



# MANUAL DE INSTRUCCIONES



# TRANSFORMADORES SECOS



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INSTRUCCIONES BÁSICAS.....</b>	<b>4</b>
<b>Instrucciones Generales .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Suministro.....</b>	<b>4</b>
2.2.1. Local de Recepción .....	4
2.2.2. Descarga y Manejo .....	4
2.2.3. Inspección de Recibimiento .....	5
<b>2.3. Almacenamiento .....</b>	<b>5</b>
<b>3. INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES SECOS.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1. Consideraciones Generales .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2. Condiciones Especiales.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3. Requisitos básicos para la instalación .....</b>	<b>9</b>
<b>3.4. Altitudes .....</b>	<b>12</b>
<b>3.5. Distancias necesarias para operación.....</b>	<b>12</b>
<b>3.6 Conexiones .....</b>	<b>13</b>
<b>3.7. Equipamiento de protección y maniobra.....</b>	<b>15</b>
<b>3.8. Monitor de Temperatura .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Energización .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1. Re-energización del transformador al rectificador después de una falla de sistema .....</b>	<b>16</b>
<b>5. MANTENIMIENTO.....</b>	<b>18</b>
<b>5.1. Inspecciones periódicas .....</b>	<b>18</b>
5.1.1. Registros Operacionales .....	18
5.1.2. Inspección Termográfica .....	18
5.1.3 Inspecciones Visuales .....	19
<b>5.2. Limpieza .....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXO A – RELÉ CONTROLADOR DE TEMPERATURA PCPT 3.....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO B – RELE CONTROLADOR DE TEMPERATURA PCPT 4.....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO C – RELE CONTROLADOR DE TEMPERATURA PCPU 8.....</b>	<b>24</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Este manual tiene el propósito de proveer el usuario con las informaciones necesarias al transporte, almacenamiento, instalación y mantenimiento de transformadores a seco WEG. Lo cumplimiento de esas instrucciones asegurará un mejor desempeño del transformador, además de prolongar su vida útil.

Los transformadores WEG han sido diseñados y construidos rigurosamente según las normas ABNT en sus últimas ediciones. Por consiguiente, los datos de ese manual están sujetos a modificaciones sin aviso previo.

Para los que desean profundarse en el tema, recomendamos la lectura de las siguientes normas:

IEC 60076-11 – Dry-type transformers.

IEC 60076-12 – Loading guide for dry-type power transformers.

También es muy importante tener en manos las publicaciones sobre la instalación de transformadores, que son emitidas por las concesionarias de energía de la región, haga visto que muchas de ellas tienen carácter normativo. Para mayores aclaraciones, consulte a nuestro departamento de Asistencia Técnica.



**Figura 1**

## 2. INSTRUCCIONES BÁSICAS

### Instrucciones Generales

Todos los que trabajan con instalaciones eléctricas, sea en el montaje, operación o mantenimiento, deberán mantenerse permanentemente informados y actualizados sobre las normas y prescripciones de seguridad que reglan el servicio, y lo aconsejamos a seguirlas. Compete al responsable asegurarse, antes del inicio del trabajo, que todo ha sido debidamente observado y alertar a su personal para los peligros inherentes a la tarea propuesta. Recomendase que tales servicios sean ejecutados por personas calificadas.

Equipos para combate a incendios y avisos sobre primeros auxilios no deben faltar en el local de trabajo y siempre en lugares bien visibles y accesibles.

### 2.2. Suministro

Los transformadores, después de probados y liberados, son embalados en la fábrica de manera adecuada para su transporte para asegurar así su perfecto funcionamiento. Además, los transformadores deben mantenerse protegidos durante el transporte para evitar su exposición a intemperies. La transportadora tiene la responsabilidad de asegurar una amarradura y fijación adecuada del transformador para el transporte. Por eso, al recibir el transformador, recomendamos una inspección cuidadosa para verificar si el transformador se encuentra debidamente protegido y también por posibles daños causados durante el transporte. En caso de haber ocurrido daños, notifique inmediatamente el representante WEG más cercano y también la transportadora para evitar cualesquiera problemas con la empresa aseguradora.



¡Atención!

Es esencial la conformidad con la norma NR 10 – SEGURIDAD EN INSTALACIONES Y EN TRABAJO CON ELECTRICIDAD.

#### 2.2.1. Local de Recepción

Siempre que posible, el transformador debe ser descargado directamente encima de su base definitiva. En caso de haber la necesidad de descargar en local provisorio, hay que verificarse si el terreno ofrece condiciones adecuadas de seguridad y distribución de esfuerzos y también si el local está lo más nivelado y limpio posible. Es conveniente no quitar la protección de plástico hasta que el transformador este en su lugar definitivo.

#### 2.2.2. Descarga y Manejo

Todos los servicios de descarga y locomoción del transformador deben ser ejecutados y supervisados por personal especializado y atendiendo a los cuidados que una carga de peso significativo requiere, obedeciéndose las normas de seguridad y usándose los puntos de apoyo apropiados.

Cualquier operación de izamiento o tracción debe hacerse a través de los puntos indicados en los dibujos, pues si se usan otros puntos, daños severos podrán ser causados al transformador. En caso de desplazamiento por arrastre, tal operación debe hacerse encima de las ruedas (bi-direccionales), suministradas junto con el transformador. No se recomienda el movimiento del transformador con una apiladora, pero si necesario, tal operación deberá llevarse a cabo con los debidos cuidados con respecto a su posicionamiento.

Para encaminar el transformador, los esfuerzos deben hacerse solamente sobre sus vigas de prensado del núcleo o de su base.

Importante: En caso de transformadores proveídos con cubículos (cajas de protección), el transformador no debe ser suspendido por eventuales alzas de izamiento existentes en el cubículo. El transformador debe ser izado siempre por las alzas existentes en sus vigas superiores. (Internamente a su cubículo).

Todos los cuidados deben tomarse para que no sean hechos esfuerzos en locales inadecuados, tales como en los barrados y en las bobinas, lo que puede causar daño irreversible y comprometer el funcionamiento del transformador.

	<p><b>¡Cuidado!</b> No someta las bobinas y sus calzos a cuales quier esfuerzos, por otra parte cualquier displace afectará las características eléctricas del equipamiento o causará daños al energizarse el equipamiento.</p>
---	---

### 2.2.3. Inspección de Recibimiento

Antes de su descarga, el transformador debe ser sometido a una inspección preliminar por personal especializado, para verificar sus condiciones externas, los accesorios y componentes por deformaciones y condición de su pintura. Los demás materiales embarcados deberán conferirse con la lista de empaque. En caso de haber cuales quier daños evidentes, falta de accesorios y componentes o indicaciones de tratamiento inadecuado durante el transporte, el fabricante y la transformadora deben ser notificados.

## 2.3. Almacenamiento

Los transformadores, cuando no instalados inmediatamente, deben ser almacenados, preferiblemente con su embalaje original de fábrica, en lugar albergado, seco, libre de polvos y gases corrosivos, poniéndolos siempre en posición normal y



apartados de áreas con mucho movimiento o sujeto a colisiones. Si necesario, recomendase el uso de una protección de plástico para evitar la acumulación de suciedades. En caso de transformadores que vienen con cubículo protector, hay que ponerse silica gel en su interior para absorber la humedad. Así, el transformador podrá ser almacenado por un largo tiempo sin sufrir cambio de sus características de asilamiento.

Los componentes y accesorios, cuando quitados del transformador para transporte o para almacenamiento, deben almacenarse en locales adecuados, tomándose los mismo cuidados que los usados para transformadores.

Después del período de almacenamiento, que no requiere nada más que lo descrito anteriormente, el transformador a seco podrá ser energizado según sus respectivas instrucciones. Sus bobinados no requieren secado previo ya que los mismos no absorben humedad.

### 3. INSTALACIÓN DE TRANSFORMADORES SECOS

#### 3.1. Consideraciones Generales

Los transformadores secos WEG son diseñados para operar en una temperatura ambiente máxima de 40°C y en una altitud máxima de 1000m, excepto cuando ordenados distintamente. **El ambiente de instalación debe ser un local albergado con ventilación necesaria para su correcta refrigeración.** Aunque sean resistentes, los transformadores a seco no deben ser expuestos directamente a intemperies. Antes de cualquier arreglo para el montaje del transformador, hay que verificarse la disponibilidad de personal calificado y también de equipos y herramientas adecuadas. Su montaje debe ejecutarse en conformidad con las normas específicas para transformadores a seco. No se recomienda el montaje del transformador en día lluvioso.

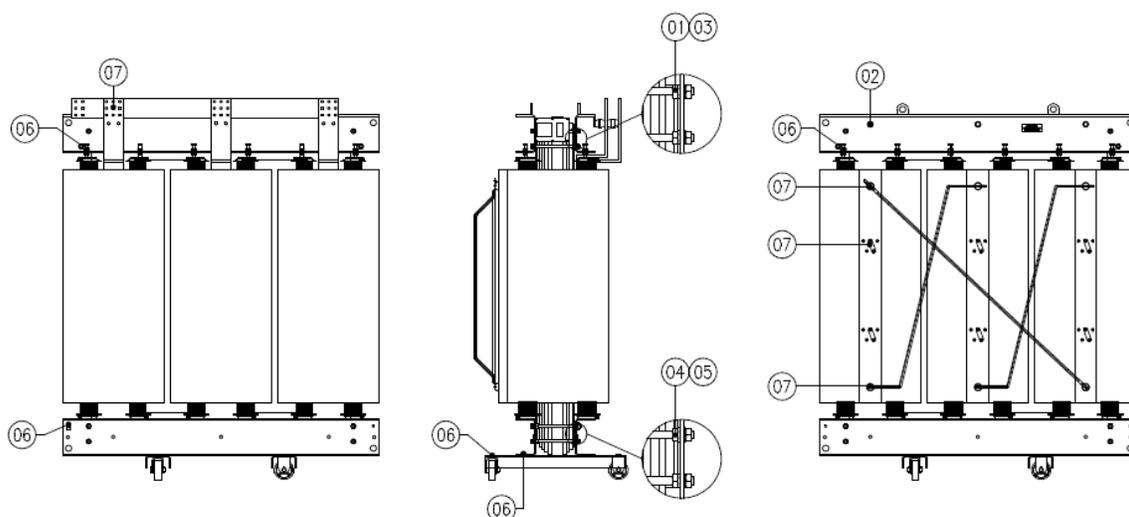
Antes montar el transformador, los siguientes procedimientos deben ser llevados a cabo:

- Inspección visual, particularmente con respecto a la nivelación correcta de su base;
- Fijación correcta del transformador;
- Inspección visual para constatar la no-ocurrencia de daños durante el manejo;
- Confirmación de las especificaciones técnicas con los datos de la placa de identificación del equipo;
- Evaluación de las conexiones con tierra del transformador.

	<p>¡Atención! Para reapretar las conexiones eléctricas y mecánicas, siga los pasos descritos a la continuación: Eso asegurará un prensado adecuado del núcleo de hierro magnético y el contacto de las conexiones eléctricas.</p>
---	---

Reaprieto de todas las conexiones según el procedimiento a la continuación:

1. Afloje las tuercas internas de los tirantes horizontales superiores;
2. Reapriete las tuercas de los tirantes verticales en la armadura superior;
3. Reapriete las tuercas externas e internas dos tirantes horizontales superiores;
4. Afloje las tuercas internas de los tirantes horizontales inferiores;
5. Reapriete las tuercas externas e internas dos tirantes horizontales inferiores;
6. Reapriete las restantes conexiones mecánicas (caja IP, ruedas, descarga a tierra, etc.);
7. Reapriete todas las conexiones eléctricas.



**Figura 2**

**Tabla 1 – Torsión de aprieto para tornillos de conexión en barrados**

Low-voltage bus bars			High-voltage bus bars
MEDIDA	Clase 5.6	Acero inoxidable	Brass
M8	24.0	12	-
M10	48.0	25	10
M12	84.0	42	18
M16	200.0	102	40
M20	390.0	200	80

**Tabla 2)\* ARABIC [2] – Torsión de aprieto para tornillos de conexión en la estructura del transformador**

Otro tornillos (Fixing of the active part)			
MEDIDA	Clase 5.6	Clase 8.8	Acero inoxidable
M8	8	15	12
M10	16	30	25
M12	30	60	42
M16	70	140	102
M20	140	275	200



**¡Cuidado!**

Nunca energice el transformador sin haber primero verificado el aprieto de las conexiones eléctricas y mecánicas.



### 3.2. Condiciones Especiales

Constituyen condiciones especiales de funcionamiento, transporte y instalación las que pueden exigir una construcción especial y la revisión de algunos valores nominales, cuidados especiales durante el transporte y instalación del transformador.

Ejemplos de tales condiciones especiales:

- Instalación en altitudes superiores a 1000m y temperaturas superiores a 40°C;
- Instalación en que las temperaturas del medio de enfriamiento sean superiores a las especificadas;
- Exposición a humedad excesiva, atmósfera salobre, gases o humos perjudiciales al equipo;
- Exposición a polvos perjudiciales;
- Exposición a materiales explosivos en forma de gases o polvo;
- Exigencia de aislamiento diferente del especificado para el equipo;
- Limitación del espacio de instalación;
- Transporte, instalación y almacenamiento en condiciones precarias, además del sometimiento a vibraciones anormales y choques ocasionales.

Tales factores deben verificarse siempre para obtenerse un funcionamiento ideal del transformador y también como un factor de prevención para eventuales accidentes o daños al equipo. (Cualquier exposición a tales factores podrá causar la pérdida de rendimiento del transformador, como la clase de temperatura del material, rigidez dieléctrica de los materiales aislantes y otros más.

### 3.3. Requisitos básicos para la instalación

Transformadores a seco deben ser instalados sobre fundaciones adecuadamente niveladas y resistentes para soportar su peso. Cuando el transformador posee ruedas, hay que asegurarse que el equipo sea apoyado de forma pareja en sus puntos de base para garantizar su estabilidad y evitar deformaciones.

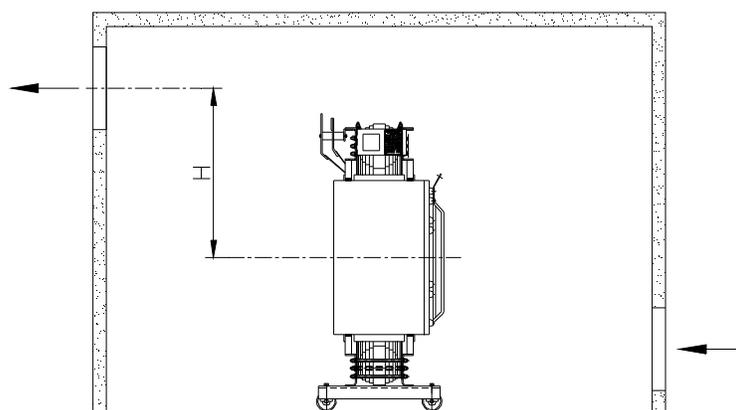
Al instalar transformadores, hay que considerarse cuidadosamente los siguientes factores:

- Deberá haber un espaciamiento mínimo de 0,5m entre cada transformador y también entre un transformador y una pared o muro, de manera a facilitar el acceso para inspección y ventilación, pero sin embargo, dependiendo de las dimensiones del proyecto y de sus voltajes;
- El recinto donde se instalará el transformador debe ser permitir una ventilación natural apropiada, ya que eso es un parámetro esencial para el funcionamiento correcto de un transformador a seco. Para tal, es importante que las aperturas de entrada de aire estén localizadas en la parte inferior del transformador y las

aperturas de salida estén localizadas en la parte superior del transformador, con dimensiones suficientes para permitir la circulación de aproximadamente  $2,5\text{m}^3$  de aire por minuto / kW de pérdida. (Vea la calculación ejemplificada a la continuación)



Una ventilación correcta en la sala del transformador asegurará la vida útil esperada y una operación estable sea en regimen continuo o bajo sobrecargas momentáneas.



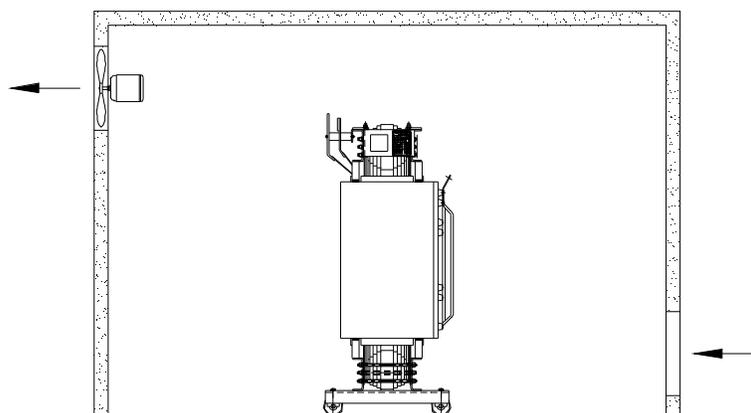
**Figura 3**

Ya que la ventilación natural generalmente se revela insuficiente, se puede instalar ventiladores para aumentar el flujo de aire en la sala, tal como mostrado en La figura 4, o preferiblemente, optar por la climatización de la sala dónde se operará el transformador.



**¡Peligro!**

Si la sala del transformador será climatizada, asegúrese que el aire condicionado no sea soplado directamente encima del transformador, por otra parte podrá ocurrir formación de agua resultante de condensados y resultar en la quema del transformador.



**Figura 4**

Para calcular el tamaño aproximado de las aperturas o del flujo de aire necesario en la sala, se puede utilizar las siguientes expresiones, tomándose una diferencia de 15°C entre la temperatura del aire que entra y el aire que sale:

$$S = 0,3 \times \frac{P_t}{\sqrt{H}}$$

$$S' = 1,1 \times S$$

$$V = 5 \times P_t$$

Dónde:

$P_t$  = Perdidas totales disipadas en 115°C [kW]

$S$  = Superficie de la apertura inferior [m<sup>2</sup>]

$S'$  = Superficie de la apertura superior [m<sup>2</sup>]

$H$  = Distancia medida entre la mitad de la altura del transformador y la mitad de la salida de aire superior [m]

$V$  = Volumen del aire de refrigeración [m<sup>3</sup>/min]

Ejemplo: Instalación de 2 transformadores de 2.000kVA

Perdida total  $P_t$  típica para transformador seco de 2MVA a 115°C = 27kW

Distancia  $H$  entre la mitad de la altura del transformador y La mitad de la salida de aire superior: 1,5m

$$S = 0,3 \times \frac{27 \times 2}{\sqrt{1,5}} = 13,2m^2$$

$$S' = 1,1 \times 13,2 = 14,5m^2$$

Según el área resultante, se verifica que la sala del transformador necesitará de ventilación forzada. El flujo mínimo de los motoventiladores deberá ser:

$$V = 5 \times 27 \times 2 = 270m^3 / \text{min}$$

Ese ejemplo no toma en cuenta el uso de cubículo de protección, lo que sería cuestionable en caso de una sala propia para instalación del transformador.

	<p><b>¡Advertencia!</b> Si el transformador viene con cubículo de protección, no cambie esa caja por otra pues su ventilación podrá ser insuficiente para un funcionamiento correcto del equipamiento.</p>
---	--

### 3.4. Altitudes

Los transformadores WEG son diseñados según las normas de la ABNT para instalaciones hasta 1.000m sobre el nivel del mar. En caso de altitudes superiores a 1.000m, el transformador tendrá su capacidad reducida o necesitará de un sistema de refrigeración más eficaz. La siguiente tabla muestra un factor de corrección para cada altitud, considerando la reducción de la rigidez dieléctrica del aire con la altitud:

Tabla 3: Correcciones de rigidez dieléctrica del aire para altitudes más altas que 1000m.

Altitud (m)	Factor de corrección
1000	1,00
1200	0,98
1500	0,95
1800	0,92
2100	0,89
2400	0,86
2700	0,83
3000	0,80
3600	0,75
4200	0,70
4500	0,67

Fuente: NBR – Tabla 5.

### 3.5. Distancias necesarias para operación

Los transformadores deben ser instalados con sus cabos conectados, observándose los distanciamientos dieléctricos necesarios, previstos por norma para



cada clase de voltaje. Deben quedarse apartados de paredes, enrejados, conductos eléctricos, cables y otros dispositivos según los valores especificados en la siguiente tabla. Esas distancias también son importantes para obtenerse una ventilación apropiada:

Tabla 4: Espaciamientos externos mínimos para transformadores secos.

Clase de voltaje del Equipamiento [kV](eficaz)	Voltaje de Impulso Atmosférico [kV]	Espaciamiento Mínimo FASE-TIERRA [mm]	Espaciamiento Mínimo FASE-FASE [mm]
0,6	----	25	25
1,2	----	25	25
7,2	40	45	60
	60	65	90
15	95	130	160
	110	150	200
24,2	125	170	220
	150	200	280
36,2	150	200	280
	170	240	320
	200	300	380

### 3.6 Conexiones

Las conexiones del transformador deben hacerse según el diagrama de conexiones de su placa de identificación. Es importante verificar si los datos de la placa de identificación están de acuerdo con el sistema a lo cual el transformador va a ser instalado.

Las terminaciones deben ser suficientemente flexibles para evitar esfuerzos mecánicos causados por expansión y contracción, que podrán quebrar los aisladores, cuando hubieren. Esas terminaciones permiten pesos significantes de conductores, pero distancias largas sin soportes deben ser evitadas. Los cables o barras deben ser correctamente dimensionados y las conexiones eléctricas y mecánicas debidamente apretadas para evitar sobrecalentamiento. Los transformadores a seco WEG poseen marcación de sus terminales según las normas aplicables.

**ANTES DE EMPEZAR LA OPERACIÓN,  
TODAS LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS Y  
MECÁNICAS DEBEN REAPRETARSE.**

El circuito de protección térmica, cuando existente, debe ser conectado según su manual de instrucciones de conexión.

Los puntos de tierra deberán conectarse a sus conectores por medio de cable de cobre desnudo y con una sección adecuada.

Los terminales de voltaje alta del transformador a seco son hechos de cobre estañado.

Los terminales voltaje baja son hechos de aluminio de aleación especial para asegurar calidades mecánicas recomendables para una buena conexión (Excepcionalmente, esos terminales son hechos de cobre.

La conexión de aluminio requiere algunos cuidados, conforme mostrado abajo:

**Preparación de la Superficie:** Antes de hacer cualquier ligación o conexión, las superficies de aluminio deben ser limpiadas para quitar la fina camada de óxido que se forma espontáneamente al contacto con el aire y que dificulta la conducción. La remoción de esa camada de óxido se puede hacer con un cepillo de acero, lija fina, raspado, etc. Esa operación es importante que sea hecha con rapidez y luego enseguida, la superficie deberá ser untada con un inhibidor adecuado.

**Conexión aluminio-aluminio:** Los terminales del transformador y sus barrados que van a ser conectados con conexiones de aluminio-aluminio deben tratarse según la descripción anterior.



¡Atención!

Siempre verifique la existencia de conexiones de cobre-aluminio porque ellas requieren cuidados especiales.

**Conexión aluminio-Cobre:**

- Superficie del conductor desnuda: limpiar;
- Superficie del conductor de cobre:
  - Cobre desnudo: limpiar;
  - Cobre con revestimiento de plata, estaño o níquel: Limpiar o limpiar y poner placa de cobre desnudo o Cupal. Después de la limpieza, untar con un inhibidor de oxidación.

**Material empleado para la conexión:** Todas las piezas, tuercas, tornillos, arandelas lisas deben ser protegidas contra corrosión.

**Presión de contacto:** Los tornillos deben apretarse preferiblemente con una llave equipada con dinamómetro o con llave limitadora de torsión, para lograr una presión de contacto distribuida uniformemente. Se recomienda reapretar los tornillos después

de algunas semanas de uso para igualar eventuales acomodaciones. (Vea tabla 1 en ese manual)

### 3.7. Equipamiento de protección y maniobra

Los transformadores deben ser protegidos contra sobrecargas, corto-circuito y irrupciones de voltaje a través de llaves de fusibles, disyuntores, seccionadores, pararrayos, etc., que deberán ser adecuadamente dimensionados para ser coordinados con el transformador y probados antes de hacerse las conexiones.

### 3.8. Monitor de Temperatura

Cuando el monitor de temperatura es alimentado con una de las fases del propio transformador, tal fase debe ser adyacente al monitor, o sea, cuando el monitor se encuentra instalado al lado de la fase 1, su alimentación debe venir de esa fase del transformador. Por otra parte, el monitor de temperatura podrá quemarse.



El sistema de protección térmica protegerá el transformador cuando él calentar demasiado por algún motivo. Por consiguiente, asegúrese que él esté correctamente alimentado y funcionando antes aplicar energía al transformador.

## 4. Energización

La energización del transformador deberá hacerse después de verificarse los siguientes puntos:

- Asegurarse que las valuaciones de voltaje de la placa de identificación están de acuerdo con las previstas para el local;
- Para una operación de transformadores conectados en paralelo, verificar si están conectados con la polaridad correcta;
- Asegurarse que las conexiones de los cables o barras están ligadas correctamente y posicionados de forma adecuada;
- Verificar las ligaciones en el panel de cambio de derivaciones. Ellas deben estar firmes y en la misma posición en las tres fases;
- Asegurarse que la conexión con tierra está hecha correctamente al tornillo previsto para este propósito y también verificar si la instalación de conexión con tierra ha sido hecha de acuerdo al local previsto en el proyecto y mostrado en el dibujo;

- En el caso de transformadores con dispositivo de protección térmica, conferir la ligación del circuito, observando si el voltaje está de acuerdo y si los contactos de la alarma y desligamiento están conectados a sus respectivos circuitos;
- Asegurarse que no hagan materiales, equipos o otras impurezas encima del transformador, entre las bobinas o impidiendo la ventilación en los canales de enfriamiento. La limpieza deberá hacerse según el ítem 5.2;
- Se recomienda siempre hacer una inspección de la resistencia del aislamiento, haciendo mediciones entre los bobinados de alta voltaje y baja voltaje y de los bobinados contra tierra.

Hechas esas verificaciones, el transformador debe conectarse al sistema. El voltaje deberá aplicarse al transformador en vacío y tal voltaje deberá medirse en el enrolamiento secundario para confirmar las valuaciones de salida correspondientes.

Operaciones en voltajes más altos que el nominal pueden causar saturación y aumento significativo de pérdidas, resultando en sobrecalentamiento y niveles de ruido más altos que los permitidos en norma.

La carga debe aplicarse en pequeños incrementos hasta alcanzar la potencia nominal.



¡Advertencia!

Si se ajusta el transformador en una derivación incorrecta, ocurrirán ruidos más altos que los niveles previstos en norma.

#### **4.1. Re-energización del transformador al rectificador después de una falla de sistema**

Cuando el sistema se apaga debido a alguno problema, o sea, sin la intervención de operadores, el suministro eléctrico al transformador solo debe restaurarse después de los siguientes procedimientos:

1. Desconecte los cables de alimentación y de carga del transformador;
2. Ejecute un ensayo de Resistencia óhmica en todos los enrolamientos (VB y VA), entre fases y entre fase y neutro (El ultimo cuando aplicable);
3. Ejecute un ensayo de tasa de transformación en todas las derivaciones;
4. Ejecute un ensayo de Resistencia de aislamiento en todos los enrolamientos entre uno y otro y contra la tierra;

5. Si tales ensayos muestran resultados satisfactorios cuando comparado con los informes de fábrica, entonces el núcleo deberá ser desmagnetizado según el procedimiento a la continuación:

- Utilizando una fuente adecuada de voltaje variable, apliqué una rampa de voltaje desde el nivel cero de la fuente hasta el voltaje nominal del transformador a través del lado de LB con la VA abierta y la derivación más alta. Mantenga el voltaje aplicado por 2 (dos) minutos.

Después que estos procedimientos han sido ejecutados con resultados satisfactorios, se puede re-energizar el transformador. Todos estos procedimientos deben ser documentados.



El cumplimiento de los procedimientos anteriores para re-energizar el transformador después de una falla de sistema asegurará que el transformador no tenga sufrido daños debido a cuales quier cortocircuitos externos.

## 5. MANTENIMIENTO

Siendo una de las grandes ventajas de este tipo de transformador, los transformadores a seco WEG necesitan de poco mantenimiento. Sin embargo, es necesario hacer un seguimiento constante para evitar problemas, tales como la acumulación de suciedad (lo que puede causar pérdida de la capacidad de refrigeración y consecuente pérdida de potencia), inspección por deformaciones en su estructura y inspección de sus ligaciones, y otras más.

Puntos de mantenimiento:

1. Inspección visual del local;
2. Limpieza conforme especificado más adelante en el ítem 5.2, inspección de entradas y salidas de aire;
3. Asegurarse que no hubo sobrecalentamiento en los terminales de ligación;
4. Inspeccionar el funcionamiento del conjunto de protección térmica;
5. Inspeccionar la presión en los contactos de los terminales, panel de conmutación.
6. Asegúrese que la descarga a tierra esté correctamente conectada a los terminales ciertos.



El transformador y su sala de instalación deben permanecer esencialmente limpios todo el tiempo para lograr un funcionamiento correcto. Por consiguiente, la limpieza debe hacer parte del listado de verificaciones en todos los procedimientos de mantenimiento periódico.

### 5.1. Inspecciones periódicas

#### 5.1.1. Registros Operacionales

Los registros operacionales deben obtenerse a través de lecturas de los instrumentos indicadores, de las ocurrencias extraordinarias envolviendo el transformador, así como cada evento relacionado, o no, con la a operación del sistema eléctrico, que pueda afectar el desempeño y / o características intrínsecas del equipo. Recomendase la lectura diaria de los indicadores de temperatura (anotar temperatura ambiente), carga y voltaje del transformador.

#### 5.1.2. Inspección Termográfica

Estas inspecciones deben realizarse periódicamente en las instalaciones, particularmente para detectar calentamiento anormal en los conectadores.

### 5.1.3 Inspecciones Visuales

Inspecciones visuales periódicas deben hacerse, siguiéndose un itinerario previamente establecido, lo cual debe abarcar todos los puntos cubiertos.

A la continuación, describimos algunas anomalías normalmente ocurridas, incluso sus posibles causas y la solución sugerida.

**TABLA 5 – IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y SUS SOLUCIONES**

ITEM	ANORMALIDADES	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
1	Sobrecalentamiento en los terminales de VOLTAJE ALTO, VOLTAJE BAJO y puntos de conexión y panel de conmutación	Malo contacto.	Limpieza de las áreas de contacto.  Apretar tuercas / tornillos.
2	Sobrecalentamiento del transformador	Sobrecarga arriba del previsto.	Disminuir Carga. Aumentar la refrigeración.
		Circulación de aire de refrigeración insuficiente.	Limpiar canales de aire de refrigeración del transformador. Inspeccionar conductos / aperturas por circulación de aire de refrigeración, con respecto a dimensiones apropiadas y obstrucciones indeseadas.
		Temperatura del aire de refrigeración arriba de la temperatura prevista.	Disminuir carga. Aumentar la circulación del aire de refrigeración.
3	Actuación del relé de protección (alarma y/o detenimiento).	Sobrecalentamiento del Transformador.	Según ítem 2.
		Falta de voltaje de alimentación del interruptor electromagnético.	Asegurarse que haga voltaje de alimentación en relé. Verificar funcionamiento correcto del relé y hilado.

4	Descarga entre terminales DE VOLTAJE ALTO	Reducción de la resistividad superficial del material aislante debido a la existencia de cuerpos extraños.	Limpeza general, con la remoción de los cuerpos extraños depositados en la superficie.
	Descarga entre VOLTAJE ALTO y masa		
5	Descarga entre voltaje alto / voltaje bajo	Dstrucción del material aislante debido a sobrevoltaje, sobrecalentamiento o esfuerzos mecánicos mayores que el previsto.	Reemplace o reparación de la pieza dañada.
	Descarga entre VOLTAJE BAJO /masa		
5	Ruido excesivo	Voltaje más alto que lo previsto.	Verificar el voltaje correcto y ajustar a la derivación más adecuada.
		Asentamiento desigual de la base del transformador. Resonancia con las superficies alrededor del equipo.	Verificar la existencia de superficies metálicas (paneles, armarios, conductos, puertas, etc.) sueltas que pueden causar vibraciones.
		Resonancias transmitidas por las ligaciones	Instalación de elementos flexibles entre os terminales del transformador y los conductores de la instalación.

## 5.2. Limpieza

Un importante factor para lograr un mejor funcionamiento de esto tipo de transformador es la constante y eficiente limpieza del mismo para que no ocurra perjuicio de importantes características del transformador. Por ese motivo, indicaremos procedimientos de limpieza para os tipos de impurezas listadas a seguir:

Tabla 6: Procedimientos de limpieza para transformadores secos.

Tipo de suciedad encontrada	Procedimiento utilizado
Polvo seco en general	1 y 4
Polvo húmedo	3 y 4
Salinidad del mar	1 y 4
Polvo metálico (polvo industrial)	1 y 4
Aceites en general	2, 3 y 4
Grafita o similar	1 y 4

1) Con el uso de un aspirador de polvo o un plumero y paño seco, remover el polvo depositado encima del transformador. Enseguida, use aire comprimido para remover los residuos de polvo y limpiar los canales de ventilación de las bobinas y entre la bobina y el núcleo. La inyección de aire en los canales de ventilación debe hacerse de bajo hacia arriba. La presión del aire debe ser limitada a aproximadamente 5atm. Para finalizar, use un paño seco y limpio para remover residuos que aún permanecen en las bobinas, particularmente alrededor de los terminales y en los aisladores.

2) Con el uso de un paño humedecido con benzina, remueva las impurezas del núcleo, herraje y bobinas; repita con un paño seco y limpio. Asegúrese que los canales han sido desobstruidos. Si las impurezas en los canales están secas, adopte el procedimiento (1) para esta operación de limpieza. De otra forma, identifique el tipo de suciedad existente y contacte a la fábrica para averiguar el mejor procedimiento. El uso de benzina o otro producto requiere cuidados especiales en su manejo.

3) Con el uso de un paño humedecido en agua y una pequeña concentración de amoníaco o alcohol, remueva las impurezas del transformador. La limpieza puede ser complementada utilizando uno de los procedimientos anteriores, dependiendo del tipo de suciedad para ser removida.

4) La finalización deberá hacerse siempre con un paño limpio y seco para limpiar toda la superficie, particularmente la región de los terminales de ligación.

## ANEXO A – RELÉ CONTROLADOR DE TEMPERATURA PCPT 3

	1	2	3	4																																								
A	<p><b>RELÉ CONTROLADOR DE TEMPERATURA - PCPT 3</b></p> <p>* Rango de suministro nominal: 20 ~270 VCA/VCC            - Límites de suministro VCC: 20 ~270 VCC            - Frecuencia (VCA): 48 ~62 Hz            - Consumo: 5 VA</p>																																											
B	<p>* Entradas</p> <p>- 3 Sensores RTD Pt RTD Pt100-3 hilos-DIN 43760: S1-S2-S3            - Temperatura de operación: 0 ~250oC            - Exactitud: [1% respecto al fondo de escala + 1 dígito]            - Protección contra ruidos electromagnéticos y sobre-voltajes            - Sección mínima del hilado: 0,5 mm2            - Cables tranzados con malla            - Sección min.de cables para compensar longitudes más grandes que 500m: 1,0 mm2.</p>																																											
C	<p>* Salida</p> <p>- 2 relés de alarma y comando de trip: ALARMA y TRIP            - 1 relé para falla de sensor: FAULT            - Capacidad de los contactos para carga resistiva: 250ca-5A-220VA y 30Aem 1s            - Rutinas de prueba de los relés de salida</p> <p>* Señalización</p> <p>- Pantalla de 10 mm con 3 dígitos            - Leds para señalar entrada de medición, actuación de las salidas y comunicación serial            - Leds de señalación del modo de operación de la pantalla.</p>																																											
D	<p>* Comunicación</p> <p>- RS 485 MODBUS RTU            - Velocidad de la serial: 0,60 ~28,8 kbps            - número de relés: 1 ~30            - Programación de paridad y bit de detenimiento.            - Dimensiones del agujero en el panel: (A x A): 92 x 92 mm.</p>																																											
E	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>S1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>S2</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>S3</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>ALARM</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>TRIP</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>FAULT</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>PT 100</p> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>RS485 MODBUS</p> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>SUMINISTRO</p> <p>24-240 Vac-cc</p> </div>																																											
F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT</th> <th>kg</th> <th>MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT</th> <th>kg</th> <th>ESCALA/SCALE</th> <th>S/E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500000283436</td> <td></td> <td>EMISSÃO INICIAL</td> <td>RAFAELSD</td> <td></td> <td>00</td> </tr> <tr> <td>ECM</td> <td>LOC</td> <td>RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS</td> <td>EXEC</td> <td>VERIF/CHECKED</td> <td>LIBER/RELEASED</td> </tr> <tr> <td>EXEC</td> <td>RAFAELSD</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;"> </td> <td colspan="3" style="text-align: center;"> <b>RELE CONTROLADOR TEMPERATURA PCPT 3</b> </td> </tr> <tr> <td>VERIF/CHECKED</td> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">           10000954696         </td> </tr> <tr> <td>LIBER/RELEASED</td> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">           000   00         </td> </tr> <tr> <td>DT LIBER/REL</td> <td>WEN-BNU</td> <td>BLUMENAU</td> <td>TÉCNICO</td> <td>FOL/SHEET</td> <td>01 / 01</td> </tr> </tbody> </table>				MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT	kg	MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT	kg	ESCALA/SCALE	S/E	500000283436		EMISSÃO INICIAL	RAFAELSD		00	ECM	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS	EXEC	VERIF/CHECKED	LIBER/RELEASED	EXEC	RAFAELSD		<b>RELE CONTROLADOR TEMPERATURA PCPT 3</b>			VERIF/CHECKED		10000954696			LIBER/RELEASED		000   00			DT LIBER/REL	WEN-BNU	BLUMENAU	TÉCNICO	FOL/SHEET	01 / 01
MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT	kg	MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT	kg	ESCALA/SCALE	S/E																																							
500000283436		EMISSÃO INICIAL	RAFAELSD		00																																							
ECM	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS	EXEC	VERIF/CHECKED	LIBER/RELEASED																																							
EXEC	RAFAELSD		<b>RELE CONTROLADOR TEMPERATURA PCPT 3</b>																																									
VERIF/CHECKED			10000954696																																									
LIBER/RELEASED			000   00																																									
DT LIBER/REL	WEN-BNU	BLUMENAU	TÉCNICO	FOL/SHEET	01 / 01																																							

Propriedade da WEG. Proibida reprodução sem autorização prévia./WEG's property. Forbidden reproduction without previous authorization.

## ANEXO B – RELE CONTROLADOR DE TEMPERATURA PCPT 4

	1	2	3	4																																																										
A	RELÉ CONTROLADOR DE TEMPERATURA - PCPT 4																																																													
	* Rango de suministro nominal: 20 ~270 VCA/VCC - Límites de suministro VCC: 20 ~270 VCC - Frecuencia (VCa): 48 ~62 Hz - Consumo: 5 VA																																																													
	* Entradas - 4 Sensores RTD Pt RTD Pt100-3 hilos-DIN 43760: S1-S2-S3-Tamb - Temperatura de operación: 0 ~250oC - Exactitud: (1% respecto al fondo de escala + 1 dígito) - Protección contra ruidos electromagnéticos y sobre-voltajes - Sección mínima del hilado: 0,5 mm <sup>2</sup> - Cables tranzados con malla - Sección min.de cables para compensar longitudes más grandes que 500m: 1,0 mm <sup>2</sup> .																																																													
	* Salida - 2 relés de alarma y comando de trip: ALARMA y TRIP - 1 relé para falla de sensor: FAULT - Capacidad de los contactos para carga resistiva: 250ca-5A-220VA y 30Aem 1s - Rutinas de prueba de los relés de salida																																																													
B	* Señalización - Pantalla de 10 mm con 3 dígitos - Leds para señalar entrada de medición, actuación de las salidas y comunicación serial - Leds de señalación del modo de operación de la pantalla.																																																													
	* Comunicación - RS 485 MODBUS RTU - Velocidad de la serial: 0,60 ~28,8 kbps - número de relés: 1 ~30 - Programación de paridad y bit de detenimiento.																																																													
C	- Dimensiones del agujero en el panel: (A x A): 92 x 92 mm.																																																													
D																																																														
E																																																														
F	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT</th> <th>kg</th> <th>MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT</th> <th>kg</th> <th>ESCALA/SCALE</th> <th>S/E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500000223815</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>EDSONRC</td> <td>RAFAELSD 14.12.2009 01</td> </tr> <tr> <td>500000168031</td> <td></td> <td>EMISSÃO INICIAL</td> <td></td> <td>PEIXOTO</td> <td>RAFAELSD 11.06.2009 00</td> </tr> </tbody> </table>		MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT	kg	MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT	kg	ESCALA/SCALE	S/E	500000223815				EDSONRC	RAFAELSD 14.12.2009 01	500000168031		EMISSÃO INICIAL		PEIXOTO	RAFAELSD 11.06.2009 00	<table border="1"> <thead> <tr> <th>EXEC</th> <th>LOC</th> <th>RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS</th> <th>EXEC</th> <th>VERIF/CHECKED</th> <th>LIBER/RELEASED</th> <th>DATA/DATE</th> <th>VER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EXEC</td> <td>PEIXOTO</td> <td>RELÉ CONTROLADOR TEMPERATURA PCPT 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF/CHECKED</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LIBER/RELEASED</td> <td>RAFAELSD</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DT LIBER/REL</td> <td>11.06.2009</td> <td>WEN-BNU</td> <td>BLUMENAU</td> <td>TÉCNICO</td> <td>FOL/SHEET</td> <td>01 / 01</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		EXEC	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS	EXEC	VERIF/CHECKED	LIBER/RELEASED	DATA/DATE	VER	EXEC	PEIXOTO	RELÉ CONTROLADOR TEMPERATURA PCPT 4						VERIF/CHECKED								LIBER/RELEASED	RAFAELSD							DT LIBER/REL	11.06.2009	WEN-BNU	BLUMENAU	TÉCNICO	FOL/SHEET	01 / 01	
	MASSA BRUTA/GROSS WEIGHT	kg	MASSA LÍQUIDA/NET WEIGHT	kg	ESCALA/SCALE	S/E																																																								
	500000223815				EDSONRC	RAFAELSD 14.12.2009 01																																																								
	500000168031		EMISSÃO INICIAL		PEIXOTO	RAFAELSD 11.06.2009 00																																																								
	EXEC	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES/SUMMARY OF MODIFICATIONS	EXEC	VERIF/CHECKED	LIBER/RELEASED	DATA/DATE	VER																																																						
	EXEC	PEIXOTO	RELÉ CONTROLADOR TEMPERATURA PCPT 4																																																											
VERIF/CHECKED																																																														
LIBER/RELEASED	RAFAELSD																																																													
DT LIBER/REL	11.06.2009	WEN-BNU	BLUMENAU	TÉCNICO	FOL/SHEET	01 / 01																																																								
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>10000526789</td> <td>000</td> <td>01</td> </tr> </tbody> </table>		10000526789	000	01																																																										
10000526789	000	01																																																												
25 26 27 + GND - RS485 MODBUS				30 29 28 SUMINISTRO 24-240 Vac-cc																																																										
PT 100 BLANCO ROJO ROJO																																																														

Propriedade da WEG. Proibida reprodução sem autorização prévia./WEG's property. Forbidden reproduction without previous authorization.

## ANEXO C – RELE CONTROLADOR DE TEMPERATURA PCPU 8

	1	2	3	4																																															
<b>RELE CONTROLADOR DE TEMPERATURA - PCPU 8</b>																																																			
<b>A</b>	<p>* Rango de suministro nominal: 20 ~270 VCA/VCC            - Límites de suministro VCC: 20 ~270 VCC            - Frecuencia (VCa): 48 ~62 Hz            - Consumo: 5 VA</p>																																																		
<b>B</b>	<p>* Entradas            - 8 Sensores RTD Pt RTD Pt100-3 hilos-DIN 43760: CH1 ~CH8            - Temperatura de operación: 0 ~250°C            - Exactitud: (1% respecto al fondo de escala + 1 dígito)            - Protección contra ruidos electromagnéticos y sobre-voltajes            - Sección mínima del hilado: 0,5 mm<sup>2</sup>            - Cables tranzados con malla            - Sección min.de cables para compensar longitudes más grandes que 500m: 1,0 mm<sup>2</sup>.</p>																																																		
<b>C</b>	<p>* Salida            - 2 relés de alarma y comando de trip: ALARMA y TRIP            - 2 relés control sist.ventilación enfriamiento: FAN I Y FAN II            - 1 relé para falla de sensor: FAULT            - Capc.contactos para carga resistiva: 250CA-5*220VA y 30 Aem 1s            - Rutinas de prueba de los relés de salida.</p>																																																		
<b>D</b>	<p>* Señalización            - Pantalla de 10 mm con 3 dígitos            - Leds para señalar entrada de medición, actuación de las salidas y comunicación serial            - Leds de señalización del modo de operación de la pantalla.</p>																																																		
<b>E</b>	<p>* Comunicación            - RS 485 MODBUS RTU            - Velocidad de la serial: 0,60 ~28,8 kbps            - número de relés: 1 ~30            - Programación de paridad y bit de detenimiento.</p>																																																		
<b>F</b>	<p>- Dimensiones del agujero en el panel: (A x A): 92 x 92 mm.</p>																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MASSA BRUTA</th> <th>kg</th> <th>MASSA LIQUIDA</th> <th>kg</th> <th>ESCALA</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500000168031</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº MODIFICAÇÃO</td> <td>LOC</td> <td>RESUMO DE MODIFICAÇÕES</td> <td>EXECUTADO</td> <td>VERIFICADO</td> <td>LIBERADO</td> <td>DATA VER</td> </tr> <tr> <td>EXECUTADO</td> <td>PEIXOTO</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;"> </td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>RELE CONTROLADOR TEMPERATURA PCPU 8</b></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>10000526802</b></td> </tr> <tr> <td>VERIFICADO</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">000   00</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>LIBERADO</td> <td>RAFAELSD</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TECNICO FOLHA 01 / 01</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>DATA LIBER.</td> <td>11.06.2009</td> <td>WEN-BNU</td> <td>BLUMENAU</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					MASSA BRUTA	kg	MASSA LIQUIDA	kg	ESCALA			500000168031							Nº MODIFICAÇÃO	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES	EXECUTADO	VERIFICADO	LIBERADO	DATA VER	EXECUTADO	PEIXOTO		<b>RELE CONTROLADOR TEMPERATURA PCPU 8</b>		<b>10000526802</b>		VERIFICADO		000   00				LIBERADO	RAFAELSD	TECNICO FOLHA 01 / 01				DATA LIBER.	11.06.2009	WEN-BNU	BLUMENAU			
MASSA BRUTA	kg	MASSA LIQUIDA	kg	ESCALA																																															
500000168031																																																			
Nº MODIFICAÇÃO	LOC	RESUMO DE MODIFICAÇÕES	EXECUTADO	VERIFICADO	LIBERADO	DATA VER																																													
EXECUTADO	PEIXOTO		<b>RELE CONTROLADOR TEMPERATURA PCPU 8</b>		<b>10000526802</b>																																														
VERIFICADO			000   00																																																
LIBERADO	RAFAELSD		TECNICO FOLHA 01 / 01																																																
DATA LIBER.	11.06.2009	WEN-BNU	BLUMENAU																																																
Propriedade da WEG. Proibida reprodução sem autorização prévia.																																																			



WEG Equipamentos Elétricos S/A – T&D

Blumenau  
Rua Dr. Pedro Zimmermann, 6751  
Bairro Itoupava Central  
89068-001 - Blumenau  
Santa Catarina – Brasil  
Tel.: +55 (47) 3337-1000  
Fax: +55 (47) 3337-1090

Gravataí  
Rodovia RS20 - km 6,5  
Rio Grande do Sul – Brasil  
Tel.: +55 (51) 3489-2500  
Tel.: +55 (51) 2131-2500  
Fax: +55 (51) 3489-2501

Itajaí  
Rua Rosa Orsi Dalçóquio, 100 - Cordeiros  
88311-720 - Itajaí  
Santa Catarina – Brasil  
Tel.: +55 (47) 3276-7311

Hortolândia  
Rodovia SP 101 - km 5,5  
Hortolândia  
São Paulo – Brasil  
Tel.: +55 (19) 2119-2500  
Fax: +55 (19) 2119-2501

BANWEG (Edifício de Ventas)  
Av. Moema, 862 - Indianópolis CEP: 04077-023  
São Paulo - São Paulo  
Brasil  
Tel.: 55 (11) 5053-2300  
Fax: 55 (11) 5052-4212

Email: [wtd@weg.net](mailto:wtd@weg.net)  
[www.weg.net](http://www.weg.net)