchboards", cubre los tableros llamados "Centros de Fuerza y Distribución (CFD)", hasta 600 V y 6300 A, en celdas autosoportantes, utilizando interruptores de potencia en caja aislada e interruptores automáticos en caja moldeada.

La norma COVENIN 1631, basada en la norma COVENIN 542, ANSI / UL – 67 (1993) y NEMA PB-1 (1995), cubre los tableros residenciales en cajas empotradas, 240 V, 400 A y de máximo 24 circuitos, utilizando exclusivamente interruptores en caja moldeada del tipo enchufable (plug – in).

Aunque ni las normas UL ni las normas NEMA son de aplicación obligatoria, su aceptación como tal es costumbre en los Estados Unidos de Norteamérica. En adición: una norma UL no puede ser reconocida (catalogada o listada) para su aplicación, si la totalidad de sus componentes no esté cubierta individualmente por otra norma UL, salvo pocas excepciones. Como estas condiciones no existen en nuestra región, no se han tomado en consideración tales referencias.

1. -OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma venezolana contiene los requisitos básicos de diseño, fabricación, identificación y ensayos para los tableros "Centros de Fuerza y Distribución", (abreviado CFD), hasta 600 V y 6300 A, en celdas autosoportantes, utilizando interruptores de potencia en caja aislada e interruptores automáticos en caja moldeada.

1.2 Condiciones de Aplicación

1.2.1. Los tableros CFD deben ser aptos para operar satisfactoriamente bajo las condiciones ambientales siguientes:

Altura sobre nivel del mar: hasta 2000 m (6100 pies).

Temperatura ambiente: hasta 40° C, con un promedio de 35° C en 24 horas.

Humedad relativa: promedio 90 % en un mes pero no excediendo el promedio de 95 % en 24 horas.

1.2.2 Los tableros CFD pueden ser instalados en interior de edificaciones o a prueba de intemperie, en condiciones ambientales correspondientes a las clasificaciones establecidas en la norma venezolana COVENIN 3399.

2. NORMAS COVENIN A CONSULTAR

Las siguientes normas COVENIN contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta norma.

Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación, pero, como cada norma está sujeta a revisión, se recomienda analizar la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas a continuación:

COVENIN 200:1999 Código Eléctrico Nacional.

COVENIN 364:1976 Lámina Magnética de Granos no Orientados, Laminados en Caliente o Laminados en Frío.

COVENIN 397:1999 Alambres y Cables Monopolares Aislados con Termoplástico para 600V.

COVENIN 451:1993 Cobre Recocido para Uso Eléctrico.

COVENIN 540:1998 Grados de Protección de las Envolventes (Cajas y Gabinetes) Utilizadas en Media y Baja Tensión (Código IP).

COVENIN 542:1999 Tableros Eléctricos para Alumbrado y Artefactos y de Distribución, hasta 600 V, 1600 A y de máximo 42 circuitos ramales, con interruptores en caja moldeada.

COVENIN 725:1982 Definiciones Relativas al Aparataje.

COVENIN 733:1988 Interruptores Automáticos de Potencia de Baja Tensión.

COVENIN 778:1976 Barras de Distribución de Cobre, Rectangulares, Redondas o en Forma de Perfil.

COVENIN 788:1976 Lingotes de Cobre para Uso Eléctrico.

COVENIN 1313:1977 Tornillos Hexagonales.

COVENIN 1314:1977 Pernos Hexagonales.

COVENIN 2495:1988 Interruptores Automáticos en Caja Moldeada hasta 600 V y 4000 A.

COVENIN 2578:1989 Materiales Aislantes. Determinación de la Resistencia o Conductancia en Corriente Continua.

COVENIN 2783:1998 Tableros Eléctricos de Media y Baja Tensión: Definiciones.

COVENIN 2784:1998 Tableros Eléctricos de Media y Baja Tensión: Empaque, Carga, Transporte y Almacenamiento.

COVENIN 2800:1998 Tableros Eléctricos de Media y Baja Tensión: Instalación y Puesta en Servicio.

COVENIN 2811:1998 Tableros Eléctricos de Media y Baja Tensión: Documentación Técnica.

COVENIN 2941:1992 Tableros Eléctricos de Media y Baja Tensión: Métodos de Ensayo.

COVENIN 3398:1998 Grados de Protección Proporcionados por las Envolventes (Cajas y Gabinetes) Utilizados en Media y Baja Tensión Contra los Daños Mecánicos.

COVENIN 3399:1998 Grados de Protección de las Envolventes (Cajas y Gabinetes) contra las Influencias del Medio Ambiente.

3.- UNIDADES DE MEDICIÓN

3.1 A lo largo del texto de esta norma venezolana se utilizan las unidades de medición internacionales normalizadas "SI". Si una unidad de medida está seguida de otra en paréntesis, esta segunda es una aproximación, ya que la primera unidad constituye el requisito.

3.2 Salvo indicaciones explícitas todos los valores de tensión (Volt) y de intensidad (ampere) son valores RMS (Root Mean Square).

4.- DEFINICIONES

4.1 En la presente norma se aplican las definiciones contempladas en las normas venezolanas COVENIN 540, 542, 725 y 2783, así mismo las definiciones particulares siguientes:

4.2 Un Centro de Fuerza y Distribución (CFD) es un tablero autosoportante no compartimentado que contiene interruptores de acometida y de salida fijas, montados en un bastidor común, destinados a recibir y distribuir la energía eléctrica hacia consumidores finales, que son principalmente tableros para alumbrado, artefactos y de distribución (TA y TD) centros de arrancadores y de control (CAC) o centros de control de motores (CCM).

4.3 BARRA PRINCIPAL VERTICAL (BUS, SECTION).

Es la sección de barras colectoras (o principales) que se encuentra instalada verticalmente dentro del bastidor, aguas abajo del interruptor principal o de los terminales de acometida, si el tablero no tiene interruptor principal, y sirve para alimentar los interruptores de salida.

4.4 EMPALME DE BARRAS (BUS, SPLICE).

Son los puentes de empalme, los cuales unen eléctricamente las barras principales, de neutro y de tierra entre secciones verticales y, eventualmente, celdas adyacentes, si una o varias secciones verticales del mismo interruptor principal se encuentran en otras celdas.

5.- CLASIFICACIÓN Y DESIGNACIONES

5.1.1 Un tablero CFD debe clasificarse según su tensión, su intensidad y su capacidad de resistencia a cortocircuitos.

5.1.2 Clasificación según su tensión nominal.

5.1.2.1 La tensión nominal de un tablero CFD no debe ser mayor de 600 V ni sobrepasar la tensión de cualquier de sus componentes que está conectado conductivamente al circuito de alimentación.

5.1.2.2 Todos los tableros CFD deben ser diseñados para aplicación de uno o varios sistemas de tensión indicados en la tabla 1.

5.1.2.3 Una clasificación en corriente alterna (c.a.) debe incluir el número de fases y el número de conductores (hilos) y el tipo de conexión del sistema.

Se pueden ser abreviados "c.a." por corriente alterna, el símbolo Ø o la letra "F" por fases, la letra "H" por hilos y/o ▲ por sistema.

Ejemplo: 480 Y / 277 V, c.a., 3 Ø, 4 H define un circuito trifásico en corriente alterna de 480 / 277 Volt derivados de una conexión Y (en estrella), de tres fases y cuatro hilos.

5.1.2.4 Si un tablero CFD o una sección de él está previsto para ser utilizado con circuitos de alimentación de dos potenciales diferentes, como por ejemplo 120 / 240 V – 1 fase / 3 hilos y 208 Y / 120 V – 3 fases 4 hilos, la tensión nominal del tablero CFD o de la sección involucrada debe ser indicada adecuadamente.

5.1.2.5 Si una sección de un tablero CFD contiene un transformador con la tensión secundaria saliendo de la sección, esta sección debe ser marcada con la tensión secundaria del transformador.

5.1.3 Clasificación según su intensidad nominal.

5.1.3.1 La intensidad nominal de un tablero CFD no debe ser mayor que la capacidad de corriente de sus barras verticales principales, las cuales, a la vez, deben tener la capacidad de corriente del circuito de alimentación y del interruptor principal, si lo hay. Sin embargo, se puede asignar mayor la capacidad de corriente de las barras principales, si la capacidad de estas es mayor que la capacidad del interruptor principal, pero esta condición

debe ser indicada en la placa de características del tablero.

5.1.3.2 La intensidad nominal de un tablero CFD debe ser asignada por uno de los valores siguientes:

De las barras principales horizontales (Through Bus):

400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6300 A.

De las barras principales verticales (Section Bus):

400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000 A.

5.1.3.3 Si un tablero CFD contiene más de una sección y si la capacidad de corriente de las barras verticales principales de las secciones son diferentes, cada sección debe ser marcada con la intensidad propia de sus barras verticales principales, o si además, cada sección tiene su interruptor principal, con la intensidad de este interruptor.

5.1.3.4 Si la capacidad de la barra de neutro difiere de la capacidad de las barras principales, se deben indicar separadamente los dos valores.

5.1.4 Clasificación según su frecuencia.

La frecuencia de un tablero CFD para corriente alterna debe ser 50, 60 ó 50/60 ciclos por segundo (Hertz, Hz). Si un tablero CFD es apto para ser utilizado en corriente directa (c.d.), esta condición debe ser indicada en la placa de identificación. Sobre aplicaciones en otras frecuencias se recomienda consultar al fabricante.

5.1.5 Clasificación según su capacidad de resistencia a cortocircuitos.

5.1.5.1 La capacidad nominal de resistencia a cortocircuitos de un tablero CFD no debe ser mayor que la capacidad de resistencia a cortocircuitos de cualquier de sus componentes. Su valor se expresa en kiloampere (KA) simétricos RMS.

Excepción: se permite asignar una capacidad de resistencia a cortocircuitos mayor a un tablero CFD en los casos cuando los interruptores automáticos son combinados en cascada, con las condiciones de que:

- Su diseño permita esta aplicación. (Barraje)
- La capacidad mayor de la combinación presentada esté comprobada con ensayos por el fabricante de los interruptores.

5.1.5.2 La capacidad nominal de la resistencia a cortocircuitos de un tablero CFD debe ser asignada por uno de los valores siguientes: 10, 14, 18, 22, 25, 35, 42, 50, 65, 85, 100, 125, 150 y 200 kiloampere (KA) simétricos RMS, siempre con la aplicación de la tensión correspondiente (120, 240, 480 o 600 V). En casos de tensiones especiales, el fabricante del equipo debe ser consultado.

5.2 DESIGNACIONES.

Se recomienda que cada tablero CFD sea designado con el sistema de identificación siguiente:

5.2.1 Las primeras tres (03) letras indentifican el tipo de tablero: CFD por Centro de Fuerza y Distribución.

5.2.2 En segundo lugar vienen las letras "CB", acopladas con un guión, que significan "Circuit Breaker" = Interruptor Automático en Caja Moldcada y en Caja Aislada e indican que el tablero será equipado con este tipo de interruptores.

5.2.3 Después de las cinco letras, la primera cifra significa la tensión nominal de diseño del tablero:

- 2 por 240 Volt
- 4 por 480 Volt
- 6 por 600 Volt.

5.2.4 La segunda cifra indica el número de conductores (hilos) del sistema.

- 2 por 1 fase / 2 hilos de 120 V c.a. o 125 V c.d.
- 3 por 1 fase / 3 hilos o 3 fases/ 3 hilos en c.a. y 1 fase / 3 hilos en c.d.
- 4 por 3 fases / 4 hilos en c.a.

5.2.5 Las próximas dos cifras, o sea: la tercera y la cuarta, indican el número de circuitos ramales.

Nota: No existen limitaciones ni de la cantidad ni de los tamaños de los circuitos ramales en los tableros CFD, sin embargo el espacio físico disponible en una celda (o en varias celdas adyacentes acopladas) establece ciertas limitaciones.

5.2.6 La (o las) letra (s) que sigue (n), indica (n) si el tablero tiene un interruptor principal (designación "AB") o no; en este caso se prevén terminales (lugs) para la alimentación (designación "L").

5.2.7 Las siguientes 3 o 4 cifras indican la capacidad del interruptor principal, si hay, o la capacidad de corriente de las barras principales verticales.

5.2.8 Ejemplos de la designación e identificación de un tablero CFD:

5.2.8.1 Un tablero designado con el código **CFD-CB6336AB2000** significa:

CFD	CB	6	3	36	AB	2000
Se trata de un tablero CFD.						
Equipado con interruptores automáticos.						
De 600 Volt						
De 3 fases / 3 hilos						
De 36 circuitos ramales						
Con un interruptor principal						
De 2000 A						

5.2.8.2 Un tablero designado con el código

CFD-CB2460L1200 significa:

CFD	CB	2	4	60	L	1200
Se trata de un tablero CFD.						
Equipado con interruptores automáticos.						
De 240 Volt						
De 3 fases / 4 hilos						
De 60 circuitos ramales						
Sin interruptor principal						
Con las barras verticales de 1200 A						

Nota: La utilización de este sistema de identificación no es un requisito sino una recomendación; el fabricante puede usar cualquier otra codificación o limitarse a usar "CFD - CB" solamente, según su criterio propio.

6. REQUISITOS.

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 Un tablero CFD debe ser de diseño normalizado, uniforme en su ejecución y bien acabado en todos sus detalles según las mejores costumbres del arte, para ser montado en una celda, caja o gabinete autosoportante, sobre el piso o sobre un pedestal o base previsto para tal fin. Una celda, caja o gabinete puede contener uno o varios tableros CFD, así mismo varias celdas, cajas o

gabinetes conteniendo tableros CFD pueden ser combinadas en un conjunto. Las composiciones típicas de diferentes tableros, celdas y secciones CFD se indican en las figuras 1 y 2.

6.1.2 Un tablero CFD debe ser completo al salir de la fábrica, sin embargo se permite la instalación de interruptores, principal y secundarios, posterior o independiente del despacho del tablero, si el barraje correspondiente se encuentra previamente montado y si no se requiere la utilización de herramientas especiales.

6.1.3 Al ser despachado un tablero CFD sin los interruptores instalados y con los extremos de las barras sueltos, estas puntas deben estar aseguradas para evitar que causen daños a si mismo o al tablero. En el caso de que el extremo suelto corresponda a la carga (salida), se deben asegurar las puntas con piezas aislantes adecuadas o cubrirlas con cinta aislante. Este mismo procedimiento debe ser aplicado a circuitos ramales de reserva no equipada. Si se requiere una barrera aislante para separar los circuitos de salida, esta tiene que ser montada junto con el barraje ramal a que pertenece, en forma permanente.

6.1.4 Si en un espacio disponible dentro de un tablero CFD es posible instalar uno o varios interruptores ramales no previstos en el diseño, las barras principales no deben tener perforaciones, pero si las tiene, estas deben ser taponadas con tornillos o remaches para evitar la instalación de equipos adicionales en esta sección. Una tapa aislante ciega sobre las perforaciones no permitidas en vez de taponarlas no es aceptable.

6.1.5 Un borde, una arista, una esquina, una abertura, un bastidor, un protector, un botón, una manivela o cualquier parte mecánica debe ser lisa y redondeada y no afilada, para no constituir riesgo de daño o lesión al personal durante el uso y/o mantenimiento del equipo.

6.1.6 La envolvente de un tablero puede ser equipada en fábrica con soportes para barras principales horizontales y de los neutros provenientes de, o previstas para la extensión de secciones CFD ubicadas en celdas adyacentes.

6.1.7 Si una envolvente contiene una o varias secciones de tableros CFD, se considera que las barras principales verticales forman parte de cada sección y deben ser soportadas independientemente.

6.2 GRADOS DE PROTECCIÓN

6.2.1 Los grados de protección de las envolventes de los tableros CFD deben cumplir con lo establecido en las normas COVENIN 540, 3398 y 3399.

6.2.2 La ejecución básica de los tableros CFD corresponde a la designación IP31 / AII nO, o sea:

- Protegida contra el acceso con una herramienta y contra la penetración de objetos extraños mayores de 2,5 mm Ø.
- Protegida contra gotas de agua de caída vertical.
- Deben ser instalados en el interior de una edificación.
- En ambiente natural controlado.
- Con ventilación natural.
- No expuesta a la radiación solar.

6.2.3 Otras ejecuciones, tales como instalación a la intemperie, en ambiente industrial, marino o contaminado, sin ventilación o con ventilación forzada y expuesta a la radiación solar, deben estar disponibles por parte del fabricante.

6.3 ENSAMBLE MECÁNICO

6.3.1 La envolvente (celda o gabinete) y el bastidor de un tablero CFD deben ser construidos para proporcionar suficiente fuerza y rigidez estructural del tablero con el fin de evitar deformaciones bajo condiciones normales de servicio y anormales, como en caso de cortocircuitos. Las cerraduras de las puertas deben garantizar que ellas se mantengan cerradas aún en condiciones extremas, tales como explosión interna o cortocircuito.

6.3.2 Para las uniones de componentes dentro de una envolvente se pueden usar tornillos para metales con o sin tuercas, tornillos autorroscantes, remaches o soldadura. Un tornillo, un remache u otro medio de fijación que no sea soldadura, debe tener un diámetro de por lo menos 50 % mayor que el grosor de la lámina metálica en la que esté fijada. Una lámina metálica en la cual se enrosca un tornillo, debe tener un espesor que permite por lo menos dos hilos de rosca completos, pero este requisito no se aplica a tornillos para metales pasantes con tuercas.

6.3.3 Se permite el uso de tuercas empotradas para fijar el marco al bastidor, el bastidor al fondo de la caja o gabinete y los interruptores al bastidor, sí:

- La tuerca empotrada consiste en un metal difícilmente corrosible (por ejemplo latón) o si es de acero, está debidamente protegida contra corrosión

por medio de zincado, galvanizado, cadmeado o equivalente.

- Si la rosca no cede al aplicarle un torque de 110 % sobre el par de ajuste especificada en la tabla N° 2.

6.3.4 También es aceptable resaltar (repujar) una perforación en la lámina metálica para crear el grosor requerido para los dos hilos de rosca (ver 6.3.2.), a condición que el grosor del metal original no sea menor que el paso de la rosca.

6.3.5 Salvo indicado en otra forma, un componente eléctrico debe ser firmemente montado y asegurado que no se gire.

6.4 ENVOLVENTES

6.4.1 La envolvente (celda o gabinete) de un tablero CFD debe ser cerrada por el frente, atrás, arriba y por los lados, aunque estos últimos, uno o ambos, pueden ser omitidos, si la celda o gabinete forma parte de un conjunto de tableros. No es requerido separar las celdas CFD adyacentes por medio de tabiques laterales.

6.4.2 Una celda o sección CFD debe ser construida para no dejar expuesto ningún componente energizado no aislado al ser operado desde el frente del tablero, durante maniobras convencionales. No debe existir ninguna abertura innecesaria en el frente del tablero. La abertura alrededor de un interruptor automático no debe ser mayor que la indispensablemente requerida para la fabricación y ensamble del conjunto. Los accionamientos de los interruptores pueden estar a la vista u ocultos detrás de la puerta.

6.4.3 Una envolvente o un bastidor de CFD puede ser fabricado de acero, bronce, cobre, aluminio o de otro material que resulte aprobado después de ensayos que comprueban su resistencia y rigidez equivalente.

6.4.4 Todas las bisagras y cerraduras deben ser resistentes a la corrosión.

6.4.5 No deben ser utilizados metales en combinaciones en las cuales la acción galvánica puede causar efectos adversos sobre cualquier parte del tablero.

6.4.6 La envolvente de un tablero CFD debe ser fabricada de láminas metálicas del espesor indicado en la tabla N° 3 para acero según Norma Venezolana COVENIN 364 y en la Tabla N° 4 para aluminio, bronce o cobre, salvo en aquellos casos cuando al someter un gabinete o una caja sin estructura a los ensayos de compresión y de flexión,

descritos en los numerales 8.7 y 8.8 de esta norma, las resiste satisfactoriamente. En ningún caso las láminas pueden ser menores 1,35 mm (0,053 pulgadas) en acero y 1,91 mm (0,075 pulgada) en aluminio, bronce o cobre.

6.4.7 La estructura de una envolvente (celda o gabinete) y de un bastidor CFD debe ser construida de láminas formadas, de ángulos o de canales metálicos. Una estructura debe tener básicamente las mismas dimensiones que las superficies exteriores de las envolventes, así mismo debe ser firmemente ensamblada y rígida.

6.4.8 Referentes a los numerales 6.4.6 y 6.4.7, se considera que un tablero CFD no tiene estructura en los casos cuando está:

- Formada de una sola lámina, con dobleces y flanges.
- Formada de una sola lámina corrugada o acanalada.
- Formada o fabricada de láminas metálicas simples, sin refuerzos, aunque utilizando soldaduras.

6.4.9 Referente a las tablas N° 3 y 4, una puerta o una tapa frontal, lateral y posterior o un techo de una celda o gabinete con estructura, puede ser de espesor menor que lo indicado en las tablas N° 3 y 4, pero no menor de 1,35 mm (0,053 pulgada) en acero y 1,91mm (0,075 pulgada) en aluminio, bronce o cobre, siempre y cuando:

- La puerta, tapa o panel mantiene la misma resistencia, rigidez y forma cuando está abierta o desmontada.
- Su construcción cumple con las condiciones del ensayo de flexión, descrito en 8.8 de esta norma.

6.4.10 Si una puerta o tapa cubre aberturas pequeñas solamente, tales como las previstas para cerraduras y enclavamientos, la lámina de acero puede tener un espesor de 0,81 mm (0,032 pulgada) ó 1.27 mm (0,050 pulgada) si la lámina es de aluminio, bronce o cobre.

6.4.11 Si dos o más tapas cubren una sola abertura, el espesor de estas tapas debe ser lo mismo que lo especificado para una sola tapa en la modalidad de gabinete sin estructura.

6.4.12 Cuando se forman ángulos o esquinas de láminas, estas no deben presentar rajaduras o fracturas. Un pequeño desperfecto superficial no es evidencia de fractura.

6.4.13 Una tapa de frente muerto fabricada de láminas de acero, debe tener un espesor no menor de 0,81 mm (0,032 pulgada) y debe ser soportada independientemente del

apoyo que puedan proporcionar los interruptores a ser instalados en el campo.

6.4.14 El diseño de una tapa de frente muerto o de una tapa removible y del paral a que esta tapa estará montada, debe ser tal, que reduzca al mínimo el riesgo de que la tapa se caiga hacia atrás, haciendo contacto o dañe el aislamiento de las partes energizadas dentro de la envolvente. Se considera que se cumple con este requisito, si la pantalla o tapa puede ser movida en principio solamente hacia delante.

6.4.15 Un componente eléctrico debe ser montado independientemente de puertas o tapas removibles, sin embargo la instalación de instrumentos, relés, selectores, luces pilotos o pulsadores está permitida en una puerta abisagrada, si cumplen con los siguientes requisitos:

- Los cables usados para la conexión de los equipos eléctricos deben ser de cobre, no mayores de 6 AWG (13,3 mm²), de construcción flexible y con aislamiento para 600 V.
- Los cables deben ser acomodados, fijados y adecuadamente asegurados en tal forma, que no se dañen con la flexión ocasionada por el abrir y cerrar de la puerta.
- La puerta debe ser colocada enfrente de secciones de barras, espacios para cableado, regletas de terminales o similares, los cuales no necesitan acceso frecuente para mantenimiento, reparación o reemplazo.
- La puerta debe tener medios para cerrarla, así mismo, otros medios para mantenerla en la posición abierta mientras se efectúan trabajos en el interior de la celda.
- Todas las partes vivas expuestas mayores de 42,4 V pico, deben ser protegidas contra contactos accidentales por medio de cubiertas o barreras metálicas o de material aislante o por enclavamientos que impiden abrir la puerta con los equipos energizados.

6.4.16 Visores.

Aberturas para observar equipos el interior de una celda o gabinete CFD deben ser cubiertas por vidrio de seguridad (laminado) o plexiglás transparente de grosor suficiente para asegurar una resistencia adecuada contra los efectos de una explosión interna eventual. El vidrio o lámina transparente debe ser fijado por medio de una empacadura de neoprene u otro material equivalente, para evitar

posibles desplazamientos. El espesor del vidrio no debe ser en ningún caso menor de 1,4 mm (0,055 pulgada) en cualquier abertura no mayor de 102 mm (4 pulgadas) y de 2,9 mm (0,115 pulgada) para vidrios hasta 305 mm (12 pulgadas). Un visor de una medida mayor de 305 mm (12 pulgadas) debe cumplir con el ensayo de impacto y presión, descrito en el numeral 8.9 de esta norma.

6.5 Ventilación

6.5.1 Un tablero CFD puede ser suministrado con o sin ventilación, según los requisitos de enfriamiento de sus componentes eléctricos.

6.5.2 Una abertura para ventilación en un tablero CFD debe ser formada, ubicada y protegida por medio de barreras de tal modo, que impida:

- La emisión de llama o metal fundido debido a la operación de un interruptor o un fusible, y
- El acceso a una parte energizada no aislada con los límites establecidos en los próximos numerales.

6.5.2.1 El uso de una barrera puede ser omitido, si:

- Se comprueba con documentación o con ensayos que no se producen ni llamas ni emisión de metales fundidos en los equipos de corte y protección cuando operan bajo condiciones excepcionales, como cortocircuitos.
- La abertura de ventilación se encuentra al menos de 305 mm (12 pulgadas) del equipo que puede producir un arco.
- La abertura se encuentra al menos de 102 mm (4 pulgadas) de cualquier parte energizada no aislada de un equipo que no puede producir arcos o si se trata de un circuito del neutro.

6.5.3 La barrera de protección mencionada en el numeral 6.5.2. puede ser de metal o de material aislante; debe ser dimensionada y ubicada en tal modo que una línea recta trazada desde cualquier parte energizada a través del borde de la barrera corte al borde de la abertura al menos de 6,34 mm ($\frac{1}{4}$ de pulgada) de distancia. Ejecuciones típicas cumpliendo con el requisito anterior están indicadas en la figura N° 4.

6.5.3.1 Una barrera metálica debe ser fabricada de lámina de acero de espesor mínimo de 1,35 mm (0,053 pulgada) o de otro metal de resistencia equivalente.

6.5.3.2 Una barrera de material aislante debe ser fabricada de un material conforme al capítulo 6.8. de esta norma y de un grosor que garantiza la resistencia equivalente de una lámina de acero de 1,35 mm (0,053 pulgada), así mismo debe ser soportada adecuadamente.

6.5.4 Una abertura de ventilación en la envolvente o en la tapa de frente muerto, sea una perforación, una ranura, un louver o una abertura mayor protegida por tela metálica, malla expandida o una tapa perforada, debe proporcionar un grado de protección no menor de IP-20 según la norma COVENIN 540.

6.5.5 Un louver no debe ser más largo que 305 mm (12 pulgadas).

6.5.6 El área total de todas las aberturas para ventilación cortadas o formadas en una pieza de metal no debe exceder al 25 % del área de la pieza en el cual están ubicadas las aberturas.

Excepción: La limitación al 25 % del área se puede exceder si se emplean refuerzos para no debilitar la estructura de la envolvente o de la pieza.

6.5.7 El área de cualquier abertura para ventilación no debe exceder 0,129 m² (200 pulgadas cuadradas), si la barrera de protección de la abertura está formada de material de espesor menor que el metal original. Una barrera de protección formada de lámina de acero de un grosor de 1,52 mm (0,06 pulgada) o menor de 1,91 mm (0,075 pulgada) de lámina de aluminio, cobre o bronce o de tela metálica consistente de alambres de 14 AWG (2,08 mm) o menores, no debe ser usada para cubrir una abertura mayor de 0,0516 m² (80 pulgadas cuadradas).

6.5.8 Una abertura de ventilación en el techo de una envolvente debe ser cubierta de una capucha o caperuza o debe ser protegida internamente por una bandeja ubicada en tal forma que impida la caída de objetos y partículas extrañas dentro de la envolvente.

6.6 PUERTAS Y TAPAS EXTERIORES

6.6.1 Una puerta, una tapa o una cobertura debe ser provisto de medios que la aseguran firmemente en su lugar de montaje.

6.6.2 Si una puerta o tapa abisagrada da entrada a cables u otras piezas energizadas no aisladas, esta debe ser cerrada por medio de uno o varios tornillos captivos y puede contener, además, varillaje de cerradura, así mismo debe tener medios para asegurar que la tapa o puerta nunca llegue a tocar las partes energizadas.

6.6.3 Una tapa metálica prevista para ser abierta con el fin de inspeccionar el interior de la celda o gabinete, no debe ser mayor de 1,12 m² (12 pies cuadrados) y no debe pesar más de 27 kgs. (60 libras), a menos que tenga asas o bisagras.

6.6.4 Una puerta o una tapa exterior debe cerrarse sobre una solapa de 6,35 mm (¹/₄ de pulgada) según ilustrado en la figura N° 5, o tener un flange por todos los lados, con excepción cuando se usa una empacadura en vez de la solapa. La calidad de la empacadura debe ser comprobablemente apta para su aplicación específica, tomando en cuenta su resistencia al envejecimiento, al calor, al frío, a la deformación bajo las condiciones de uso y de los medios de fijación utilizados.

6.6.5 Una cinta de acero usada para formar una solapa no debe tener un espesor menor que el 60 % del espesor de la lámina a la que está fijada y debe ser asegurada al menos en dos puntos con 38,1 mm (1,5 pulgadas) desde cada extremo y con no más 152 mm (6 pulgadas) entre los puntos de fijación intermedios. No se requiere solapa detrás de una bisagra del tipo de piano.

6.6.6 Una tapa removible debe ser asegurada por lo menos con 4 tornillos de fijación. Una fijación debe ser ubicada al menos de 152 mm (6 pulgadas) de cada una de las cuatro esquinas y la distancia entre las fijaciones intermedias no debe sobrepasar los 610 mm (24 pulgadas) a lo largo de los dos lados verticales.

Excepción N° 1: Un panel o una tapa de dimensiones de 152 mm (6 pulgadas) de alto por 508 mm (20 pulgadas) de ancho o tapas con flanges en los 4 costados de dimensiones menores de 229 mm (9 pulgadas) de alto por 508 mm (20 pulgadas) de ancho o de 152 mm (6 pulgadas) de alto por 914 mm (36 pulgadas) de ancho pueden ser fijadas con dos (2) tornillos colocados en los dos lados opósitos. Los tornillos no tienen que ser obligatoriamente en el centro de los lados si la construcción es tal, que mantiene la tapa frontal contra el flange de la sección adyacente.

Excepción N° 2: Una tapa removible mayor de 610 mm (24 pulgadas) en cualquier lado, construida con flanges no menores de 12,7 mm (¹/₂ pulgada), puede tener las fijaciones entre 914 mm (36 pulgadas) y no más de 254 mm (10 pulgadas) desde las esquinas, si el tornillo de fijación es igual o mayor de 6,35 mm (¹/₄ de pulgada).

6.6.7 Los tornillos de fijación directos de las grapas o de las bisagras no deben ser menores de 4,0 mm (5/32 pulgadas) para tapas o paneles de 0,2325 m² (360 pulgadas cuadradas) o menores y de 4,8 mm (3/16 de pulgadas) para tapas o paneles de tamaños mayores.

6.6.8 La bisagra de pistón de una puerta o de tapa abisagrada debe ser de metal y debe cumplir su función sin deformación. Cada hoja de una bisagra debe ser fijada por lo menos con dos (2) puntos tanto a la estructura como a la puerta o tapa, con excepción como lo indicado en el 6.6.10. de esta norma. Cada puerta o tapa abisagrada debe tener por lo menos dos (2) bisagras.

6.6.9 El diámetro del pasador de una bisagra de pistón no debe ser menor de 4,0 mm (5/32 de pulgada) si es de latón o aluminio, no menor de 3,15 mm (¹/₈ de pulgada) si es de acero, para una puerta o tapa abisagrada no mayor de 0,2322 m² (360 pulgadas cuadradas) y no menor de 4,8 mm (3/16 de pulgada) para puertas o tapas de superficie mayor. La bisagra de una puerta o tapa abisagrada debe soportar la carga correspondiente a cuatro (4) veces el peso de la puerta o tapa, pero no menos de 9 kg. (20 libras), sin causar deformación permanente a la bisagra. La carga debe ser aplicada verticalmente hacia abajo por el centro de gravedad de la puerta o tapa.

6.6.10 Si una puerta o tapa abisagrada contiene dos o más bisagras, cada hoja de la bisagra puede ser fijada a la puerta o tapa y a la estructura en un solo punto, si se suministra un soporte adicional, tal como una guía o un flange, para mantener la alineación de la bisagra. Así mismo, una soldadura simple es aceptable para una bisagra no mayor de 645 mm² (1 pulgada cuadrada), con tal de que la bisagra mantiene su posición, aunque la puerta o tapa esté sometida a abusos durante el servicio. Otras formas de fijaciones también pueden ser aceptadas si se asegura su funcionamiento según lo descrito en el 6.6.8. de esta norma.

6.6.11 Las bisagras deben ser espaciadas según lo indicado en la tabla N° 5. Los espacios entre las bisagras deben ser medidos entre sus centros o entre el extremo de una bisagra y el final de la puerta o tapa.

6.6.12 Las bisagras del tipo de piano deben ser continuas a lo largo de la puerta y deben desempeñar sus funciones sin deformación ni permitir pandeo de la misma.

6.6.13 Cada puerta debe ser equipada con cerraduras de lengüeta o con tornillos captivos. Un tornillo captivo debe ser operable con la mano o con una herramienta sencilla; puede ser del tipo de ¹/₄ o de ¹/₂ vuelta o de vueltas múltiples. Una cerradura debe ser suficientemente robusta y apta para el propósito particular y puede tener una lengüeta, dos barras (redondas o planas) o una lengüeta y dos barras.

6.6.14 Una puerta mayor de 1220 mm (48 pulgadas) en su lado abisagrado debe tener una cerradura de dos o tres puntos de cierre operada por una sola manija, dos o más cierres con lengüetas, un cierre de resorte y un cierre con lengüeta o dos o más tornillos captivos.

6.6.15 Un picaporte, una manija u otros medios equivalentes deben ser suministrados para abrir una puerta. Un tornillo captivo u otro tipo de cierre, que es fácilmente operable, es considerado como medio equivalente.

6.7 MEDIOS DE MONTAJE

6.7.1 La envolvente de un tablero CFD debe incluir en el suministro medios de montaje: si es una celda o gabinete, ángulos o pletinas provistos con perforaciones para fijarlas en el piso o si es una caja, pletinas o parales para montaje superficial a una pared.

6.8 MATERIAL DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

6.8.1 Las bases o soportes de material aislante usados para sostener una parte energizada no aislada deben soportar los esfuerzos normales de servicio y los electrodinámicos a los que podrán ser sometidos; deben ser fabricados de material resistente a la combustión o por lo menos autoextingible y no higroscópico. Las propiedades del material aislante deben ser confirmadas con ensayos en un laboratorio autorizado según los numerales 8.3 y 8.5 de esta norma.

6.8.2 La pizarra, la porcelana y la saponita son materiales aceptables para soportar una parte energizada no aislada. Una base de material cerámica no debe ser menor de 12,7 mm (0,5 pulgadas) de espesor.

6.8.3 Con excepción de lo que se indica en el 6.8.4., una cabeza de tornillo, una arandela o una tuerca energizada sobre la parte inferior de una base aislante diseñada para montaje superficial, debe estar avellanada a una distancia de no menos de 3,2 mm (0,125 de pulgada) desde los bordes y debe cubrirse hasta una profundidad de no menos de 3,2 mm (0,125 de pulgada) con un compuesto sellador aislante, termoestable y a prueba de agua.

6.8.4 Si se aseguran confiablemente el tornillo o la tuerca mencionados en el 6.8.3., para evitar que se suelten o giren, mediante empotramiento, una arandela de presión o por otros medios, se les puede aislar de la superficie de montaje usando un material diferente del compuesto sellante o dejando una separación de montaje no inferior a la especificada en la tabla N° 6.

6.9 PARTES CONDUCTORAS DE CORRIENTE

6.9.1 Las partes conductoras de corriente deben ser de cobre según las Normas Venezolanas COVENIN 451,

778 y 788, de aluminio para uso eléctrico, de aleaciones de aluminio o de otro metal que después de investigado resulta apropiado para la aplicación. No es permitido usar hierro, acero y sus aleaciones como conductoras de corriente.

6.9.2 Tornillería de acero galvanizada, cincada y/o cadmeada o de acero inoxidable no menor de 4,8 mm ($\frac{3}{16}$ de pulgada) de diámetro, fabricada según las Normas Venezolanas COVENIN 1313 y/o 1314, debe ser usada para aplicar las presiones requeridas en las conexiones de las barras y de los terminales de cables de material no ferroso. Remaches de material y calibre adecuados también son aceptables para las uniones de barras, así mismo las barras pueden ser preforradas de láminas de cobre, zinc u otros.

6.9.2.1 En las conexiones de barras con tornillos se deben usar una arandela de presión cóncava en un extremo de cada tornillo menor de 8,0 mm ($\frac{5}{16}$ de pulgada) y dos arandelas de presión cóncavas, una en cada extremo, en tornillos de 9,525 mm ($\frac{3}{8}$ de pulgada) y mayores. Una arandela de presión partida (split lock washer) y una arandela plana pueden reemplazar a una arandela de presión cóncava. También es aceptable un tornillo hexagonal con una extensión plana redonda en su cabezal en lugar de una arandela de presión cóncava, si el diámetro de la extensión redonda es por lo menos el 150 % del diámetro del tornillo y si se usa una arandela cóncava en el otro extremo, junto con la tuerca.

6.9.2.2 Cada conexión remachada de partes conductoras de corriente debe tener una arandela de presión cóncava en un extremo y una arandela plana o de presión cóncava en el otro lado, con excepción en conexiones de barras de cobre menores de 225 A, en las cuales una arandela de presión cóncava en un extremo es aceptable.

6.9.2.3 Una arandela de presión cóncava es un disco de acero inoxidable o de acero endurecido y templado y galvanizado y/o cadmeado, de un diámetro exterior por lo menos 150 % del diámetro del tornillo, de espesor no menor de una octava parte del diámetro del tornillo o remache y con un arqueado mayor de 3,5 % del diámetro del tornillo.

6.9.2.4 Una arandela plana debe tener un espesor de por lo menos una sexta parte del diámetro del tronco del tornillo o del remache y su diámetro exterior debe ser igual o mayor de 150 % del diámetro del tornillo o remache pero en ningún caso menor del diámetro de la arandela cóncava correspondiente.

6.9.2.5 Una arandela de presión partida (split lock-washer) es una arandela formada de una barra cuadrada de acero templado en forma de anillo, con las puntas abiertas y desplazadas en el plano del eje del anillo, para permitir

cierto aplanamiento al aplicar la presión, o sea, al apretarla.

6.9.3 Todas las conexiones de las barras principales y ramales deben ser plateadas, estañadas, niqueladas o cadmizadas, con excepción de las conexiones soldadas y cuando la corriente en las conexiones de barras de cobre es menor de 600 A. Para las conexiones de barras de aluminio otros métodos de recubrimiento pueden ser aceptables, si se cumplen satisfactoriamente con los ensayos de temperatura, 8.1 de esta norma, y garantizan la adherencia y la resistencia contra la corrosión ambiental, considerando la conductividad y el envejecimiento térmico de los materiales involucrados.

6.9.4 Las barras principales, secundarias y del neutro deben ser fijadas confiablemente para evitar que se aflojen por vibraciones o que viren de su posición original acercando peligrosamente una a otra. Las barras deben ser suficientemente resistentes como para soportar los esfuerzos electrodinámicos y térmicos ordinarios del servicio normal y extraordinarios de eventuales cortocircuitos.

6.9.4.1 Tanto las barras principales como la del neutro deben ser montadas sobre soportes aislados de diseño y tamaño adecuados. Los materiales aislantes deben corresponder a los requisitos indicados en el 6.8. de esta norma.

6.9.4.2 Una conexión atornillada entre dos barras no debe depender de la resistencia de los soportes aislantes del material polímero y en ningún caso de material termoplástico.

6.9.4.3 Una barra conductora de corriente debe ser firme en su puesto, pero esta firmeza no debe depender de su apoyo sobre un interruptor.

6.9.4.4 Un tablero, en el que las barras ramales pueden montarse en el campo, debe ser entregado completo con los soportes auxiliares instalados en fábrica.

6.9.4.5 La disposición de las fases del barraje principal y de los ramales debe ser A, B y C (o R, S y T), tomada desde el frente hacia la parte posterior, de la parte superior hacia la inferior o de la izquierda hacia la derecha, vista desde el frente del tablero. La fase B (o S) debe tener la tensión más alta respecto a la tierra. Excepción: en un circuito trifásico de 240 V con la fase B (o S) puesta a tierra, la disposición debe ser A y C (R y T) las fases y B (o S) como neutro.

6.9.4.6 Si una barra está unida por medio de un tornillo roscado en otra barra, la parte roscada no debe tener menos que dos hilos (de rosca) completas claramente definidos. Si el tornillo no se extiende por toda la parte

roscada, la primera rosca y el primer hilo (de rosca) deben ser descartados al determinar los números de hilos roscados.

6.9.5 Capacidad de Corriente de las Barras.

6.9.5.1 Las barras principales colectoras horizontales y verticales y secundarias o ramales de un tablero CFD deben cumplir con los requisitos indicados en los numerales 6.9.5.2. y 6.9.5.3. o el tablero completo debe ser sometido a ensayos de aumento de temperatura descrito en 8.1 de esta norma, cumpliendo con los requisitos del numeral 8.1.9 con el fin de comprobar la capacidad de corriente de las barras.

6.9.5.2 La capacidad de carga de las barras se basa en las condiciones siguientes:

- a. La densidad de corriente no debe sobrepasar los 1,55 A / mm² (1000 A / pulgada cuadrada) en barras de cobre desnudas, ni 1,8 A / mm² (1160 A / pulgada cuadrada) en barras de cobre pintadas, .
- b. La densidad de corriente no debe sobrepasar los 1,16 A / mm² (750 A / pulgada cuadrada) en barras de aluminio grado EC desnudas, ni 1,38 A / mm² (890 A / pulgada cuadrada) en barras de aluminio grado EC pintadas o niqueladas. La conductividad del aluminio debe ser al menos 55 % de la especificada en la norma COVENIN 788.
- c. El área de contacto en conexiones recubiertas con plata o estaño entre barras de cobre no debe ser mayor 0,31 A / mm² (200 A / pulgada cuadrada).
- d. El área de contacto en conexiones recubiertas con níquel u otro metal equivalente entre barras de aluminio no debe ser mayor de 0,116 A / mm² (75 A / pulgada cuadrada).

Nota: En la determinación del área de contacto no se toman en cuenta ni aumentos ni disminuciones por las áreas de los tornillos o remaches utilizados.

6.9.5.3 Las barras de cobre hasta máximo de 800 A y las barras de aluminio hasta 400 A pueden ser seleccionadas según la tabla N° 7, a condición de que sus conexiones siempre están recubiertas con plata, estaño, níquel o cadmio. Se permite el uso de barras de otras dimensiones, si la sección total del metal es igual o mayor que la indicada en la tabla N° 7 y si su rigidez mecánica es equivalente.

6.9.5.4 La sección total de una barra puede ser reducida por no más del 5 % debido a la redondez, forma o tolerancias.

6.9.5.5 Parte de una barra puede ser removida para perforaciones y/o ranuras necesarias para su conexión, provisto que el material remanente en cualquier sección transversal a lo largo de la barra tenga al menos 70 % de la capacidad de conexión requerida y el metal remanente en 152,4 mm (6 pulgadas) de barra sea al menos el 93 % del metal de una barra que tenga la capacidad de conducción completa. Ejemplos:

Una barra de 25,4 mm (1 pulgada) de ancho puede tener perforaciones de 7,1 mm ($\frac{9}{32}$ de pulgada) de diámetro a cada 25,4 mm (1 pulgada) o una barra de 101,6 mm (4 pulgadas) de ancho puede tener ranuras de 10,4 x 80,9 mm ($\frac{13}{32}$ de pulgada x 3,2 pulgadas) en cada porción de 152,4 mm (6 pulgadas).

Excepción: Se pueden aceptar barras con más material removido, si se comprueba con ensayos que:

- El aumento de temperatura de las piezas con más perforaciones no es mayor que de las piezas equivalentes sin perforaciones.
- No se reduce la rigidez mecánica del barraje.
- Las ranuras y perforaciones no son mayores de 230 mm² (0,36 pulgada cuadrada) de sección cada uno, correspondiente a 11,1 x 20,7 mm (0,438 x 0,813 pulgada) si es una ranura y 17,0 mm (0,67 pulgada) de diámetro, si es una perforación circular.

6.9.5.6 Las limitaciones sobre la capacidad de corriente no se aplicarán:

- a. A una barra o pieza que forme parte integrante de un interruptor.
- b. A la parte de la barra adyacente a un interruptor que ha sido entallado para hacer su conexión, porque el terminal del interruptor es de tamaño menor, o porque existen barreras físicas. Dicha reducción de sección de la barra solo será admisible a una distancia máxima de 25,4 mm (1 pulgada), después que dicha barra sale del interruptor.
- c. A un terminal, si toda la superficie útil del mismo se encuentra en contacto con la barra y el terminal, es encontrado apto para la carga que se pretende. Se considera que la superficie útil de un terminal corresponde al área resultante de colocar dos terminales iguales espalda a espalda y con sus ejes mayores a 90° y 180° entre ellos, tomando en cuenta la superficie común menor.

d. A la conexión de una barra al terminal de un interruptor, si al área de contacto en el punto en el cual la barra se une al terminal es:

- El área de contacto total disponible en el interruptor.
- No menor que la superficie de contacto entre el terminal y el conector de los cables a presión o atornillable, suministrado normalmente con la unidad.

6.9.5.7 La barra o el conductor que alimenta a un interruptor automático con unidad de disparo no intercambiable y no ajustable, debe tener la capacidad de corriente no menor que la corriente nominal del interruptor, pero en ningún caso menor de 20 A.

6.9.5.8 La barra o el conductor que alimenta a un interruptor automático con unidad de disparo intercambiable o ajustable no debe tener la capacidad menor que la corriente nominal de la unidad de disparo de dicho interruptor, pero en ningún caso menor de 20 A.

6.9.5.9 Si un tablero CFD contiene dos o más secciones, la capacidad de carga de las barras de la segunda sección puede ser reducida, si:

- La sección está marcada con una capacidad de corriente única, la capacidad combinada de las dos o más barras no debe ser menor que de la sección única indicada.
- La sección está marcada con dos capacidades de corriente, la capacidad de cada una de las dos secciones no debe ser menor que la indicada en cada sección.

6.9.5.10 La capacidad de corriente de las barras o conductores de un ramal, sección o alimentador suministrando corriente a más de un aparato de protección contra sobrecorrientes, no debe ser menor que el porcentaje de la suma de las capacidades de cada equipo instalado, según la tabla N° 8 sección A. La capacidad de los dispositivos de protección contra sobrecorriente debe ser calculada según la capacidad requerida de los ramales, de acuerdo con los numerales 6.9.5.7 y 6.9.5.8. de esta norma. La suma total de la carga debe incluir la carga de los espacios de reserva aplicando el factor de multiplicación indicado en la sección B de la tabla N° 8.

Excepción: En un tablero CFD previsto para un fin específico, donde la carga es conocida, las barras

principales pueden tener una capacidad menor que la requerida en los numerales anteriores.

6.9.6 Instalación y Soportes del Barraje

6.9.6.1 Todo el barraje de un tablero CFD debe ser soportado en forma independiente a cualquier aparato a que esté conectado (por ejemplo, un interruptor), pero puede apoyarse sobre aparatos de montaje fijo, los cuales no dependen del barraje para su propio soporte.

6.9.6.2 Si se cuenta con el recubrimiento de polímeros sobre un soporte metálico para el barraje como aislamiento, el soporte debe ser marcado "aislador de núcleo metálico" y debe ser provisto con suplementos para evitar que los tornillos dañen el aislamiento polimérico.

6.9.6.3 Una barra u otra pieza energizada no aislada, con excepción de terminales de cables a presión, debe ser asegurada en forma de que no se afloje por vibraciones, ni que se gire o cambie su posición, si esto resultaría en la reducción por la mitad de los valores indicados en la tabla Nº 6. Una barra soportada por uno o varios aisladores, los cuales deben ser removidos al instalar interruptores ramales, debe ser impedida que se gire y reduzca a la mitad la distancia mínima requerida en la tabla Nº 6 o que resulte en distancias menores de 3,2 mm ($1/8$ pulgada) hasta 250 V y 6,35 mm ($1/4$ de pulgada) entre 251 y 600 Volt.

6.9.6.4 Una barra ramal debe ser asegurada por medios mecánicos para evitar que se gire y forme espacios menores de los especificados en la tabla Nº 6. La fricción pura entre las piezas no es aceptable como medio de evitar el giro o cambio de posición.

El giro o viraje de una barra ramal se puede evitar usando dos tornillos o remaches o previendo rebordes no circulares, muescas, un pasador o cualquier otro medio mecánico equivalente.

Si a pesar de las precauciones se presenta la posibilidad de que una barra ramal acerque a otra o a piezas puestas a tierra, la barra debe ser aislada de una forma permanente.

6.9.6.5 Para determinar la aptitud de un medio aplicado para evitar el giro o viraje de una barra ramal, el o los tornillos y tuercas deben ser aflojados y luego apretados con la mano, sin herramientas; después tratar de mover la barra ramal girándola sobre su eje y si esto no es posible, el medio de fijación utilizado es adecuado para el fin del párrafo anterior.

6.9.6.6 Si un interruptor automático secundario de 600 A o menos puede ser removido desde la parte frontal del tablero, el reemplazo o a la remoción de tal interruptor no debe exponer el riesgo de causar un cortocircuito debido al giro o caída de piezas. Un tornillo, una tuerca o una arandela utilizado para fijar interruptores ramales no presenta riesgo de caer, si es visible y fácil de alcanzar.

6.9.7 Cableado Interno.

6.9.7.1 Un conductor aislado (cable), que forma parte del tablero, debe ser adecuado para su aplicación particular y su capacidad de carga no debe ser menor que la corriente máxima del circuito al que está conectado. Los cables aislados deben ser del tipo indicado en las especificaciones particulares del tablero, para 600 V nominales, fabricados y probados según la norma COVENIN 397. Para los circuitos de potencia se recomienda el uso de cables THW y para los circuitos de control cables de 105 °C, de calibre no menor de 14 AWG. La capacidad de carga de los cables en circuitos de potencia debe corresponder a los valores indicados en la tabla Nº 9, que a la vez se basa en la tabla 310 – 17 del Código Eléctrico Nacional COVENIN 200, considerando cables monopolares al aire libre, tomando como base una temperatura ambiente de 40 °C, con los factores de corrección 0,82, 0,88 y 0,91 para cables de 60 °C, 75 °C y 90 °C, respectivamente.

6.9.7.2 Los cables dentro de la envolvente deben ser ubicados y protegidos, si es necesario, de tal forma, que eviten contacto con cualquier esquina o borde cortante, aleta, piezas móviles y algo similar, que pueda dañar su aislamiento. El doblamiento, la formación y la instalación de un conductor no debe resultar en requetramiento o agrietamiento del aislamiento.

6.9.7.3 Se debe evitar que el cableado interno y el proveniente del exterior acerquen más de 76,2 mm (3 pulgadas) a partes energizadas no aisladas y a los equipos eléctricos dentro de la envolvente, salvo las conexiones a las bornes o terminales correspondientes. El cableado puede acercarse hasta 6,35 mm ($1/4$ de pulgada) a la caja de un transformador, balastro u otro dispositivo eléctrico similar encapsulado.

6.9.7.4 Si los conductores de un circuito de corriente alterna pasan por una abertura en una lámina magnetizable, todos los cables del circuito, las fases y el neutro, deben pasar por la misma abertura. No es obligatorio cumplir con este requisito, si se interrumpe la continuidad del circuito magnético por medio de ranuras o si los conductores se encuentran montados en divisiones aislantes, por ejemplo pasamuros multiconductores, a

condición de que no haya piezas metálicas entre las fases. Esto mismo es aplicable a conductores múltiples mayores de calibre 1/0 AWG (53,5 mm²), si se las arreglan en forma equitativa, o sea: si cada uno de los cables de una fase es de la misma sección, material, aislamiento y longitud y es terminado en la misma manera, usando los mismos tipos de conectores o terminales. Si los cables múltiples pasan por una abertura en una lámina de metal magnetizable, los conductores deben ser acomodados en grupos, con las fases mezcladas.

Ejemplo: R+ S+T+N / R+ S+T+N / R+ S+T+N, y nunca 3xR + 3xS + 3xT + 3xN.

6.9.7.5 Los conductores de aluminio, aislados o no, usados para interconexiones entre partes energizadas dentro de un tablero CFD, deben ser terminados en cada extremo por un método adecuado, tomando en consideración las posibles reacciones electroquímicas, los cuales pueden causar corrosión y consecuente recalentamiento indebido de las juntas.

6.9.8 Barras de Neutro

6.9.8.1 El suministro y la capacidad de carga de la barra de neutro de un tablero CFD dependen del diseño eléctrico del sistema, no obstante para circuitos trifásicos de 4 hilos y monofásicos de 3 hilos siempre hay que prever una barra de neutro con las mismas características que las barras de las fases, pero no menor de 200 A.

6.9.8.2 La barra de neutro debe ser montada sobre aisladores, cuyo material debe corresponder al 6.8. de esta norma.

6.9.8.3 Si la capacidad de carga de la barra de neutro difiere de la capacidad de carga de las barras de las fases, esto debe ser indicado en la placa de características del tablero.

6.10. Terminales de Alambrado

6.10.1 En todos los tableros el fabricante debe proveer terminales, tales como un conector de cable atornillable o a presión o simplemente un tornillo de sujeción, para la conexión de cada conductor a instalarse en la obra, según las capacidades de carga indicadas en la tabla N° 10. Los terminales deben ser del mismo tipo como el usado durante los ensayos de cortocircuito.

6.10.2 Una celda de un tablero CFD, que tiene en la envolvente una abertura rectangular hacia las celdas o secciones adyacentes, está considerada para conexiones de

barra a barra, por lo tanto no debe tener terminales de alambrado, igual que la celda que prevén la entrada o salida de ductos de barras en vez de cables.

6.10.3 Un tornillo de sujeción es aceptable solamente para conectar un solo conductor no mayor del calibre N° 10 AWG (5,26 mm²).

6.10.3.1 El tornillo de sujeción no debe ser menor de $\frac{3}{16}$ de pulgada (4,8 mm) o N° 10 roscafina, con 32 hilos por pulgada (25,4 mm) y debidamente protegido contra la corrosión.

6.10.3.2 El terminal usado con un tornillo de sujeción debe tener una arandela de presión cóncava o su equivalente para retener un conductor sólido de AWG N° 14 (2,08 mm²), aunque el tornillo o la tuerca se aflojan ligeramente.

6.10.3.3 El diseño de un tornillo de sujeción es aquel, en el cual se intenta rodear al tornillo con el cable por lo menos en $\frac{3}{4}$ partes, sin solapar.

6.10.3.4 Un tornillo de sujeción debe ser enroscado en la barra.

6.10.3.5 La barra que contiene los tornillos de sujeción debe tener un espesor no menor de 0,76 mm (0,030 pulgadas), para aceptar dos o más roscas completas. Si es necesario, las perforaciones pueden ser repujadas.

6.10.4 Un terminal atornillable o de presión usado para conductores de aluminio instalados en fábrica o en el campo, debe ser adecuado para uso con aluminio, tomando en cuenta las condiciones de servicio, tal como la temperatura y el ciclo de calor.

6.10.5 El torque a aplicar a un terminal de alambrado debe ser especificado por el fabricante del tablero o del dispositivo eléctrico y marcado cerca de su ubicación, según la tabla N° 17 de esta norma.

6.10.6 El conector de cables atornillable a presión debe ser firmemente asegurado a una barra colectora y se evitará que se gire, para no reducir los espacios por debajo de los valores requeridos, usando una sujeción segura, tal como un reborde o saliente. Para este propósito no es aceptable el uso de arandelas de presión.

6.10.7 En ciertos tableros los puntos de sujeción de los conductores sobresalen a su soporte, generalmente en cada extremo de las barras colectoras extendidas más allá de sus soportes. Este diseño podrá ser aceptado, si las

barras colectoras que soportan los terminales son suficientemente fuertes y rígidas para evitar la deformación al ser solicitadas mecánicamente al conectarse los conductores.

Se considera que la construcción es suficientemente robusta, si al aplicar una fuerza de 225,5 N (50 libras) a cualquier terminal instalado, la punta de la barra que sujeta al terminal no se desvía más de 6,35 mm ($\frac{1}{4}$ de pulgada) de su posición original.

6.10.8 Un terminal principal o de un circuito ramal debe ser capaz de asegurar el conductor más pequeño, o un grupo de multiconductores de calibre normalizado, que tenga una capacidad de corriente adecuada para la corriente nominal del tablero o del ramal, según lo indicado en la tabla N° 10.

6.10.9 Con referencia al numeral 6.10.1., se asume que la capacidad de corriente de un conductor o conductores que se van a conectar a un terminal de:

- Un interruptor automático que pueda alojar unidades de disparo intercambiables de diferentes capacidades de corriente, es aceptable para el rango de corriente de la unidad de disparo instalada.
- Un interruptor automático con unidades de disparo fijas, de capacidades diferentes, es aceptable para el rango de corriente del interruptor.

6.10.10 La instalación de terminales en el campo no implicará el tener que aflojar o desarmar piezas sino quitar una cubierta u otra pieza para darle acceso a los terminales. Los medios para asegurar un terminal atornillable serán fácilmente accesibles antes y después de la instalación de conductores.

6.10.11 Los requisitos indicados en el 6.10.8. no excluyen el uso de un conector que también acomodará el conductor o conductores de un calibre o calibres diferentes al de los especificados.

6.10.12 Los terminales de los cables de salida, incluyendo las del neutro y de la tierra, deben ser ubicados dentro del tablero en tal forma, que:

- No sea necesario de meter la mano a través o por debajo de barras de fases desnudas para hacer las conexiones.
- Una herramienta no más largo que 254 mm (10 pulgadas) utilizada para apretar las conexiones, no debe tocar a una parte energizada oculta a la persona

quien hace la conexión; este punto debe ser juzgado con los interruptores ramales instalados. Si es necesario hacer las conexiones desde la parte posterior del tablero, esto debe ser indicado en la placa de características.

6.11. MEDIOS DE CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN

6.11.1 Un tablero o una sección CFD debe contener un medio de interrupción principal capaz de conectar y desconectar la carga completa del tablero o de la sección correspondiente, así mismo protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos.

6.11.1.1 El interruptor automático principal puede estar instalado dentro del tablero o fuera de él; en este caso se recomienda un seccionador bajo carga o un interruptor no automático adicional en la entrada del tablero.

6.11.1.2 El interruptor automático principal instalado dentro del tablero, preferiblemente operado por una manija exterior, puede ser un interruptor de potencia en aire, en caja aislada o en caja moldeada, correspondientes a las Normas Venezolanas COVENIN 733 ó 2495.

6.11.2 Ningún equipo eléctrico debe ser conectado aguas arriba del interruptor principal, con excepción de:

- Transformadores de medición de potencial y corriente.
- Derivaciones (shunts) de alta impedancia.
- Dispositivos protectores de sobretensión (pararrayos)
- Circuitos de control del interruptor principal operable a control remoto y que incluye un sistema de protección de falla a tierra.

6.11.3 Un interruptor debe ser colocado y conectado a la línea y a la carga en los terminales que el fabricante ha indicado para este uso. No se admite la inversión de funciones entre estos terminales, salvo cuando el fabricante lo expresa explícitamente la intercambiabilidad de la conexión como una propiedad del interruptor.

6.11.4 Un interruptor debe ser apto para la aplicación particular a que está previsto y debe tener las capacidades de corriente, tensión y resistencia al cortocircuito no menores que la de los circuitos controlados por él.

6.11.5 Los tableros CFD para alimentación múltiple, con o sin interruptores de enlace, deben contener enclavamientos adecuados para impedir el cierre simultáneo de los interruptores principales. Los enclavamientos pueden ser mecánicos, eléctricos o por medio de llaves o la combinación de estos. Un tablero de alimentación múltiple debe ser marcado visiblemente como tal.

6.11.5.1 Si un tablero CFD para alimentación múltiple está diseñado para poder operar en paralelo, o sea: con los dos interruptores principales cerrados simultáneamente, no se requieren los enclavamientos mencionados en el numeral anterior, sino un equipo de sincronización entre los circuitos de alimentación debe ser previsto.

6.11.5.2 En un tablero para alimentación múltiple en paralelo se deben prever medios para detectar la falla de tensión total o de cualquier fase de un alimentador y para desconectarlo automáticamente, si esto sucede, así mismo debe ser impedida su reconexión hasta el restablecimiento de su tensión normal de servicio.

6.11.5.3 Ningún interruptor, automático o no, debe ser usado como interruptor de enlace o de alimentador en circuitos operables en paralelo, si su construcción no lo permite y si no está aprobado para alimentación desde cualquier lado, línea o carga.

6.11.6 Un interruptor automático que controla bobinas, debe ser dimensionado tanto para la corriente de magnetización como para la corriente normal de uso de la bobina.

6.11.7 Se puede instalar un interruptor de transferencia automática en una sección de un tablero CFD si este cumple con las condiciones siguientes:

- Si el equipo de transferencia está ubicado en una sección que tiene por lo menos 150 % del espacio propiamente requerido para tal transferencia.
- Si el circuito de control contiene protección contra sobrecorriente.
- Si la marcación indica que está conectado a un circuito de emergencia.
- Si los terminales de los circuitos de alimentación normal están ubicados en tal forma que no es probable que se confundan con los terminales de los circuitos de emergencia.
- Si solamente la transferencia, sus controles y sus conexiones se encuentran en la sección.

6.11.8 Un interruptor debe ser instalado en tal forma, que el centro de su accionamiento o manija exterior no sea por encima de 2,0 m (6,5 pies) desde la base de la celda o gabinete, a menos que se sabe de antemano, que se instalará una plataforma de acceso elevada; en este caso los 2,0 m (6,5 pies) se miden desde la plataforma. Así mismo, el accionamiento o manija exterior de un interruptor puede ser colocado por encima de los 2,0 m (6,5 pies) de altura, si se suministran medios para disparo manual separados a una altura inferior.

6.11.9 Una manija exterior de operación debe tener la posición "Desconectado"(OFF) positiva y topes para eliminar esfuerzos excesivos del mecanismo. Las posiciones "conectado" o "cerrado"(ON) y "desconectado" o "abierto"(OFF) deben ser claramente marcados, así mismo la posición intermedia, "disparado"(TRIPPED), que debe indicar también el modo de reposición (RESET). Si la manija se encuentra montada en una tapa removible, debe asegurarse que la tapa no puede ser colocada sino en la posición correcta.

6.11.10 Si un interruptor está marcado con su manija exterior con movimiento vertical o rotativo entre las posiciones de "conectado" (ON) y "desconectado" (OFF), la posición "conectado" (ON) debe ser arriba. Este requisito no aplica en caso de interruptores operados horizontalmente por accionamientos rotativos, si las posiciones "conectado" (ON) y "desconectado" (OFF) están en el mismo nivel o si el interruptor tiene dos posiciones "conectado" (ON), como por ejemplo tratándose de un conmutador de tres pasos o de un interruptor de transferencia.

6.11.11 Medios de desconexión del neutro.

6.11.11.1 Una celda o sección de un tablero que tiene una barra de neutro y está prevista para servir como alimentador de otros equipos, debe ser equipada para poder desconectar los conductores de neutro. Esto puede ser incorporado en el interruptor automático principal como cuarto polo o puede ser un puente removible. El medio de desconexión debe ser ubicado en el lado de la carga del terminal del conductor de la tierra principal y del puente principal entre el neutro y la tierra.

Excepción: en un tablero para alimentación múltiple, el medio de desconexión de neutro puede ser instalado en un solo lado, si a la vez desconecta todos los conductores de neutro de salida.

6.11.11.2 En un tablero CFD consistente de varias secciones y que no está previsto como alimentación principal, se deben prever medios, tales como un puente

removible o algo similar, para desconectar el conductor principal (alimentador) de neutro de la barra de neutro del tablero. También puede servir para este fin la remoción del terminal de la barra o el conductor del terminal, si se asegura una distancia de seguridad adecuada.

6.11.11.3 Un puente removible del neutro debe ser ubicado y protegido en tal forma, que no permita contacto accidental con partes energizadas dentro del tablero durante su conexión o desconexión, así mismo, debe ser accesible para su retiro sin la necesidad de aflojar tornillos o tuercas, los cuales aseguran barras.

6.12 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

6.12.1 En los tableros CFD – CB la protección contra sobrecorriente de los circuitos de potencia debe consistir de interruptores automáticos en caja moldeada o, si la capacidad requerida sobrepasa sus límites, por interruptores de potencia en aire o en caja aislada. A cada conductor de fase viva corresponde un polo de un interruptor automático, conectado en serie. En circuitos de corriente directa (c.d.) el protector contra sobrecorriente debe ser apto para ser utilizado en corriente directa. Cada circuito ramal debe ser desconectable individualmente y protegido por un interruptor automático de uno, dos o tres polos.

6.12.2 Se pueden utilizar fusibles como protección contra sobrecorriente solamente en los circuitos auxiliares de control y medición.

6.12.3 No se requiere protección contra sobrecorriente de las conexiones secundarias de transformadores de corriente, de los conductores puestos a tierra en conexión permanente, en circuitos “shunt” (derivación) de alta impedancia, pararrayos, condensadores protectivos de picos y cuando la operación de protección contra sobrecorriente puede causar efectos indeseables en otros equipos.

6.12.4 Si un tablero CFD contiene uno o varios tableros para alumbrado y artefactos, cubiertos por la norma venezolana COVENIN 542, cada tablero debe ser protegido por un interruptor automático en caja moldeada de capacidad adecuada establecida según la norma mencionada.

6.12.4.1 Si se requieren más de 42 circuitos ramales para alumbrado y artefactos en una sección del tablero CFD, dos o más bastidores deben ser instalados, de los cuales ninguno debe sobrepasar los 42 circuitos. Los bastidores individuales deben ser físicamente separados por medio

de barreras firmemente montadas. No se permite el paso de conductores desnudos entre las secciones y las barras de interconexión deben ser aislados por medio de pasamuros instalados en las barreras.

6.12.5 Si una especificación particular requiere pararrayos, estos deben ser conectados entre cada fase y el conductor de tierra, cerca de la alimentación. Los conductores utilizados no deben ser menores del calibre 10 AWG (5,3 mm²), deben ser tan cortos y con tan pocas curvas como posible y tienen que ser llevados separados de otros conductores aislados.

6.12.6 Transformadores

6.12.6.1 En un tablero CFD no se debe montar transformadores o autotransformadores de capacidad mayor de 10 KVA, a menos que, sometiendo la celda a ensayos de temperatura según 8.1 de esta norma, se comprueba, que la temperatura del tablero se mantiene dentro de los límites especificados en la tabla N° 11.

6.12.6.2 Cada transformador dentro del tablero o alimentado desde el tablero CFD debe ser protegido por un interruptor automático en su lado primario, ajustado a no mayor de 125 % de la corriente primaria del transformador. Transformadores de potencial y de mando pueden ser protegidos por medio de fusibles.

6.12.6.3 Un transformador que tiene protección contra sobrecorriente en su conexión secundaria, con rango no mayor de 125 % de la corriente nominal secundaria, no requiere protección individual en la primaria, a condición de que el interruptor automático en el circuito ramal alimentado por el transformador está calibrado para abrir el circuito a una corriente no mayor de 250 % de la corriente primaria del transformador.

6.12.6.4 Un transformador equipado con sensores y protección térmica coordinados en fábrica y prevista para interrumpir la corriente primaria del transformador al alcanzar una temperatura prefijada no requiere protección individual de sobrecorriente, si la protección del circuito ramal está calibrada para máximo seis veces la corriente nominal primaria del transformador.

6.12.6.5 El cableado interno de un transformador debe cumplir con los requisitos del 6.9.7.3. de esta norma.

6.12.6.6 El circuito secundario de un transformador debe ser puesto a tierra, según 6.16.11 de esta norma.

6.13 SEPARACIONES Y DISTANCIAS MÍNIMAS

6.13.1 Generalidades

6.13.1.1 Entre partes energizadas no aisladas de polaridad opuesta y entre cualquier parte energizada no aislada y partes metálicas puestas a tierra, deben mantenerse las separaciones mínimas indicadas en la tabla N° 6, con las excepciones siguientes:

- Una separación mínima de 12,7 mm ($1/2$ pulgada) es aceptable entre la puerta de un tablero y cualquier parte energizada no aislada, si su tensión es igual o menor de 250 V y si la puerta está fabricada de láminas de acero de calibre 14 (1,9 mm) como mínimo.
- Lo indicado en el 6.13.1.4. de esta norma.
- Si una barrera o separador de material aislante está interpuesta en la línea recta entre las partes energizadas no aisladas o entre estas y las partes metálicas puestas a tierra.

6.13.1.2 Al aplicar las separaciones requeridas en la tabla N° 6, se asume que:

- La tensión de una parte energizada, diferente al neutro, con respecto a partes metálicas no vivas conectadas a tierra, es igual que la tensión entre las fases del sistema.
- La tensión del neutro aislado a partes metálicas no vivas conectadas a tierra es igual que la tensión del neutro a una fase cualquiera del sistema.

6.13.1.3 La separación a través de aire o sobre superficie entre partes energizadas no aisladas de la misma polaridad no debe ser menor de 3,2 mm ($1/8$ de pulgada).

6.13.1.4 Los requisitos indicados en el 6.13.1.1. de esta norma no se aplican entre:

- Partes energizadas no aisladas de polaridad opuesta dentro de un componente del tablero, tal como un dispositivo de control industrial, un interruptor operado por reloj, un interruptor automático o algún componente similar.
- Partes energizadas no aisladas y las partes metálicas puestas a tierra de un componente.

- Partes energizadas no aisladas de un componente y la parte metálica del tablero, sobre la cual se monta el componente.

6.13.1.5 Los requisitos indicados en el 6.13.1.1. y 6.13.1.3. de esta norma si se aplican entre:

- Partes energizadas no aisladas en diferentes componentes del tablero.
- Una parte energizada no aislada de un componente y las partes metálicas puestas a tierra del tablero, las cuales no son las superficies de montaje del componente.

6.13.1.6 Las separaciones deben ser medidas con los terminales puestos, primero sin cables y luego con los cables instalados de acuerdo a las cargas estimadas, pero no se deben usar cables menores de calibre N° 12 AWG.

6.13.1.7 Los medios de conexión entre los terminales de cualquier tipo, así mismo entre las barras principales y las barras secundarias ramales deben asegurar que estos no giren, para evitar la reducción de las distancias mínimas de seguridad indicadas en la tabla N° 6. No obstante, un giro hasta 30° puede ser aceptable, si en esta posición todavía se mantienen las separaciones obligatorias.

6.13.2 Barreras y Separadores.

6.13.2.1 Si por cualquier motivo las distancias de seguridad mínima indicadas en la tabla N° 6, no puede ser cumplidas, el uso de barreras o separadores de un material aislante, de acuerdo con el 6.8.1. y 6.8.2. de esta norma, es aceptable, a condición de que:

- Tiene suficiente rigidez mecánica como para resistir a los esfuerzos expuestos por la instalación y operación normal.
- Forma parte integral del tablero y está firmemente instalado en el sitio previsto.
- Ubicado en tal forma, que no interfiera en la operación normal del equipo.
- Tiene un espesor mínimo de 0,71 mm (0,028 pulgada) o resiste satisfactoriamente una prueba dieléctrica de frecuencia industrial de 5000 V durante un segundo, aplicada según 8.5.1 de esta norma.

6.13.3. Cinta Aislante

La aplicación de una o varias capas de una cinta aislante de material termoplástico es aceptable para el aislamiento de partes energizadas a condición que:

- En el punto, donde la distancia de seguridad antes de la aplicación de la cinta es mayor que la mitad de la separación en aire requerida, el espesor total de la cinta aplicada en dos o más capas es por lo menos 0,33 mm (0,013 pulgadas).
- En el punto, donde la distancia de seguridad antes de la aplicación de la cinta es menor que la mitad de la separación en aire requerida, el espesor total de la cinta aplicada en dos o más capas es por lo menos 0,71 mm (0,028 pulgadas).

6.13.4 Mangas Termorreducibles.

Si la separación es menor que la requerida en la tabla N° 6, el uso de mangas termorreducibles para aislar las partes energizadas entre fases y entre una fase cualquiera y partes metálicas puestas a tierra es aceptable, a condición que:

- La manga no está expuesta a compresión, ni a flexión repetida ni a doblamientos agudos.
- Todos los bordes de la barra están bien contorneados y libres de bordes afilados.
- El espesor de la pared, - después de su aplicación, - no es menor de 0,56 mm (0,022 pulgadas) para tubos de 12,7 mm ($1/2$ pulgada) de diámetro, 0,69 mm (0,027 de pulgada) para tubos de 15,9 mm ($5/8$ de pulgada) de diámetro y 0,71 mm (0,028 de pulgada) para tubos de diámetros mayores.
- La clasificación de la temperatura del material empleado no es menor de 105 °C (221 °F).

6.14 ESPACIO PARA EL CABLEADO

6.14.1 Generalidades

6.14.1.1 Debe haber espacio suficiente dentro de la envolvente del tablero para la instalación de conductores de alimentación y de carga de los circuitos, inclusive para tableros con terminales dobles.

6.14.1.2 Para juzgar si un espacio para cableado es adecuado en un tablero CFD, se deben tomar en consideración:

- El calibre, el tipo y el material de los conductores a ser conectados a los terminales de los equipos, según la tabla N° 10 y numerales 6.10.8 y 6.10.9 de esta norma.
- Dar cabida a un número de conductores de material y calibres máximas aplicables al mayor número y capacidad de interruptores automáticos que pueden ser instalados en el tablero. Si un interruptor acepta cables múltiples, esta condición debe ser aplicada.

6.14.1.3 Para el propósito de estos requisitos:

- Se considera que un compartimiento para terminales es un espacio en el cual normalmente se introducirán los conductores solo para la conexión a los terminales.
- Se considera que una canaleta para el cableado es un espacio para acomodar los conductores.

6.14.1.4 Las paredes de los espacios y compartimientos previstos para la acomodación y doblamiento de los cables deben ser lisos y libres de bordes afilados, puntas o similares, para no dañar el aislamiento de los conductores.

6.14.1.5 Un tablero CFD debe tener uno o más canaletas para cableado horizontales (arriba y abajo) y verticales (laterales), así mismo varios compartimientos para terminales, con el fin de evitar contactos entre las partes energizadas y conductores aislados.

6.14.2 Espacios para cables

6.14.2.1 Se deben prever espacios para el doblamiento de cables a instalar en la obra, (fases, neutro y tierra), enfrente de cualquier terminal, abertura y pretroquelado prevista para la entrada de cables, tubos conduit o ductos de barras.

6.14.2.2 Si es probable que un conductor entra o sale en la parte superior, inferior, posterior o lateral del tablero de enfrente a su terminal de conexión, se deben prever espacios para el doblamiento de cables según la tabla N° 12. Se considera probable la entrada o salida de un conductor en un sitio, si enfrente de un terminal existe una abertura o pretroquelado.

Excepción: Si se prevé una barrera separador entre el terminal y la abertura, o si se suministran dibujos con la ruta obligatoria del cableado, se pueden usar espacios para el doblamiento según la tabla N° 13.

6.14.2.3. Si no es probable que un conductor entra y sale de enfrente a su terminal de conexión, sino va a ser conectado en un lugar diferente, se deben prever espacios para el doblamiento de cables según la tabla N° 13.

6.14.2.4. Si no existe una barrera o separación entre dos secciones de un tablero, una tercera parte del espacio para el doblamiento de cables puede caer en la sección adyacente. Si un conductor está restringido por una barrera u otro obstáculo donde sale del terminal, la distancia para el doblamiento debe ser medida desde la barrera u obstáculo.

6.14.2.5. Las distancias mencionadas en los numerales 6.14.2.1., 6.14.2.2. y 6.14.2.3. de esta norma deben ser medidas en línea recta desde el filo del terminal de cable más cercana a la pared en una dirección perpendicular a la pared de la envolvente o barrera. El terminal debe ser girado en tal forma, que el eje de la abertura para la entrada del conductor esté tan cercano a perpendicular hacia la pared como se pudiera asumir sin eliminar cualquier medio utilizado para prevenir el giro del terminal. Una barrera, un costado sobresaliente o algo similar debe ser descartado al tomar la medida, si no reduce el radio a que el cable debe ser doblado. Si un terminal está previsto para cables múltiples, la distancia debe ser medida desde la abertura más cercana a la pared. Si la posición de los conectores para un circuito está fija, - por ejemplo por las paredes de una cavidad, girando uno hacia el otro, la distancia debe ser medida desde la abertura del conector más cercana a la pared en dirección perpendicular a la pared.

6.14.2.6. Un espacio para cableado, en el cual se encuentran uno o más pretroquelados, debe ser suficientemente ancho para acomodar (con respecto a la dobladura) cables de calibre máximo que pueden ser usados en aquel pretroquelado. El ancho mínimo aceptable de un espacio para cableado entrando de un pretroquelado es el mismo que el espacio mínimo aceptable para el doblamiento indicada en la tabla N° 13. En la determinación del ancho disponible de una canaleta de cables no se considera el espacio dentro o inmediatamente por encima del compartimiento para terminales previsto para un conductor de fase.

Excepción: el espacio para cableado puede ser menos ancho, si:

- Los pretroquelados se encuentran en cualquier otro punto, pero cumpliendo con estos requisitos.

- El espacio para cableado por el punto antes mencionado es de tamaño adecuado para acomodar los conductores previstos.

- El o los pretroquelados previstos en los otros puntos mencionados pueden ser utilizados sin inconvenientes para el cableado del interruptor.

6.14.2 Espacios Libres para el Cableado

6.14.3.1. Un espacio libre para el cableado, independiente de cualquier saliente, obstrucción o interferencia de partes móviles de los accionamientos de maniobra, debe cumplir con lo siguiente:

- El ancho o la profundidad no debe ser menor que lo indicado en la tabla N° 14.
- Debe tener un espacio para acomodar el cableado del interruptor correspondiente.
- Su área total no debe ser menor del 25 % de la sección transversal total de la totalidad de los conductores utilizables en aquel espacio.

6.14.3.2. Para determinar si un espacio para cableado cumple con los requisitos del párrafo anterior, debe tenerse en consideración el calibre real de los conductores a utilizar en este espacio, pero también debe ser asumido que no se utilizarán conductores de calibres menores de 12 AWG (3,23 mm²). Al calcular el área de un espacio para cableado, debe ser considerado todo el espacio disponible que puede ser utilizado adecuadamente para conexiones de multiconductores según la tabla N° 14.

6.14.3.3. El espacio mínimo entre el fondo de la envolvente, donde entran los conductores al tablero, y cualquier barra conductora, energizada o no, debe cumplir con las distancias mínimas siguientes:

- Para barraje aislado, sus aisladores u otros salientes: 203 mm (8 pulgadas).
- Para barraje no aislado: 254 mm (10 pulgadas).

6.14.3.4 Un mecanismo de operación y su relación al espacio de cableado debe ser tal, que no cause daños a los conductores, los cuales pueden ser tocados durante una maniobra.

6.14.3.5 La barra de neutro y sus conexiones son partes vivas y se considera que se encuentran en el compartimiento para el cableado, salvo que están

cubiertos o ubicados en tal forma, que otros conductores no pertenecientes al neutro no lleguen a tocarlos.

6.14.4 Tabiques Limitadores Internos.

6.14.4.1 Si un interruptor de potencia se encuentra montado por encima de los interruptores automáticos de salida y en la misma sección vertical (celda), se debe instalar un tabique limitador metálico horizontal entre ellos, con el fin de prevenir la eventual caída de piezas sobre la parte inferior energizada. El tabique debe ser fijo y cubrir cualquier parte energizada, extendiéndose por debajo del interruptor desde la parte frontal hacia el fondo, llegando por debajo de los terminales posteriores y lateralmente de lado a lado entre las columnas de la celda. Cualquier borde del tabique que no está en contacto con la pared del compartimiento, debe tener un pliegue de por lo menos 19.05 mm ($3/4$ de pulgada) hacia arriba. El tabique debe ser fabricado de lámina de acero de espesor no menor de 0.86 mm (0.034 de pulgada), de metal expandida con aberturas no mayores de 1.6 cm² ($1/4$ de pulgada cuadrada) o de lámina de material aislante de espesor no menor de 1.6 mm ($1/16$ de pulgada), eventualmente reforzada.

6.14.4.2 Una abertura para pasar cables en un tabique metálico debe ser formada sin bordes cortantes o debe tener un pasacable (bushing) adecuado, para evitar daños al aislamiento de los cables.

6.14.5 Pasacables (Bushings).

6.14.5.1 Un pasacables empleado para proteger el paso de cables de una sección a otra, debe ser vidrio, porcelana, fibra dura, composición fenólica, de resina epóxica formada en frío o de cualquier otro material equivalente investigado y aceptado para tal fin. Un anillo metálico, teniendo superficie suave y redondeado, donde el cable puede apoyarse, también puede ser usado. Un pasacable de goma, neoprene o shellac moldeado en caliente no es aceptable.

6.14.5.2. Al emplear material aislante para cubrir y proteger partes vivas, la cabeza de un tornillo o de un remache que conecta un puente de un interruptor, debe ser protegida por medio de empotramiento, evitando que sobresalga y exponga contacto no intencional desde el frente del aparato.

6.14.6 Separación de los Circuitos.

6.14.6.1. El cableado de baja tensión de clase 2 y clase 3 o de otro similar, instalado en fábrica o en la obra, debe

ser separado del cableado de otros circuitos ubicados en la misma sección, por medio de canales o barreras, salvo en aquellos casos cuando, no habiendo cableado en la obra, el cableado de clase 2 y 3 esté ubicado en forma segura de no tocar partes energizadas o si el cableado consiste de conductores cuyo aislamiento corresponde al nivel máximo de la tensión posible en la sección.

6.14.6.2. Si circuitos múltiples de clase 2 y clase 3 instalados en fábrica se encuentran en la misma sección con otro cableado, el aislamiento de los cables debe corresponder al nivel de la tensión máxima posible, o el cableado debe ser separado.

6.15 TAPAS DE RESERVA.

6.15.1. Una tapa de reserva es una placa que tiene el propósito de cerrar una abertura que de otro modo sería cerrada por la instalación subsecuente de un interruptor automático u otro dispositivo.

6.15.2 Todas las aberturas previstas para la ubicación de interruptores en campo o a futuro deben ser cubiertas por tapas de reserva.

6.15.3 Una tapa de reserva de acero debe tener un espesor promedio mínimo de 1,42 mm (0,056 pulgadas), salvo que las tapas de reserva cuya dimensión no exceda de 25,4 mm x 76,2 mm (1 pulgada x 3 pulgadas) o están ubicadas detrás de una puerta o de una cubierta; en este caso el espesor promedio puede ser mínimo de 0,86 mm (0,034 pulgada) si son galvanizadas, ó 0,81 mm (0,032 pulgada) si no están recubiertas galvánicamente.

6.15.4 Una tapa de reserva de material aislante debe:

- Ser de un material que sea aceptable para el soporte indirecto de partes energizadas no aisladas, de acuerdo al 6.8.1. y 6.8.2.
- Tener un espesor mínimo de 2.4 mm ($3/32$ de pulgada) en cualquier punto.
- Tener dimensiones máximas de 25,4 x 76,2 mm (1 pulgada por 3 pulgadas), excepto lo indicado en el 6.5.5.

6.15.5 Una tapa de reserva puede tener dimensiones mayores a las especificadas en el numeral anterior si se ha investigado y se ha encontrado que es aceptable para tal propósito.

6.15.6 Una tapa de reserva puede ser sujeta mediante el uso de tornillos u otros medios diferentes si esta queda asegurada en su lugar y no se suelta durante su uso normal, pero puede ser removida cuando así se desee.

6.15.7 Una tapa de reserva debe cumplir con cualquier de los requisitos siguientes:

6.15.7.1 La tapa debe ser de tamaño tal, que se extienda no menos de 0.8 mm ($1/32$ de pulgada) en todos los lados más allá de la abertura a tapar.

6.15.7.2 La tapa debe tener una pestaña en ángulo recto de 6.35 mm ($1/4$ de pulgada) o mayor o algo equivalente alrededor del borde de la abertura a la cual está destinada a tapar.

6.15.7.3 La tapa debe solapar como indicado en el numeral 6.15.7.1. en uno, dos o tres lados y debe tener una pestaña como descrita en el numeral 6.15.7.2. por los lados remanentes.

6.15.8 Una tapa de reserva debe tapar la abertura por lo menos por la misma extensión que el interruptor taparía si estuviera instalado.

6.15.9 El tamaño de la solapa para asegurar una tapa de reserva no está especificada, pero, en todo caso, la abertura remanente en cualquier punto, cuando la tapa de reserva está en su lugar, no debe ser mayor que el espesor de la tapa de frente muerto o de la puerta de la celda.

6.16 PUESTA A TIERRA Y SUS CONEXIONES.

6.16.1. Todas las partes metálicas no activas (celda o gabinete, estructura, bastidor, cubierta exterior, tabiques, barreras, separadores, etc.) deben ser puestas a tierra efectivamente en conexión permanente. Adicionalmente, cuando el tablero es accesible a personas no calificadas, las cajas o estructuras y los circuitos secundarios de transformadores de corriente y de potencial deben ser puestas a tierra. La conexión a tierra no debe depender únicamente de soldaduras.

6.16.2 Se considera que la caja de un instrumento de medición, relé o equipo similar está conectada a tierra y no necesita otra conexión, si está montada en una superficie metálica con tornillos metálicos, así mismo, la manilla de operación externa de un interruptor, si es de material aislante, no requiere ser puesta a tierra.

6.16.3 La resistencia no debe exceder 0.1 Ohm entre la barra de tierra y cualquier parte metálica expuesta.

6.16.4 La resistencia de la conexión entre ductos de barras, barras de tierra, canaletas de cables metálicas o de cualquier sección de la envolvente y el terminal del conductor de puesta a tierra mayor de AWG N° 8 (8.4 mm²) de cobre o AWG N° 6 (13.3 mm²) de aluminio, no debe exceder 0.005 Ohm.

6.16.5 Al respecto de los dos numerales anteriores, la pintura de las conexiones debe ser removida, para poder mantener la resistencia dentro de su límite. Para evitar oxidación en la estructura y componentes de las envolventes, soldar tornillos a las piezas y cubriéndolas antes de pintar para dejar sus roscas desnudas, o usar arandelas de estria galvanizadas, cuyos dientes se incrustan en el metal, es aceptable.

6.16.6 Un terminal previsto para conectar los conductores de puesta a tierra debe ser capaz de recibir y mantener apretado un conductor del tamaño y calibre indicado en la tabla N° 15.

6.16.7 Todos los tableros para ser utilizados como acometidas de servicio, deben tener una barra de tierra de material, de dimensiones y de ubicación adecuada, que por medio de un terminal atornillado o de presión, de tamaño apropiado para el conductor de tierra, será conectada al electrodo de tierra del sistema. El calibre del conductor a utilizar, está indicado en la tabla N° 15. No es aceptable el uso de terminales que utilizan soldadura en cualquier forma.

6.16.8 En un tablero CFD debe preverse un conductor – puente removible, de calibre según la tabla N° 15, entre la barra del neutro aislado y la barra o la conexión principal de tierra, completo con sus terminales atornillables o de presión, de material y de tamaños correspondientes al conductor – puente, con el fin de unir el neutro aislado con la tierra en los sistemas que requieren este tipo de conexión. Si el puente no está instalado, las distancias mínimas de seguridad según la tabla N° 6 deben ser mantenidas entre el neutro aislado, fases y tierra.

6.16.9 La capacidad de carga del conductor – puente principal removible entre las barras de tierra y del neutro debe estar basado en la carga total del tablero CFD. La conexión del conductor – puente principal a la barra del neutro debe ser por el lado de la alimentación.

6.16.10 La barra de neutro no debe ser conectada a la barra de tierra en fábrica antes del despacho del tablero, salvo instrucciones específicas del usuario o cuando el tablero contiene un sistema de falla a tierra del tipo retorno a tierra; ambas excepciones deben ser marcadas en la placa de identificación.

6.16.11 El circuito secundario de un transformador de control debe ser conectado a tierra bajo alguna de las siguientes condiciones, si el circuito se extiende o puede extenderse más allá del equipo en el que se monte el transformador:

- a. El secundario es menor que 50 V y la alimentación del transformador es más de 150 V a tierra, o la alimentación del transformador, a cualquier tensión, no esté conectada a tierra.
- b. El secundario es de 50 V o más y el circuito secundario se puede conectar a tierra de tal modo, que la tensión a tierra en los conductores de fases, sea menor que 150 V.

6.16.12 Si se requiere que el secundario de un transformador de potencia incorporado en el tablero sea conectado a tierra, un puente debe ser conectado en la fábrica entre el secundario del transformador y la barra de puesta a tierra o la caja del tablero. El conductor del puente debe ser según lo indicado en la tabla N° 15, con base a la corriente nominal del secundario del transformador. Sobre el neutro o el barraje de puesta a tierra, se debe suministrar un terminal dimensionado para el conductor de puesta a tierra, según lo indicado tabla N° 15.

6.16.13 Barra de tierra.

6.16.13.1 Todas las celdas de un tablero CFD deben tener una barra de tierra común extendiéndose por el tablero completo. La sección de la barra de tierra depende de la capacidad de corriente de sus barras principales o de su interruptor principal y de la capacidad de resistencia al cortocircuito del sistema. Se requieren secciones de barras equivalentes a las secciones de cables indicadas en la tabla N° 15. Esta misma tabla indica los requerimientos de las conexiones y puentes de puesta a tierra.

6.16.13.2 Si un tablero CFD se alimenta por un ducto de barras, la barra de tierra del tablero debe ser unida con la barra de tierra del ducto por medio de cables o conexiones flexibles de sección igual del conductor de tierra.

6.16.13.3 El terminal principal previsto en la barra de tierra debe ser capaz de recibir y mantener apretado un conductor del calibre indicado en las columnas 6,7,8 y 9 de la tabla N° 15. Otros terminales deben ser suministrados para acomodar los conductores de tierra de los equipos instalados en la sección, celda o tablero, según las columnas 2,3,4 y 5 de la tabla N° 15, sin embargo, ningún conductor de tierra debe ser mayor que los conductores de las fases.

6.16.14. Sistema de Neutro Puesto a Tierra a través de Alta Impedancia.

6.16.14.1 Se pueden utilizar sistemas de neutro puesto a tierra a través de alta impedancia en circuitos trifásicos de 480 ó 600 V, conexión en estrella o en triángulo. No se debe proporcionar provisiones para cargas entre fases y el neutro.

6.16.14.2 La impedancia de puesta a tierra debe ser instalada entre la barra de tierra o de su terminal principal y la barra de neutro. Si no hay barra de neutro, la impedancia debe ser instalada entre la barra de tierra o de su terminal principal y el neutro derivado de un autotransformador o transformadores de puesta a tierra.

6.16.14.3 El terminal del conductor de puesta a tierra debe ser previsto según las columnas 6,7,8 y 9 y el del conductor del neutro según las columnas 10,11,12 y 13 de la tabla N° 15.

6.16.14.4 El conductor conectado a la impedancia de puesta a tierra instalada dentro del tablero debe ser dimensionado para la corriente máxima permitida por la impedancia, pero no debe ser menor de N°12 AWG (3,31 mm²) en cobre o N° 10 AWG (5,3 mm²) en aluminio.

6.16.14.5 Cuando el sistema está puesto a tierra a través de impedancia alta, se deben proporcionar detectores de falla a tierra con señal visible o audible desde el exterior del tablero.

6.16.14.6 Se debe prever la desconexión automática del transformador, autotransformador o resistencia de puesta a tierra antes de exceder su tiempo de servicio, salvo que esta esté dimensionada para servicio continuo.

6.16.14.7. Un transformador o autotransformador de puesta a tierra para servicio continuo, utilizado para proporcionar una corriente de falla a tierra de una magnitud especificada para la operación de un detector de falla a tierra de protección o de señalización en un circuito

trifásico de 3 hilos no puesto a tierra, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- A. El transformador debe tener una capacidad de corriente nominal suficiente para una corriente de falla a tierra en la tensión máxima entre una fase y el neutro.
- B. Un dispositivo contra sobrecorriente, que abre simultáneamente todos los conductores de fases al operar el detector, debe ser instalado en el lado de la alimentación del circuito del transformador de puesta a tierra. El dispositivo de protección debe ser ajustado a una corriente no excediendo el 125% de la corriente nominal continua por fase del transformador ó 42% de la corriente nominal continua de cualquier dispositivo conectado en serie en el circuito neutro del transformador. Disparo retardado por sobrecorrientes temporales es aceptable para permitir la operación de los dispositivos en el circuito principal, pero no debe exceder niveles que son mayores que la capacidad de corriente de corto tiempo del transformador de puesta a tierra o de cualquier dispositivo del circuito de neutro conectado en serie.

6.16.14.8 Se debe proporcionar medios para bloquear la manilla del dispositivo contra sobrecorriente del transformador de puesta a tierra en la posición energizada. Una luz piloto, visible con todas las puertas y tapas puestas desde el exterior del tablero, debe indicar que el circuito sensor de la corriente de falla a tierra de alta impedancia está energizado.

6.16.14.9 La impedancia de puesta a tierra, si la hay, debe ser sujeta a los ensayos especificados en la sección correspondiente de la norma COVENIN 3172 y su temperatura no debe sobrepasar los 95 °C. Dependiendo del tamaño y de la ubicación de la impedancia de puesta a tierra puede ser necesario un ensayo de temperatura descrita en la sección 8.1 de esta norma, según mutuo acuerdo entre el usuario y el fabricante.

6.16.14.10 Un tablero CFD equipado con sistema de neutro puesto a tierra a través de alta impedancia debe ser marcado correspondientemente en su placa de identificación.

6.17. PROTECCIÓN CONTRA FALLA A TIERRA.

6.17.1 Cada interruptor de 1000A o mayor en un tablero, celda o sección CFD conectado sólidamente a tierra en un circuito trifásico en estrella, de cuatro hilos, de una tensión superior a 150V a tierra pero no sobrepasando los

600 V entre fases, debe estar equipado con protección contra falla a tierra. El equipo sensor y el relé de falla a tierra suministrados deben funcionar en tal manera, que los interruptores automáticos de los circuitos afectados abran todos los conductores de fases simultáneamente. El ajuste máximo de la protección contra falla a tierra no debe ser mayor de 1200A.

Excepción 1. Si cada interruptor automático de 1000A ó mayor está equipado con un relé de disparo (Shunt Trip), previsto para ser usado en conjunto con un sistema de protección contra falla a tierra, el sensor y el relé de protección contra falla a tierra pueden ser instalados en una sección separada, siempre y cuando se trate de varias secciones y/o celdas del mismo tablero.

Excepción 2. Si una sección o celda CFD está utilizada únicamente para suministrar energía eléctrica a un proceso industrial continuo, a una bomba contra incendio o a una alimentación alterna en un sistema de reserva (por ejemplo un sistema de alimentación ininterrumpida, UPS), esta sección y/o celda no requiere ser equipada con protección contra falla a tierra.

6.17.2 Si una sección de un tablero CFD está equipada con protección contra falla a tierra, el interruptor automático principal de esta sección debe ser equipado con un bloqueo que lo mantenga en la posición cerrada. Una señal luminosa debe ser instalada que indica que el circuito de protección contra falla a tierra se encuentra energizado. La señal luminosa debe ser bien visible desde el exterior del tablero, salvo en casos de tableros diseñados para el uso a la intemperie.

Excepción: No se requieren el bloqueo del interruptor ni señal luminosa, si

- El interruptor automático se encuentra en el circuito de fuerza que también sirve para desconectar el circuito de control.
- El relé de protección contra falla a tierra está accionado por la corriente de falla y no se requiere un circuito de control separado.

6.17.3 Si se requiere protección contra falla a tierra, como indicado en el numeral 6.17.1, ésta debe ser suministrada para cada interruptor de entrada de un tablero de alimentación múltiple, descrito en numerales: 6.12.2, 6.12.2.1, 6.12.2.2 y 6.12.2.3. El equipo sensor y el relé de protección deben operar para abrir todos los conductores de los circuitos afectados por medio de sus interruptores automáticos.

6.17.4 Si se suministra una protección contra falla a tierra aunque no sea un requisito, esta debe cumplir con las indicaciones especificadas en este capítulo 6.17.

6.17.5 Un sistema de protección contra falla a tierra descrito como del tipo de secuencia cero (0), que emplea un elemento sensor que circunda al conductor de neutro, si lo hay, y todos los conductores de fases del circuito protegido, el elemento sensor puede ser instalado en el lado de la carga de cualquier conexión al neutro o a la tierra, pero también puede estar en el lado de la carga o de la línea del interruptor automático del circuito protegido.

6.17.6 En un sistema de protección contra falla a tierra del tipo residual, que combina las energías de salida de los elementos sensores separados para el neutro, si lo hay, y cada conductor de fase, el elemento sensor de neutro debe ser ubicado en el lado de carga de cada conexión al neutro o a la tierra. Los sensores de los conductores de fases pueden estar en el lado de la carga o en la línea de los interruptores automáticos de los circuitos protegidos.

6.17.7 Un sistema de protección contra falla a tierra, descrito como del tipo de retorno por tierra, que emplee un elemento sensor simple para detectar la corriente de falla eléctrica real, debe instalarse de tal manera, que el elemento sensor detecte cualquier corriente que fluya en el conductor conectado a tierra en el puente de conexión principal, y cualquier otra conexión a tierra que pueda hacerse al neutro dentro del equipo. Esto requiere que, excepto para esas conexiones, el neutro se aisle de la tierra con una distancia mínima de 3,2 mm ($1/8$ de pulgada).

6.17.8 Si el diseño de un equipo sensor de falla a tierra y de sus relés requiere una operación de reposición (reset) para restaurar el equipo en su estado funcional después de una operación causada por una falla a tierra o una prueba, el diseño debe evitar que se cierre y se mantenga cerrado el contacto del dispositivo de desconexión que controla el equipo sensor de falla a tierra y los relés, hasta que se realice la operación de reposición, salvo que los medios de reposición estén incorporados en el propio interruptor automático.

7. METODOS DE ENSAYO

7.1 Los ensayos se dividen en dos grupos principales:

- Ensayos de tipo.
- Ensayos de rutina.

7.2 Los ensayos de tipo se realizarán sobre prototipos de tableros y de sus partes, así como sobre versiones

previamente probadas en forma típica, si sus diseños originales han sufrido modificaciones. Los ensayos de tipo a ejecutar en tableros CFD son los siguientes:

- Ensayo de temperatura a corriente nominal en régimen permanente.
- Ensayo de corriente momentánea de cortocircuito.
- Ensayo de resistencia de los soportes aisladores.
- Ensayo de nivel de descarga (Ruptura Dieléctrica).
- Ensayo de la resistencia dieléctrica del material aislante.
- Ensayos de verificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes.

7.3 Los ensayos de rutina se realizarán sobre cada tablero a lo largo y al final de todo su proceso de fabricación, hasta llegar a convertirse en producto terminado. Los ensayos de rutina son los siguientes:

- Prefabricación mecánica y tratamiento de superficies.
- Funcionamiento mecánico.
- Funcionamiento eléctrico.
- Medición y prueba de aislamiento eléctrico.
- Ensayos del equipo de protección contra falla a tierra.
- Verificaciones finales y certificaciones.

Quedará al criterio del fabricante la determinación del momento cuando encajará cada acción de prueba de rutina dentro de la secuencia de su control de la calidad.

7.4. La manilla externa del mecanismo de operación de un interruptor automático, que no es suministro integral del interruptor, debe ser sometido a un ensayo de resistencia mecánica en conjunto con el interruptor, a un número de operaciones sin carga igual al número requerido del interruptor.

7.5 No se requiere la repetición del ensayo de sobrecarga, resistencia mecánica y de temperatura a dispositivos de desconexión abiertas, tales como un switch magnético o de transferencia, si estos no contienen dispositivos contra sobrecorriente y cuando se encuentran instaladas en compartimientos con dimensiones (ancho x largo x alto) no menores de 150% del tamaño del dispositivo.

8.- ENSAYOS DE TIPO

8.1 ENSAYO DE TEMPERATURA A CORRIENTE NOMINAL EN RÉGIMEN PERMANENTE.

8.1.1 El ensayo debe ser realizado según lo indicado en la Norma Venezolana COVENIN 542, capítulo 5.5, con las siguientes condiciones especiales:

8.1.2 Con excepción de lo indicado en los numerales 6.9.5.2 y 6.9.5.3 de esta norma, un ensayo de temperatura debe ser ejecutado en cada modelo representativo de tableros, celdas o secciones CFD, tomando en cuenta la tensión nominal de diseño (240, 480 ó 600V, c.a. ó c.d.) y la capacidad de las barras horizontales y verticales, pero, por lo menos en un tablero, que contenga las barras verticales estandarizadas de 2000A, las barras horizontales de 3000A y una cantidad de interruptores ramales que corresponde al número máximo del bastidor según su diseño, sin interruptor principal.

8.1.3 El tablero CFD seleccionado para el ensayo, debe ser montado firmemente sobre su base y conectado con conductores de calibres adecuados, simulando, hasta sea posible, las condiciones de servicios reales.

8.1.4 Se deben montar todos los interruptores automáticos, el principal, si hay y todos los ramales, para no dejar espacios vacíos. Se recomienda escoger una configuración estándar que pudiera representar un modelo típico de una serie de tableros CFD.

8.1.5 La barra de neutro de la capacidad nominal del tablero debe ser instalada en la forma habitual en el sitio previsto en el diseño. No se requiere la conexión de cables, ni acometida ni salidas, salvo que una especificación particular de un producto así lo requiera.

8.1.6 Si una celda CFD contiene uno o varios transformadores y/o autotransformadores con una capacidad total mayor de 10KVA o resistencias de calefacción mayores de 250W, es obligatorio someterla al ensayo de temperatura. Un transformador de potencia dentro de una celda CFD debe ser cargado durante el ensayo con el 80% de la corriente nominal primario.

8.1.7 Todas las bobinas y resistencias dentro de una celda CFD, deben ser energizadas durante el ensayo con su tensión nominal. Otros elementos, aparte de bobinas y resistencias, pueden ser energizados con cualquier tensión conveniente, pero asegurando que fluye corriente en ellos.

8.1.8 La corriente a aplicar durante el ensayo debe ser la siguiente:

- 100% en interruptores de potencia.
- 100% en interruptores automáticos en caja moldeada aptos para 100% de carga continua.
- 80% en todos los interruptores automáticos en caja moldeada estándar.

8.1.9 El resultado del ensayo es aceptable, si:

- La temperatura en cualquier punto dentro del tablero, celda o sección no es suficientemente alta como para provocar un incendio o afectar adversamente cualquier material usado.
- El aumento de temperatura en los puntos específicos indicados en la tabla N° 11, no sobrepasan los límites establecidos.

8.2 Ensayo de Corriente Momentánea de Cortocircuito.

8.2.1 Para determinar las características de resistencia al esfuerzo electrodinámico bajo condiciones de cortocircuito en los conductores, barras y de la estructura de un tablero, deben realizarse ensayos de corriente momentánea sobre cada modelo representativo de combinaciones usuales. Sin embargo, no se requiere este ensayo en los siguientes casos:

- Si la capacidad de resistencia a cortocircuitos nominal del tablero es igual a/o menor de 10 KA.
- Si los dispositivos de protección contra sobrecorrientes empleados en el tablero son del tipo de limitador de corriente, que tengan una corriente limitada de corte no excediendo los 15 KA en su poder de corte nominal.
- Para circuitos auxiliares conectados a transformadores hasta 10 KVA y de una tensión secundaria no menos de 110V, o de transformadores hasta 1,6 KVA de tensiones menores de 110V y con impedancia no menos de 4%.
- Para componentes previamente probados y aceptados para los valores requeridos para el tablero.

8.2.2 Los factores siguientes deben ser considerados en la selección de tableros para este ensayo:

- Los refuerzos de la estructura, si son diferentes para cada capacidad nominal.

- El material y la configuración seccional del armazón (bastidor) del barraje vertical.
- El armazón del barraje más débil, el cual, el efecto de la distorsión de las barras pudiera dañar.
- El armazón del barraje más rígido, que transmitirá los esfuerzos máximos en las barras a la estructura y a los soportes de barras.
- La configuración de los alimentadores, sean estos por cables o por ductos de barras; en este caso incluyendo sus puentes.

8.2.3 La barra del neutro debe ser sometida a un ensayo separado, si

- Su sección es menor que la sección de las barras de las fases.
- Utiliza soportes y aisladores diferentes a los del barraje principal.
- Su posición es cara a cara, mientras las barras de fases son borde a borde.
- Si las distancias entre soportes y aisladores son diferentes que las distancias entre los soportes del barraje principal.

El ensayo del neutro puede ser un ensayo trifásico, sustituyendo la barra de fase más distante al neutro por la barra del neutro o un ensayo monofásico, con la tensión de fase al neutro, usando la barra del neutro y la barra de fase más cercana al neutro. El valor de la corriente a aplicar debe ser el 60% de la corriente prevista del ensayo en cortocircuito trifásico del tablero.

8.2.4 Una sección construida en la configuración de un tablero de distribución (Panelboard), debe ser sometida al ensayo correspondiente al numeral 7.4.2 de la norma NVC-542.

8.2.5 El tablero CFD, sometido a ensayo de corriente momentáneo de cortocircuito debe tener las barras principales horizontales, las barras de sección verticales y todas las barras ramales instaladas. Todas las bisagras, cerraduras y cierres deben ser los convencionalmente utilizadas. Todas las puertas deben mantenerse cerradas y las tapas exteriores, techo y piso instaladas.

8.2.6 El circuito de prueba debe incluir un dispositivo conectado entre una fase y la envolvente, para detectar una eventual corriente de defecto. Este dispositivo puede ser un hilo de cobre de 0,4mm de diámetro (calibre 26 AWG), de no menor de 50mm de largo o un fusible rápido de 30A y de la tensión nominal del tablero, capaz de cortar una corriente presunta de $500A \pm 10\%$ en aproximadamente $\frac{1}{2}$ ciclo en c.a. eventualmente en serie con una resistencia limitador de corriente. El diagrama del cableado típico del circuito de ensayo está representado en la figura N° 6.

8.2.7 Conexiones del tablero a ser ensayado.

8.2.7.1 Si el tablero CFD a probar tiene un interruptor principal incorporado, un interruptor automático con las características técnicas correspondientes al diseño y con la capacidad de corriente nominal máxima para el tamaño del bastidor (frame) debe ser instalado en el sitio previsto dentro de la envolvente. Los conductores provenientes del equipo de prueba deben ser conectados a los terminales de acometida del interruptor principal.

8.2.7.2 Si el tablero CFD a probar no tiene un interruptor principal incorporado, o si se propone a ensayar la estructura y el barraje con o sin interruptores automáticos de salida, los conductores del equipo de prueba deben ser conectados a los terminales de acometida colocados sobre las barras principales.

8.2.7.3 Las barras principales verticales del tablero deben ser cortocircuitados en el lado opuesto a la acometida por medio de conductores de 2,4m (8 pies) de largo y del calibre adecuado a la corriente nominal del tablero.

8.2.7.4 Si el tablero tiene barras colectoras (principales) horizontales, la alimentación proveniente del equipo de prueba debe ser conectada a terminales especiales montadas en un extremo de estas barras horizontales.

8.2.7.5 Para probar la rigidez de las barras secundarias ramales, estas deben estar puenteadas con un conductor preferiblemente sólido y de calibre equivalente a las propias barras ramales, tan cerca como constructivamente posible a los terminales de alimentación de los interruptores automáticos de salida. Como alternativa es aceptable cortocircuitar los interruptores secundarios por medio de conductores de 1,2m (4 pies) de largo y de calibres de acuerdo a las capacidades de corriente correspondiente al interruptor automático más grande que pudiera ser montado en aquel puesto, en sus bornes de salida.

8.2.8 El ensayo debe ser realizado según lo indicado en el capítulo 5.6. de la norma NVC-2941., pero con las condiciones especiales indicadas a continuación:

8.2.8.1 Los ensayos deben ser realizados con la tensión de circuito abierto entre 100 y 105 % de la tensión nominal del tablero, con la frecuencia entre 48 y 60 Hz, con la corriente simétrica rms en los terminales del equipo de prueba especificada para el caso y con el factor de potencia 0,5 para ensayos hasta 10 KA, 0,3 para ensayos entre 10.001 A y 20000A, 0,25 entre 20001 y 50000A y 0,2 para corrientes mayores de 50.000 A.

8.2.8.2 El ensayo de la corriente de corta duración nominal admisible en un tablero CFD sin interruptor principal incorporado puede ser realizado a cualquier tensión conveniente y su valor eficaz (RMS) debe ser determinado mediante un oscilograma. El valor de cresta más elevado durante el primer ciclo de la onda de ensayo no debe ser inferior a la corriente nominal de cresta establecida.

NOTA: La corriente de corta duración nominal admisible de un circuito es el valor eficaz (RMS) de la corriente que este circuito puede soportar durante un corto tiempo especificado en las condiciones de ensayo. El tiempo es, generalmente pero no obligatoriamente, 1,0 segundo.

8.2.8.3 La determinación de la corriente aplicada debe ser realizada en los puntos de acometida del tablero, salvo las excepciones indicadas a continuación, cuando la determinación puede ser realizada en los bornes de salida del equipo de prueba:

- En circuitos con capacidad del cortocircuito menor de 25KA.
- En circuitos de 25,001 a 50KA, si se aumenta la corriente de ensayo a aplicar en un 5%.
- En circuitos de 50,001 a 200KA, si se aumenta la corriente de ensayo a aplicar en un 10%. El diagrama del cableado típico del circuito de ensayo está representado en la figura N° 6.

8.2.9 El resultado del ensayo es aceptable, si el tablero se mantiene básicamente en las mismas condiciones mecánicas después de las pruebas como estaba antes y si:

- No hay una deformación, distorsión o desplazamiento significativo en el barraje, reduciendo las separaciones y distancias de fuga a menos de 75% de sus valores especificados en la

tabla N° 6. Una deformación leve de las barras es aceptable, si no afecta las características esenciales del aislamiento general y los valores dieléctricos del tablero.

- No hay aisladores, soportes aislantes o de cables partidos en dos o más piezas, ni se presentan rajaduras o grietas continuas a lo largo o ancho de las piezas aislantes.
- Una desconchadura, raja o algo similar superficial puede ser aceptable, si no reduce la integridad estructural del aislante y si las separaciones producidas no disminuyen las distancias originales en menos de 75%.
- El dispositivo para detectar corrientes de defecto se mantiene entero.
- No hayan aflojados terminales y conexiones de conductores, ni el aislamiento de los cables haya deteriorado.
- No se presentan deformaciones permanentes de la estructura metálica, que alteran los grados de protección de la envolvente.
- Las puertas y tapas abisagradas no se hayan abierto, ni se desprendieron tapas exteriores ni tabiques internos.
- Los aparatos enchufables o extraíbles se mantienen funcionando, sin atascarse.
- No se observan daños por arcos eléctricos.
- El tablero pasa satisfactoriamente el ensayo de medición y prueba del aislamiento eléctrico, según numeral 9.4.1 de esta norma.

8.3 ENSAYO DE RESISTENCIA DE LOS AISLADORES.

8.3.1 Esta prueba se realiza en los soportes aislantes de las barras principales y del neutro, en un laboratorio, sobre cuatro (04) piezas escogidas por azar de cada lote de fabricación. El ensayo puede tornarse destructivo, por lo tanto las piezas probadas no deben ser utilizadas en otros tableros.

8.3.2 El soporte aislador de un tablero no debe dañarse cuando los conectores de conductores de longitudes cortas de capacidad nominal se aprietan a 110 % del valor de torque requerido.

8.3.3 Se considera que ocurre daño si el material de aislamiento del soporte se agrieta o gira; si las ranuras, muescas u otros medios para evitar el giro no desempeñan sus funciones; si las barras o pletinas se doblan o fuercen o si las partes de las conexiones eléctricas se mueven de sus sitios. Un astillar o resquebrajar menor de los trozos del material aislante es aceptable, si esto no afecta su funcionalidad. Una flexión momentánea sin deformación permanente de los miembros metálicos es aceptable.

8.3.4 Los ensayos de las propiedades dieléctricas deben cumplir con la norma venezolana COVENIN 2578. Se considera que los resultados de los ensayos son satisfactorios, si no ocurren descargas sobre la superficie o a través del aislador.

8.4 ENSAYO DE NIVEL DE DESCARGA (RUPTURA DIELECTRICA)

8.4.1 Un prototipo escogido como representativo de la serie de tableros de diseño similar pero con equipamiento diferente, debe ser sometido al ensayo de la ruptura dieléctrica. El ensayo debe ser efectuado según el numeral 5.3 de la norma COVENIN 2941 y su resultado debe ser expresado en el protocolo A-4 de la norma antes mencionada.

8.5 ENSAYO DE RESISTENCIA DIELECTRICA DEL MATERIAL AISLANTE

8.5.1 Para medir la resistencia dieléctrica de una barrera o separador de material aislante, la pieza a ensayar debe ser colocada entre dos electrodos de metal.

Los electrodos deben ser varillas cilíndricas de latón o de acero inoxidable de 6,35 mm ($1/4$ de pulgada) de diámetro con bordes redondeados a 0,8 mm ($1/32$ de pulgada) de radio. La tensión de ensayo de 5000V debe incrementarse hasta el valor requerido y debe mantenerse por un segundo. El resultado es aceptable si no existe ruptura dieléctrica.

8.6. ENSAYO DE VERIFICACIÓN DE LOS GRADOS DE PROTECCIÓN PROPORCIONADOS POR LAS ENVOLVENTES.

8.6.1 Estos ensayos deben ser realizados según las instrucciones contenidas en los capítulos 12, 13, 14 y 15 de la norma COVENIN 540 y 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4 de la COVENIN 3399.

8.7 ENSAYO DE COMPRESIÓN

8.7.1 Si algunas piezas componentes metálicas de un tablero CFD son fabricadas de láminas de un espesor menor que lo indicado en las tablas 4 y 5 de esta norma, estas deben ser reforzadas para tener la misma fuerza y rigidez que de una pieza fabricada de láminas del espesor especificado. El ensayo de compresión sirve para verificar este concepto.

8.7.2 El ensayo de compresión consiste en aplicar la misma fuerza a los mismos componentes de dos celdas: una construida de láminas especificadas y la otra con láminas de calibres menores, eventualmente reforzadas. Los valores de fuerza a aplicar y los límites de desviación no están especificadas. Las dos celdas del ensayo deben ser colocadas sobre una superficie horizontal sólida. Una fuerza vertical debe ser aplicada en cualquier punto de la pieza, por medio de una barra cuadrada de acero de 12,7 x 12,7 mm (0,5 x 0,5 pulgada), los resultados comparados entre las dos piezas de las dos celdas, observando las deformaciones estas deben ser razonablemente similares.

8.8 ENSAYO DE FLEXIÓN

8.8.1 El ensayo de flexión está destinado a verificar la desviación del nivel plano de una puerta o de una tapa reforzada con pestañas, repujes o otros medios similares, bajo presión, o simplemente por pandeo natural.

8.8.2 Para el ensayo, la puerta o tapa debe estar montada en su sitio previsto. La celda de ser acostada sobre una superficie firme y plana, en posición horizontal. Una fuerza de 445 Newton (100 libras) debe ser aplicada verticalmente por medio de una barra cuadrada de acero de 12,7 x 12,7 mm (0,5 x 0,5 pulgada) en cualquier punto a una distancia mayor de 25,4mm (1 pulgada) desde cualquier borde de la puerta o tapa.

8.8.3 La prueba resulta satisfactoria, si la desviación medida entre el nivel plano y el punto más sobresaliente no debe sobrepasar 9,6 mm (0,375 pulgada).

8.9 ENSAYOS DE PRESIÓN Y DE IMPACTO SOBRE VISORES

8.9.1 Los visores (insertos transparentes en puertas y/o tapas) mayores de 305 mm (12 pulgadas) descritos en el numeral 6.4.16 de esta norma, no deben romperse, astillarse, rajarse o desplazarse al aplicarles presiones e impactos en ambas caras.

8.9.2 Una fuerza de 890 Newton (200 libras) debe ser aplicada en el centro geométrico del visor, perpendicularmente a su superficie y uniformemente distribuida sobre un área de 103 cm² (16 pulgadas cuadradas). Si la superficie del visor es menor de 103 cm² (16 pulgadas cuadradas), la fuerza debe ser aplicada sobre la superficie completa. La fuerza de 890 Newton (200 libras) debe ser mantenida por 1 (un) minuto por cada lado.

8.9.3 El visor debe recibir un impacto de 6,8 N.m (5 libra-pies) de una bola de acero de 50,8 mm (2 pulgadas) de diámetro y de 535 gramos (1,18 libras) de peso, en ambos lados.

8.9.4 Piezas separadas deben ser usadas en los ensayos descritos en los numerales 8.9.2 y 8.9.3.

8.9.5 Se considera satisfactorio el ensayo si no se presentan roturas o estillamientos de los vidrios ni desplazamiento del marco.

9.- ENSAYOS DE RUTINA, VERIFICACIONES Y CERTIFICACIONES

9.1 PREFABRICACIÓN MECÁNICA

Durante las diferentes etapas de fabricación de las piezas metalmecánicas, tales como la envolvente con todos sus componentes, las barras principales, ramales neutro y tierra los materiales utilizados y los procesos deben ser continuamente supervisadas, según las indicaciones contenidas en los numerales 6.2. y 6.3. de la norma COVENIN 2941.

9.2 VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO MECÁNICO.

9.2.1 Antes de someter un tablero a la revisión final, este debe ser revisado según lo indicado en el numeral 6.4. de la norma COVENIN 2941 y los resultados deben ser anotados en la lista de comprobación A-6 del anexo A de la misma norma.

9.2.2 Cuando el tablero esté completamente terminado, debe ser sometido a las pruebas mecánicas finales según las instrucciones contenidas en los numerales 6.7, 6.7.1, 6.7.2 y 6.7.3 de la norma COVENIN 2941, registrarán los resultados en el protocolo de pruebas mecánicas A-1 de la misma norma.

9.3 VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO ELÉCTRICO.

9.3.1 Al tener lista la verificación del funcionamiento mecánico y antes de someter el tablero a la revisión final, este debe ser revisado según lo indicado en los puntos 6.5 y 6.6 de la norma COVENIN 2941, por su funcionamiento eléctrico. Los resultados deben ser anotados en las listas de comprobación A-7, A-8 y A-9 de la misma norma.

9.3.2 El tablero completamente terminado debe ser sometido a las pruebas eléctricas finales según las instrucciones contenidas en el punto 6.7.5 de la norma COVENIN 2941. Los resultados deben ser expresados sobre el protocolo A-3 del anexo A de la misma norma.

9.4 MEDICIÓN Y PRUEBA DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

9.4.1 Como ensayo eléctrico final, se debe realizar en cada tablero una prueba de la resistencia del aislamiento, según los procesos descritos en el capítulo 6.7.4 de la norma COVENIN 2941. Los resultados deben ser expresados en el protocolo A-2 del anexo A de la misma norma.

9.4.2 Al ensayar el prototipo de un tablero según 8.2 de esta norma (Ensayo de Corriente Momentánea de Cortocircuito), hay que proceder antes y después de la prueba con la medición del aislamiento eléctrico, según el punto 9.4.1

9.4.1. Los protocolos obtenidos formarán parte del ensayo de corriente momentánea de cortocircuito.

9.5 ENSAYO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA FALLA A TIERRA.

9.5.1 A cada tablero que incorpore un equipo de protección contra falla a tierra se le debe realizar un ensayo en la fábrica, con el fin de determinar el funcionamiento del equipo sensor y del relé de falla a tierra.

9.5.2 El primario del transformador de control, si lo hay, debe energizarse al 57 % de su tensión nominal. El relé se puede fijar para cualquier valor de operación conveniente. A continuación este ensayo, sin que la corriente de falla a tierra fluya, se debe hacer un intento por cerrar el interruptor principal o interruptor del circuito, sin presionar ningún botón de reconexión. Si el interruptor o

interruptor de circuito permanecen cerrados, la corriente de falla a tierra simulada se debe aplicar nuevamente y el sistema de protección contra falla a tierra debe funcionar.

Excepción N° 1: La tensión aplicada debe ser aproximadamente la nominal si la combinación particular de transformador – sensor de falla a tierra y juego de relé, y los mecanismos de desconexión se han ensayado previamente al 57 % de la tensión nominal.

Excepción N° 2: No se requiere ensayo de fábrica para un equipo de protección de falla a tierra de tipo residual si:

- a. La operación se alimenta por la misma corriente de falla, ya que no se requiere otro circuito de potencial y de control.
- b. La protección de falla a tierra diferente del sensor de corriente del neutro está contenida en el interruptor automático y el conjunto ha sido anteriormente probado.

9.5.3 Un método para simular una corriente de falla a tierra consiste en devanar un número de vueltas de alambre a través del sensor. Una corriente de aproximadamente 125 % de la operación del relé, dividida por el número de vueltas, se pasa a través del alambre con el fin de simular la corriente de falla a tierra.

9.6 VERIFICACIÓN FINAL

9.6.1 La verificación final de un tablero CFD sirve al propósito de comprobar la terminación definitiva de todos los detalles del tablero y la solución de eventuales puntos pendientes. Al tener el tablero listo en todos sus aspectos, se procede a la realización de la verificación final. Los resultados deben ser indicados en la lista de Verificación Final, anexo A de esta norma.

9.7 EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

9.7.1 Una vez terminados todos los ensayos, comprobaciones y verificaciones rutinarias, se procede a certificar los resultados de estas acciones mediante documentos adecuados.

9.7.2 El documento maestro que certifica el cumplimiento de todos los requisitos técnicos especificados para un tablero, se denomina PROTOCOLO GENERAL DE PRUEBAS, y está prescrito en el anexo B de esta norma.

9.7.3 El protocolo General de Pruebas debe ser respaldado por las listas de verificaciones y protocolos individuales, así como por los reportes de inspección hechos a los distintos renglones de materia prima, partes semiterminadas y equipos eléctricos. Estos documentos de respaldo pueden o no acompañar el protocolo general, pero, en cualquier caso, estos documentos deben ser debidamente codificados, inscritos con sus códigos en el protocolo general y guardados en el expediente correspondiente.

9.7.4 Una copia de los documentos que respaldan al Protocolo General de Pruebas, así como una del mismo, integrará un EXPEDIENTE GENERAL que se creará por cada tablero probado. El expediente incluirá toda la información técnica (con posibilidad de excluir los planos de construcción archivados en otras dependencias del fabricante), hojas de registros de pruebas, informes técnicos, minutas de reunión relativas a la prueba de cada tablero, y demás documentos asociados al tráfico de información relacionado con dichas pruebas. El expediente poseerá una portada sobre la cual se podrá identificar rápida y claramente al equipo en referencia, al cliente, los códigos principales relacionados con el pedido u orden de compra, la fecha de las pruebas y del envío del tablero al cliente.

9.7.5 Cada expediente llevará una numeración correlativa, correspondiente a cada tablero probado. Los expedientes se archivarán en forma segura en la oficina de Control de la Calidad del fabricante del tablero.

9.7.6 La numeración de los protocolos específicos podrá ser la misma del protocolo general y del expediente, agregándose un dígito por cada caso, como se muestra a continuación:

Protocolo y Expediente General	xxxxx
Protocolo de Pruebas Mecánicas	xxxxx.1
Protocolo de Medición y	
Pruebas Aislamiento	xxxxx.2
Protocolo de Pruebas Eléctricas	xxxxx.3

9.7.7 Los protocolos específicos y el protocolo general tendrán validez únicamente cuando sean firmados al menos por un representante autorizado del fabricante. La oficina de Control de la Calidad poseerá un sello húmedo o de otro tipo, normalmente de forma circular y diámetro no mayor de 35 mm, que la identifique, así como a la empresa fabricante. Dicho sello servirá para ser estampado sobre los protocolos.

9.7.8 Los protocolos específicos y el protocolo general se consideran los únicos documentos que respalden y certifiquen respectivamente la calidad de los tableros amparados por ellos, salvo que sobre estos documentos se indique lo contrario.

10. MARCACION

10.1 IDENTIFICACIÓN

10.1.1 Cada tablero, celda y/o sección CFD debe ser identificado legiblemente y en forma permanente con la siguiente información:

- Nombre del fabricante, la marca registrada (Trademark) u otra marca descriptiva que identifica claramente la organización responsable del producto.
- El número de tipo, modelo, de catálogo o designación del tipo general, preferiblemente según el numeral 5.2 de esta norma.
- Las características eléctricas del tablero.
- La capacidad nominal y de cortocircuito de las barras principales y/o del interruptor principal y la cantidad de circuitos ramales.
- Los grados de protección de la envolvente, según numeral 6.2 de esta norma.
- Correspondencia a esta u otra(s) normas, si aplicable.
- Hecho en Venezuela o en el país de origen.

10.1.2 La placa de característica debe ser hecho de un material resistente a la corrosión y a la humedad; puede ser gravada, impresa, sensibilizada (fotograbado) o cualquier otro proceso con resultado equivalente aprobado y debe ser fijada por medio de tornillos o remaches. No es aceptable el uso de papel o cartón, ni etiquetas engomadas o autoadhesivas, que pueden desprenderse o deteriorarse con el paso del tiempo.

10.2 Ubicación de las Placas de Marcación

10.2.1 La placa de identificación principal mencionada en el numeral 10.1.1 y las otras marcaciones requeridas en los numerales consiguientes, deben ser ubicadas según la tabla N° 16.

10.2.1.1 Las placas en categoría A deben ser visibles sin abrir las puertas o tapas abisagradas exteriores, sin

remover cualquier tapa o frente muerto, así mismo, sin remover el frente muerto interior en tableros a la intemperie.

10.2.1.2 Las placas en categoría B deben ser visibles sin tener que remover algún dispositivo y cuando la puerta exterior, tapa o frente muerto esté desmontado.

10.2.1.3 Se considera que la placa de características es visible, si ninguna parte del tablero y/o del cableado interno o externo conectado después de su instalación obstruye la lectura libre de los datos contenidos en ella.

10.3 Si un tablero incluye un manual de instrucciones en el bolsillo de la puerta, una placa o etiqueta debe indicar que dicho manual debe ser consultado antes del montaje y cableado del tablero, así mismo indicar el lugar donde se puede encontrar una copia de reserva, si el original se deteriora o se pierde.

10.4 Si un fabricante produce o ensambla tableros en más de una fábrica, cada tablero debe ser marcado con un distintivo (que puede ser un código), mediante el cual puede ser identificado como producto de una fábrica en particular.

10.5 Si la construcción de un tablero es tal, que solamente personal calificado puede tener acceso a él, este debe llevar un aviso atornillado o remachado bien visible en su exterior, que indique tal condición.

10.6 Si los aspectos de seguridad eléctrica, las distancias de seguridad y el funcionamiento correcto dependen de la conexión adecuada de los conductores de línea y carga, se deben indicar claramente, cuales son las conexiones adecuadas.

10.7 Las características eléctricas nominales del tablero deben incluir, como mínimo, la información siguiente:

- Tensión nominal con indicación de los números de fases y de hilos, según 5.1.2. de esta norma.
- Intensidad nominal, según 5.1.3. de esta norma.
- Frecuencia, según 5.1.4. de esta norma.
- Capacidad de resistencia a cortocircuitos, según 5.1.5. de esta norma.

10.8 Si la capacidad de corriente de un barraje es menor que la capacidad de corriente máxima de cualquier

12.- TRANSPORTE, INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO

12.1 TRANSPORTE

Se recomienda tanto al fabricante como al usuario, apegarse a las instrucciones indicadas en la Norma Venezolana COVENIN 2784.

12.2 INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

La operación satisfactoria y segura de un tablero CFD depende, aparte de un buen diseño y de la fabricación adecuada, de la instalación apropiada. La Norma Venezolana COVENIN 2800, indica todos los pasos requeridos para una instalación conveniente y segura, con carácter de aplicación obligatoria por las autoridades competentes, así mismo establece el proceso de puesta en servicio. Aunque en la mayoría de los casos no es el fabricante quien instala los tableros, le conviene indicar al usuario la necesidad de aplicar la norma antes mencionada para la instalación y puesta en servicio.

BIBLIOGRAFIA

ANSI/UL 891 (1993) "Dead - Front Distribution Switchboards"

NEMA PB - 2 (1989) "Dead - Front Distribution Switchboards"

DIN 43671 (1975) Stromschienen aus Kupfer. Bemessung für Dauerstrom. Edición del Instituto de Normalización Alemán, Berlín.

DIN 43673 - Stromschienen Bohrungen und Verschraubungen. Edición del Instituto de Normalización Alemán, Berlín, 1971.

IEC 439-1 (1992) - Low-voltage Switchgear and Controlgear Assemblies. Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies.

Participaron en la elaboración de esta norma los profesionales siguientes:

Edo Botfalusi-Stock S. Grupo Temi

Sven-Christian Kirschstein Inspectra

La elaboración de esta norma fue posible con el aporte técnico y económico de las siguientes Empresas patrocinantes, todos miembros activos de ANATAVE.

ABB-ASEA BROWN BOVERI
AEG DE VENEZUELA, S.A.
AES, C.A.
AIESA
BIEMCA
COMPLEX
CORP. METALCONTACT, C.A.
CUTLER HAMMER DE VZLA.
DATA POWER DEAR
ELECTRICOS GUR, C.A.
FEECA, C.A.
GENTE, C.A.
INDUSTRIAS TEYCER
INDUSTRIAS TRIAL, S.A.
INESLA
INSPECTRA
K & H TECNICA, C.A.
KLOCKNER MOELLER / SOMERINCA
MAGNO, C.A.
MARESA, S.A.
MASTER CIRCUITO, C.A.
METAL ELECTRIC, C.A.
METALURGICA ORION, C.A.
ORION ELECTRONICA, C.A.
ROCKWELL AUTOMATION DE VZLA.
ROMI, C.A.
SERWEST, C.A.
SIEMENS S.A.
TABEL C.A.
TABLESUR, C.A.
TALLER ELECTROMECAÁNICO EZETA
TEMI, C.A.

TERMAQ GENERAL ELECTRIC (ED & C)
VALECTRA

ANEXO A
LISTA DE VERIFICACIONES

Tablero Tipo / Modelo: _____		N° de Celdas: _____		N° de Lote: _____	
Cliente: _____		N° de Pedido: _____			
N° de Fabricación: _____		N° Serial: _____		N° de Circuitos: _____	
N° de Planos: _____					
Tensión Nominal: _____		Corriente Nominal: _____		A. Cap. Cortocircuito: _____ KA.	

	A= Aprobado	R= Rechazado	P= Pendiente	N/A= No Aplica	A	R	P	N/A
1.	Celdas o Gabinetes Dimensiones Según Planos Tapa de Frente Muerto Ensamble / Puerta / Cierre Acabado Grado de Protección IP Bastidor (cs) Dimensiones Según Planos Distancias Mínimas Ensamble Acabado Aisladores Barras Principales / ramales Barra de Neutro Conexión / Terminal Puesta a Tierra Interruptores Automáticos: Principal y sus Conexiones Ramales: Cantidad / Configuración Según Planos Fijación Equipos Eléctricos Adicionales Conformidad Según Especificaciones Cableado Identificación Cables / Terminales / Equipos Ensamble / Acabado General Placas / Rótulos de Identificación Portaplanos Observaciones Previas Solventes Juego de Planos Manuales de Instalación / Operación / Mantenimiento Empaque / Embalaje							
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
11.								
12.								
13.								
14.								
15.								

Responsable Control de la Calidad:	Lugar y Fecha: _____
Nombre: _____	Firma: _____

ANEXO B
PROTOCOLO GENERAL DE PRUEBAS

Tablero Tipo / Modelo: _____		Nº de Celda _____	Nº de Lote: _____
Cliente: _____		Nº de Pedido: _____	
Nº de Fabricación: _____	Nº Serial: _____	Nº de Circuitos: _____	
Nº de Planos: _____			
Tensión Nominal: _____		Corriente Nominal: _____	A. Cap. Cortocircuito: _____ KA.

1. Materia Prima Certificación de Láminas de Acero Certificación de Tornillería Certificación de Barras Conductoras Certificación de Pinturas Certificación de Galvanizados Certificación de Aisladores Certificaciones Varias	Nº.	Fecha

2. Pruebas Mecánicas: Este tablero fue revisado y probado en sus aspectos mecánicos, según protocolos anexos.	Nº. _____
3. Pruebas Eléctricas: Este tablero fue revisado y probado en sus aspectos eléctricos, según protocolos anexos.	Nº. _____
4. Mediciones y Pruebas de Aislamiento: Este tablero fue sometido a mediciones y pruebas de aislamiento y aprobado, según protocolos anexos.	Nº. _____

Sobre la base de los documentos arriba indicados, se certifica este tablero de Centro de Fuerza y Distribución cumple con todos los requisitos técnicos especificados en esta norma y está apto para ser instalada y usada.

Responsable Control de la Calidad: Nombre: _____	Lugar y Fecha: _____ Firma: _____
---	--------------------------------------

TABLA N° 1. TENSIONES NOMINALES NORMALIZADAS PARA LOS EFECTOS DE ESTA NORMA

SISTEMA DEL CIRCUITO		TENSIÓN NOMINAL EN VOLT	
Número de Fases	Número de Hilos	Corriente Alterna c.a.	Corriente Directa c.d.
1	2	120, 240, 277	125, 250
1	3	120 / 240	125 / 250
2 (Derivado de un Sistema Trifásico / 4 Hilos)	3	208 Y/ 120, 480 Y / 277	--
3	3	120, 240, 480, 600	--
3	4 (Delta con el Neutro en el Centro de una Fase).	240 / 120	--
3	4 (Estrella Y con Neutro)	208 Y / 120, 480Y/277 600 Y / 347	--

interruptor automático o de una unidad de disparo intercambiable, debe haber un aviso permanente y bien visible, que prohíba la instalación de una unidad de reemplazo de mayor capacidad que la indicada. Así mismo, en caso de espacios de reserva, debe ser indicada la capacidad máxima del interruptor automático que puede ser instalado en el puesto.

10.9 Si la capacidad de corriente de cada fase de las barras principales, incluyendo la barra de neutro, no es igual, esta condición debe ser marcada en la placa de características.

10.10 Si un tablero está diseñado solamente para corriente alterna o solamente para corriente continua, este debe ser marcado correspondientemente. Al no tener una marcación especial, debe suponerse, que el tablero es adecuado tanto para c.a, como para c.d.

10.11 En un tablero o sección CFD diseñado para un circuito de 240/120 V, 3 fases, 4 hilos en delta, con una derivación en el centro de un devanado, la tensión mayor a tierra (en este caso 208V) debe encontrarse en la fase B (o "S"), que a la vez debe ser marcada con color naranja.

10.12 Las barras de las diferentes fases pueden ser identificadas con colores según otras normas particulares, pero los colores blanco o gris claro siempre deben ser asignados al neutro y el color verde (o verde con listas amarillas) al conductor de tierra.

10.13 La sección (o las secciones) de un tablero CFD multiseccional, que contiene el puente que une el neutro con la tierra, debe ser marcado identificando el puente.

10.14 Un tablero CFD equipado con el neutro puesto a tierra a través de alta impedancia, según numeral 6.16.14, debe ser marcado con el texto: "El conductor neutro del sistema no debe ser conectado a tierra dentro de este tablero ni en su fuente de alimentación, sino a través de la impedancia de puesta a tierra", o con un texto equivalente.

10.14.1 La impedancia de puesta a tierra debe ser identificada con una placa, que indique, entre otros datos, la capacidad y el tiempo de duración de la corriente térmica del dispositivo.

10.15 PROTECCIÓN CONTRA FALLA A TIERRA

10.15.1 Si el tablero incluye protección contra falla a tierra, se debe suministrar una placa que indique el circuito protegido: principal, alimentador o ramal. Si una

placa sobre el equipo sensor o de relés de falla a tierra no es visible desde el frente del tablero con la cubierta removida, una información separada, tal como un diagrama de conexiones, debe ser suministrada.

10.15.2 Si un transformador auxiliar y sus fusibles se encuentran aguas arriba del interruptor principal, este puede ser identificado como principal, pero debe llevar un aviso de peligro, indicando que el interruptor principal no desconecta los circuitos de control y de instrumentos.

10.15.3 En un tablero con protección contra falla a tierra, la parte de la barra de neutro que contiene los terminales para la carga de los circuitos protegidos, debe llevar una advertencia que diga: "no conectar conductores de puesta a tierra a esta o cualquier otro terminal de neutro; el hacerlo eliminará la protección contra falla a tierra del sistema completo".

10.15.4 Si los sensores de protección contra falla a tierra, o el equipo de relés o ambos se encuentran ubicados en una envoltura separada, en el tablero deben ser marcados el nombre y la identificación completa de este equipo, así mismo debe contener las instrucciones sobre las interconexiones.

10.15.5 Si algún componente del sistema de protección contra falla a tierra se encuentra fuera del tablero CFD, un diagrama completo del cableado debe ser instalado en forma permanente en ambos lugares.

10.15.6 Si la alimentación de un sistema de protección contra falla a tierra está prevista de una fuente exterior del tablero o sección CFD, este debe ser marcado con un texto igual o similar a: Conectado a una fuente externa de alimentación, de xxx Volt (c.a. o c.d.). Los terminales de otros circuitos de control externos (por ejemplo, de las resistencias de calefacción), deben ser marcados en forma similar.

10.15.7 Una sección de un tablero CFD previsto como alimentador pero no equipado con protección contra falla a tierra como se requiere en los numerales 6.17.1 y 6.17.2, debe ser marcado como sigue:

- A. Para circuitos trifásicos, de 4 hilos y con el neutro puesto a tierra: "utilizable solamente para alimentar procesos continuos, bombas contra incendios y/o fuentes alternativos continuos".
- B. Para circuitos trifásicos de 3 hilos agregar: "o para circuitos donde el neutro no está puesto a tierra".

10.15.8 Si un sistema de protección contra falla a tierra, tiene solamente una señal audible o visible pero no desconecta la alimentación del circuito con falla, debe ser marcado como “utilizable solamente para fuente alterno de alimentación”.

10.16 Sin un interruptor de enlace no está diseñado para alimentación inversa, debe ser marcado con “No abrir bajo Carga”.

10.17 Si un tablero CFD contiene alimentación múltiple, debe ser marcado con un texto que diga, que ambos terminales (línea y carga) de cada interruptor principal pueden ser energizados al mismo tiempo. La marcación debe ser visible en las tapas de ambos terminales.

10.18 Si el interruptor principal de un tablero o sección CFD no contiene protección contra sobrecorriente (un interruptor no automático), el aparato debe llevar una marcación sobre o cercano a él, que diga: “Cuidado, no proporciona protección contra sobrecorriente”. La marca debe ser hecha con letras de 4,8 mm (3/16 de pulgada) altas como mínimo y debe ser visible sin remover tapas o frente muerto.

10.19 Si los terminales no son para uso general (Al/Cu), sino solo para conductores de aluminio o solo para conductores de cobre, esta condición debe ser marcada cerca de los propios terminales. Las letras o números aplicados en esta identificación deben ser iguales o mayores de 2,5 mm.

10.20 Si un tablero es suministrado con terminales de compresión para el cableado en el campo, se deben entregar instrucciones claras como utilizar las herramientas especiales para comprimir los terminales.

10.21 Cada tablero debe contener una placa o etiqueta indicando el torque de ajuste en Newton.metro – (N.m) o en libra – pie de cada conector destinado para ser cableado en el campo. Si se utilizan conectores de diferentes tamaños para alimentación, carga, neutro y tierra, los torques específicos para cada uno de ellos debe ser indicado. La indicación de torque(s) debe ser presentada en un formato o expresado gráficamente.

10.21.1 Los pares de ajustes (torques) al aplicar a los tornillos de las uniones de barras y terminales están indicados en la tabla N° 2, mientras los torques para los tornillos en los terminales (para apretar los conductores) se encuentran en la tabla N° 17. Una copia de cada una de estas dos tablas, preferiblemente impresas en hojas plásticas, debe ser fijada en el interior de la puerta frontal o en otro lugar visible.

10.22 Cada tablero debe ser marcado con el grado de protección proporcionado por la envolvente, el grado de protección de la envolvente contra las influencias del medio ambiente y, eventualmente, el grado de protección contra los impactos mecánicos, según el 6.2.1. de esta norma. La marcación puede estar en la placa de características general o en una placa separada, la cual puede estar puesta a la envolvente por fuera o en su interior. Si un tablero es apto para ser usado en diferentes condiciones ambientales, esta condición debe ser indicada en la placa.

10.23 Cada interruptor automático instalado dentro de un tablero debe ser debidamente identificado, indicando el nombre del fabricante, la tensión, la corriente y la capacidad de cortocircuito, así mismo debe tener una indicación clara de su posición: cerrada, abierta o disparada; esta última debe ser visible al abrir la puerta del tablero, pero sin tener que remover tapas internas. Si la manija del interruptor automático, o una extensión directa de la misma, asume una posición diferente (intermedia), esta debe ser marcada en el tablero, así mismo el método de la reconexión del interruptor. Al usar un mecanismo de operación externa, no es necesario marcar la posición de disparo.

10.24 Un interruptor automático o no automático que controla todos los circuitos de carga del tablero, debe ser marcado como “principal”. Ningún otro interruptor debe ser marcado igual. Si el interruptor principal se encuentra en la posición horizontal, como los demás interruptores ramales, no debe ser colocado ningún interruptor en el lado opuesto; la marcación de los circuitos ramales debe empezarse inmediatamente por debajo del interruptor principal.

10.25 Si una sección de un tablero CFD contiene uno o varios transformadores de potencia, cuyas conexiones secundarias salen de la sección para alimentar cargas en otras secciones, se debe indicar en la puerta o tapa de la sección secundaria, que el neutro del o de los transformadores debe ser puesta a tierra, según los requisitos correspondientes a los circuitos derivados. Así mismo, la sección secundaria debe ser marcado con la tensión secundaria y con la capacidad total del o de los transformadores (en KVA) que alimentan esta sección.

11.- DOCUMENTACION TECNICA

Cada tablero CFD debe ser acompañado por un lote de documentos técnicos, tales como planos de fabricación, diagramas eléctricos y listas de equipos, etc., según los requisitos indicados en la Norma Venezolana COVENIN 2811.

TABLA N° 2. PARES DE AJUSTES (TORQUES) PARA FABRICACIÓN Y PRUEBAS

TORNILLO / ROSCA			ACERO GRADO SAE 2 (DIN 4,8 Y 5,6)				ACERO GRADO SAE 5 (DIN 8,8)				ACERO GRADO SAE 8 (DIN 10,9)				TORNILLO ROSCA Ø NOMINAL		
Unidad "SI"	Whitworth	Ø Nominal en pulgadas	De Piezas Metálicas		De Barra a Barra		De Piezas Metálicas		De Barra a Barra		De Piezas Metálicas		De Barra a Barra				
			N.m	Pies- Libra	N.m	Pies- Libra	N.m	Pies- Libra	N.m	Pies- Libra	N.m	Pies- Libra	N.m	Pies- Libra			
Ø Nominal en mm.		Ø Nominal en pulgadas	Equivalentc en mm.														
M4		5/32	3,9688		2	1,5	1,2	0,9	3,9	2,9	2,5	1,8	-	-	5/32"		
M5		3/16	4,7625		4,8	3,5	2,4	1,7	7,4	5,5	4,75	3,5	-	-	M4		
M6					5	3,7	2,5 ^b	1,8	7,8 ^a	5,8	5 ^b	3,7	-	-	3/16"		
M8		1/4	6,35		8	5,9	4 ^b	3	13 ^a	9,6	8 ^b	5,9	18	13,2	10,8	M6	
		5/16	7,9375		8,1	6 ^d	5,4	4 ^c	13,6	10 ^d	7,6	5,6 ^c	19	14 ^d	11,4	8,4 ^c	1/4"
					16,3	12 ^d	9,8	7,2 ^c	25,8	19 ^d	15,2	11,2 ^c	39,3	29 ^d	23,9	17,6 ^c	5/16"
					20	14,8	10 ^b	7,4	32 ^a	23,6	20 ^b	14,8	46,2	34	28,9	21,3	M8
		3/8	9,525		27,1	20 ^d	16,3	12 ^c	44,7	33 ^d	27,1	20 ^c	63,7	47 ^d	40,1	29,6 ^c	3/8"
M10					32,7	24,1	20 ^b	14,8	65 ^a	47,9	40 ^b	29,5	93,8	70	57,6	42,3	M10
		7/16	11,1125		43,4	32 ^d	26	19,2 ^c	73,2	54 ^d	43,4	32 ^c	105,2	78 ^d	65	48 ^c	7/16"
					57	42	35 ^b	25,8	115 ^a	84,8	70 ^b	51,6	165,9	122,3	100	73,8	M12
		1/2	12,7		63,7	47 ^d	40,1	29,6 ^c	105,8	78 ^d	65	48 ^c	161,4	119 ^d	100	73,8 ^c	1/2"
M14					91,7	67,6	56,3	41,5	151,5	111,7	93,6	69	224,6	165,6	140	103,5	M14
		9/16	14,2875		93,6	69 ^d	57,5	42,4 ^c	154,6	114 ^d	95,5	70,4 ^c	229,2	169 ^d	143,2	105,6 ^c	9/16"
		5/8	15,875		130,	96 ^d	80,3	59,2 ^c	208,8	154 ^d	130,2	96 ^c	312	230 ^d	195,3	144 ^c	5/8"
					2	103	86	63,4	290 ^a	213,9	176,5	130,2	418	308	200	148	M16
		3/4	19,05		140	155 ^d	130,2	96 ^c	190	257 ^d	217	160 ^c	434	320 ^d	321	236,8 ^c	3/4"

Notas:

1 Los valores de torques en números destacados fueron tomados de las normas siguientes:

- COVENIN 2941, tabla 5, columnas S7 y S8, elaborada a base de normas DIN.
- DIN 43673, Uniones de Barras.
- NETA - ATS, pág. 89, "Bolt Torques for Bus Connections".
- Petersen Publishing Co, pág. 214, "Standard Torque Values Chart".

2. El resto de los valores de torques provienen de interpolación y conversiones: N.m= 1,356 pies-libra y pies-libra= 0,7376 N.m.

3. Esta tabla contiene los valores de torques a aplicar durante la fabricación. Para obtener los torques para pruebas multiplicar los valores indicados por 0,7.

TABLA N° 3. ESPESORES MINIMOS DE LAMINAS DE ACERO PARA LA FABRICACION DE ENVOLVENTES Y BASTIDORES CFD

GABINETE O CAJA SIN ESTRUCTURA				GABINETE O CAJA CON ESTRUCTURA (a) O CON REFUERZO EQUIVALENTE				ESPEJOR MINIMO (d) DE LA LAMINA			
Ancho Máximo (b)		Largo Máximo		Ancho Máximo (b)		Largo Máximo (c)		Sin Recubrimiento		Con Recubrimiento	
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
18	457	No limitado	No limitado (e)	27	686	No limitado	No limitado (e)	0,053	1,35	0,056	1,42
20	508	25	635	29	737	36	914				
22	559	No limitado	No limitado (e)	33	838	No limitado	No limitado (e)	0,060	1,52	0,063	1,60
25	635	31	787	35	889	43	1092				
25	635	No limitado	No limitado (e)	39	991	No limitado	No limitado (e)	0,067	1,70	0,070	1,78
29	737	36	914	41	1041	51	1295				
33	838	No limitado	No limitado (e)	51	1295	No limitado	No limitado (e)	0,080	2,03	0,084	2,13
38	965	47	1194	54	1372	68	1676				
42	1067	No limitado	No limitado (e)	64	1626	No limitado	No limitado (e)	0,093	2,36	0,097	2,46
47	1194	59	1499	68	1727	84	2134				
52	1321	No limitado	No limitado (e)	80	2032	No limitado	No limitado (e)	0,108	2,74	0,111	2,82
60	1524	74	1880	84	2134	103	2816				
63	1600	No limitado	No limitado (e)	97	2464	No limitado	No limitado (e)	0,123	3,12	0,126	3,20
73	1854	90	2286	103	2616	127	3226				

Notas:

- Ver numerales 6.4.7 y 6.4.8
- Es la dimensión menor de una lámina rectangular que forma parte de una envolvente. Superficies adyacentes de una envolvente, pueden tener soportes comunes y pueden ser fabricadas de una sola lámina.
- El largo de las piezas debe ser medido entre las estructuras.
- Ver numerales 6.4.6 y 6.4.9.
- No limitado se aplica solamente si el borde de la superficie tiene una pestaña de por lo menos 12,7 mm (1/2 pulgada), o si está fijado firmemente a superficies adyacentes no removibles bajo condiciones de uso normales.

TABLA N° 4 ESPESORES MINIMOS DE LÁMINAS DE ALUMINIO, COBRE Y LATÓN PARA LA FABRICACIÓN DE ENVOLVENTES Y BASTIDORES CFD

GABINETE O CAJA SIN ESTRUCTURA				GABINETE O CAJA CON ESTRUCTURA (a) O CON REFUERZO EQUIVALENTE				ESPEOR MINIMO (d) DE LA LAMINA	
Ancho Máximo (b)		Largo Máximo		Ancho Máximo (b)		Largo Máximo (c)		Sin Recubrimiento	
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
18 20	457 508	No limitado 25	No limitado (e) 635	42 45	1067 1143	No limitado 55	No limitado (e) 1397	0,075	1,91
25 29	635 737	No limitado 36	No limitado (e) 914	60 64	1524 1626	No limitado 78	No limitado (e) 1981	0,095	2,41
37 42	940 1067	No limitado 53	No limitado (e) 1346	87 93	2210 2362	No limitado 114	No limitado (e) 2896	0,122	3,10
52 60	1321 1524	No limitado 74	No limitado (e) 1880	123 130	3124 3302	No limitado 160	No limitado (e) 4064°	0,153	3,89

Notas:

- Ver numerales 6.4.7 y 6.4.8
- Es la dimensión menor de una lámina rectangular que forma parte de una envolvente. Superficies adyacentes de una envolvente, pueden tener soportes comunes y pueden ser fabricadas de una sola lámina.
- El largo de las piezas debe ser medido entre las estructuras.
- Ver numerales 6.4.6 y 6.4.9.
- No limitado se aplica solamente si el borde de la superficie tiene una pestaña de por lo menos 12,7 mm (1/2 pulgada), o si está fijado firmemente a superficies adyacentes no removibles bajo condiciones de uso normales.

TABLA N° 5 ESPACIOS MINIMOS ENTRE BISAGRAS DE PUERTAS Y DE TAPAS ABISAGRADAS

ESPACIOS MINIMOS				CONSTRUCCION DE LA PUERTA O TAPA							
Entre cada extremo de la puerta o tapa y el centro de la Bisagra		Entre cada centro de Bisagra		Ancho de la Pestaña		ESPESOR MINIMO DE LA LAMINA					
						Acero no Cubierto		Acero Galvanizado		Aluminio, Cobre o Latón	
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
4	102	24	610	Ninguna	Ninguna	—	—	—	—	—	—
4	102	32	712	Ninguna	Ninguna	0,093	2,4	0,097	2,5	0,122	3,1
4	102	36	914	0,5	12,7	—	—	—	—	—	—
6 (a)	152	36	914	0,5	12,7	—	—	—	—	—	—
10 (b)	254	36	914	0,5	12,7	—	—	—	—	—	—
9	229	36	914	1	25,4	—	—	—	—	—	—
12	305	40	1016	1	25,4	0,093	2,4	0,097	2,5	0,122	3,1

Notas:

- a) Las bisagras pueden ser ubicadas a distancias de 152 mm (6 pulgadas) desde el extremo de una puerta o tapa en piezas no mayor de 1143 mm (45 pulgadas) de largo en el lado de las bisagras.
- b) Las bisagras pueden ser ubicadas a distancias de 254 mm (10 pulgadas) desde el extremo de una puerta o tapa si esta tiene tres (3) bisagras.

TABLA N° 6. SEPARACIONES MINIMAS Y DISTANCIAS DE FUGA

Tensión Aplicada	Separación mínima, mm (pulgadas)		
	Entre partes energizadas no aisladas de polaridad opuestas		A través del aire o sobre la superficie ^b entre partes energizadas no aisladas y metal muerto conectado a tierra
Volt	A través del aire	Sobre la superficie ^{a,b}	
125 o menos	12,7 (¹ / ₂)	19,1 (³ / ₄)	12,7 (¹ / ₂)
126 - 250	19,1 (³ / ₄)	31,8 (1 ¹ / ₄)	12,7 (¹ / ₂)
251 - 600	25,4 (1)	50,8 (2)	25,4 ^c (1)

NOTA: Se considera que una parte metálica aislada no viva, tal como la cabeza de un tornillo o arandela interpuestas entre partes energizadas no aisladas de polaridad opuesta o entre una parte energizada no aislada y el metal no vivo conectado a tierra, reduce la separación hasta un valor igual a la dimensión de la parte interpuesta a lo largo de la trayectoria de medición

- Una separación de aire de 0,33 mm (0,013 pulgadas) o menos entre una parte energizada y una superficie aislada va a ser ignorada y la parte se va a considerar en contacto con el material aislante cuando se miden separaciones.
- Al medir las separaciones sobre la superficie, se debe ignorar cualquier ranura o canaleta, etc. de 0,33 mm (0,013 pulgadas) de ancho, o menos, en el contorno de un material aislante.
- Una separación a través del aire de no menor de 12,7 mm (¹/₂ pulgada) es aceptable (1) en un interruptor automático en caja moldeada y (2) entre metal no vivo conectado a tierra y el neutro aislado de un tablero de 277 / 480, trifásico, tetrafilar.

TABLA N° 7. CAPACIDAD DE CORRIENTE DE BARRAS DESNUDAS HASTA 800A MAXIMO

Corriente Nominal en Ampere	DIMENSIONES DE BARRAS DE COBRE			DIMENSIONES DE BARRAS DE ALUMINIO			
	Ancho x Espesor		Sección	Ancho x Espesor		Sección	
	Pulgadas	mm		Pulgadas	mm		
225	0,875 x 0,125	22,2 x 3,175 25 x 3	0,109 ----- mm ² 70,56 75,00	0,875 x 0,25	22,2 x 6,36 25 x 6	0,219 ----- mm ² 140,97 150,00	
400	1,5 x 0,25	38,1 x 6,35 40 x 6	0,375 ----- mm ² 241,94 240,00	2,0 x 0,25	50,8 x 6,35 50 x 7	0,5 ----- mm ² 322,58 350,00	
600	2,0 x 0,25	50,8 x 6,35 50 x 7	0,5 ----- mm ² 322,58 350,00	No Especificado No Especificado	No Especificado No Especificado	0,8 ----- mm ² 516,13	
800	3,0 x 0,25	76,2 x 6,35 50 x 10	0,75 ----- mm ² 483,87 500,00	No Especificado No Especificado	No Especificado No Especificado	1,067 ----- mm ² 688,17	

Notas:

- Se pueden utilizar barras de otras dimensiones, si sus secciones son iguales o mayores de los indicados en esta tabla y si se mantienen la misma rigidez mecánica.
- Las conexiones de las barras deben ser plateadas, estañadas o niqueladas.

TABLA N° 8. CAPACIDAD MINIMA DE CORRIENTE DE BARRAS PARA ALIMENTACION MULTIPLE

A)	Número de Circuitos Ramales con dispositivo de Protección contra sobrecargas	Porcentaje de la suma total a aplicar a las barras
	1	100%
	2 – 3	80%
	4 – 6	70%
	7 – 12	60%
	más de 12	50%

B)	Relación de los Espacios de Reserva con el número total de circuitos ramales	Factor de Multiplicación
	0 – 10%	1,00
	11 – 25%	1,25
	28 – 40%	1,5
	41 – 60%	1,75
	mayor de 60%	2,0

TABLA N° 9. CAPACIDAD DE CARGA DE CONDUCTORES AISLADOS DENTRO DE TABLEROS CFD

CALIBRE DEL CONDUCTOR		60 °C (140 °F) AMPERE		75 °C (167 °F) AMPERE		90 °C (194 °F) AMPERE	
AWG	mm ²	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
14	2,08	25	—	30	—	35	—
12	3,31	30	25	35	30	40	35
10	5,261	40	35	50	40	55	40
8	8,364	60	45	70	55	80	60
6	13,30	80	60	95	75	105	80
4	21,15	105	80	125	100	140	110
3	26,67	120	95	145	115	165	130
2	33,62	140	110	170	135	190	150
1	42,41	165	130	195	155	220	175
1/0	53,49	195	150	230	180	260	205
2/0	67,43	225	175	265	210	300	235
3/0	85,01	260	200	310	240	350	275
4/0	107,2	300	235	360	280	405	315
250	127	340	265	405	315	455	355
300	152	375	290	445	350	505	395
350	177	420	330	505	395	570	445
400	203	455	355	545	425	615	480
500	253	515	405	620	485	700	545
600	304	575	455	690	540	780	615
700	355	630	500	755	595	855	675
750	380	655	515	785	620	885	700
800	405	680	535	815	645	920	725
900	456	730	580	870	700	985	785
1000	507	780	625	935	750	1055	845

NOTAS:

- 1) Los valores indicados corresponden a la tabla N° 310.17 del Código Eléctrico Nacional, NVC-200 para conductores aislados al aire libre, a ser utilizados dentro de la envoltura de un tablero o sección CFD, en interconexiones internas.
- 2) Para el terminal tipo multiconductor, la suma de los valores de la capacidad de carga de cada conductor debe ser considerado.

TABLA N° 10. CAPACIDAD DE CARGA DE CONDUCTORES AISLADOS EXTERNOS

CALIBRE DEL CONDUCTOR		60 °C (140 °F)		75 °C (167 °F)	
		Ampere		Ampere	
AWG	mm ²	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
14	2,08	20 (15) ^a	-	20 (15) ^a	-
12	3,31	25 (20) ^a	20 (15) ^a	25 (20) ^a	20 (15) ^a
10	5,261	30	25	35 (30) ^a	30 (25) ^a
8	8,367	40	30	50 ^b	40 ^b
6	13,30	55	40	65	50 ^b
4	21,15	70	55	85 ^b (100) ^c	65 ^b
3	26,67	85	65	100 ^b (110) ^c	75 ^b
2	33,62	95	75	115 ^b (125) ^c	90 ^b (100) ^c
1	42,41	110	85	130 ^b (150) ^c	100 ^b (110) ^c
1/0	53,49	d	d	150 ^b (175) ^c	120 ^b (125) ^c
2/0	67,43	d	d	175 ^b (200) ^c	135 ^b (150) ^c
3/0	85,01	d	d	200	155 ^b (175) ^c
4/0	107,2	d	d	230	180 ^b (200) ^c
kcmil					
250	127	d	d	255	205
300	152	d	d	285	230
350	177	d	d	310	250
400	203	d	d	335	270
500	253	d	d	380	310
600	304	d	d	420	340
700	355	d	d	460	375
750	380	d	d	475	385
800	405	d	d	490	395
900	456	d	d	520	425
1000	507	d	d	545	445
1250	633	d	d	590	485
1500	760	d	d	625	520
1750	887	d	d	650	545
2000	1010	d	d	665	560

Notas:

- Los valores indicados corresponden a la tabla 310.16 del Código Eléctrico Nacional NVC-200-1990, para conductores aislados externos, a instalarse en la obra. Para conductores instalados dentro del tablero, los valores de la tabla N° 9 son aplicables.
- Para un conector de un multiconductor a un terminal, el valor de conducción de corriente se debe multiplicar por el número de conductores que el terminal acomodará [1/0 AWG (53,5 mm²) y mayor].
- Estos valores de la capacidad de carga se aplican solo si no se van a instalar en el campo más de tres conductores en un conducto simple. Si se instalarán cuatro o más conductores, diferente a un neutro puesto a tierra o a un neutro que lleva la corriente no balanceada, en un conducto, la capacidad de conducción de corriente de cada uno de estos conductores es reducida como se muestra en la siguiente tabla. Estos valores reducidos no se aplican a cableado interno de un tablero a menos que se encierre en un conducto.

Continuación de la Tabla N° 10

Número de Conductores

Porcentaje de Valor en Tabla

4-6	80
7-24	70
25-42	60
43 ó más	50

- a. Los valores en paréntesis se usan si el conductor es conectado a un dispositivo protector de sobrecorriente. Los otros valores se aplican de acuerdo con 6.9.5.2.
- b. La capacidad de corriente de estos calibres debe considerarse iguales para los conductores a 60 °C (140 °F) cuando se conectan a un interruptor automático de caja moldeada, a menos que el interruptor se marque con 75 °C (167 °F).
- c. Los valores en paréntesis se aceptan en los terminales principales de un tablero monofásico, de 3 conductores, con el propósito de usarse como equipo de servicio residencial.
- d. Para calibres de conductores 1/0 AWG o mayores, se asume que se usará un conductor con al menos una temperatura nominal de 75 °C.

TABLA N° 11. AUMENTOS DE TEMPERATURA MÁXIMA ADMISIBLE SOBRE UNA TEMPERATURA AMBIENTAL DE 25°C (77 °F)

MATERIALES Y COMPONENTES		AUMENTO ADMISIBLE	
		GRADOS	GRADOS
		C	F
1.	Barras y sus juntas – sin recubrimiento galvánico.	50	90
2.	Barras y sus juntas – con recubrimiento galvánico de plata, estaño, o níquel.	65°	117°
3.	Barras con recubrimiento conectados al borne de conexión de interruptores automáticos en caja moldeada.	55	99
4.	Cualquier parte, que puede tener contacto con cableado efectuado en el campo.	50 ^a	90 ^a
5.	Terminales atornillados o de presión para conductores instalados en el campo.	50 ^a	90 ^a
6.	Terminales atornillados o de presión utilizados en circuitos de 110 A o menores, en combinación con conductores de 75 °C.	65	117
7.	Aislamiento de cables o mangas termorreducibles.	35 ^{a,d}	63 ^{a,d}
8.	Cinta eléctrica aislante (teipe).	55 ^{a,d}	99 ^{a,d}
9.	Aislamiento de tela barnizado.	60 ^{a,d}	108 ^{a,d}
10.	Fibra empleado como aislamiento eléctrico.	65 ^{a,d}	117 ^{a,d}
11.	Compuesto (compound) sellante.	50 ^{b,d}	90 ^{b,d}
12.	Composición fenólica empleada como aislamiento eléctrico o parte, cuyo deterioro pudiera constituir un riesgo de fuego o de choque eléctrico.	125 ^{a,d}	225 ^{a,d}
13.	Otros materiales aislantes.	(Ver b,d)	(Ver b,d)
14.	Accionamientos externos, manivelas, botones, etc., metálicos, sujetas a tocar por personas.	35	63
15.	Accionamientos externos, manivelas, botones, etc., no metálicos, sujetas a tocar por personas.	60	108
16.	Bobinas de transformadores secos o encapsulados, con aislamiento clase 105	70	126
	Bobinas de transformadores secos o encapsulados, con aislamiento clase 130	95	171
	Bobinas de transformadores secos o encapsulados, con aislamiento clase 155	115	207
	Bobinas de transformadores secos o encapsulados, con aislamiento clase 180	135	243
	Bobinas de transformadores secos o encapsulados, con aislamiento clase 220	165	297
Notas:			
a.	Esta limitación no aplica a un conductor aislado u otro material de aislamiento que fué ensayado y encontrado conforme para una temperatura superior.		
b.	El punto de ablandamiento debe ser por lo menos 40 °C (75 °F) más alto que el aumento de temperatura del punto donde fue aplicado, pero en ningún caso menor de 90 °C (194 °F).		
c.	Ambas superficies de una junta deben ser recubiertas en las puntas de contacto, pero no necesariamente la barra completa.		
d.	Para materiales aislantes otros que antes mencionados, el aumento de temperatura admisible debe ser determinada según las propiedades características del material empleado, a base de especificaciones y/o ensayos, con un margen de seguridad de 40 °C (104 °F).		

TABLA N° 12. ESPACIOS PARA DOBLAMIENTO DE CABLES EN LOS TERMINALES

		ESPACIO DE DOBLAMIENTO MÍNIMO, mm (PULGADAS)				
Calibre del Conductor, AWG o kcmil (mm ²)		Cables por Terminal (Polo) ^a				
		1	2	3	4 ó más	
14-10 AWG	(2,1-5,3)	No especificado	-	-	-	-
8	(8,4)	38,01 (1-1/2)	-	-	-	-
6	(13,3)	50,08 (2)	-	-	-	-
4	(21,2)	76,2 (3)	-	-	-	-
3	(26,7)	76,2 (3)	-	-	-	-
2	(33,6)	88,9 (3-1/2)	-	-	-	-
1	(42,4)	114 (4-1/2)	-	-	-	-
0	(53,5)	140 (5-1/2)	140 (5-1/2)	178 (7)	-	-
2/0	(67,4)	152 (6)	152 (6)	191 (7-1/2)	-	-
3/0	(85,0)	165 [6] (6-1/2)	165 (6-1/2) [6]	203 (8)	-	-
4/0	(107)	178 [6] (7)	191 (7-1/2) [6]	216 (8-1/2) [8]	-	-
250 kcmil	(127)	216 [6-1/2] (8-1/2)	216 (8-1/2) [6-1/2]	229 (9) [8]	254 (10)	-
300	(152)	254 [7] (10)	254 (10) [8]	279 (11) [10]	305 (12)	-
350	(177)	305 [9] (12)	305 (12) [9]	330 (13) [10]	356 (14) [12]	-
400	(203)	330 [10] (13)	330 (13) [10]	356 (14) [11]	381 (15) [12]	-
500	(253)	356 [11] (14)	356 (14) [11]	381 (15) [12]	406 (16) [13]	-
600	(304)	381 [12] (15)	406 (16) [13]	457 (18) [15]	483 (19) [16]	-
700	(355)	406 [13] (16)	457 (18) [15]	458 (20) [17]	559 (22) [29]	-
750	(380)	432 [14] (17)	483 (19) [16]	559 (22) [19]	610 (24) [21]	-
800	(405)	457 (18)	508 (20)	559 (22)	610 (24)	-
900	(456)	483 (19)	559 (22)	610 (24)	610 (24)	-
1000	(507)	508 (20)	-	-	-	-
1250	(633)	559 (22)	-	-	-	-
1500-2000	(760-1010)	610 (24)	-	-	-	-

Notas:

1. Los valores en corchetes angulares [] están en pulgadas y se aplican a terminales removibles y en canaletas (Lay in) con el propósito de considerar solo un conductor.
2. Véase el 6.14.2.5.
- a. La conexión principal para un neutro se considera como un polo, pero los terminales ramales del neutro no se cuentan en esta determinación.

TABLA N° 13. ANCHO MÍNIMO DE CANALETA Y ESPACIO PARA DOBLAMIENTO DE CONDUCTORES

ESPACIO DE DOBLAMIENTO ESPECÍFICO MÍNIMO, TERMINAL A PARED mm (pulgadas)						
Calibre de Conductor, AWG o kcmil / MCM(mm ²)		Alambres por Terminal (Polo) ^a				
		1	2	3	4	5
14 – 10	(2,1 – 5,3)	No especificado	-	-	-	-
8-6	(8,4 – 13,3)	38,1 (1-1/2)	-	-	-	-
4-3	(21,1 – 26,7)	50,8 (2)	-	-	-	-
2	(33,6)	63,5 (2-1/2)	-	-	-	-
1	(42,4)	76,2 (3)	-	-	-	-
1/0-2/0	(53,5 – 67,4)	88,9 (3-1/2)	127 (5)	178 (7)	-	-
3/0-4/0	(85,0 – 107)	102 (4)	152 (6)	203 (8)	-	-
250	(127)	114 (4-1/2)	152 (6)	203 (8)	254 (10)	-
300 – 350	(152 – 177)	127 (5)	203 (8)	254 (10)	305 (12)	-
400 – 500	(203 – 253)	152 (6)	203 (8)	254 (10)	305 (12)	356 (14)
600 – 700	(304 – 355)	203 (8)	254 (10)	305 (10)	356 (14)	406 (16)
700 – 900	(380 – 456)	203 (8)	305 (12)	356 (14)	406 (16)	457 (18)
1000 – 1250	(507 – 633)	254 (10)	-	-	-	-
1500 - 2000	(760 – 1010)	305 (12)	-	-	-	-

Notas:

1. La tabla incluye solo esas combinaciones de conductores múltiples que sean probablemente usadas. Las combinaciones que no se mencionan, pueden requerir un estudio adicional.
2. Véase el 6.11.5.2.
- a. La conexión principal para el neutro se considera como un polo – esto es, que los terminales ramales de neutro no se cuentan en esta determinación.

TABLA N° 14. ESPACIOS LIBRES PARA EL CABLEADO

Calibre máximo de Alambre o Cable	Ancho y Profundidad Mínimos del Espacio para el Cableado	Area Mínima en cm ² (Pulgadas Cuadradas) Requerida para Conectores Múltiples con Base en el Factor de 2,5						
AWG MCM kcmil	mm (Pulg)	Dos Conductores	Tres Conductores	Cuatro Conductores	Cinco Conductores	Seis Conductores	Siete Conductores	
12 (3,3)	9,5 (3/8)	0,9 (0,14)	1,4 (0,21)	1,8 (0,28)	2,3 (0,35)	2,7 (0,42)	3,2 (0,49)	
10 (5,3)	9,5 (3/8)	1,5 (0,23)	2,2 (0,34)	3,0 (0,46)	3,7 (0,57)	4,4 (0,68)	5,2 (0,80)	
8 (8,4)	12,7 (1/2)	2,8 (0,43)	4,1 (0,64)	5,5 (0,85)	6,9 (1,07)	8,3 (1,28)	9,7 (1,50)	
6 (13,3)	15,9 (5/8)	4,0 (0,62)	6,0 (0,93)	8,0 (1,24)	10,0 (1,55)	12,0 (1,86)	14,0 (2,17)	
4 (21,2)	19,1 (3/4)	5,2 (0,80)	7,7 (1,20)	10,3 (1,60)	12,9 (2,00)	15,5 (2,40)	18,1 (2,80)	
3 (26,7)	19,1 (3/4)	5,9 (0,91)	8,8 (1,36)	11,7 (1,82)	14,6 (2,27)	17,5 (2,72)	20,5 (3,18)	
2 (33,6)	22,2 (7/8)	6,6 (1,03)	10,0 (1,55)	13,3 (2,06)	16,6 (2,58)	20,0 (3,10)	23,3 (3,61)	
1 (42,4)	25,4 (1)	8,8 (1,36)	13,2 (2,04)	17,5 (2,72)	21,9 (3,40)	26,3 (4,08)	30,7 (4,76)	
1/0 (53,5)	25,4 (1)	10,0 (1,55)	15,0 (2,33)	20,0 (3,10)	25,0 (3,88)	30,1 (4,66)	35,0 (5,43)	
2/0 (67,4)	25,4 (1)	11,5 (1,79)	17,3 (2,68)	23,1 (3,58)	28,8 (4,47)	34,6 (5,36)	40,4 (6,26)	
3/0 (85,0)	28,6 (1-1/8)	13,4 (2,08)	20,1 (3,11)	26,8 (4,16)	33,5 (5,19)	40,1 (6,22)	46,9 (7,27)	
4/0 (107)	31,8 (1-1/4)	15,6 (2,42)	23,4 (3,63)	31,2 (4,84)	39,0 (6,05)	46,8 (7,26)	54,6 (8,47)	
250 (127)	34,9 (1-3/8)	19,1 (2,96)	28,6 (4,44)	38,2 (5,92)	47,7 (7,40)	57,3 (8,88)	66,8 (10,36)	
300 (152)	38,1 (1-1/2)	22,1 (3,42)	33,1 (5,13)	44,1 (6,84)	55,2 (8,55)	66,2 (10,26)	77,2 (11,96)	
350 (177)	38,1 (1-1/2)	24,6 (3,81)	36,9 (5,72)	49,2 (7,62)	61,5 (9,53)	73,8 (11,44)	86,1 (13,34)	
400 (203)	41,3 (1-5/8)	27,0 (4,18)	40,5 (6,27)	53,9 (8,36)	67,4 (10,45)	80,9 (12,54)	94,4 (14,63)	
500 (253)	44,5 (1-3/4)	31,7 (4,92)	47,6 (7,38)	63,5 (9,84)	79,4 (12,30)	95,2 (14,76)	111,1 (17,22)	
600 (304)	47,6 (1-7/8)	38,5 (5,97)	57,8 (8,96)	77,0 (11,94)	96,3 (14,93)	115,6 (17,92)	134,8 (20,90)	
700 (355)	50,8 (2)	43,1 (6,68)	64,6 (10,02)	86,2 (13,36)	107,7 (16,70)	129,3 (20,04)	150,8 (23,38)	
750 (380)	50,8 (2)	45,4 (7,04)	68,1 (10,56)	90,8 (14,08)	113,5 (17,60)	136,3 (21,12)	159,0 (24,64)	
800 (405)	54,0 (2-1/8)	47,7 (7,39)	71,6 (11,09)	95,4 (14,78)	119,2 (18,48)	143,1 (22,18)	166,9 (25,87)	
900 (456)	57,2 (2-1/4)	52,2 (8,09)	78,3 (12,13)	104,4 (16,18)	130,5 (20,22)	156,5 (24,26)	182,6 (28,31)	
1000 (507)	57,2 (2-1/4)	56,6 (8,77)	84,8 (13,15)	113,2 (17,54)	141,4 (21,92)	169,7 (26,30)	198,0 (30,69)	
1250 (633)	63,5 (2-1/2)	71,2 (11,03)	106,8 (16,55)	142,3 (22,06)	177,9 (27,58)	213,5 (33,10)	249,1 (38,61)	
1500 (760)	69,8 (2-3/4)	82,2 (12,74)	123,3 (19,11)	164,4 (25,48)	205,5 (31,85)	246,6 (38,22)	287,7 (44,59)	
1750 (887)	73,0 (2-7/8)	93,2 (14,45)	139,8 (21,67)	186,5 (28,90)	233,0 (36,12)	279,6 (43,34)	326,3 (50,57)	
2000 (1010)	79,4 (3-1/8)	103,5 (16,04)	155,2 (24,06)	207,0 (32,08)	258,7 (40,10)	310,5 (48,12)	362,2 (56,14)	

TABLA N° 15. SECCIONES DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA PARA CONEXIONES DE EQUIPOS, DEL TABLERO Y DEL NEUTRO PRINCIPAL

Capacidad máxima en Ampere (b)	CONEXIONES DE EQUIPOS				CONDUCTOR DE TIERRA PRINCIPAL (a)				PUENTE PRINCIPAL ENTRE NEUTRO Y TIERRA			
	Cobre		Aluminio		Cobre		Aluminio		Cobre		Aluminio	
	AWG MCM	mm ²	AWG MCM	mm ²	AWG MCM	mm ²	AWG MCM	mm ²	AWG MCM	mm ²	AWG MCM	mm ²
15	14	2,08	12	3,31	-	-	-	-	-	-	-	-
20	12	3,31	10	5,261	-	-	-	-	-	-	-	-
30	10	5,261	8	8,367	-	-	-	-	-	-	-	-
40	10	5,261	8	8,367	-	-	-	-	-	-	-	-
60	10	5,261	8	8,367	-	-	-	-	-	-	-	-
90	8	8,367	6	13,30	8	8,367	6	13,30	8	8,367	6	13,30
100	8	8,367	6	13,30	8	8,367	6	13,30	8	8,367	6	13,30
150	6	13,30	4	21,15	6	13,30	4	21,15	6	13,30	4	21,15
200	6	13,30	4	21,15	4	21,15	2	33,62	4	21,15	2	33,62
300	4	21,15	2	33,62	2	33,62	1/0	53,49	2	33,62	1/0	53,49
400	3	26,67	1	42,41	1/0 (c)	53,49 (c)	3/0 (c)	85,01 (c)	1/0 (c)	53,49 (c)	3/0 (c)	85,01 (c)
500	2	33,62	1/0	53,49	1/0	53,49	3/0	85,01	1/0	53,49	3/0	85,01
600	1	42,41	2/0	67,43	2/0	67,43	4/0	107,2	2/0	63,43	4/0	107,2
800	1/0	53,44	3/0	85,01	2/0	67,43	4/0	107,2	2/0	63,43	4/0	107,2
1000	2/0	67,43	4/0	107,2	3/0	85,01	250	127	3/0	85,01	250	127
1200	3/0	85,01	250	127	3/0	85,01	250	127	250 (d)	127 (d)	250	127
1600	4/0	107,2	350	177	3/0	85,01	250	127	300 (d)	152 (d)	400 (d)	203 (d)
2000	250	127	400	203	3/0	85,01	250	127	400 (d)	203 (d)	500 (d)	253 (d)
2500	350	177	600	304	3/0	85,01	250	127	500 (d)	253 (d)	700 (d)	355 (d)
3000	400	203	600	304	3/0	85,01	250	127	600 (d)	304 (d)	750 (d)	380 (d)
4000	500	253	800	405	3/0	85,01	250	127	750 (d)	380 (d)	1000 (d)	507 (d)
5000	700	355	1200	608	3/0	85,01	250	127	900	456	1250	633
6300	800	405	1200	608	3/0	85,01	250	127	1250	633	1500	760

NOTA:

- La sección de la barra de tierra debe corresponder a la sección indicada en las columnas 7 y 9 de esta tabla.
- Corresponde a la capacidad de corriente máxima del tablero o del dispositivo de protección contra sobrecorrientes aguas arriba de los medios de puesta a tierra.
- Si la capacidad nominal de corriente es 400A y los terminales de los conductores de alimentación son para dos cables 3/0 AWG en cobre ó dos de 250MCM en aluminio, pero no aceptan un conductor de 600MCM, los valores indicados pueden ser reducidos a 2AWG en cobre ó 1/0AWG en aluminio.
- La sección transversal se puede reducir al 12,5% de la sección transversal del conductor de alimentación más grande y del mismo material (cobre o aluminio), para cualquier fase de un tablero de 1200A y mayor. Esto se aplica cuando la sección transversal de los conductores de alimentación está limitada por los terminales de cables suministrados.

TABLA N°. 16. UBICACIÓN DE PLACAS DE IDENTIFICACION Y MARCACION

CONCEPTO	NUMERALES DE REFERENCIA	UBICACIÓN CLASE
Placa principal de identificación	10.1.1, 10.7	A
Valores nominales	10.7, 10.8, 10.9	A
Capacidad de Cortocircuito	10.1, 10.7	A
Identificación de las fases	10.11, 10.12	B
Identificación del Neutro	10.13, 10.14, 10.14.1	B
Protección contra falla a tierra	10.15	B
Equipos de interrupción y protección	10.16, 10.17, 10.18, 10.23, 10.24	B
Circuitos de Emergencia	10.17	B
Terminales (conectores) de cables	10.19, 10.20, 10.21, 10.21.1	B
Transformadores	10.25	B
Grados de protección de la envolvente	10.1.5, 10.22	A
Aislador con núcleo de metal	6.10.6.2	B
Manual de Instrucciones	10.3	B
Seguridad externa	10.5, 10.6, 10.16	A
Seguridad interna	10.15.2, 10.16	B
Torques	6.3.3, 10.21, 10.21.1	B

Categoría “A” = Las placas en categoría A deben ser visibles sin abrir las puertas o tapas abisagradas exteriores, sin remover cualquier tapa o frente muerto, así mismo, sin remover el frente muerto interior en tableros a la intemperie.

Categoría “B” = Las placas en categoría B deben ser visibles sin tener que remover algún dispositivo y cuando la puerta exterior, tapa o frente muerto esté desmontado.

TABLA N° 17. PARES DE AJUSTE (TORQUES) DE LOS TORNILLOS PARA LOS CONDUCTORES EN LOS TERMINALES

Conductor Instalado en el Terminal		TORQUE A APLICAR						
		A			B		C	
AWG MCM/Kcmil	mm ²	Libra Pulgada Lb-in	Libra-Pie Lb-ft	Newton Metro N.m	Libra Pulgada Lb-in	Newton Metro N.m	Libra Pulgada Lb-in	Newton Metro N.m
18 - 10	0,82-5,261	15	1,3	1,7	25 (2,0)	2,8	60 (5) ⁴	6,8
8	8,364	25	2,0	2,8	35 (3,0)	4,0	60 (5)	6,8
6	13,30	25	2,0	2,8	35 (3,0)	4,0	90 (75)	10,2
4	21,15	-	-	-	35 (3,0)	4,0	90 (75)	10,2
3	26,67	-	-	-	40 (3,3)	4,5	125 (10,4)	14,1
2	33,62	-	-	-	40 (3,3)	4,5	125 (10,4)	14,1
1	42,41	-	-	-	40 (3,3)	4,5	125 (10,4)	14,1
1/0	53,49	-	-	-	40 (3,3)	4,5	150 (125)	17,0
2/0	67,43	-	-	-	40 (3,3)	4,5	150 (125)	17,0
3/0	85,01	-	-	-	40 (3,3)	4,5	200 (16,7)	22,6
4/0	107,02	-	-	-	40 (3,3)	4,5	200 (16,7)	22,6
250	127	-	-	-	-	-	250 (20,9)	28,3
300	152	-	-	-	-	-	250 (20,9)	28,3
350	177	-	-	-	-	-	250 (20,9)	28,3
400	203	-	-	-	-	-	250 (20,9)	28,3
500	253	-	-	-	-	-	300 (25)	33,9
600	304	-	-	-	-	-	300 (25)	33,9
700	355	-	-	-	-	-	300 (25)	33,9
750	380	-	-	-	-	-	300 (25)	33,9
800	405	-	-	-	-	-	400 (33,3)	45,2
900	456	-	-	-	-	-	400 (33,3)	45,2
1000	507	-	-	-	-	-	400 (33,3)	45,2
1250	633	-	-	-	-	-	500 (41,7)	56,5
1500	760	-	-	-	-	-	500 (41,7)	56,5
1750	887	-	-	-	-	-	500 (41,7)	56,5
2000	1013	-	-	-	-	-	500 (41,7)	56,5

Continuación Tabla No. 17

NOTAS:

1. A. Previsto para un terminal (conector) atornillable pequeño, que tiene su tornillo de apriete para destornillador, con una ranura de 1,2 mm (0,049 pulgadas) o menor y de 6,35 mm (0,25 pulgadas) de largo o menor. El hueco del conector puede aceptar un conductor sólido o trenzado de 18 a 6AWG (0,82 a 5,261 mm²) de cobre o aluminio, así mismo 2 conductores de 18,16,14 ó 12AWG de cobre y 2 x 12AWG de aluminio.
2. B. Previsto para un terminal (conector) atornillable grande, que tiene su tornillo de apriete para destornillador, con una ranura de 1,2 mm (0,049 pulgadas) o mayor y de 6,35 mm (0,25 mm) de largo o mayor. El hueco del conector puede aceptar un conductor sólido o trenzado de 14 a 4/0AWG (2,08 a 107,2 mm²) de cobre o aluminio, así mismo 2 ó 3 conductores de 14 a 10AWG (2,08 a 5,261 mm²) de cobre y de 12 y 10AWG (3,3 a 5,261 mm²) de aluminio.
3. C. Previsto para un terminal (conector) atornillable para uno o varios conductores, que tiene su tornillo de apriete con cabeza para llave Allen (hexagonal). Cada conductor debe ser apretado con el torque indicado en esta columna.
4. Los valores en () indican el torque en libra – pie.

FIGURA Nº. 1

ESQUEMA TÍPICO DE UN TABLERO CFD
CON INTERRUPTOR PRINCIPAL INCORPORADO

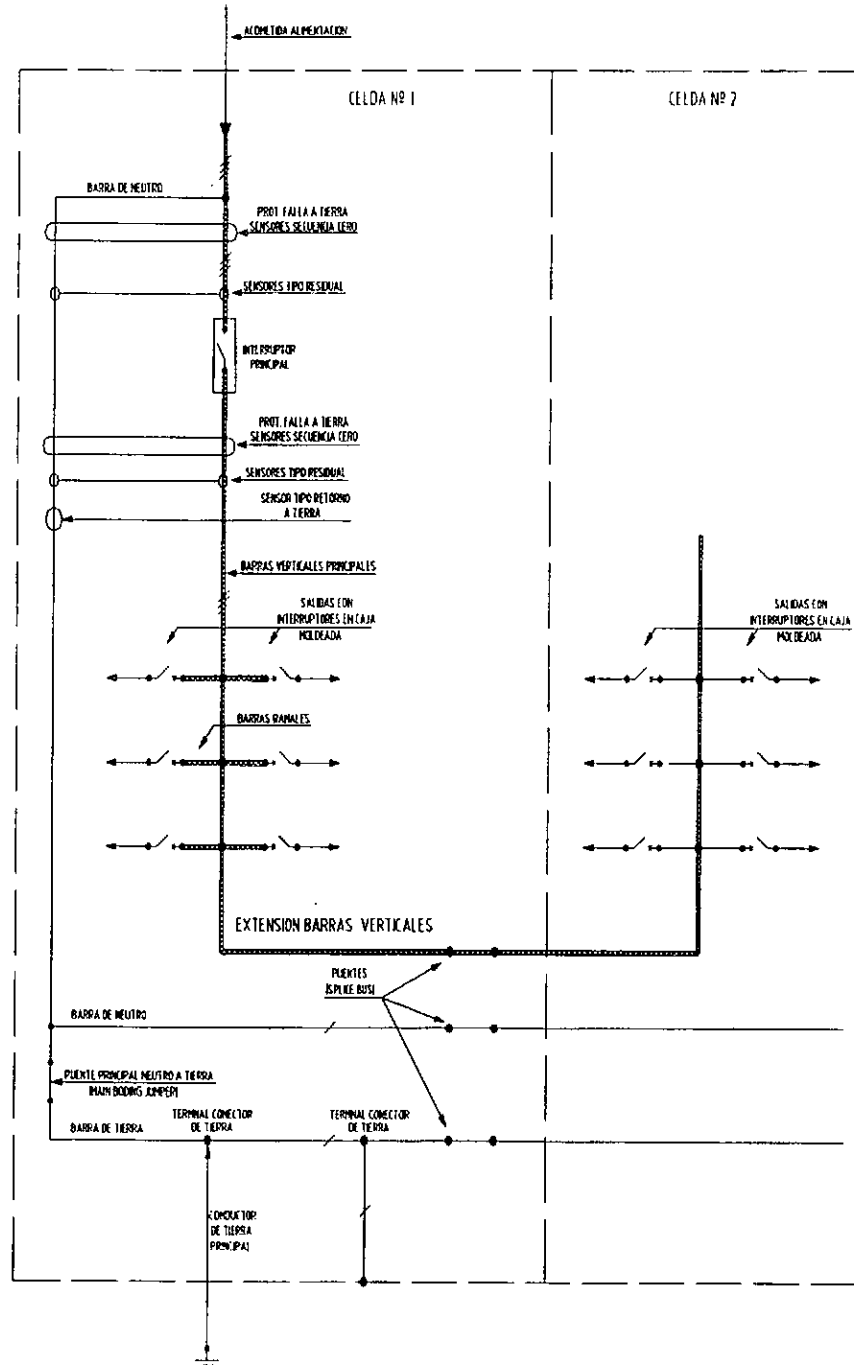


FIGURA N°. 2

ESQUEMA TÍPICO DE UN TABLERO CFD CON INTERRUPTOR
PRINCIPAL SEPARADO Y DE UNA ACOMETIDA.

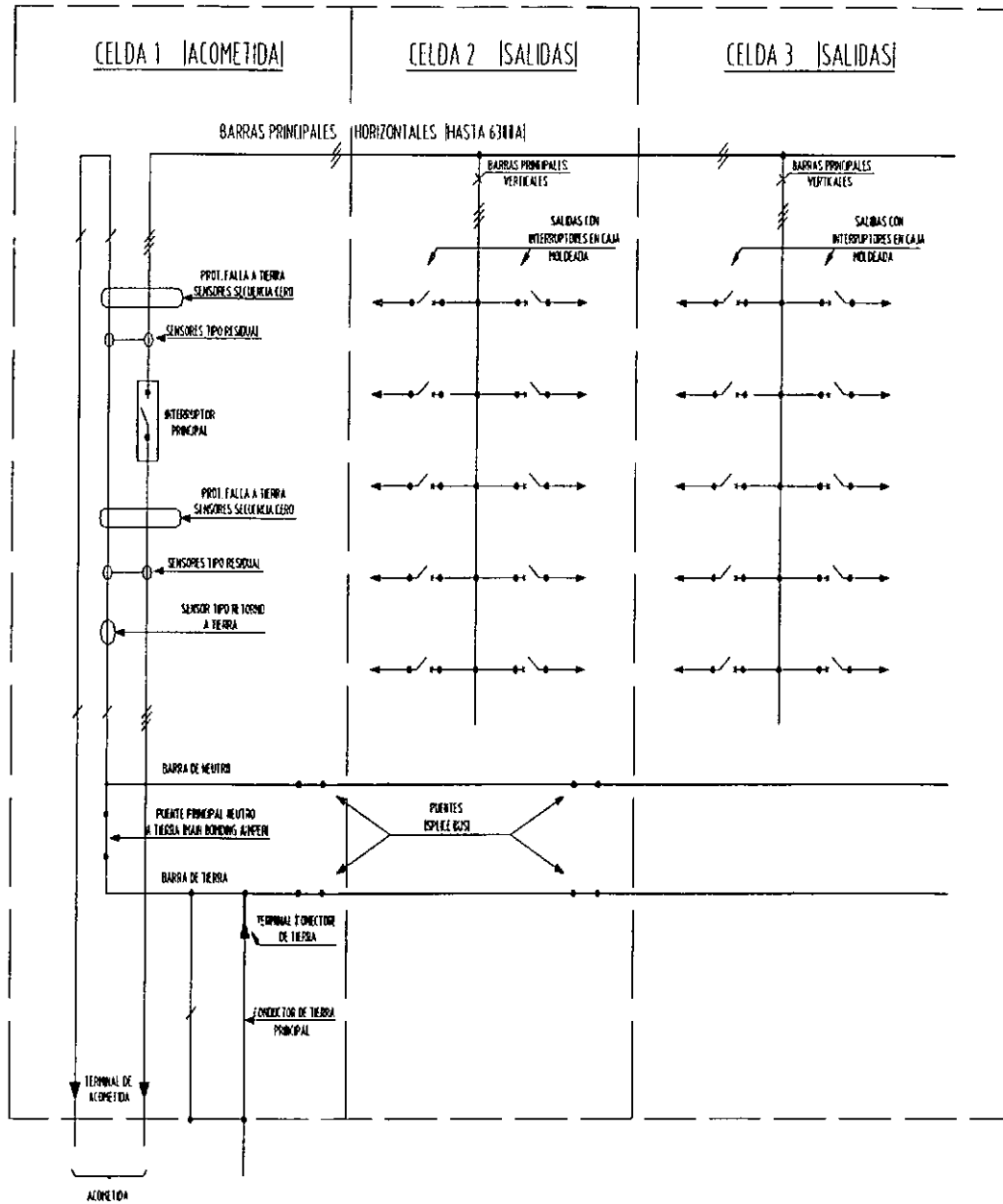


FIGURA Nº. 3

ESQUEMA TÍPICO DE UN TABLERO CFD CON ALIMENTACIÓN MÚLTIPLE

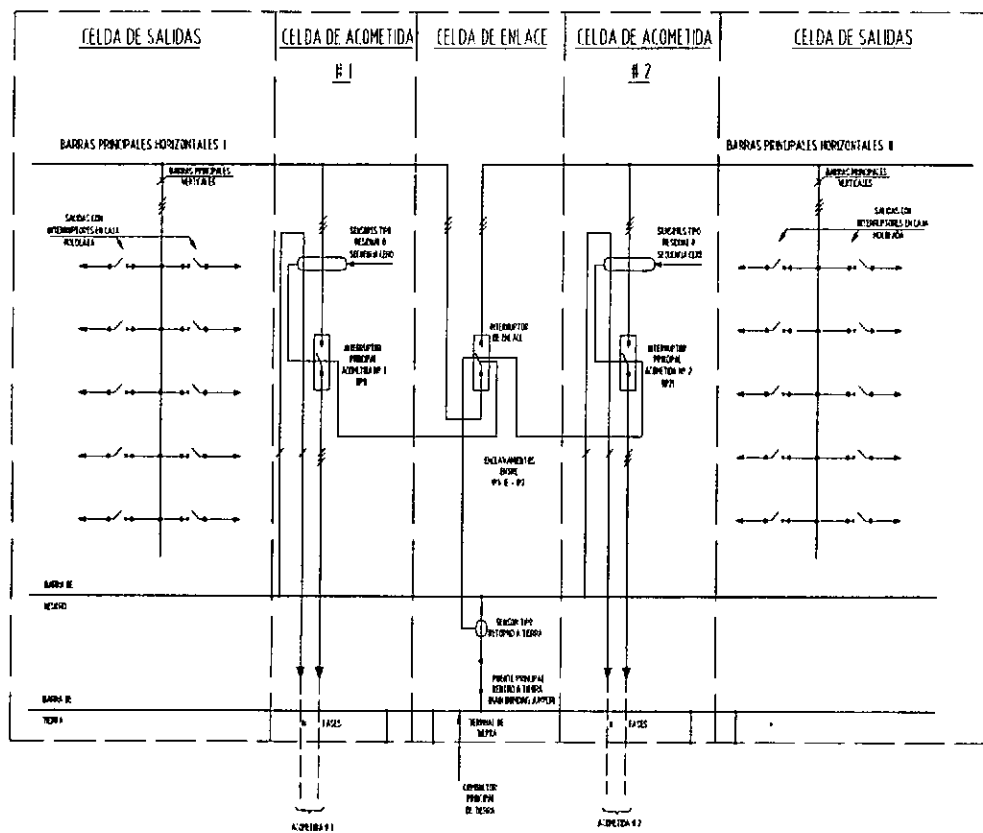


FIGURA Nº. 4

PROTECCION DE LAS ABERTURAS PARA VENTILACION

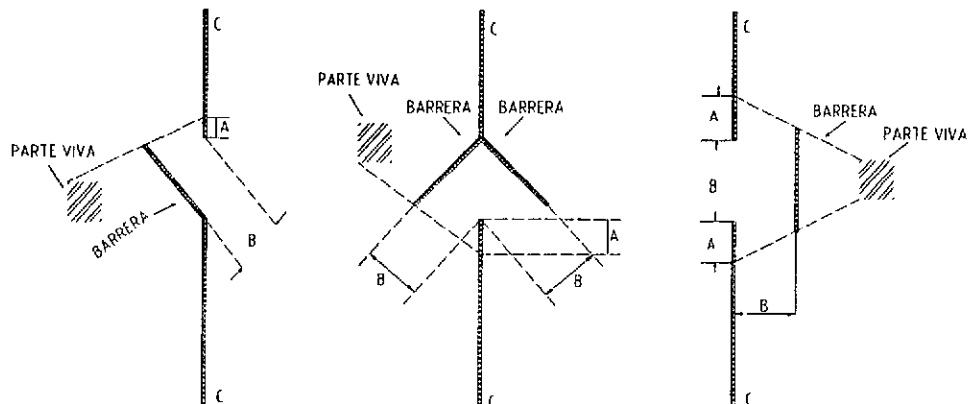
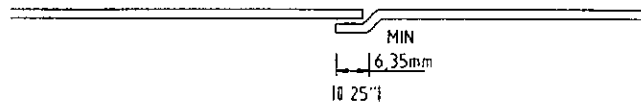


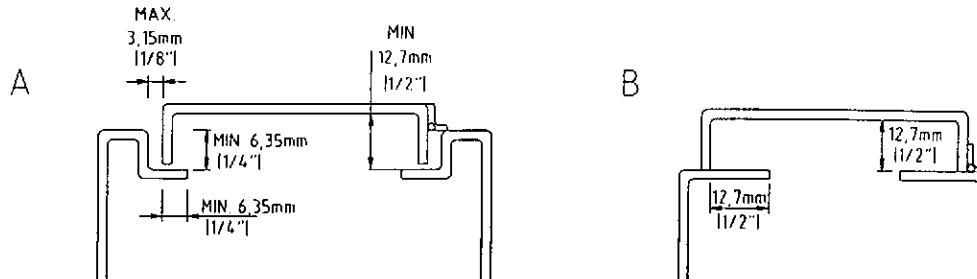
FIGURA Nº 5

SOLAPAS Y FLANGES EN PUERTAS Y TAPAS EXTERIORES

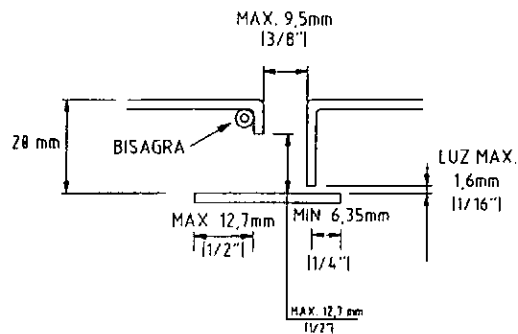
ILUSTRACION Nº 1 SOLAPAS



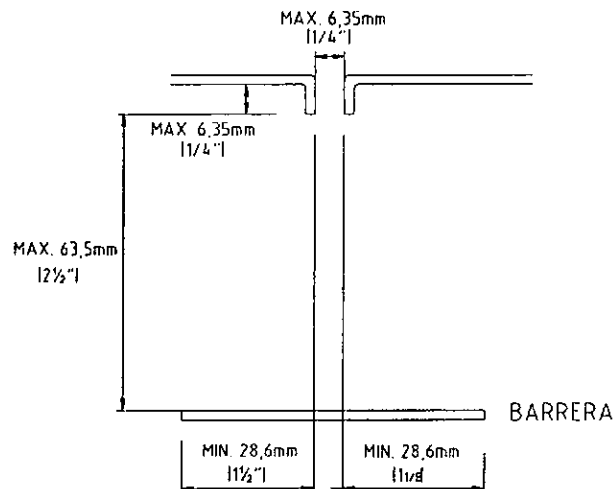
ILUSTRACION Nº 2: CONSTRUCCION DE PUERTAS CON FLANGES.



ILUSTRACION Nº. 3: FLANGES EN EL LADO DE LAS BISAGRAS.



ILUSTRACION Nº 4: BARRERA DETRAS DE UNA ABERTURA CON FLANGES



COVENIN
3508:1999

CATEGORÍA F

CODELECTRA

Comité de Electricidad de Venezuela

**Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque
Boyacá, Torre Dentro, Piso 5, Oficina 51
Teléfonos: 285-28-67/77-74 Fax: 285-47-87
E-mail: codelectra@codelectra.org
Página Web: w.w.w.codelectra.org**

ICS: 93.080.30
ISBN: 980-06-2397-3

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Tablero, tablero eléctrico, centro de fuerza y distribución.