



ET-AT001 Transformadores de potencia 500 / 115 kV

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Revisión #:	Entrada en vigencia:
0	01 Noviembre 2004



Esta información ha sido extractada de la plataforma Likinormas de Enel Colombia en donde se encuentran las normas y especificaciones técnicas. Consulte siempre la versión actualizada en <https://likinormas.enelcol.com.co>





1. OBJETO

La presente [especificación técnica](#) establece los requisitos generales para el diseño, fabricación, pruebas, transporte, montaje, pruebas en sitio durante la puesta en [servicio](#) e instrucciones para la operación y [mantenimiento](#) de transformadores de potencia a ser suministrados a Enel Colombia S.A ESP, en adelante el Cliente, para ser instalados en sus subestaciones de 500 kV.

A menos que se indique lo contrario, la [especificación técnica](#) es la misma para transformadores o autotransformadores y en consecuencia estos términos deben entenderse como sinónimos.

2. ALCANCE

Esta especificación aplica para todos los transformadores de potencia de [nivel de tensión](#) 500/115 kV instalados en el [sistema](#) de Enel Colombia S.A. ESP.

3. CONDICIONES DE SERVICIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

3.1 CONDICIONES AMBIENTALES

En general, los transformadores de potencia deberán suministrarse para operar satisfactoriamente a la intemperie, bajo las siguientes condiciones de [servicio](#) :

Altitud máxima (msnm)	2650
Temperatura min/max (°C)	-6/+25
Nivel de humedad	Mayor al 90%
Velocidad del viento (m/s)	<34
Nivel de contaminación (IEC 60815)	Medio (II)
Radiación solar, máx. (w/m ²)	< 1000
Capa de hielo, máx. (mm)	<1
Actividad sísmica	SI (0.3 g para dirección horizontal y 0.2 g para dirección vertical)



De acuerdo a la Tabla anterior, los transformadores funcionarán de acuerdo a las condiciones normales de **servicio** indicadas en las normas, con excepción de la altura sobre el nivel del mar de 2.650 m.

3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En la tabla siguiente se indican las características generales del **sistema eléctrico** de Enel Colombia.

Característica	
Frecuencia (Hz)	60
tensión nominal del sistema (kV)	
AT1	500
AT2	230
AT3	115
MT 1	34,5
MT 2	11,4 / 13,2
Tensión máxima de operación (kV)	
AT1	550
AT2	245
AT3	126,5
MT 1	36
MT 2	17,5
BIL (kV), a 2650 msnm	
AT1	1550
AT2	850
AT3	550
MT 1	145
MT 2	95 / 95
Distancias mínimas en aire fase - fase (mm)	
AT1 (conductor - conductor)	6100
AT2	2300
AT3	1300
MT 1	320
MT 2	220
Distancias mínimas en aire fase - tierra (mm)	
AT1 (conductor - estructura)	3600
AT2	2300



AT3	1300
MT 1	320
MT 2	220
Nivel de cortocircuito (kA)	
AT1	40
AT2	40
AT3	50
MT 1	
MT 2	
Conexión del neutro	Aterizado sólidamente
Tensión auxiliar CA (Vca)	208-120
Tensión auxiliar CC (Vcc)	125

4. NORMAS RELACIONADAS

En todos los detalles no señalados en esta especificación el transformador debe ser diseñado, fabricado y probado de acuerdo con la serie completa de las normas IEC 60076 en su más reciente edición.

Para aspectos específicos son válidas las siguientes normas:

IEC	60137	Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1.000 V
IEC	60044 - 1	Transformadores de corriente
IEC	60214	Cambiadores de Derivaciones Bajo Carga (CDBC)
IEC	60542	Guía de aplicación para Cambiadores de Derivaciones Bajo Carga
IEC	60060	Técnicas para pruebas en alta tensión
IEC	60296	Especificaciones para aceites minerales nuevos para transformadores y equipos de maniobra
IEC	604475	Métodos de muestreo para líquidos dieléctricos
ASTM	D 3487	Especificación para aceite mineral aislante usado en aparatos eléctricos
IEC	60354	Guía de cargabilidad para transformadores de potencia inmersos en aceite
ASTM	B117, D2247, D2794, D3359	Requerimientos de pintura del transformador

Los transformadores deben cumplir con los requerimientos sísmicos exigidos en el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-98. Para la fabricación de los equipos no se considera la especificación corporativa E-SE-010 "Acción sísmica en equipos eléctricos y mecánicos" ya que utiliza



parámetros sísmicos diferentes a los presentados en Colombia. Para los análisis sísmicos pertinentes se debe considerar el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-98, el cual es de obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional de Colombia.

5. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

El proveedor deberá demostrar que tiene implementado y funcionando en su fábrica un **sistema** de Garantía de **Calidad** con programas y procedimientos documentados en manuales, cumpliendo la siguiente Norma:

- ISO 9001: Sistemas de **calidad** : **Modelo** de garantía de **calidad** en diseño, producción, instalación y **servicio** .

El Cliente se reserva el derecho de verificar los procedimientos y la documentación relativa a la fabricación del transformador, y el fabricante se obliga a poner a su disposición estos antecedentes.

6. CARACTERÍSTICAS NOMINALES

6.1 CARACTERÍSTICAS NOMINALES

Las características nominales de los transformadores son las indicadas en el Anexo 1 Características Técnicas Garantizadas.

Los transformadores serán del tipo sumergidos en aceite, con devanados de cobre, refrigerados por circulación natural del aceite y en forma forzada por aire; adecuados para operación exterior y a la altura sobre el nivel del mar indicada en la cláusula 4.1.

Según lo indicado en el Anexo 1 los transformadores estarán dotados de cambiador de derivaciones apto para operación bajo **carga** (CDBC). En cualquier caso, el transformador deberá ser apto para entregar la potencia requerida para las distintas etapas de refrigeración con el cambiador de derivaciones en cualquier posición.

El transformador deberá ser capaz de suministrar la potencia requerida en cada etapa de refrigeración, sin sobrepasar los siguientes límites de elevación de temperatura sobre el ambiente, del aceite y de los devanados: Estos valores serán de 50°C de aumento de temperatura del aceite superior, y 60°C de elevación de temperatura promedio de los devanados, medida por resistencia. El Cliente podrá estudiar alternativas que presenten límites de temperatura superiores a los acá establecidos.

Adicionalmente a la potencia que deberán suministrar en cada etapa de refrigeración, deberán ser capaces de entregar potencia de **sobrecarga** , sin pérdida de **vida útil** , la cual será determinada según lo establecido en las Normas IEC – 60354.



Los valores de la impedancia del transformador serán referidos a la temperatura de 75 °C (IEC 60076), y a la potencia base que se indique en cada caso en el Anexo 1.

Los valores de pérdidas serán referidos a la misma temperatura que los valores de la impedancia, según corresponda.

Las distancias mínimas entre las partes energizadas y **tierra** , como también las separaciones entre fases, deberán cumplir con las recomendaciones de la norma IEC-60071 "Coordinación de aislamiento". En todo caso, estas distancias mínimas entre las partes energizadas no deberán ser menores a las especificadas para el **sistema eléctrico** (indicadas en la cláusula 3.2. de esta especificación), debido a que es el estándar utilizado por el Cliente.

6.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

6.2.1 Generalidades

Los transformadores serán diseñados y fabricados de acuerdo con los últimos desarrollos en el campo de aplicación correspondiente y deberán responder a los requerimientos de estas especificaciones.

Todos los componentes y accesorios (aisladores pasantes, cambiador de derivaciones, transformadores de corriente, etc.) deben ser diseñados para soportar sobrecargas de hasta 1,5 veces la potencia **nominal** del transformador, en la mayor etapa de ventilación, y en el menor tap de **tensión** .

Deberá considerarse en el diseño que la corriente de **cortocircuito** simétrica estará limitada sólo por las impedancias internas del transformador, y la corriente de **cortocircuito** asimétrica debe ser por lo menos 2,5 veces la corriente de **cortocircuito** simétrica.

Los transformadores deberán ser diseñados de modo que sean aptos para operar en paralelo con otros transformadores de características similares.

El fabricante deberá informar el **método** para limitar la corriente de **cortocircuito** en el terciario compensador en delta.

El fabricante deberá informar acerca de la inclusión de resistencias no lineales u otro accesorio propio de su diseño, que influya en el comportamiento del transformador, por lo cual deben ser antecedentes conocidos por el Cliente.

Todos los materiales, componentes y equipos incorporados a los transformadores deben ser nuevos y de la mejor **calidad** , para asegurar que el **equipo** completo cumpla con los requisitos de funcionamiento continuo durante todo el período de vida.

El Cliente se reserva el derecho de realizar inspecciones programadas e imprevistas durante el proceso de fabricación para verificar la **calidad** y características de los materiales empleados, los métodos de fabricación y solicitar los certificados de **calidad** de los aceros magnéticos, los conductores, papeles,



aceites, etc.

El transformador debe resistir los efectos térmicos y mecánicos de la corriente de **cortocircuito** simétrica.

Del mismo modo, deberá ser capaz de resistir todos los esfuerzos provenientes del transporte y montaje.

El transformador completamente armado, deberá cumplir los requerimientos especificados frente a acción sísmica.

El núcleo debe ser de acero al silicio, laminado en frío, de grano orientado de acuerdo con la Publicación ASTM A 876.

Los extremos de las bobinas de **alta tensión** deben tener una protección especial para soportar los esfuerzos dieléctricos debidos a variaciones repentinas de corriente o **tensión** .

7. ACCESORIOS

El transformador será dotado de los siguientes accesorios.

7.1 ANCLAJE

Para el desplazamiento horizontal el transformador deberá disponer de un **sistema** con ruedas según se indica en las Características Técnicas Garantizadas.

En funcionamiento normal el **sistema** de ruedas debe quedar bloqueado mediante pernos de anclaje al piso. El fabricante debe suministrar, para aprobación, los detalles de los pernos, las dimensiones, el **material** y las memorias de cálculo del **sistema** de anclaje que muestren que resiste las solicitaciones sísmicas especificadas.

7.2 ESTANQUE

La placa de la base del estanque deberá tener un espesor apropiado, el cual se deberá justificar en la Memoria de Cálculo.

El tanque principal deberá tener una tapa superior plana, con pernos. No se aceptará que la tapa sea soldada al tanque principal. En el diseño de la tapa, el fabricante tendrá especial cuidado en evitar la acumulación de agua a causa de la lluvia.

El transformador deberá considerar escotillas adecuadas, para posibles inspecciones internas (accesos "handholes" y "manholes" de las dimensiones mínimas indicadas en la norma ANSI C57.12.10, cláusula 5.8).



El transformador deberá diseñarse de modo que el conjunto núcleo - bobinas no pueda desplazarse dentro de su estanque.

Todos los procedimientos relacionados con las soldaduras, incluyendo las reparaciones de las mismas, seguirán las instrucciones indicadas en la norma ASME "Boiler and Pressure Vessel Code", sección IX, o equivalente. El acabado final de las soldaduras deberá presentar una superficie lisa y de muy buena apariencia.

Todas las empaquetaduras deberán ser nuevas, de **material** sintético, compatibles con el uso de aceites minerales, resistentes frente a la acción de la humedad y de los rayos solares. El fabricante deberá suministrar un juego completo de todas las empaquetaduras necesarias para el montaje del transformador.

El Cliente se reserva el derecho de verificar la **calidad** de las empaquetaduras utilizadas.

El estanque debe considerar los elementos necesarios para izaje, acarreo, giro, montaje y aplicación de gatos hidráulicos.

Deberán suministrarse prensas para la conexión a **tierra** del estanque, soldadas a éste y ubicadas al nivel de la base en dos caras opuestas del estanque. Estas prensas deberán ser apropiadas para un **cable** de cobre de sección 70 - 240 mm² o bien pletina de cobre de 3 x 40 mm.

La base del tanque debe ser diseñada para que sea posible mover el transformador en cualquier dirección, con o sin aceite. Para desplazamiento horizontal el tanque debe tener ganchos de tiro. El fabricante debe entregar las memorias de cálculo de la fuerza requerida para este desplazamiento.

Con cada banco de tres transformadores monofásicos debe entregarse un juego de gatos hidráulicos aptos para levantar un transformador completamente ensamblado y lleno de aceite. El fabricante debe entregar las instrucciones detalladas del proceso de levantamiento con gatos.

7.3 SISTEMA DE PRESERVACIÓN DEL ACEITE

El **sistema** de preservación del aceite aislante debe ser mediante estanque conservador. Debe incluirse un respirador deshidratante con silicagel.

Se deberá proveer un **sistema** de membrana o de bolsa para evitar el contacto del aceite con el oxígeno del medio ambiente.

Debe preverse una válvula manual para igualar las presiones en las zonas de aceite y aire para labores de **mantenimiento**.

El estanque conservador debe contar con una escotilla de **inspección** de al menos 400 milímetros de diámetro, que permita verificar el funcionamiento del **sistema** indicador de nivel.



El **sistema** de estanque conservador del transformador deberá contar con una protección con relé Buchholz del tipo doble flotador, con dos contactos independientes de operación.

Este relé deberá ser a prueba de sismos; su instalación deberá ser **accesible** para trabajos de ajuste y pruebas; debe estar protegido de manera que evite su operación por golpes de herramientas u otros objetos externos. Se deberá dotar de una cañería que permita sacar muestras de gases del relé a un operador parado en la base del transformador. El relé deberá ser instalado con válvulas a ambos lados, además de una cañería by-pass con válvula, con la finalidad de facilitar el desmontaje.

El estanque conservador deberá ser desmontable, y su ubicación no debe obstaculizar el **mantenimiento** de otros accesorios cercanos (por ejemplo el CDBC).

7.4 ACEITE

El aceite debe ser mineral, no inhibido y nuevo. La cantidad necesaria deberá incluir el volumen indicado en la placa de características, más un 5% adicional para la **máquina** y mangueras en el proceso de llenado del transformador.

El fabricante deberá entregar un listado de aceites compatibles (marcas y tipos de aceite que pueden mezclarse o reemplazar el aceite suministrado), de manera que se mantenga la garantía de funcionamiento del transformador.

El aceite deberá ser de base nafténica. No deberá contener inhibidores ni aditivos. Se deberá indicar sus características principales, su composición típica, indicando en porcentaje la cantidad de aromáticos, isoparafinas y nafténicos.

Las características de composición y pureza del aceite nuevo a suministrar deberán cumplir con lo indicado en la norma IEEE C57-106 o IEC 60296 (para clase I).

El fabricante deberá informar acerca de las características del aceite ofrecido, llenando la sección correspondiente en el Anexo 1.

Las pruebas fisico-químicas de aceptación se harán en muestras tomadas del 10 % de las canecas del suministro, seleccionadas al azar.

El aceite del **lote** se aceptará si todos los resultados de las pruebas son satisfactorios en todas las muestras. Si los resultados no son satisfactorios, en no más de una **muestra**, se tomarán dos muestras adicionales de la caneca cuestionada y se realizarán las pruebas; si los resultados son satisfactorios en las muestras adicionales, el aceite del **lote** se aceptará, pero si no lo son al menos en una de las muestras adicionales, el aceite del **lote** se rechazará.

Si los resultados de las pruebas no son satisfactorios en dos o más muestras de todas las muestras del **lote**, el aceite del **lote** se rechazará.



7.5 AISLADORES PASANTES (BUSHINGS) Y CONECTORES

Las conexiones externas de los terminales de las bobinas de los transformadores deberán disponer de aisladores pasantes para permitir conectarse a conductores aéreos. Los aisladores pasantes deberán cumplir con la norma IEC - 60137, o bien la norma IEEE C57.19.01.

Los aisladores pasantes deberán ser apropiados para atmósfera con nivel de polución según lo indicado en el cuadro de características técnicas.

El diseño de los aisladores pasantes debe asegurar que se puedan montar desde el exterior del transformador, sin levantar la tapa del estanque.

Los aisladores pasantes deberán tener el tamaño adecuado de tal forma que permitan instalar al menos dos transformadores de corriente en cada uno de ellos. El fabricante deberá presentar al Cliente el plano de diseño de los aisladores pasantes, para verificar el espacio destinado a los transformadores de corriente.

Los aisladores pasantes deben ser de porcelana vitrificada o de polímero. El color de la porcelana será marrón.

Los terminales externos de los aisladores pasantes deberán ser de cobre plateado.

Las bases o torretas de los aisladores pasantes deberán tener una placa identificando con "H" la **alta tensión**, "X" la **baja tensión**, "Y" el terciario, "H0" el **neutro de alta tensión** y "X0" el **neutro de baja tensión**, indicando cada una de las fases.

7.5.1 Aisladores pasantes de alta tensión

Los aisladores pasantes de **alta tensión** deberán ser de tipo capacitivo, herméticamente sellados, y tendrán su aceite propio e independiente.

La conexión de las bobinas al terminal de los aisladores pasantes deberá ser en forma continua. No se aceptarán uniones.

Deberán traer un indicador de nivel de aceite. Una **persona** parada al nivel del piso deberá poder ver el nivel de aceite del **aislador** sin dificultad.

Los aisladores pasantes de **alta tensión** deberán estar provistos de una derivación capacitiva adecuada para propósitos de medida.

Se aceptarán ofertas de aisladores pasantes secos, con cuerpo de polímero, tipo capacitivos, para análisis técnico del Cliente.



Los aisladores pasantes deben soportar las cargas máximas de **trabajo** con un factor de **seguridad** de 2,5 o mayor.

7.5.2 Aisladores pasantes de media tensión

Los aisladores pasantes de **media tensión** deberán ser del tipo sólido de una sola pieza de porcelana, de color marrón.

Se aceptarán ofertas de aisladores pasantes secos, con cuerpo de polímero, para análisis técnico del Cliente.

7.5.3 Conectores

Los conectores deben ser suministrados por el fabricante. Sus características particulares serán las adecuadas para su conexión a los aparatos de la **subestación** y deben ser aprobadas por el Cliente.

7.6 EQUIPO DE REFRIGERACIÓN

El **equipo** de refrigeración de cada transformador consistirá principalmente de un conjunto de radiadores, y dos grupos de ventiladores controlados por un monitor de temperatura.

7.6.1 Radiadores

Los radiadores deberán formar un conjunto estructural con el estanque del transformador, por lo cual deben soportar las condiciones de vacío adecuadas. No deben usarse las cañerías como elementos estructurales de sujeción. Los radiadores deberán ser desmontables.

Los radiadores deberán dimensionarse de tal modo que al desmontar uno de ellos no disminuya la capacidad del transformador en más del 5% de su capacidad para la máxima etapa de refrigeración.

Los radiadores deberán contar con flanches empernados en todas sus uniones, con válvulas de estrangulación en sus uniones hacia el estanque, con purgas de aire, tapones de drenaje y cáncamos para izar.

Los radiadores deben ser accesibles para propósitos de limpieza o pintura y su diseño debe evitar acumulación de agua en las superficies exteriores o de bolsas de aire en su interior durante el proceso de llenado de aceite.

Todos los radiadores deben ser idénticos e intercambiables.

7.6.2 Ventiladores

Los ventiladores conformarán dos grupos independientes, simétricos y uniformemente distribuidos.

Los ventiladores deberán tener aspas formadas por una sola pieza metálica. Deberán tener una **flecha** indicando el sentido de giro, e identificación del grupo al cual pertenecen.



Los motores de los ventiladores serán alimentados con corriente alterna trifásica, de **frecuencia** y magnitud indicadas en el Anexo 1.

Los cables de salida desde cada motor de los ventiladores deberán ser canalizados a través de ductos metálicos flexibles y tener enchufes herméticos al agua, de modo que puedan sacarse sin cortar la alimentación y sin comprometer la **seguridad** del personal.

Cada ventilador debe ser removible sin necesidad de detener los demás.

7.7 VÁLVULAS

El **sistema** de tuberías del aceite de refrigeración deberá contar con válvulas, preferentemente del tipo esfera, de tal forma que sea posible desarmar cualquier elemento sin que sea necesario vaciar o bajar el nivel de aceite del transformador.

7.7.1 Válvulas para el estanque principal

Cada transformador deberá suministrarse con las siguientes válvulas para el estanque principal:

- Válvula de drenaje que permita un drenaje completo. (50mm \varnothing mínimo)
- Válvula de filtrado, cerca del fondo (50 mm \varnothing mínimo).
- Válvula de muestreo para el aceite del fondo (12 mm \varnothing máximo).
- Válvula de filtrado cerca del extremo superior del estanque, en el mismo lado del conservador, y en el lado opuesto al que se encuentra la válvula de filtrado inferior. (50 mm \varnothing mínimo).
- Válvula de muestreo cerca del extremo superior del estanque principal. (12 mm \varnothing máximo).

Para el llenado del transformador, el fabricante colocará internamente soldado al estanque un elemento deflector para evitar el choque del aceite sobre los devanados. En su diseño se tendrá en cuenta que se debe evitar la acumulación de gases.

7.7.2 Válvulas para los conservadores

Cada transformador deberá suministrarse con las siguientes válvulas, para el estanque conservador:

- Válvulas de drenaje que permitan el drenaje completo. (38 mm \varnothing mínimo).
- Válvula de muestreo en el fondo. (12 mm \varnothing máximo).
- Válvulas de paso a ambos lados del relé Buchholz.
- Válvula del by - pass del relé Buchholz.
- Válvula para hacer vacío, ubicada en la parte superior del conservador del transformador. (50 mm \varnothing mínimo).
- Válvulas de ecualización de presiones entre el conservador del transformador y el conmutador bajo **carga**, y para el **sistema** del conservador que el fabricante ofrezca.
- Válvula automática de retención que será instalada en la cañería del relé Buchholz de conexión entre el tanque de expansión principal (conservador) y la cuba. Dicha válvula se cerrará



automáticamente y bloqueará el paso del aceite cuando se produzca una pérdida importante en la cuba. Tendrá claramente identificada la posición de **trabajo** . En caso que la válvula de retención no sea apta para realizar tratamientos o llenado de aceite a través de ella, deberá proveerse un circuito especial para tales fines.

Se deberá entregar para su aprobación un plano con detalles y cortes constructivos de dicha válvula, donde se aprecien el mecanismo de retención, los elementos constitutivos y los materiales empleados.

7.7.3 Válvulas para los radiadores

Cada transformador deberá suministrarse con las válvulas de paso a la entrada y salida de cada radiador de tal modo que se puedan realizar reparaciones o cambios sin que se afecte el funcionamiento del transformador.

7.7.4 Condiciones exigidas para las válvulas

Las siguientes condiciones regirán para las válvulas suministradas:

- Todas las válvulas de drenaje, filtrado y muestreo, deberán poder resistir, sin filtraciones, las presiones de operación con aceite caliente y las sobrepresiones de prueba bajo aire y aceite.
- Todas las válvulas de filtrado deberán ser adecuadas para permitir un acoplamiento con brida (flange), a los equipos de tratamiento de aceite.
- Las válvulas de paso deberán tener un dispositivo que indique las posiciones cerrado y abierto, y permita su bloqueo en ambas posiciones. Cada posición deberá estar claramente marcada.
- Todas las válvulas deberán estar conectadas por medio de bridas (flanges), unidas con pernos y empaquetaduras que permitan instalarlas y removerlas individualmente.
- Las válvulas de los radiadores deberán ser del tipo mariposa, de sello metal - metal. No deberán tener "O - ring" para efectuar el cierre.
- Se deberán suministrar separadamente, bridas (flanges) ciegos o su equivalente, a prueba de aceite para uso en cada unión, cuando se retiren los paneles de radiadores.

El fabricante entregará en su oferta un plano con la ubicación y características de las válvulas ofrecidas.

7.8 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TT/CC)

Es responsabilidad del fabricante suministrar los transformadores de corriente adecuados para ser utilizados con el **sistema** de medición de temperatura y el regulador de **tensión** para control del CDBC. Las características de estos TT/CC deberán ser informadas por el fabricante al Cliente, para su conocimiento.

Deberán incluirse transformadores de corriente tipo **aislador** pasante, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la Norma IEC - 60044.

La cantidad, ubicación y tipo de cada transformador de corriente se indican en el Anexo 1.



Todos los terminales secundarios de los TT/CC deberán llevarse hasta cajas de salida ubicadas cerca de los aisladores pasantes. Estas cajas de salida deberán ser herméticas, con índice de protección IP 54, y accesibles desde el exterior. Desde estas cajas el fabricante alambra los secundarios de los TT/CC hasta el gabinete de control del transformador.

En las cajas de salida se debe localizar una placa de identificación de los terminales secundarios, con polaridad y relación.

La polaridad de los TT/CC deberá ser substractiva. Deberán tener un factor térmico mínimo de 1,2.

El fabricante deberá entregar protocolos de las pruebas tipo y de rutina aplicadas a los TT/CC incluidos en el transformador. Deberá incluir además las curvas de excitación de los TT/CC.

7.9 CAMBIADOR DE DERIVACIONES

7.9.1 Cambiador de derivaciones bajo carga (CDBC)

El CDBC y sus accesorios deberán ser de marca Maschinenfabrik Reinhausen (MR) tipo VacuTap o de una referencia aprobada previamente por el Cliente.

El CDBC y su [equipo de control](#) automático, deberán cumplir con la norma IEC 60214: “Cambiadores de derivaciones bajo [carga](#)”.

En general, el CDBC deberá ser capaz de cumplir los requerimientos dieléctricos, de elevación de temperatura, esfuerzos electromecánicos por [cortocircuito](#) y capacidad de [sobrecarga](#) del transformador.

Además, como parte constitutiva del transformador, deberá satisfacer los requerimientos eléctricos y mecánicos que permitan efectuar al transformador todas las pruebas de rutina y tipo especificadas.

El transformador deberá ser capaz de entregar en forma permanente las potencias nominales, trabajando en cualquiera de las derivaciones del CDBC, sin exceder las elevaciones de temperatura especificadas en las normas.

El CDBC puede estar ubicado en cualquiera de los devanados de [alta tensión](#), de acuerdo con el diseño del fabricante aprobado por el Cliente. Debe ser adecuado para [servicio](#) pesado (veinticinco operaciones diarias como promedio), y para [servicio](#) a la intemperie.

Deberá tener accesos con tapas fijadas mediante pernos, con el objetivo de [mantenimiento](#) y revisión.

El CDBC con medio refrigerante en aceite se diseñará con su propio estanque conservador de aceite. Debe ser suministrado con filtro deshumecedor del aceite, con presóstato y termostato independientes. Este [sistema](#) debe contar con [señalización](#) de alarma en caso de [falla](#). El conservador del CDBC debe incluir un indicador de nivel de aceite, de tipo magnético, con dos contactos NA/NC independientes. El CDBC deberá tener una válvula de alivio de presión y un relé detector de flujo, o un relé de presión súbita, con dos



contactos NA/NC independientes.

El mecanismo motorizado del CDBC será alimentado con corriente alterna desde el gabinete de control, y deberá tener protección termo magnética independiente con contacto auxiliar de alarma.

Se debe suministrar un relé regulador de **tensión** , compensado por corriente, para permitir el control automático del CDBC.

Del mismo modo el fabricante debe proveer un dispositivo de marcha en paralelo.

El CDBC deberá tener una manivela para operarlo en forma manual. Al estar esta manivela colocada en su posición de funcionamiento deberá existir un contacto que bloquee su operación eléctrica (automática y manual).

El CDBC deberá tener un indicador local mecánico de posición, el cual deberá ser visible desde el lugar de operación.

El fabricante deberá incluir como parte de la instrumentación del CDBC coronas potenciométricas independientes y transductores.

El CDBC deberá tener un contador mecánico de operaciones de al menos 6 dígitos.

El CDBC deberá tener contactos eléctricos de límite de carrera, y topes adecuados que prevengan y bloqueen la operación más allá de sus posiciones extremas.

La construcción del CDBC debe permitir retirar el selector de tomas, para **mantenimiento** , sin bajar el nivel de aceite del estanque principal más de lo requerido para mantener los devanados inmersos en aceite.

El mecanismo motorizado debe tener un freno magnético para garantizar un control preciso del CDBC.

El gabinete de control del CDBC deberá cumplir las mismas exigencias constructivas que el gabinete de control del transformador.

El CDBC debe ser de fácil **mantenimiento** . No se acepta que deba desmontarse otros accesorios (por ejemplo el conservador de aceite), para poder realizar el **mantenimiento** a los selectores del CDBC.

El fabricante del transformador debe obtener, de parte del fabricante del CDBC, la garantía de buen funcionamiento del CDBC por un período igual o mayor a la garantía del transformador y las pautas detalladas de **mantenimiento** preventivo que recomienda para su **equipo** .

El fabricante deberá entregar al Cliente el estudio realizado para adaptar el diseño del transformador, al tipo de CDBC elegido. En particular interesa conocer la disposición del CDBC en los enrollados, su



ubicación al centro o en los extremos de las bobinas, y la utilización de resistencias de polarización o de cualquier otro elemento de protección contra sobretensiones, tales como descargadores de [tensión](#) .

7.10 GABINETE DE CONTROL

7.10.1 Generalidades

El Gabinete de Control deberá ser adecuado para uso a la intemperie, con grado de protección IP 54.

Será instalado a una altura apropiada para un operador de pie sobre el nivel de la base.

Los circuitos de control y equipos auxiliares deberán ser apropiados para ser alimentados desde fuentes de corriente continua o corriente alterna, indicadas en el Anexo 1.

Tanto los circuitos de control, como los de fuerza y calefacción deben estar protegidos mediante interruptores termomagnéticos, los cuales a su vez deben disponer de contactos auxiliares de alarma, con [señalización](#) en el SDA.

Todos los distintos dispositivos deberán ser alambrados hasta regletas de terminales (borneras).

Cuando sea aplicable, el fabricante efectuará el alambrado de acuerdo a lo indicado en planos preparados por el Cliente.

El Gabinete de Control deberá considerar una tapa en la parte inferior, con pernos, empaquetaduras y prensaestopas, para la entrada y salida de los cables de control y fuerza. No se aceptará que las entradas y salidas de cables sea por los costados o la parte superior del Gabinete de Control.

Todos los dispositivos deberán tener un acceso fácil para su [inspección](#) y [mantenimiento](#) .

Debe incluir una cerradura y un trabamiento de puerta en la posición abierta.

Debe poseer un calefactor blindado, controlado por termostato, para prevenir la condensación de humedad en su interior. Además deberán incluirse celosías para ventilación, con filtro.

Debe incluir iluminación interior accionada por un switch de puerta.

Se debe proveer un dispositivo que permita la energización del calefactor a través del embalaje, durante el período de almacenamiento del [equipo](#) .

El circuito de calefacción e iluminación debe incluir protección termomagnética, con contacto auxiliar de alarma. Su alimentación eléctrica será monofásica en corriente alterna, del valor indicado en el Anexo 1.

Todos los dispositivos instalados en el gabinete de control deben estar identificados mediante placas acrílicas grabadas en forma indeleble, de acuerdo a los planos de alambrado; el gabinete de control



también deberá tener su placa de identificación, impresa en idioma español.

El gabinete de control deberá ser instalado con elementos amortiguadores para evitar el traspaso de las vibraciones del transformador a los elementos de control.

En el gabinete deben instalarse las borneras terminales de los accesorios (transformadores de corriente, señales de indicación, alarmas, protecciones, relés, etc.), los dispositivos de control de refrigeración, las protecciones de los motores y en general todos los elementos para el alambrado de los controles del transformador, con excepción de los controles del CDBC, los cuales deben estar en su propio gabinete.

7.11 ALAMBRADO Y BORNERAS DEL GABINETE DE CONTROL

La aislación del **cable** de control deberá ser de **tensión nominal** 0,6/1 kV, según IEC 60502.

El **cable** de control utilizado para el alambrado del gabinete de control deberá ser de cobre flexible de 19 hebras como mínimo, temperatura de operación clase 90°C.

La sección de los cables para circuitos de control será de 2,5 mm², y para circuitos de corriente será 4 mm². El fabricante podrá ofrecer secciones menores para aprobación del Cliente.

Los cables de alambrado del gabinete de control deberán estar provistos de terminales prensables convenientemente identificados. Los terminales deben ser del tipo punta, con collarín aislante.

Las borneras serán del tipo apilable, aptas para colocar sus números correlativos de identificación.

Las borneras para circuitos de corriente deben ser seccionables y deben incluir puentes que permitan cortocircuitarlas. Asimismo, deben incluir alvéolos.

El fabricante debe proveer como mínimo un 20% de borneras de reserva, de cada tipo, para uso del Cliente.

La canalización en el interior de gabinetes deberá ejecutarse preferentemente usando canaletas portacables plásticas. Los conductores serán agrupados y fijados mediante sujetadores no metálicos, adecuados para proteger su aislación y soportar el peso de los cables.

Todo el alambrado externo al gabinete de control deberá quedar protegido contra daños mecánicos mediante canalizaciones metálicas rígidas o flexibles.

7.11.1 Marcación interna de cables

Los conductores de los sistemas de control, protección, **señalización**, **tensión** y corriente deberán estar identificados en ambos extremos con marquillas de **material** sintético (no se acepta papel o similar) cuya instalación no requiera desconexión del **cable** siempre que asegure su correcta fijación al mismo, de marcación indeleble con caracteres de color negro (no se aceptará marcación hecha a mano). Cada



extremo (dos marquillas) deberá identificar el punto de origen y el punto de destino de la conexión (marcación directa y cruzada).

Las marquillas correspondientes a las bobinas de disparo deben realizarse en color rojo e incluir dentro de la identificación la letra “D”.

7.11.2 Color de los conductores

El color de los conductores se describe en la tabla presentada a continuación:

Item	Descripción	Color del aislamiento
1	Circuitos de mando y protección	GRIS
2	Circuitos de alarma y señalización	BLANCO
3	Conductores de tierra	VERDE-AMARILLO
4	Circuitos de corriente alterna (auxiliares)	NEGRO

7.12 PROTECCIONES

El transformador deberá incluir como mínimo las siguientes protecciones:

Un relé Buchholz asísmico para el sistema de preservación del aceite del estanque del transformador. Este relé será del tipo doble flotador, con tres contactos independientes, uno para alarma por falla incipiente y dos contactos de operación por falla franca. No se aceptarán contactos de mercurio.

Una válvula de sobrepresión interna del transformador la cual debe contar con una tubería para dirigir el aceite expulsado, en caso de operación de la válvula. Con contactos de alarma y disparo.

Un relé de aumento rápido de presión de aceite, insensible a las variaciones lentas debidas a cambios de carga . Con contactos de alarma y disparo

Un relé de flujo de aceite para protección para el CDBC, con válvulas de aislamiento. Con contactos de alarma y disparo.

Una válvula de alivio de presión para el estanque del CDBC. Con contactos de alarma y disparo.

Todos los contactos deben ser aptos para un sistema de 125 VCC aislado de tierra .

Nota: Las protecciones para el sistema de refrigeración por aceite del CDBC solo aplican para los CDBC de este tipo. En otros mecanismos (como el VacuTap) estos dispositivos se deberán reemplazar por los que



sean aplicables a esta tecnología.

7.13 SISTEMAS DE CONTROL

7.13.1 Control grupos de ventiladores

El control de los ventiladores debe tener modos automático y manual, escogidos mediante un selector. En modo automático el **sistema** de refrigeración debe ser controlado por el monitor de temperatura. En modo manual el **sistema** debe arrancar y parar por medio de botones pulsadores o de un suiche.

El selector manual-automático debe tener un juego de contactos adicional para **señalización** remota para cualquier posición.

El fabricante debe proveer todos los contactores, relés, lámparas indicadoras, dispositivos de protección e interruptores miniatura necesarios para el control de los ventiladores.

Adicionalmente debe tener contactos de alarma para “ **sobrecarga** del motor”, “motor parado” y “disparo de la alimentación principal de los motores”. Cada motor debe tener su propio contactor y protección térmica.

El **sistema** de control debe incluir **señalización** por falta de **tensión** auxiliar de CA y de CC.

Los mandos manuales, la **señalización** de estado y las alarmas deben estar presentes en el SDA.

7.13.2 Control del CDBC

El **sistema** de control del CDBC debe incluir los contactores, contador de operaciones, indicador de posición con puntos máximos y mínimos, transmisor para indicación remota de posición, pulsadores para subir y bajar la derivación, selector de control local / remoto, suiches límites para prevenir sobre viaje del mecanismo, protección térmica del motor.

El fabricante debe someter a aprobación del Cliente los diagramas eléctricos del CDBC.

Los mandos manuales, la **señalización** de estado y las alarmas deben estar presentes en el SDA.

El suministro debe incluir un relé regulador de **tensión** numérico con ajustes de tiempo graduables.

El relé debe tener capacidad para controlar la operación en paralelo de dos bancos de transformadores para lo cual debe disponer de un selector “ Maestro-Seguidor”.

El relé debe tener compensación por caída de **tensión** y bloqueo por sobrecorriente.

El regulador de **tensión** debe integrarse al **sistema** digital de automatización (SDA) para transmitir la información de posiciones del CDBC, las posiciones de los selectores de operación y los comandos “Subir – Bajar” desde el SDA.



El relé regulador de **tensión** debe ubicarse en el mismo gabinete de control del SDA del transformador.

7.14 INSTRUMENTOS

El transformador deberá incluir como mínimo los siguientes instrumentos:

Indicadores de nivel de aceite del transformador y del CDBC(cuando aplique), de tipo magnético, con dos contactos independientes NA/NC, y con resistencia variable.

Serán ajustados en fábrica para operar con el nivel mínimo, el cual deberá ser indicado expresamente por el fabricante. La escala de los indicadores de nivel debe ser graduada del "0" al "10" en una amplitud de 240°, indicando niveles mínimo, máximo y normal. Los indicadores deben ser instalados en sus respectivos estanques conservadores.

Estos indicadores de nivel deberán instalarse con un ángulo de inclinación de 45°, para facilitar su lectura a un operador parado al pie de la base.

Las señales de nivel deben estar presentes en el SDA.

Monitor de temperatura. Este instrumento, de tecnología basada en microprocesadores, debe registrar las temperaturas instantáneas y máximas de aceite e incorporar un circuito de simulación para indicar las temperaturas instantáneas y máximas del punto más caliente en cada devanado del transformador (Imagen Térmica). Deben incluirse los transformadores de corriente necesarios para esta función.

Debe poseer salidas para medición remota de temperatura de aceite y de devanados, de acuerdo a lo indicado en el Anexo 1.

Debe poseer contactos independientes, para 10 A, cuyas características de funcionalidad y valores de ajuste deberán cumplir las funciones de control, alarma y disparo previstas en el diseño detallado del proyecto.

Debe proveerse con un **sistema** que permita ajustar convenientemente la elevación del punto más caliente del devanado sobre el aceite superior, obtenida a partir de los ensayos de calentamiento del transformador.

Debe considerar un display con información local de la temperatura de aceite y de devanados. (No se aceptarán display de cristal líquido)

Debe tener capacidad de almacenamiento de datos, que permita recuperar y leer en el visor los valores máximos de temperatura de aceite y de devanados.

Debe poseer una clase de exactitud del 2%, y una constante de tiempo ajustable entre 1 y 10 minutos para la temperatura de devanados.



El algoritmo de cálculo para el punto más caliente del devanado, debe estar de acuerdo con la norma IEEE C57.91, o la norma IEC 60354.

La ubicación del monitor deberá ser adecuada para que un operador parado en el frente del gabinete de control pueda leerlo sin dificultad a través de una ventana en la puerta del gabinete.

El proveedor deberá incluir en el precio del monitor, el software, cables de comunicaciones y otros accesorios.

El monitor de temperatura debe controlar las dos etapas de refrigeración, iniciar alarmas por temperatura alta del aceite o los devanados y ordenar la apertura del [interrupción](#) de 115 kV cuando se alcance la temperatura de máximo riesgo.

Los contactos de control, alarma y disparo se deben reponer cuando la temperatura disminuya del valor de operación en una magnitud ajustable entre 15°C y 30°C.

Las señales de temperatura de aceite y devanado deben estar presentes en el SDA.

El grado de protección del monitor de temperatura debe ser IP54.

7.15 DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN

Si los descargadores son instalados sobre el transformador el fabricante deberá suministrar soportes desmontables, adosados al estanque del transformador, de modo que instalados formen un conjunto rígido con él. Estos soportes deben ser independientes de los radiadores.

Las características de los descargadores deben ser utilizadas para realizar el análisis sísmico del transformador.

Cuando corresponda, la altura de los soportes deberá ajustarse de modo que el extremo superior de cada descargador esté próximo al terminal del [aislador](#) pasante asociado, cumpliéndose las distancias eléctricas y de [seguridad](#) adecuadas.

7.16 CAJA DE CONEXIONES PARA EL TERCIARIO

Cada transformador debe contar con una caja para cables de [media tensión](#) en la cual deben estar alojados los aisladores pasantes del devanado terciario con capacidad para conectar dos terminales preformados correspondientes a los cables para la formación de la delta de compensación del banco de transformadores..

El fabricante debe garantizar un espacio suficiente para los cables y sus terminales sin violar las distancias eléctricas requeridas.



7.17 SISTEMA DE FILTRADO CONTINUO DE ACEITE DEL CAMBIADOR DE TOMAS (SEGÚN APLIQUE)

El transformador debe disponer de un **sistema** de filtrado continuo para el aceite del CDBC, completo con todos los accesorios para limpieza y secado del aceite.

El **equipo** debe arrancar automáticamente después de cada operación del CDBC y permanecer operando durante el tiempo recomendado por el fabricante. También debe tener mando manual.

Los circuitos de control deben tener protección termomagnética con **señalización** local y remota en el SDA.

El **sistema** debe incluir bomba, filtros, tuberías, tanque presurizado, válvula de sobrepresión, tomas para **muestra** de aceite, indicación para cambio de filtro, gabinete de control y en general todos los componentes requeridos para su operación confiable.

El gabinete de control debe tener grado de protección IP54 y debe contener los relés auxiliares, el guarda motor de la bomba, contadores de operación (tiempo y número), calefacción con control automático y selector "Operación - Prueba".

7.18 GABINETE DE INTERCONEXIÓN PARA BANCO TRIFÁSICO

Debe suministrarse un gabinete autoportado, tipo intemperie, grado de protección IP54 para el banco trifásico de transformadores en el cual se centralice el mando y **señalización** del **sistema** de refrigeración, de los CDBC y se distribuyan las señales provenientes de cada transformador hacia la casa de control de la **subestación**.

Debe poseer un calefactor blindado, controlado por termostato, para prevenir la condensación de humedad en su interior. Además deberán incluirse celosías para ventilación, con filtro.

Debe incluir iluminación interior accionada por un switch de puerta.

Todos los dispositivos instalados en el gabinete de interconexión deben estar convenientemente identificados mediante placas acrílicas grabadas en forma indeleble, de acuerdo a los planos de alambrado; el gabinete de interconexión también deberá tener su placa de identificación, impresa en idioma español.

En lo que sea aplicable deben cumplirse las especificaciones dadas para el gabinete de control.



7.19 PINTURA

La pintura exterior del transformador y sus gabinetes deberá resistir, sin deteriorarse, las condiciones atmosféricas para **servicio** permanente a la intemperie, en el ambiente indicado en el numeral 3.1 “Condiciones ambientales”.

El color de la pintura será informado por el Cliente en el Anexo 1.

El proceso de pintura debe cumplir las siguientes exigencias:

- Resistencia a la humedad y a la niebla salina en condiciones normales por 250 horas, (ensayos de acuerdo a las normas ASTM B117 y D2247).
- Resistencia a impacto mínimo de 6 cm-kg (ensayos de acuerdo a la norma ASTM D2794), y a los efectos del transporte marítimo desde la fábrica.
- El espesor de la pintura deberá tener como mínimo un promedio de 150 micrómetros.
- Todas las capas de pintura deben garantizar una adherencia mínima de 400 PSI (libras/pulgada²) probada según norma ASTM D4541.
- Se deberán confeccionar chapas de **muestra** (testigos).

El fabricante deberá realizar ensayos a las chapas de **muestra**, pintadas con el mismo procedimiento que se pinte el transformador, con el propósito de garantizar que ésta cumple con todos los requerimientos de duración, adherencia y resistencia al impacto, de acuerdo a las normas ASTM correspondientes.

7.20 PLACAS DE CARÁCTERÍSTICAS

Cada transformador deberá estar provisto de una placa de características (nameplate), de metal inoxidable, colocada en un lugar de fácil lectura, que contendrá al menos la información acerca de las características del transformador, detallado por las normas IEC.

Esta placa deberá estar escrita en español y deberá ser sometida oportunamente a la aprobación del Cliente.

El fabricante deberá incluir una placa con la curva de temperatura versus nivel del aceite, obtenida durante la prueba de calentamiento.

El fabricante deberá incluir una placa con el circuito de control, instalada sobre la puerta en el interior del Gabinete de Control.

Otros elementos incluidos en el transformador tales como aisladores pasantes, CDBC, transformadores de corriente (incluidos los TC's destinados a medición de temperatura y regulación de **tensión**), deberán tener sus propias placas de características en **conformidad** con las normas correspondientes, ubicadas en lugares de fácil lectura para un operador.



7.21 REPUESTOS

El oferente deberá incluir una lista de los repuestos recomendados para un periodo de cinco (5) años, así como todos aquellos elementos que sean necesarios en la etapa de montaje y pruebas de puesta en [servicio](#) , tales como empaquetaduras, fusibles, lámparas, etc.

8. INSPECCIÓN TÉCNICA

Todos los materiales y dispositivos empleados en la construcción de cada transformador serán sometidos a una [Inspección Técnica](#) por parte del Cliente (o sus representantes), en las siguientes oportunidades:

8.1 INSPECCIÓN DURANTE LA FABRICACIÓN

El cliente o sus representantes se reservan el derecho de realizar inspecciones a la fábrica en cualquier etapa del proceso de fabricación. El fabricante deberá proporcionar todas las facilidades para tener acceso a los procesos de fabricación durante las horas de [trabajo](#) y permitirá tomar fotografías o realizar filmaciones de las diferentes etapas de fabricación. Durante la fabricación se inspeccionará la parte activa del transformador antes de encubar.

8.2 INSPECCIÓN DURANTE LAS PRUEBAS DE RECEPCIÓN FINALES

En el Anexo 1 se indica las pruebas solicitadas para cada tipo de transformador.

El fabricante deberá entregar el Programa de [Inspección](#) y pruebas, para ser revisado y aprobado por el Cliente. Este indicará qué pruebas de recepción no podrán realizarse sin la presencia de sus representantes.

El fabricante presentará para las pruebas de recepción finales, sólo transformadores completamente terminados, y deberá además haber efectuado previamente las pruebas internas de fábrica, de modo de garantizar que el [producto](#) que está presentando, cumplirá con las exigencias del Cliente. No se aceptará iniciar los ensayos con el alambrado de control inconcluso.

8.3 INSPECCIÓN DEL DESARME Y EMBALAJE

Una vez concluidas exitosamente las pruebas de recepción en fábrica, los transformadores se inspeccionarán durante las actividades de desarme, y se verificará que el embalaje es el adecuado para transporte marítimo y terrestre.

El [equipo](#) sólo podrá ser despachado desde la fábrica si cuenta con un certificado de aprobación emitido



por el representante del Cliente, al finalizar esta [inspección](#) .

9. PRUEBAS EN FÁBRICA

Las pruebas de recepción de cada transformador consistirán en pruebas mecánicas, pruebas de los accesorios y pruebas eléctricas, según se detallan más adelante.

Todas las pruebas que se mencionan a continuación son obligatorias y deben estar incluidas en el precio del transformador.

El Cliente podrá exigir la verificación de los instrumentos y demás equipos que se utilicen en las pruebas de recepción, en presencia de sus representantes. El fabricante deberá tener los certificados de [calibración](#) de todos los instrumentos de medida y presentarlos al inspector en el caso de que éste los solicite.

Cuando el resultado de alguna prueba no esté de acuerdo, o existan dudas, con los valores especificados o garantizados, se debe repetir la prueba sin costo adicional para el Cliente.

9.1 PRUEBAS MECÁNICAS

9.1.1 Prueba de estanqueidad

Se realizará esta prueba al transformador completo con todos sus accesorios montados y lleno de aceite, con una presión de 0,7 kg/cm² medida en el fondo del estanque, durante 24 horas. Durante la prueba se verificarán posibles filtraciones de aceite en el estanque, cañerías, uniones, válvulas, radiadores, etc., y se verificará eventuales deformaciones permanentes. Esta prueba deberá realizarse antes de aplicar la o las últimas manos de pintura, debiendo estar el estanque y los accesorios meticulosamente limpios para evitar que puedan taparse las posibles porosidades existentes. En caso de producirse filtraciones de aceite, la prueba de presión deberá repetirse cuantas veces sea necesario, hasta que se demuestre haber eliminado totalmente cualquier filtración.

9.1.2 Prueba de vacío

Se deberá realizar una prueba de vacío de 1 mm Hg al transformador completo, con todos sus accesorios montados y sin aceite, haciendo la correspondiente verificación de deformaciones.

9.1.3 Válvulas

Se deberán examinar todas las válvulas mecánicas, verificando su correcta instalación y funcionamiento.

9.1.4 Medición del nivel de ruido

La prueba se realizará de acuerdo al [método](#) señalado en las normas IEC 60551.

El nivel máximo de ruido del transformador, en cualquiera de sus etapas de refrigeración, no debe sobrepasar el valor especificado en el Anexo 1.



9.2 PRUEBAS DE LOS ACCESORIOS

Si se trata de equipos de fabricación propia, el fabricante deberá realizar las pruebas que se indican a continuación para verificar las características y el correcto funcionamiento de los accesorios de cada transformador.

Si se trata de equipos adquiridos a otros proveedores, deberá presentar los protocolos de las pruebas efectuadas por el fabricante original de acuerdo a la norma que corresponda y además deberá presentar protocolos de pruebas internas de fábrica a los accesorios que se señalan más adelante.

9.2.1 Relé(s) Buchholz

Prueba de [calibración](#) y de operación. El fabricante deberá entregar copias de los informes de las pruebas de todos los relés Buchholz suministrados, detallando lo correspondiente a la resistencia sísmica de éstos cuando sea aplicable.

9.2.2 Aisladores pasantes

El fabricante deberá enviar copias de los protocolos de las pruebas del fabricante original y además deberá realizar a los aisladores pasantes pruebas de medida de Capacitancia, Factor de aislación, Resistencia de aislación e [inspección](#) visual a todos los aisladores antes de su instalación.

9.2.3 Transformadores de corriente

El fabricante deberá entregar copias de las pruebas de rutina y tipo a los TT/CC, de acuerdo a las Normas IEC - 60044 o ANSI C57.13.

Las mediciones de relaciones de transformación y la verificación de polaridad deberán repetirse una vez que los TT/CC se hayan montado en el transformador.

9.2.4 Válvula de alivio de presión

Se efectuará una prueba de [calibración](#) de la válvula de alivio de presión, y verificación de la operación correcta y segura de los contactos eléctricos respectivos.

9.2.5 Monitor de temperatura

El fabricante deberá entregar un informe técnico de [calibración](#) del monitor de temperatura, antes de la prueba de calentamiento del transformador, a objeto de verificar la [calibración](#) del monitor durante el desarrollo de esta prueba. El fabricante deberá entregar, además, protocolo de la prueba tipo del [equipo](#) ofrecido.

9.2.6 Indicadores de nivel de aceite

Se verificará la operación de los contactos eléctricos del indicador de nivel de aceite del transformador y del conservador.

El fabricante deberá incluir en los protocolos de ensayos finales del transformador una curva de



Temperatura del aceite v/s Deflexión de la aguja del indicador de nivel (escala del 0 al 10). Esta curva debe ser grabada en metal inoxidable y ubicada junto a la placa de características del transformador.

9.2.7 Cambiador de derivaciones bajo carga

Se hará una **inspección** cuidadosa del mecanismo y de la operación del cambiador una vez instalado en su posición definitiva. Se deberá realizar una serie de pruebas para demostrar el correcto funcionamiento de todos sus controles, dispositivos y contactos, incluyendo su aptitud para operación en paralelo cuando sea especificado.

El fabricante deberá enviar copias de las pruebas del cambiador de derivaciones suministrado.

En los protocolos de ensayos finales del transformador se deberá proporcionar las curvas "Posición del CDBC v/s Señal de salida" para los transductores de posición.

9.2.8 Ventiladores

Se efectuarán pruebas de resistencia óhmica, resistencia de aislación, consumo y verificación de funcionamiento de todos los motores de los ventiladores, y de cada uno de los dispositivos de comando, control y protección del **equipo** de refrigeración.

Adicionalmente, durante la prueba de calentamiento del transformador se verificará que los ventiladores no sufran vibraciones excesivas.

9.2.9 Alambrado de control

Se efectuará una revisión completa del alambrado de control de acuerdo a los planos esquemáticos y de alambrado aprobados.

Se aplicará la prueba de aislamiento de los circuitos de fuerza y control auxiliares, con una **tensión** de 2 kV r.m.s. durante un minuto (IEC 60076 - 3, cláusula 9), o su prueba equivalente de 1 segundo.

9.2.10 Aceite usado durante las pruebas

El fabricante deberá tratar previamente el aceite que utilizará durante las pruebas. A este aceite se le sacarán muestras y se realizarán series completas de ensayos con el objeto de comprobar que no han ocurrido daños al transformador durante las diversas pruebas eléctricas.

Estas pruebas sobre muestras del aceite se deberán efectuar:

- antes de llenar el transformador,
- antes y después de la prueba de calentamiento, y
- antes y después de las pruebas dieléctricas.

Las muestras del aceite serán tomadas desde la parte superior e inferior del estanque.



Los ensayos a realizar al aceite serán:

- Análisis de gases
- Contenido de humedad
- Número de Neutralización
- **Tensión** dieléctrica de ruptura
- Factor de Potencia
- **Tensión** interfacial

Para el análisis de gases se deberán considerar los indicados en la norma ASTM D3612 “ **Método** de prueba para análisis de gases disueltos en aceite aislante por cromatografía”, que son: hidrógeno (H₂), oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), etano (C₂H₆), etileno (C₂H₄), acetileno (C₂H₂), propano (C₃H₈), propileno (C₃H₆).

9.2.11 Pruebas de los repuestos

Los repuestos deben ser sometidos a las mismas pruebas que los elementos similares instalados en el transformador.

9.2.12 Pruebas de pintura

Deberán efectuarse pruebas de espesor y adherencia de la pintura en **conformidad** con las Normas ASTM que corresponda, tanto al transformador como a las chapas testigos.

9.2.13 Medición de humedad relativa o punto de rocío

Esta prueba se deberá realizar al cuerpo principal del transformador lleno de nitrógeno seco, antes de embarcar. El valor obtenido se deberá consignar en la placa de características (nameplate).

9.2.14 Verificación visual y dimensional

Esta verificación se realizará con los planos del fabricante.

9.2.15 Grado de polimerización del papel aislante

En **conformidad** con la norma ABNT NBR 8148, se efectuará la prueba de grado de polimerización del papel nuevo y después del tratamiento de la parte activa, para obtener valores de referencia.

9.3 PRUEBAS ELÉCTRICAS DEL TRANSFORMADOR

Las pruebas eléctricas que se detallan a continuación deberán ser realizadas de preferencia en el orden indicado. Para su realización se aplicarán las Normas IEEE, IEC o ABNT-NBR, de acuerdo a lo señalado en el Anexo 1.

Si alguno de los transformadores fallare en estas pruebas, el fabricante deberá verificar, en presencia del representante del Cliente, el tipo de **falla** habida y determinará los trabajos necesarios para corregirla. Si la corrección es de orden mayor (ejemplo: reemplazar o modificar la **bobina**), el transformador deberá



tratarse como una nueva unidad repitiéndosele todos los ensayos.

9.3.1 Medición de la resistencia en frío

Deberá determinarse la resistencia en frío de todas las bobinas, en todas las posiciones del cambiador de derivaciones, a la temperatura ambiente como valor de referencia.

9.3.2 Relaciones de transformación

Deberán determinarse las relaciones de transformación para todas las posiciones del cambiador de derivaciones. Se recomienda usar el [método](#) de comparación.

9.3.3 Polaridad y relación de fase

Estas pruebas se realizan simultáneamente con las de relaciones de transformación, en la derivación correspondiente a la [tensión nominal](#) .

Para la prueba de polaridad se recomienda el uso del [método](#) de comparación.

9.3.4 Pérdidas en vacío y corriente de excitación

Deberá realizarse la Curva de Magnetización del transformador midiendo los valores de corriente, a [frecuencia nominal](#) , y con valores de [tensión](#) 90, 95, 100, 105 y 110 % de la [tensión nominal](#) , en la posición del cambiador de derivaciones que corresponda a la [bobina](#) completa. Para la medición de la corriente de excitación se usará el [método](#) del voltímetro de [tensión](#) promedio y el amperímetro de valores efectivos.

En la medición de las pérdidas en vacío se usará el [método](#) de los tres vatímetros y se corregirán las pérdidas así medidas mediante el [método](#) del voltímetro de [tensión](#) promedio, recomendado en la norma IEEE C57.12.90. Se verificará si los consumos propios de los circuitos de medida son significativos, en cuyo caso habrá que hacer las correcciones que corresponda. Esta medición se efectuará en la posición [nominal](#) .

Deberá aprovecharse esta prueba para realizar un ciclo completo de operación del CDBC, con el transformador energizado a 100 % de la [tensión nominal](#) .

La medición de pérdidas en vacío y corriente de excitación deberá realizarse antes y después de las pruebas dieléctricas, comparándose posteriormente los valores obtenidos.

Los últimos valores se considerarán definitivos para cada transformador y serán los que se utilicen para controlar la garantía del fabricante. En consecuencia, es indispensable que toda esta serie de pruebas se realice en el mismo lugar y utilizando el mismo conjunto de instrumentos.

Durante la realización de esta prueba se deberá medir el contenido de armónicas con un instrumento que discrimine a lo menos hasta la décima primera armónica.

9.3.5 Impedancia de cortocircuito y pérdidas de carga



Se usará de preferencia el **método** de los tres vatímetros, haciendo circular las corrientes correspondientes a las capacidades máximas en **servicio** permanente.

Se deberán medir estos valores en las posiciones extremas del cambiador, en la posición de **tensión nominal** y, si no coincide con ninguna de las anteriores, en la posición del cambiador para la cual las pérdidas calculadas son máximas. Estos últimos serán los valores que se utilizarán posteriormente en las pruebas de calentamiento y son además los garantizados por el fabricante.

Deberán detallarse todos los valores obtenidos en impedancia, reactancia y resistencia en por ciento y referidos a una temperatura 75°C (IEC).

Como temperatura real de las bobinas en cada medición se tomará el promedio de las temperaturas determinadas por medidas de resistencia de una **bobina** de referencia al comienzo y al final de la medición.

Se realizará un ciclo completo de operación del CDBC con ocasión de la medición de las pérdidas en **carga**, haciendo circular la corriente **nominal** en la etapa de máxima capacidad.

9.3.6 Impedancia de secuencia cero

De deberá medir el valor de la impedancia de secuencia cero de acuerdo a lo establecido en las normas.

Este valor se indicará en referencia a las temperaturas y potencias base indicadas en el Anexo 1.

9.3.7 Pruebas de elevación de temperatura (calentamiento)

Las pruebas de calentamiento deberán preceder a las pruebas dieléctricas.

En caso que el suministro sea por más de una unidad de un mismo tipo, la prueba se realizará a una sola unidad para lo cual se debe escoger la de mayores pérdidas.

Se deberán realizar pruebas de calentamiento para todas las capacidades en **servicio** permanente (ONAN/ONAF 1/ONAF 2), verificando en cada prueba la elevación de temperatura de las bobinas; estas pruebas deberán hacerse para la derivación en la cual las pérdidas totales son máximas.

En caso haber dificultad para estabilizar la temperatura del aceite, se podrá hacer uso de las sugerencias indicadas en la norma IEC 60076-2.

Las pruebas de calentamiento se harán mediante el **método** de **cortocircuito**, con el CDBC en la posición de mayores pérdidas. Durante esta prueba el relé Buchholz deberá tener conectada una lámpara de **señalización** en sus contactos de alarma.

En cuanto a los niveles de **sobrecarga** admisibles, el fabricante deberá garantizarlos explícitamente por escrito.



Las temperaturas durante las pruebas deberán registrarse con termómetro de alcohol o termocuplas, y en ningún caso con los termómetros indicadores de temperatura del transformador.

Con ocasión de las pruebas de calentamiento, el fabricante deberá realizar las siguientes pruebas de verificación.

- **Calibración** del monitor de temperatura de las bobinas y del aceite. Para el indicador de las bobinas deberá hacerse una **calibración** basada en la determinación de la temperatura media de las bobinas en el momento del corte, debiendo incluirse en el informe de pruebas todos los datos usados para esta **calibración** .
- **Calibración** del indicador de nivel de aceite mediante un dispositivo adicional para controlar el nivel real del aceite dentro del estanque. Con esta información, el fabricante procederá a construir o verificar la curva temperatura versus nivel del aceite del transformador.
- Verificación de vibraciones o ruidos excesivos en el estanque y accesorios.
- Verificación, mediante cámara infrarroja, de calentamientos anormales en algún sector del estanque, radiadores y motores de los ventiladores.

9.3.8 Pruebas dieléctricas

9.3.8.1. Medición del factor de potencia de la aislación y resistencia de la aislación.

Estas pruebas se efectuarán antes y después de las pruebas dieléctricas del transformador.

9.3.8.2. Levantamiento curva pC v/s kV.

En forma previa al resto de las pruebas dieléctricas deberá realizarse el levantamiento de la curva de pC v/s kV hasta el valor de 165 % de Vn.

9.3.8.3. Pruebas de impulso atmosférico

En los terminales de **neutro** se realizará la siguiente serie de pruebas:

- una onda completa reducida
- dos ondas completas
- una onda completa reducida

Estas pruebas se harán antes que las de los terminales de línea.

En los terminales de línea, primarios y secundarios, se realizará una serie de pruebas la cual tendrá la secuencia siguiente: (IEC - 60076-3, párrafo 13.3):

- Una onda completa reducida
- Una onda completa
- Una o más ondas recortadas reducidas
- Dos ondas recortadas



- Dos ondas completas
- 9.3.8.4. Prueba de impulso de maniobra*

Se debe efectuar la serie completa de pruebas de impulso de **maniobra** de acuerdo con la norma IEC 60076-3 a los terminales de línea y de **neutro** . La secuencia será un impulso entre el 50% y el 75% del valor pleno y tres impulsos a plena **tensión** .

- 9.3.8.5. Medición de Radio interferencia (RIV)*
- 9.3.8.6. Pruebas de Tensión Aplicada.*

Estas pruebas se harán según las normas que corresponda.

- 9.3.8.7. Pruebas de Tensión Inducida y medición de Descargas Parciales.*

Durante esta prueba el **neutro** del transformador deberá estar conectado directamente a **tierra** (sin impedancia de medida en este terminal).

La amplitud de las descargas parciales se medirán en la impedancia de medida acoplada a las derivaciones capacitivas de cada **aislador** pasante de **alta tensión** .

Si la **intensidad** de las descargas parciales excede temporalmente el límite garantizado y vuelve a un valor no superior al mismo, el **ensayo** debe continuar por una hora más a partir del momento de retorno. El transformador será considerado aprobado si en este nuevo intervalo de tiempo satisface las condiciones establecidas.

Las medidas de descargas parciales serán efectuadas con instrumentos de banda ancha. Si esto no es posible se podrán utilizar instrumentos sintonizados entre 100 y 300 kHz.

Estos instrumentos estarán en función de la amplitud del pulso máximo.

Adicionalmente, se usará un osciloscopio para discriminar entre los diferentes tipos de descargas parciales y las que serán medidas.

Si no es posible medir la descarga parcial con un instrumento de deflexión, la magnitud de ella será obtenida desde el osciloscopio, previamente calibrado. La **calibración** deberá efectuarse con un **generador** de **carga** aparente estándar, efectuando un perfil de **calibración** simulando la distinta ubicación que pueda tener una descarga parcial.

La medición de DP será efectuada acoplando el circuito de medida al tap capacitivo de los aisladores pasantes. Se tendrá sumo cuidado en asegurar un acoplamiento eficiente entre el enrollado en prueba y el medidor, de modo de obtener la máxima sensibilidad de las DP a medir y obtener la atenuación mínima posible en el circuito de acoplamiento.



La prueba deberá efectuarse en un medio ambiente libre de DP, o en su defecto hasta 10 pC.

La prueba se considerará satisfactoria si el nivel de DP alcanzado es menor al garantizado y cumple lo señalado en la norma IEEE C57.12.90.

9.2 TOLERANCIAS

Las tolerancias en la razón de transformación, en los valores de impedancia y en los valores de pérdidas serán los indicados en las normas solicitadas.

Las tolerancias en la corriente de excitación, serán las mismas señaladas para las pérdidas en vacío.

Los excesos sobre las pérdidas garantizadas, serán penalizadas, independientemente de que estén dentro de las tolerancias señaladas por las normas. La penalización será aplicada individualmente a cada transformador, y no se compensará una unidad con otra.

En caso que el transformador no pase una determinada prueba, el fabricante debe proporcionar un informe detallando los defectos encontrados y las correcciones efectuadas, antes de repetirla.

En caso que alguna de las mediciones en fábrica de relaciones de transformación, de impedancias, y/o pérdidas garantizadas, arroje un valor que esté fuera de las tolerancias especificadas, el Cliente se reserva el derecho de rechazar la unidad afectada.

10. EMBALAJE Y TRANSPORTE

Cada transformador y sus accesorios deberán ser embalados en condiciones adecuadas para transporte marítimo y terrestre, preparando el embalaje especialmente para evitar daños por golpes, **corrosión**, absorción de humedad y robos.

Los aisladores pasantes, radiadores y otros elementos desmontables deberán embalsarse separadamente del cuerpo principal del transformador, debiendo indicarse detalladamente el contenido de cada bulto y su peso.

El embalaje de los accesorios delicados deberá prepararse especialmente para transporte y manipulación poco cuidadosa y deberá tener indicaciones claras respecto a la fragilidad de su contenido.

Una vez desarmado el transformador, deberá identificarse cada uno de los accesorios con el N° de serie del transformador, con la finalidad de facilitar las labores posteriores de montaje.

Cada uno de los bultos deberá incluir facilidades para levantarlos mediante estrobos.

Todos los bultos deberán tener los necesarios detalles de identificación y marcas para transporte y



manipulación en forma clara e indeleble.

Cada transformador deberá ser despachado para transporte en posición vertical, lleno con gas nitrógeno a una presión señalada por el fabricante a 25º C. El fabricante deberá instalar en los transformadores un dispositivo automático que permita controlar y mantener constante la presión del gas durante el transporte.

También deberá ser instalada una interconexión entre el estanque del transformador y el del CDBC, para mantener iguales las presiones internas durante el transporte.

Deberán bloquearse todos los elementos que puedan dejar escapar el gas para evitar retiros o aperturas deliberadas. El embalaje del estanque deberá tener un acceso claramente señalado para controlar la presión del gas en el [puerto](#) de arribo.

Si en el [puerto](#) de arribo o en el sitio de instalación se detecta que la presión del gas es insuficiente y le ha entrado humedad al [equipo](#) , el fabricante deberá pagar los costos que signifique el proceso de secado a que deba someterse.

El transformador deberá ser transportado con un registrador de impactos de tres vías adosado al estanque, adecuadamente protegido, el cual será devuelto posteriormente al fabricante.

11. INFORMACIÓN TÉCNICA

11.1 UNIDADES DE MEDIDA E IDIOMAS

Todos los documentos relacionados con la propuesta, tales como planos, placas de características, descripciones técnicas, especificaciones, deberán usar las unidades de medida del [sistema](#) métrico decimal.

El idioma a utilizar en todos esos documentos será el español. En forma excepcional se aceptarán catálogos o planos de referencia en inglés.

11.2 INFORMACIÓN PARA LA PROPUESTA

Cada proponente deberá incluir en su oferta la siguiente información:

- Planilla de Características Técnicas Garantizadas.
- Manual de garantía de [calidad](#) .
- Un plano del transformador indicando sus dimensiones principales, su peso y ubicación de los accesorios.
- Una lista de los accesorios a incluir, proporcionando sus características técnicas principales y



folletos descriptivos.

- Una reseña explicativa de los dispositivos de protección, del **sistema** de preservación del aceite, del **sistema** de refrigeración y del cambiador de derivaciones. Esta reseña deberá acompañarse de folletos descriptivos de los dispositivos principales que incluirá el suministro.
- Una reseña explicativa de los aspectos constructivos esenciales, incluyendo una descripción de los materiales a emplear.
- Una reseña explicativa del proceso de secado del transformador.
- Una descripción de las medidas a considerarse en el diseño para resistir la **corrosión** en el ambiente especificado.
- Un juego de folletos descriptivos de los aisladores pasantes, identificando claramente los modelos ofrecidos y sus características eléctricas.
- Una lista de los repuestos recomendados, tanto para el transformador como para los equipos adicionales, en base a considerar un stock para 5 años, indicando el precio de cada ítem.
- Una lista de herramientas especiales recomendadas para el montaje y el **mantenimiento** del transformador.
- Una reseña descriptiva del laboratorio en que se realizan las pruebas tipo, acompañada de una copia certificada de estas pruebas realizadas en transformadores de potencia similares al ofrecido.
- Programa preliminar de Fabricación e **Inspección** .
- Una lista de referencia de las instalaciones del mismo tipo del transformador de potencia ofrecido o mayor, indicando el año de suministro. El Cliente se reserva el derecho de rechazar cualquier oferta si la referencia mostrada en esta lista, no es considerada suficiente para garantizar una adecuada experiencia del licitante en el tipo de **equipo** aquí solicitado.
- Alcance de la asesoría de montaje y puesta en **servicio** .
- Cualquier otra información que el fabricante estime pertinente.

El proponente debe indicar claramente en su propuesta todos los puntos que presenten diferencias con respecto a esta Especificación.

11.3 INFORMACIÓN PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE

En un plazo máximo de 45 días calendario el fabricante deberá entregar para la aprobación del Cliente tres copias en papel y un archivo magnético con la siguiente información:

- Programa definitivo de fabricación e **inspección** .
- Plano de disposición general del transformador con sus accesorios y lista de materiales.
- **Sistema** de anclaje a la fundación.
- Disposición del cambiador de derivaciones bajo **carga** .
- Disposición y detalles de los aisladores pasantes, soportes de los pararrayos (cuando corresponda) y los conectores terminales.
- Memoria de cálculo (cuando corresponda) que confirmen el cumplimiento de las condiciones sísmicas, tanto del transformador como de sus accesorios (soportes pararrayos, aisladores pasantes, relé Buchholz, etc.).
- Memorias de cálculo del dimensionamiento, esfuerzos mecánicos, niveles de **cortocircuito** , elevación de temperatura y otras que permitan verificar el diseño.



- Diagramas funcionales de control.
- Placa de características, en español.
- Placa de características diagrama de control.
- Catálogos de los accesorios e instrumentos utilizados.
- Posteriormente, el fabricante deberá enviar para aprobación la siguiente información:
- Planos de transporte del transformador y sus accesorios.
- Curvas características de los transformadores de corriente.
- Diagramas de conexiones de los transformadores de corriente.
- Diagrama de canalizaciones de cables desde los dispositivos y/o accesorios hasta el gabinete de control.
- Diagramas de alambrado.

Todo el proceso de aprobación de planos y documentos técnicos deberá estar terminado en un plazo máximo de 75 días calendario, y cualquier retraso eventual en alguna de sus actividades no deberá afectar en modo alguno el plazo final de entrega del equipo.

11.4 DISEÑOS APROBADOS Y MANUALES DE MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A más tardar 30 días después de la etapa de aprobación de planos, el fabricante deberá enviar al Cliente la siguiente información:

11.4.1. Diseños aprobados

El fabricante enviará una copia en papel (y los archivos magnéticos asociados) con todos los planos aprobados por el Cliente, incluyendo las respectivas modificaciones solicitadas.

11.4.2. Instrucciones de montaje

Las instrucciones de montaje deberán incluir todos los elementos que son incorporados al transformador, indicando con detalles la forma de trasladarlo, izarlo y la secuencia de las distintas actividades. En especial, deberá incluirse el proceso de llenado de aceite, la instalación de aisladores pasantes y la forma de anclarlo.

11.4.3. Instrucciones de operación y mantenimiento

El suministro del [equipo](#) incluye la entrega por parte del fabricante de las instrucciones de operación del transformador y de todos los equipos adicionales incluidos, tales como los instrumentos, las protecciones, los ventiladores, el cambiador de derivaciones bajo [carga](#) , el regulador de [tensión](#) , etc.

Asimismo, el fabricante deberá entregar las instrucciones de [mantenimiento](#) programado y correctivo del transformador y equipos adicionales.

De los manuales con instrucciones de montaje, operación y [mantenimiento](#) , el fabricante deberá entregar como mínimo cinco copias en papel.



11.5 INFORMACIÓN PREVIA A LAS PRUEBAS EN FÁBRICA

A más tardar un mes antes de la fecha de inicio de las pruebas en fábrica, el fabricante deberá enviar el programa detallado de las actividades de [inspección](#) y pruebas en fábrica.

El Cliente revisará el programa presentado manifestando su aprobación con o sin observaciones.

11.6 INFORMACIÓN FINAL CERTIFICADA

Treinta días después de las pruebas finales el fabricante deberá entregar la siguiente información [técnica](#) certificada, en español:

11.6.1 Planos, fotografías y video

- Planos del transformador tal como quedó construido (“as built”), en cuanto a disposición general y dimensiones del [equipo](#) mismo y todos sus componentes, diagramas esquemáticos y de alambrado.
- Dos copias de fotografías, en tamaño mínimo de 20 x 25 cm, que muestren el transformador armado, visto desde arriba y desde sus cuatro costados.
- Video que muestre las actividades de fabricación y armado del transformador.

11.6.2 Informe de pruebas en fábrica

Informe completo de las pruebas a que fue sometido cada transformador y sus accesorios. Este informe será analizado por el Cliente, comunicándose la aprobación oficial a través de sus representantes.

De los planos y documentos del transformador, deberán entregarse cinco copias en papel y un CD con los archivos magnéticos. Los archivos magnéticos de los planos deben estar hechos con AUTOCAD. No se aceptarán imágenes “raster”.

11.7 RESPONSABILIDAD DEL FABRICANTE

La aprobación de cualquier diseño por parte del Cliente no exime al fabricante de su plena responsabilidad en cuanto al proyecto y funcionamiento correcto del [equipo](#) suministrado.

12 PÉRDIDAS GARANTIZADAS

El proponente deberá garantizar en su oferta los valores de las pérdidas máximas en vacío, las pérdidas máximas en [carga](#) , las pérdidas máximas totales, las pérdidas máximas reactivas y la corriente máxima de excitación.

Las pérdidas en vacío, las pérdidas reactivas y la corriente de excitación, se garantizarán a [frecuencia nominal](#) , derivación [nominal](#) y [tensión nominal](#) .



Las pérdidas en **carga** se garantizarán y medirán a **frecuencia nominal** , en la derivación **nominal** y en la derivación correspondiente a las máximas pérdidas, para todas las capacidades en **servicio** permanente, OA (ONAN), FA-1 (ONAF-1) y FA-2 (ONAF-2), y a la temperatura de referencia indicada en el Anexo 1.

Para las pérdidas en vacío y reactivas, los valores garantizados se verificarán en la derivación correspondiente a la **tensión nominal** , después de realizadas las pruebas dieléctricas.

Para las pérdidas en **carga** y totales, los valores garantizados se verificarán en la derivación correspondiente a la **tensión** de máximas pérdidas, después de realizadas las pruebas dieléctricas, para todas las capacidades en **servicio** permanente, OA (ONAN), FA-1 (ONAF-1) y FA-2 (ONAF-2).

Para la evaluación de las ofertas, las pérdidas en vacío y las pérdidas reactivas serán valorizadas en la derivación **nominal** . Y las pérdidas en **carga** serán valorizadas en la derivación **nominal** , y en condición de ventilación forzada (ONAF 2).

En el Anexo 1 se incluye la valorización actualizada de las pérdidas garantizadas.

Con los resultados de las pruebas de recepción, los excesos detectados sobre las pérdidas garantizadas por el proponente serán penalizados de acuerdo a lo indicado en el Anexo 1.

La penalización de pérdidas se aplicará independientemente sobre las pérdidas en vacío, pérdidas en **carga** y pérdidas reactivas.

13 GARANTÍAS

El **equipo** , así como sus componentes y accesorios, deben ser cubiertos por una garantía respecto a cualquier defecto de fabricación, por un plazo de 30 meses a contar desde la fecha de entrega de toda la partida, o de 24 meses a contar desde la fecha de puesta en **servicio** , prevaleciendo la condición que primero se cumpla.

Si durante el período de garantía determinadas piezas presentaran desgaste excesivo o defectos frecuentes, el Cliente podrá exigir el reemplazo de esas piezas en todas las unidades del suministro, sin costo para él.

A las piezas de reemplazo se les aplicará nuevamente el plazo de garantía.

14 SUPERVISIÓN DE MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO

Deberán practicarse las pruebas de campo a cada transformador, independientemente de las pruebas efectuadas en fábrica, con el objetivo de demostrar el cumplimiento de las especificaciones una vez que está completamente armado el transformador y antes de la energización.



ANEXO 1. TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	SOLICITADO
1	Fabricante		
2	Normas de fabricación y pruebas		IEC 60076 y sus relacionadas
3	Sistema de calidad		ISO 9001 (2000)
4	Condiciones de servicio		
	Conocimiento condiciones eléctricas y ambientales del sistema		Sí
5	Características nominales y constructivas		
5.1	Características nominales		
5.1.1	Clase de aislamiento		
	Primario	(gradual o plena)	Gradual
	Secundario		Gradual
	Terciario		Plena
5.1.2 a	Relación nominal (Opción 1)		
	Primario	kV	500 / raiz(3)
	Secundario	kV	120 / raiz(3)
	Terciario	kV	11,4
	Regulación bajo carga en secundario	%	±10
	Regulación bajo carga en primario	%	±10
	Paso de la regulación bajo carga	%	1
	Número de fases		1
5.1.2 b	Relación nominal (Opción 2)		
	Primario	kV	500 / raiz(3)
	Secundario	kV	120 / raiz(3)
	Terciario	kV	11,4
	Regulación bajo carga en secundario	%	±10
	Regulación bajo carga en primario	%	±10
	Paso de la regulación bajo carga	%	1,25
	Número de fases		1
5.1.2 c	Relación nominal (Opción 3)		
	Primario	kV	500 / raiz(3)
	Secundario	kV	115 / raiz(3)
	Terciario	kV	11,4
	Regulación bajo carga en secundario	%	+15% a -6%
	Regulación bajo carga en primario	%	+6% a -15%
	Paso de la regulación bajo carga	%	1,0
	Número de fases		1
5.1.2 d	Relación nominal (Opción 4)		
	Primario	kV	500 / raiz(3)
	Secundario	kV	115 / raiz(3)
	Terciario	kV	11,4
	Regulación bajo carga en secundario	%	+15% a -6%
	Regulación bajo carga en primario	%	+6% a -15%
	Paso de la regulación bajo carga	%	1,25
	Número de fases		1
5.1.3	Máxima tensión de diseño		
	Primario	kV	550 / raiz(3)
	Secundario	kV	126,5 / raiz(3)
	Terciario	kV	17,5
5.1.4	Tensión soportada al impulso tipo rayo, BIL		
	Primario		
	Secundario	kV	1550
	Terciario	kV	550
	Neutro (para autotransformador)	kV	95
	Neutro del primario (para transformador)	kV	125
	Neutro del secundario (para transformador)	kV	125
5.1.5	Tensión soportada al impulso de maniobra, BSL		
	Primario	kV	1175



	Potencia nominal (en todas las derivaciones, a 2650 m.s.n.m)		
	Primario / Secundario		
	ONAN	MVA	90
	ONAF 1	MVA	120
	ONAF 2	MVA	150
5.1.6	Primario / Terciario (mínima)		
	ONAN	MVA	1
	ONAF 1	MVA	1,33
	ONAF 2	MVA	1,66
	Devanado terciario de compensación		Con capacidad de carga externa
5.1.7	Conexión neutro a tierra		
	Primario		Sólidamente
	Secundario		Sólidamente
	Terciario		Transformador zig zag
5.1.8	Conexión y desfase angular para banco trifásico		
	Para transformador		YNyn0d1
	Para autotransformador		Yy0d1
5.1.9	Corriente de cortocircuito del sistema		
	Lado del primario (500 kV)	kA sim	40
	Lado del secundario (115 kV)	kA sim	50
5.1.10	Elevación de temperatura sobre la ambiente		
	a) Aceite (top oil)		
	· ONAN	°C	55
	· ONAF 1	°C	55
	· ONAF 2	°C	60
	b) Devanado (temperatura media)		
	· ONAN	°C	50
	· ONAF 1	°C	50
	· ONAF 2	°C	50
5.1.11	Niveles de sobrecarga permisibles sin pérdida de vida útil según norma IEC 60354		SI
5.1.12	Impedancias porcentuales a:		
	Temperatura de referencia	°C	75
	Potencia base	MVA	150
	Tolerancia	%	±5
	Primario a secundario en derivación 120 / raíz(3) kV	%	11,6
	Primario a secundario en derivación 132 / raíz(3) kV	%	14,1
	Primario a secundario en derivación 108 / raíz(3) kV	%	9,1
	Primario a terciario	%	80 a 150
	Secundario a terciario	%	80 a 150
5.1.13	Nivel de ruido máximo en cada etapa de refrigeración		
	Norma		IEC60551
	ONAN	dB	85
	ONAF 1	dB	86
	ONAF 2	dB	87
5.1.14	Descargas parciales máximas		
	a) Tensión de "1 hora"	kV	Inf del fabricante
		uV	Inf del fabricante
		pC	Inf del fabricante
	b) Tensión de "enhancement" (7200 ciclos)	kV	Inf del fabricante
		uV	Inf del fabricante
		pC	Inf del fabricante
5.1.15	Servicios auxiliares en C.A.		
	Tensión	V	208 / 120
	Frecuencia	Hz	60
	Número de fases		3
5.1.16	Tensión auxiliar en CC	V	125
5.1.17	Nivel de contaminación IEC 60815		II
5.1.18	Distancias mínimas en aire		
	Fase-tierra primario (conductor-estructura)	mm	3600
	Fase-tierra primario (punta -estructura)	mm	4800
	Fase-tierra secundario (punta-estructura)	mm	1300
	Fase-tierra terciario (punta estructura)	mm	220



	Pérdidas		
	Pérdidas máximas en vacío al 100% de la tensión nominal	kW	Inf. del fabricante
	Pérdidas en carga, a 75°C en cada etapa:		
	ONAN		
	Pérdida nominales	kW	Inf. Fabricante
	En derivación	kV	Nominal
	Pérdidas máximas	kW	Inf. Fabricante
	En derivación	kV	Inf. Fabricante
5.1.19	ONAF 1		
	Pérdidas nominales	kW	Inf. Fabricante
	Derivación	kV	Nominal
	Pérdidas máximas	kW	Inf. Fabricante
	En derivación	kV	Inf. Fabricante
	ONAF 2		
	Pérdidas nominales	kW	Inf. Fabricante
	Derivación	kV	Nominal
	Pérdidas máximas	kW	Inf. Fabricante
	En derivación	kV	Inf. Fabricante
5.1.20	Corriente de excitación en porcentaje de la corriente nominal para 150 MVA, medida en el primario.	%	<0,7
	Valoración de pérdidas para evaluación de ofertas		
5.1.21	Pérdidas en vacío	US\$ / kW	3781
	Pérdidas en carga	US\$ / kW	904
	Multas sobre exceso de pérdidas sobre las pérdidas ofrecidas		
5.1.22	Pérdidas en vacío	US\$ / kW	4915
	Pérdidas en carga	US\$ / kW	1175
5.2	Características constructivas y de diseño		
	Transformador o autotransformador	Inf. fabricante	
5.2.1	Tipo de núcleo y de bobinas		Inf. Fabricante
	Características de diseño		
	Método de anclaje del núcleo al estanque		Inf. Fabricante
	Tipo de junta magnética		Inf. Fabricante
5.2.2	Número de espiras de las bobinas		Inf. Fabricante
	Pérdidas específicas del núcleo	W/cm2	Inf. Fabricante
	Constante tiempo térmica	Horas	Inf. Fabricante
	Disipación de calor	W/cm2	Inf. Fabricante
	Peso y dimensiones		
5.2.3	Parte activa	kg	Inf. Fabricante
	Tanque	kg	Inf. Fabricante
	Total sin aceite	kg	Inf. Fabricante
	Cantidad aceite del transformador	lt	Inf. Fabricante
	Cantidad aceite CDBC (según aplique)	lt	Inf. Fabricante
	Peso total del transformador con aceite	kg	Inf. Fabricante
5.2.4	Dimensiones máximas del transformador completamente armado (largo x ancho x alto)	mm	Inf. Fabricante
6	Accesorios		
	Anclaje		
6.1	Ruedas con giro de 90°		Sí
	Tipo de rieles ASCE	daN/m	45
	Separación interna de rieles	mm	1435
6.2	Tanque, tapa y radiadores		
	Espesor de la chapa de acero del tanque principal:		
	- Paredes	mm	Inf. Fabricante
	- Tapas	mm	Inf. Fabricante
	- Base	mm	Inf. Fabricante
	Fijación de la tapa del tanque principal del transformador		Apernada
	Sistema de preservación de aceite		
6.3	Conservador principal transformador	Sí	
	Bolsa aislamiento aceite-aire	Sí	
	Conservador cambiador derivaciones bajo carga. (según aplique)	Sí	
	Filtro de aceite cambiador derivaciones bajo carga. (según aplique)	Sí	



6.4	Aceite aislante		
	Designación comercial		Inf. fabricante
	Inhibidores o aditivos		No
	Norma IEEE C57 106 o IEC 60296, clase 1		Inf. fabricante
	Punto de anilina máximo	°C	84
	Punto de anilina mínimo	°C	70
	Color (máximo)		0,5
	Punto de inflamación (mínimo)	°C	145
	Tensión interfacial a 25°C (mínimo)	dina/cm	40
	Punto de fluidez (máximo)	°C	-20
	Viscosidad cinemática a:		
	0°C (máximo)	cSt	76
	40°C (máximo)	cSt	12
	100°C (máximo)	cSt	3
	Tensión de ruptura dieléctrica, 60 Hz:		
	Electrodos de disco ASTM D877 (mínimo)	kV	30
	Electrodos VDE 1,02 mm (mínimo)	1 kV	28
	Electrodos VDE 2,03 mm (mínimo)	kV	56
	Factor de disipación		Inf. fabricante
	Factor de potencia:		
	a 25°C (máximo)		0,05
	a 100 °C (máximo)		0,3
	Sulfuros corrosivos		No corrosivo
	Índice de neutralización (mínimo)	mgKOH/g	0,01
	Resistencia a la oxidación (mínimo)	minuto	195
	Contenido de agua (máximo)	ppm	30



6.5	Aisladores pasantes (Bujes)		
	<i>Primario</i>		
	Norma		IEC 60137
	Tipo		Condensador
	Tensión soportada al impulso tipo rayo, a 2650 m.s.n.m., BIL	kV	1550
	Tensión soportada al impulso de maniobra, a 2650 m.s.n.m, BSL	kV	1175
	Corriente nominal	A	800
	Corriente de corta duración, 1s	kA	40
	Distancia de fuga mínima	mm	11000
	Esfuerzo cantilever	N-m	Inf. Fabricante
	Carga mecánica	N	Inf. Fabricante
	Terminales		Inf. Fabricante
	<i>Secundario</i>		
	Norma		IEC 60137
	Tipo		Condensador
	Tensión soportada al impulso tipo rayo, a 2650 m.s.n.m., BIL	kV	550
	Corriente nominal	A	3150
	Corriente de corta duración, 1s	kA	50
	Distancia de fuga mínima	mm	2530
	Esfuerzo cantilever	N-m	Inf. Fabricante
	Carga mecánica	N	Inf. Fabricante
	Terminales		Inf. Fabricante
	<i>Terciario</i>		
	Norma		IEC 60137
	Tipo		Sólido
	Tensión soportada al impulso tipo rayo, a 2650 m.s.n.m., BIL	kV	95
	Corriente nominal	A	
	Corriente de corta duración, 1s	kA	
	Distancia de fuga mínima	mm	300
	<i>Neutro (para autotransformador)</i>		
	Norma		IEC 60137
	Tipo		Sólido
	Tensión soportada al impulso tipo rayo, a 2650 m.s.n.m., BIL	kV	125
	Corriente nominal	A	2500
	Corriente de corta duración, 1s	kA	
	Distancia de fuga mínima	mm	480
	Esfuerzo cantilever	N-m	Inf. Fabricante
	Carga mecánica	N	Inf. Fabricante
	Terminales		Inf. Fabricante
<i>Neutro del primario (para transformador)</i>			
Norma		IEC 60137	
Tipo			
Tensión soportada al impulso tipo rayo, a 2650 m.s.n.m., BIL	kV	125	
Corriente nominal	A	800	
Corriente de corta duración, 1s	kA		
Distancia de fuga mínima	mm	480	
Esfuerzo cantilever	N-m	Inf. Fabricante	
Carga mecánica	N	Inf. Fabricante	
Terminales		Inf. Fabricante	
<i>Neutro del secundario (para transformador)</i>			
Norma		IEC 60137	
Tipo			
Tensión soportada al impulso tipo rayo, a 2650 m.s.n.m., BIL	kV	95	
Corriente nominal	A	3150	
Corriente de corta duración, 1s	kA		
Distancia de fuga mínima	mm	300	
Esfuerzo cantilever	N-m	Inf. Fabricante	
Carga mecánica	N	Inf. Fabricante	
Terminales		Inf. Fabricante	



6.6	Conectores terminales de línea		
	<u>Primario</u>		
	Modelo		Inf. Fabricante
	Material		Inf. Fabricante
	Forma de salida del conductor		Inf. Fabricante
	Calibre		Inf. Fabricante
	Numero de conductores		Inf. Fabricante
	<u>Secundario</u>		
	Modelo		Inf. Fabricante
	Material		Inf. Fabricante
	Forma de salida del conductor		Inf. Fabricante
	Calibre		Inf. Fabricante
	Numero de conductores		Inf. Fabricante
	<u>Terciario</u>		
	Modelo		Inf. Fabricante
	Material		Inf. Fabricante
	Forma de salida del conductor		Inf. Fabricante
	Calibre		Inf. Fabricante
	Numero de conductores		Inf. Fabricante
	<u>Neutro</u>		
Modelo		Inf. Fabricante	
Material		Inf. Fabricante	
Forma de salida del conductor		Inf. Fabricante	
Calibre		Inf. Fabricante	
Numero de conductores		Inf. Fabricante	
6.7	Equipo de refrigeración		
	Número de grupos de ventiladores y número de ventiladores en cada grupo		Inf. Fabricante
	Ventilador		
	Marca		
	No. de Fases		3
	Tensión nominal	Vca	208
	Frecuencia	Hz	60
	Potencia	kW	Inf. Fabricante
	Termomagnéticos de protección de los motores		
	No. de polos		3
	Tensión nominal	Vca	208
	Corriente nominal		Inf. Fabricante
	Marca		Inf. Fabricante
	Contactores de comando de los ventiladores		
	No. de polos		3
	Tensión nominal	Vca	208
	Corriente nominal		Inf. Fabricante
	Marca		Inf. Fabricante
	Horómetro primera etapa de refrigeración		
	Marca		Inf. Fabricante
Tensión nominal	Vca	208	
Corriente nominal		Inf. Fabricante	
Horómetro segunda etapa de refrigeración			
Marca		Inf. Fabricante	
Tensión nominal	Vca	208	
Corriente nominal		Inf. Fabricante	
6.8	Transformadores de corriente tipo buje		
	Normas aplicables		IEC 60044 - 1
	Ubicación		Primario
	Cantidad		1
	Relación		600 / 1
	Potencia (burden)	VA	5
	Clase exactitud		5P20
	Ubicación		Secundario
	Cantidad		1
	Relación		2500 / 1
	Potencia (burden)		5
	Clase exactitud	VA	5P20
	Ubicación		Terciario
	Cantidad		2
	Relación		Inf. fabricante
	Potencia (burden)		5
Clase exactitud		5P20	



6.9	Cambiador de derivaciones bajo carga		
	Fabricante		Inf. Fabricante
	Tipo		Inf. Fabricante
	Norma aplicable		IEC 60214
	Devanado en el cual se ubica		Inf. Fabricante
	Número de pasos		Inf. Fabricante
	Tensión de cada paso	kV	Inf. Fabricante
	Modelo de selector		Inf. Fabricante
	Corriente nominal	A	Inf. Fabricante
	Corriente de cortocircuito 2 seg	kA	Inf. Fabricante
	Cantidad de aceite	lt	Inf. Fabricante
	Accionamiento del CDBC (motor)		
	Tipo/modelo		Inf. Fabricante
	Tensión nominal	Vca	208
	Potencia	W	Inf. Fabricante
	Número de fases		3
	Frecuencia	Hz	60
	Protecciones del CDBC		
	Modelo relé de flujo		Inf. Fabricante
	Válvula de protección de sobrepresión		Inf. Fabricante
	Número de contactos NA		Inf. Fabricante
	Tipo de Selector		
	Número de operaciones del selector		Inf. Fabricante
	Potencia nominal por escalón	kVA	Inf. Fabricante
	Tensión máximo por paso	Vca	Inf. Fabricante
	Contactores de comando del CDBC		
	No. de Polos		3
	Tensión nominal	Vca	208
	Corriente nominal	A	Inf. Fabricante
	Botoneras y switches		
	Tensión nominal	Vcc	125
	Corriente nominal	A	Inf. Fabricante
	Número de coronas potenciométricas		1
	Número Corona contactos		1
	Indicación matriz de diodos código Grey		1
	Código Grey		Inf. Fabricante
	Transductor para la indicación de Taps		
	Número de transductores suministrados		Inf. Fabricante
	Tensión nominal	Vcc	125
	Señal analógica	mA	+/- 10
	Marca		Inf. Fabricante
	Filtro deshumedecedor de aceite del CDBC		
	Fabricante		Inf. Fabricante
	Tensión de alimentación	Vca	208
	Relé regulador de Tensión		
Fabricante		Inf. Fabricante	
Tipo		Inf. Fabricante	
Tensión de alimentación	Vcc	125	
Tensión de referencia	Vca	115	
Rango de ajuste de ancho de banda		Inf. Fabricante	
Rango de compensación de caída en transformador de corriente		Inf. Fabricante	
Requerimientos gabinete de control			
Iluminación interior	Vca	120	
Calefactores para el gabinete			
Tensión nominal	Vca	120	
Potencia	kW	Inf. Fabricante	



	Protecciones		
	Tanque principal		
	Relé Buchholz		
	Marca/Modelo		Inf. Fabricante
	Resistencia a sismos		Sí
	No de contactos NA (alarma y disparo)		Inf. Fabricante
	Válvula de alivio de presión		
	Marca/Modelo		Inf. Fabricante
	Resistencia a sismos		Sí
	Rango de operación	Kg/cm2	Inf. Fabricante
	No. de contactos NA (operación/alarma)		Inf. Fabricante
6.11	Relé de aumento rápido de presión		
	Marca/Modelo		Inf. Fabricante
	No. de contactos NA (alarma y disparo)		Inf. Fabricante
	CDBC		
	Relé flujo súbito de aceite		
	Marca/Modelo		Inf. Fabricante
	Resistencia a sismos		Sí
	No. de contactos NA/NC		Inf. Fabricante
	Válvula de alivio de presión		
	Marca/Modelo		Inf. Fabricante
	Resistencia a sismos		Sí
	Rango de operación		Inf. Fabricante
	No. de contactos NA/NC		Inf. Fabricante
	Indicadores		
	Indicador nivel de aceite con contactos de alarma por alto y bajo nivel (Tanque principal).		
	Marca/Modelo		Inf. Fabricante
	No. de contactos NA		Inf. Fabricante
	Escala		200°
	Indicador nivel de aceite con contactos de alto y bajo nivel (CDBC).		
	Marca/Modelo		Inf. Fabricante
	No. de contactos NA		Inf. Fabricante
6.12	Escala		140°
	Respirador-secador de aire (Tanque principal)		Sí
	Respirador-secador de aire (CDBC)		Sí
	Detector de temperatura de aceite (Tanque principal)		Pt 100
	Detector de temperatura de aceite (Cambiador derivaciones).		Pt 100
	Detector de temperatura de devanado primario (Punto más caliente).		Pt 100
	Detector de temperatura de devanado secundario (Punto más caliente)		Pt 100
	Detector de temperatura de devanado terciario (Punto más caliente)		Pt 100
	Sistema monitor de temperatura		
	Fabricante		Qualitrol o similar
	Tensión de alimentación	Vcc	125
	No. de entradas de temperatura		5 por fase
	Sensores de temperatura		Pt 100
6.13	Contactos de salida 10 A para control (refrigeración 1ª etapa, refrigeración 2ª etapa, alarma, disparo)		6 por fase
	Salidas análogas		Rango 4-20 mA
	Rango de salida temperatura aceite		0-120°C
	Rango de salida temperatura devanados		0-180°C
	Puerto de comunicaciones		RS 485
	Protocolo de comunicaciones		DNP 3,0
	Exactitud		2%
6.14	Regulador de tensión para banco trifásico, con comunicación serial al SDA mediante protocolo y supervisión de paralelismo entre bancos.		Numérico
6.15	Caja para conexión de cables al terciario mediante terminales preformados		Sí
6.16	Gabinete tipo exterior para interconexión de dispositivos comunes de las unidades del banco		Sí
	Pintura		
6.17	Cumplimiento con el proceso de tratamiento y pintura especificado		Sí
	Color pintura exterior		RAL 7038
6.18	Repuestos recomendados		Inf. Fabricante (anexar documentos)
7.	Pruebas en fábrica		



	Realizan todas las pruebas indicadas en la especificación (Numeral 9)		Sí
8.	Desviaciones con respecto a la ET		Inf. Fabricante