SECCIÓN 20: MONTAJE DE

TRANSFORMADOR DE PODER

24\_266\_OA\_D01

www.coordinadorelectrico.cl

ÍNDICE

[18.1 ALCANCE 4](#_Toc535575294)

[18.2 ALMACENAMIENTO 4](#_Toc535575295)

[18.2.1 LUGARES DE ALMACENAMIENTO 4](#_Toc535575296)

[18.2.1.1 A la interperie 4](#_Toc535575297)

[18.2.1.2 En bodega techada y cerrada 4](#_Toc535575298)

[18.2.1.3 En bodega calefaccionada 4](#_Toc535575299)

[18.2.2 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO 5](#_Toc535575300)

[18.2.3 VERIFICACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO 5](#_Toc535575301)

[18.3 MONTAJE Y VERIFICACIÓN DE MONTAJE DEL TRANSFORMADOR 5](#_Toc535575302)

[18.3.1 INSTRUCCIONES GENERALES 5](#_Toc535575303)

[18.3.2 SECUENCIA DE ARMADO DEL TRANSFORMADOR 7](#_Toc535575304)

[18.3.3 VERIFICACIONES, PRUEBAS Y MEDICIONES DE MONTAJE 8](#_Toc535575305)

[18.3.3.1 Verificaciones de anclaje 8](#_Toc535575306)

[18.3.4 CONTROL INTERNO DE LA CUBA 8](#_Toc535575307)

[18.3.5 ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ACCESORIOS Y COMPONENTES 8](#_Toc535575308)

[18.3.6 HUMEDAD INTERNA DEL LLENADO FINAL CON ACEITE 8](#_Toc535575309)

[18.3.7 ESTANQUEIDAD AL VACIO 9](#_Toc535575310)

[18.3.8 AUSENCIA DE ACEITE DURANTE EL PROCESO DE VACIO 9](#_Toc535575311)

[18.3.9 CONEXIONES A LA MALLA DE PUESTA A TIERRA 9](#_Toc535575312)

[18.3.10 CONEXIONES PRIMARIAS 10](#_Toc535575313)

[18.3.11 FILTRACIONES DE ACEITE 10](#_Toc535575314)

[18.3.12 MEDICIONES DURANTE EL MONTAJE 10](#_Toc535575315)

[18.3.13 PRUEBAS Y MEDICIONES DE RECEPCIÓN DE MONTAJE 11](#_Toc535575316)

[18.3.13.1 En el aceite aislante 11](#_Toc535575317)

[18.3.13.2 En la aislación de los devanados 11](#_Toc535575318)

[18.3.13.3 Resistencia eléctrica 11](#_Toc535575319)

[18.3.13.4 Razón de transformación 12](#_Toc535575320)

[18.3.13.5 Relación de fases y polaridad 12](#_Toc535575321)

[18.3.13.6 Pruebas misceláneas 12](#_Toc535575322)

[18.4 MONTAJE Y VERIFICACIÓN DE PARARRAYOS 12](#_Toc535575323)

[18.4.1.1 Instrucciones generales 12](#_Toc535575324)

[18.4.1.2 Verificaciones de montaje 13](#_Toc535575325)

[18.4.1.3 Pruebas y mediciones de recepcion de montaje 14](#_Toc535575326)

[18.5 TERMINACIONES 15](#_Toc535575327)

[18.6 EQUIPAMIENTO 15](#_Toc535575328)

# ALCANCE

El Contratista será responsable del almacenamiento, montaje y ejecución de las verificaciones de montaje y pruebas de recepción del transformador de poder de 66/23 kV.

El montaje del transformador, sus accesorios y la conexión con otros suministros, será ejecutado por el Contratista y estará de acuerdo con las instrucciones de montaje del fabricante, los planos de diseño de ingeniería de detalle, aprobados por Ingeniero Jefe, y con las especificaciones técnicas del equipo.

El montaje incluye la supervisión de las obras civiles de la fundación, estanque separador de agua/aceite, anclajes y canalizaciones asociados al transformador.

# ALMACENAMIENTO

El transformador y sus accesorios se deberán almacenar en las condiciones que se indican:

## LUGARES DE ALMACENAMIENTO

#### A la intemperie

* Cuba del transformador
* Tambores de aceite aislante
* Estructuras soportes del tanque conservador de aceite (si aplica)

En el caso de que el transformador llegue a terreno y no está construida la fundación, no podrá quedar dispuesto directamente a piso, sino sobre una superficie nivelada, ya sea sobre durmientes u otro soporte similar.

#### En bodega techada y cerrada

* Radiadores, colectores, cañerías y válvulas
* Aisladores pasatapas
* Estanques conservadores de aceite
* Ventiladores
* Pararrayos de A.T y M.T

#### En bodega calefaccionada

* Instrumentos, dispositivos de control, cables y elementos de mando
* Gabinetes de control
* Empaquetaduras y materiales aislantes

## CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

* Los extremos de cada conducto de los elementos componentes del circuito de refrigeración de aceite deberán permanecer sellados mediante tapas estancas.
* Los elementos del circuito son: radiadores, tubos colectores, cañerías y estanques conservadores de aceite (principal y del cambiador de tomas bajo carga).
* Los tambores con aceite aislante deberán ser almacenados en posición horizontal sobre elementos de madera y con los tapones alineados horizontalmente.

## VERIFICACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Considerando que el transformador es entregado sin aceite por el fabricante, con gas a presión en la cuba (mantenido mediante botella de gas con regulador de presión y manómetros) y con los accesorios externos sin montar, el Contratista deberá:

* Mantener la presión del gas en la cuba
* Controlar la presión mediante lecturas diarias
* En caso de escapes de gas, deberá investigar y subsanar
* Reemplazar la botella de gas, cuando su presión baje de 50 kg / cm2
* Mantener en el área una botella de gas como reserva

# MONTAJE Y VERIFICACIÓN DE MONTAJE DEL TRANSFORMADOR

El montaje del transformador se deberá realizar de acuerdo con lo indicado en las instrucciones del fabricante y con las indicaciones que se señalan a continuación:

## INSTRUCCIONES GENERALES

* Tan pronto como el transformador llegue a la obra, el Contratista deberá constatar la presión de gas en la botella de suministro y la presión de gas en la cuba. Determinará la humedad en la aislación sólida de la parte activa del transformador. Para este objeto, se deberá medir el punto de rocío del gas contenido en la cuba.
* En caso de que la humedad exceda el valor aceptable dado por el fabricante o el límite máximo fijado por él, que es igual a 0,5 % del peso de la aislación seca de la parte activa, el Contratista deberá ejecutar los procesos de secado necesarios para reducir la humedad en la aislación hasta el valor indicado por el fabricante o al límite de 0,5% si el límite indicado por el fabricante es mayor que 0,5%.
* El Contratista deberá entregar al Ingeniero Jefe las inscripciones de los registradores de impacto instalados en la cuba del transformador inmediatamente después de la instalación de la cuba en la fundación.
* Antes de comenzar el montaje del transformador, el equipamiento especial para el tratamiento de aceite mineral aislante almacenado en tambores deberá estar aprobado por el Ingeniero Jefe.
* Antes de comenzar el trabajo de llenado con aceite deberán estar aprobados por el Ingeniero Jefe las piletas de captación de aceite, con parrillas y bolones según lo indicado en los planos del Diseño de Detalle.
* En la zona de montaje del transformador deberán estar disponibles tres extintores de incendio tipos B y C de 10 kg cada uno.
* Todos los trabajos de montaje deberán ser supervisados directamente por un montador de la fábrica del transformador.
* Todas las empaquetaduras para incorporar en el montaje del transformador deberán ser nuevas, sin uso y proporcionadas por el fabricante.
* Las especificaciones de los materiales, partes o accesorios que sea necesario adquirir en el país como reemplazo o modificación del suministro, deberán ser sometidas a la aprobación del Ingeniero Jefe antes de su adquisición.
* Los defectos en la pintura derivados del transporte, almacenamiento y montaje deberán ser reparados con pinturas parte del suministro, de manera que en las superficies afectadas se restablezcan las condiciones primitivas de protección especificadas.
* Durante el período de montaje, el Contratista deberá tomar el máximo de precauciones, a fin de evitar la contaminación de la aislación de la parte activa del transformador con la humedad ambiente. La cuba deberá permanecer con aceite cubriendo a lo menos los devanados y el núcleo y el volumen restante lleno con gas seco.
* Los montajes de partes y piezas que involucren destapar esporádicamente la cuba se deberán realizar en un ambiente con humedad relativa del aire igual o menor que 70% y el tiempo que permanezca la cuba abierta cada vez, deberá ser menor que 4 horas consecutivas. Cuando la programación del trabajo establezca uno o más períodos de tiempo cuya extensión individual sea mayor que él antes citado, se deberá mantener protegida la zona abierta del transformador mediante carpas impermeables y el recinto calefaccionado mediante lámparas infrarrojas. Además, deberá inyectarse gas seco hacia la zona abierta.
* Cuando personal deba ingresar al interior de la cuba se deberán tomar las siguientes medidas de precaución:
* Desgasificar la atmósfera interior mediante vacío sostenido por una hora a la presión de 130 Pa (1mm.Hg.pr.abs.)
* Inyectar aire seco al interior de la cuba, hasta la presión de 120 kPa (0,2 kg/cm² pr.man.)
* El personal deberá vestir overol de mezclilla de algodón u otro material antiestático y zapatillas con suela de goma, ambos escrupulosamente limpios.
* Durante la permanencia del personal en el interior, se mantendrá abierta la escotilla de acceso y la inyección de aire. Siempre deberá haber personal en el exterior controlando las condiciones de seguridad.

## SECUENCIA DE ARMADO DEL TRANSFORMADOR

* El armado se deberá realizar de acuerdo con la siguiente secuencia de montaje:
* Instalación de la cuba sobre la fundación y su afianzamiento al anclaje.
* Conexión a la malla de puesta a tierra.
* Instalación de la planta de tratamiento de aceite y estanques de almacenamiento de aceite.
* Llenado parcial del transformador con aceite tratado hasta cubrir la parte activa.
* Montaje de los componentes del circuito de refrigeración.
* Montaje de torretas porta transformadores de corriente, aisladores pasatapas y accesorios del cambiador de tomas bajo carga.
* Montaje de: indicadores de nivel de aceite, relé Buchholz, válvula de descompresión, termómetros y ventiladores.
* Instalación de gabinetes de control y cajas de conexiones.
* Montaje de la canalización para el alambrado de control y ejecución del alambrado entre los accesorios del transformador.
* Traspaso de todo el aceite a los estanques auxiliares y control interno de la cuba, tomando en cuenta las medidas de precaución indicadas anteriormente.
* Terminada la actividad anterior, se normalizará la presión de gas en el interior de la cuba a 120 kPa (0,2 kg/cm² pr.man.) y al cabo de 36 horas deberá medirse el punto de rocío del gas a fin de determinar la humedad de la parte activa del transformador.
* Aplicación simultánea de vacío en la cuba, radiadores, conservadores de aceite y el cambiador de tomas bajo carga.
* Realización de la prueba de estanqueidad al vacío en el transformador armado.
* Realización del proceso de llenado final con aceite de la cuba y estanque conservador, con flujo y temperatura establecidos en las Instrucciones del fabricante.
* Llenado del cambiador de tomas bajo carga y su estanque conservador de aceite.
* Circulación del aceite del transformador mediante la planta de tratamiento de aceite. Se completarán tres pasadas del total del aceite del transformador.
* En todo caso, prevalecerán las indicaciones entregadas por el fabricante.

## VERIFICACIONES, PRUEBAS Y MEDICIONES DE MONTAJE

#### Verificaciones de anclaje

* Se deberá verificar la fijación del transformador instalado sobre los elementos de anclaje de la fundación.
* De ser necesario efectuar correcciones en los apoyos del transformador, éstas se harán colocando no más de tres láminas de relleno de metal inoxidable por apoyo, de tal modo que no se ejerzan fuerzas que tiendan a deformar las partes involucradas. Las láminas deberán ser de un tamaño similar a la superficie de apoyo del transformador y con perforaciones que permitan el paso de los pernos de anclaje.

## CONTROL INTERNO DE LA CUBA

En el control interno de la cuba se deberán realizar las siguientes verificaciones:

* Retiro de piezas de fijación utilizadas en el transporte.
* Fijación de los soportes para cables.
* Apriete de los soportes del núcleo.
* Seguros de tuercas.
* Limpieza.

## ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ACCESORIOS Y COMPONENTES

Antes de su montaje, se deberá verificar el estado de conservación y el funcionamiento de todos los accesorios, elementos de medida y control.

## HUMEDAD INTERNA DEL LLENADO FINAL CON ACEITE

El Contratista deberá medir el punto de rocío del gas contenido en la cuba, en la oportunidad indicada en la secuencia de armado. Con el valor citado determinará la humedad de la aislación. En caso de que la humedad exceda el valor aceptable de 0,5% del peso de la aislación seca, será de responsabilidad del Contratista los procesos de secado necesarios para reducir la humedad en la aislación hasta el límite indicado por el fabricante o al límite de 0,5% si el límite indicado por el fabricante es mayor que 0,5%.

## ESTANQUEIDAD AL VACIO

Con el transformador armado y sometido a vacío se verificará durante una hora su estanquidad al vacío.

El aumento de presión en la cuba se controlará mediante un vacúometro tipo Mc Leod. Dicho aumento deberá ser tal que se cumpla la siguiente desigualdad:

Será ser tal que se cumpla la siguiente desigualdad:

Dónde:

P : Variación de la presión durante la prueba

Presión inicial : 130 Pa (1mm de Hg.pr.abs.)

Unidad : Pascal

V : Volumen total de la cuba, excluyendo la parte activa

Unidad : litro

t : Duración de la prueba

Unidad : segundo

En la prueba se considera constante la temperatura en la parte activa del transformador, por tanto, la prueba se deberá realizar a una hora del día y con condición del tiempo tales que sea válida esta consideración.

## AUSENCIA DE ACEITE DURANTE EL PROCESO DE VACIO

* Antes de efectuar cualquier proceso de vacío en la cuba, deberá extraerse la totalidad del aceite aislante desde ella.
* Se deberá verificar que la temperatura del aceite y el tiempo de llenado del transformador no excedan los límites indicados en las instrucciones del fabricante.

## CONEXIONES A LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Se deberá comprobar la conexión directa y adecuada a la malla de puesta a tierra de todos los puntos indicados en los planos del fabricante y de Diseño de Detalle aprobados por el Ingeniero Jefe, en especial, la de los siguientes elementos:

* Cambiador de tomas bajo carga
* Gabinete de control y cajas de conexiones
* Núcleo del transformador, si existe borne exterior
* Núcleo de cada transformador de corriente
* Cuba del transformador

## CONEXIONES PRIMARIAS

Se deberá verificar que la disposición de las conexiones primarias cumpla, en todo su recorrido, con las distancias mínimas indicadas en los planos de Diseño de Detalle aprobados por el Ingeniero Jefe y que no se ejerzan fuerzas sobre los terminales primarios del equipo. Además, se deberá comprobar que en la confección de las conexiones primarias se haya tenido en consideración los elementos necesarios para independizar al transformador de los esfuerzos que otro equipo o la barra aérea podrían transmitirle en caso de un sismo. Si entre los conectores y los terminales primarios del transformador existe la unión cobre-aluminio se deberá verificar la existencia de una lámina bimetálica entre cada terminal y el conector.

## FILTRACIONES DE ACEITE

Deberá verificarse la ausencia de filtraciones de aceite aislante y que el nivel de aceite en el indicador de nivel corresponda a la temperatura ambiente de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

## MEDICIONES DURANTE EL MONTAJE

Las siguientes características deberán ser medidas antes o durante el montaje, presentando los protocolos correspondientes para someterlos a la aprobación del Ingeniero Jefe.

* En el aceite antes de cualquier llenado del transformador:
* Rigidez dieléctrica según IEC, separación de electrodos: 2,5 mm
* Factor de potencia a 20ºC
* Número de neutralización
* En los aisladores pasatapas:
* Factor de potencia de la aislación
* Capacidad
* Resistencia de aislación
* En los motores:
* Resistencia de aislamiento de los devanados
* Resistencia eléctrica de los devanados
* En los transformadores de corriente:
* Resistencia de aislación de los devanados secundarios
* Resistencia eléctrica de los devanados secundarios
* Razón de transformación de corriente, aplicando la corriente nominal en el devanado primario
* Polaridad
* En el núcleo del transformador:
* Resistencia de aislación entre el núcleo como conjunto y masa
* En los instrumentos:
* En el caso que el transformador de poder tenga termómetros análogos para controlar el sistema de refrigeración, se deberá realizar la contrastación de los termómetros y ajuste de sus contactos eléctricos.
* En el caso que el transformador de poder tenga un monitor electrónico de temperatura, se deberá realizar la verificación del funcionamiento del instrumento, verificación de los ajustes de cada uno de los relés de salida (trip y alarma), controladores de las temperaturas de enrollado y aceite, y realización del test de autochequeo del equipo comprobando su correcto funcionamiento mediante la lectura de los displays de temperatura de enrollado y aceite, encendido y/o apagado de los indicadores – leds de cada uno de los relés de salida y cierre y/o apertura de cada uno de los contactos de los relés de salida

## PRUEBAS Y MEDICIONES DE RECEPCIÓN DE MONTAJE

#### En el aceite aislante

* Rigidez dieléctrica según IEC, separación de los electrodos 2,5 mm.
* Factor de potencia a 20ºC.
* Factor de potencia a 75ºC.
* Número de neutralización.
* Contenido total de gas.
* Contenido de agua.

#### En la aislación de los devanados

* Factor de potencia de la aislación entre devanados y masa.
* Resistencia de aislación entre cada devanado y masa.

#### Resistencia eléctrica

* Resistencia eléctrica de todos los devanados, en todas las posiciones del cambiador de tomas.

#### Razón de transformación

* Razón de transformación de tensión entre devanados, en todas las posiciones del cambiador de tomas.

#### Relación de fases y polaridad

* Relación de fases y la polaridad, en la toma para tensión nominal.

#### Pruebas misceláneas

* Resistencia de aislación de los alambrados auxiliares
* Prueba de los interruptores automáticos, instalados en los diferentes circuitos de fuerza y control correspondientes a los accesorios del transformador
* La resistencia de aislación entre polos y entre cada polo y tierra, con el interruptor cerrado y entre contactos de cada polo, con el interruptor abierto
* El tiempo de apertura para la protección térmica, aplicando el método que establezca la norma de fabricación del interruptor o bien se aplicará una corriente igual a 3 veces la corriente nominal por polo, comparando los tiempos de operación obtenidos con las curvas (corriente v/s tiempo) que la fábrica debe proporcionar
* Funcionamiento y el ajuste de sus contactos eléctricos en los siguientes dispositivos:
* Termómetros (análogos y/o monitores de temperatura)
* Indicadores de nivel de aceite
* Válvula de descompresión
* Relé Buchholz
* Funcionamiento de los ventiladores y sus controles
* Funcionamiento del dispositivo de expansión de aceite y respiradero en el conservador de aceite
* Funcionamiento de los cambiadores de tomas en vacío y bajo carga. Verificación de la operación de los interruptores límites en las tomas extremas y del número de vueltas del mecanismo en cada cambio de toma.

# MONTAJE Y VERIFICACIÓN DE PARARRAYOS

#### Instrucciones generales

En el montaje deberá cumplirse con las instrucciones del fabricante, y con las indicaciones que se señalan a continuación:

* Durante el izamiento de un pararrayos, se deberá proteger la superficie de este contra daños que puedan ocasionar los estrobos. Asimismo, se deberá evitar cualquier esfuerzo sobre los terminales de alta y media tensión y los elementos de protección anticorona.
* Deberán ser reparados los defectos en la pintura y partes galvanizados derivados del transporte, almacenamiento y montaje. La reparación se hará de manera que en la superficie afectada se restablezcan las condiciones originales de protección especificadas.

#### Verificaciones de montaje

1. Anclaje del pararrayos

Se deberá verificar la verticalidad del pararrayos instalado sobre la estructura soporte, tomando en cuenta las tolerancias indicadas por el fabricante.

1. Amortiguadores antisísmicos y soportes del pararrayos.

Se deberá verificar que el montaje de estos elementos, cuando proceda, se realice de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

1. Montaje de secciones

En los pararrayos compuestos de dos o más secciones deberá respetarse el orden de montaje indicado por el fabricante.

1. Toberas de escape de gases

Se deberá verificar que la posición de las toberas de escape de gases calientes de los pararrayos, no se encuentren orientados hacia otros equipos de la instalación.

1. Conexiones primarias

Se deberá verificar que la disposición de las conexiones primarias cumpla, en todo su recorrido, con las distancias mínimas indicadas en los planos del proyecto.

Además, deberá comprobarse que la ejecución de los chicotes de conexión primaria, incluyan ondulaciones que permitan independizar el pararrayos de las fuerzas que otro equipo, o las barras aéreas, podrían transmitirle en caso de un sismo.

Si en las conexiones entre conectores y terminales primarios del pararrayos existe la unión cobre-aluminio, deberá verificarse la existencia de una lámina bimetálica entre cada terminal y el conector.

1. Conexión entre el pararrayos y el contador de descargas

Se deberá verificar en el cable de la conexión que la sección, los elementos aislantes que lo soportan a la estructura o al muro, y la cubierta aislante cumplan con las especificaciones del proyecto.

Se deberá verificar que la ubicación del contador de descargas sea tal que permita su inspección en forma expedita por personal del MANDANTE.

1. Conexión a la malla de puesta a tierra

Se deberá comprobar la conexión directa a la malla de puesta a tierra del terminal respectivo del contador de descargas, o del terminal respectivo del pararrayos, y de todos los puntos indicados en los planos del proyecto.

1. Torques de apriete

* Se deberá comprobar el torque de apriete de los pernos de:
* La sujeción de la base del pararrayos a la estructura soporte.
* La unión entre unidades, cuando corresponda.
* El conector primario.
* Conexión entre el pararrayos y el contador de descargas.
* Conexión entre el contador de descargas y la malla de puesta a tierra.
* Fijación de los amortiguadores antisísmicos, si corresponde.

El valor del torque aplicado deberá corresponder con la especificación dada en las instrucciones del fabricante.

1. Estado de la aislación solida

En los componentes de aislación sólida tales como resina, porcelana, etc., se deberán verificar visualmente que no existan defectos visibles tales como rayaduras profundas, fracturas, deformaciones, desprendimientos u otros defectos.

1. Recubrimiento de los terminales

Se deberá verificar el buen estado del recubrimiento metálico en los terminales del pararrayos y del contador de descargas.

#### Pruebas y mediciones de recepcion de montaje

1. Pararrayos

* Pérdidas dieléctricas de cada unidad de pararrayos.
* Resistencia de aislación de:
* Cada unidad de pararrayos.
* Los soportes aislantes del pararrayos.
* El cable de conexión entre el pararrayos y el contador de descargas.

1. Contador de descargas

* Resistencia de aislación.
* Comprobar su operación.

# TERMINACIONES

Una vez terminados los trabajos de montaje y pruebas se procederá a aplicar una mano de pintura de terminación mediante brocha o pistola y cuyo espesor en seco será mínimo 1,3 mils en las partes dañadas.

# EQUIPAMIENTO

El Contratista deberá aplicar lo establecido en la Sección 13 de las presentes especificaciones