

**Mantenimiento preventivo en la cámara de transformación y tablero de control mediante termografía: Caso de estudio en la cámara de transformación No 2 UTC**

*Preventive maintenance in the transformation chamber and control panel using thermography: Case study in the transformation chamber No 2 UTC*

Eduardo David Guerrero Castillo<sup>1</sup>, María José Verdezoto Cuenca.<sup>2</sup>

**RESUMEN**

La termografía es uno de los métodos más relevantes para hacer mantenimientos preventivos en equipos eléctricos o de cualquier otra índole a ingenierías a fines. En ingeniería eléctrica las inspecciones térmicas permiten identificar inmediatamente puntos calientes, detectar la gravedad del problema y analizar posibles fallos a los equipos, es por ello que en la Universidad Técnica de Cotopaxi se llevó a cabo estas pruebas a un transformador de 300KVA el cual se ubica en la cámara de transformación N°2 con el objetivo de analizar el estado en el que se encuentra, debido a que el mismo no está alimentando a una carga para el cual está diseñado, es decir, está trabajando a un 5,75% y como consecuencia su potencia reactiva igual será baja concluyendo que su factor de potencia es inferior a 1 lo que conlleva un mayor consumo de corriente en todas las instalaciones eléctricas que se verán reflejadas en la facturación eléctrica.

**Palabras claves:** Termografía, transformador, radiación, mantenimiento, tablero de distribución.

Recibido 22 de julio de 2023; revisión aceptada 28 de septiembre de 2023

**ABSTRACT:**

Thermography is one of the most relevant methods for preventive maintenance on electrical equipment or any other type of engineering for purposes. In electrical engineering, thermal inspections allow to immediately identify hot spots, detect the seriousness of the problem and analyze possible equipment failures, which is why at the Technical University of Cotopaxi these tests were carried out on a 300KVA transformer which is located in the transformation chamber No. 2 in order to analyze the state in which it is located, because it is not feeding a load for which it is designed, that is, it is working at 5.75% and as a consequence, its reactive power

---

<sup>1</sup> High Power Energy, Cotopaxi, Ecuador, [carvajalc@hipowenergy.com](mailto:carvajalc@hipowenergy.com)

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, [maria.verdezoto9139@utc.edu.ec](mailto:maria.verdezoto9139@utc.edu.ec)

will still be **low, concluding that its power factor is less than 1**, which entails a higher current consumption in all electrical installations that will be reflected in the electrical billing.

**Keywords:** Thermography, transformer, radiation, maintenance, distribution board.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Dentro de los antecedentes investigativos se ha tomado en cuenta, que la termografía en la actualidad no es una herramienta nueva integrada a la industria, sin embargo ha tenido desde sus comienzos tecnológicos un avance muy significativo desde la facilidad de manipulación, e interfaz más interactiva al usuario, lo que significa que no se tendrá contacto físico con el componente de estudio y se detectará cualquier anomalía que se manifieste basándose en la variación de temperatura como resultado de un incremento irregular de su resistencia óhmica a través de una cámara termográfica , en este caso pasarán por dichas pruebas equipos como transformadores y tableros de distribución con la finalidad de obtener un mantenimiento adecuado para un funcionamiento correcto y así alargar su vida útil. Por lo cual se realizó mantenimiento preventivo, mediante pruebas termográficas en la cámara de transformación N°2 y tableros de control, para determinar posibles anomalías en los equipos eléctricos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Si es posible detectar, comparar y determinar dicha variación, entonces se pueden encontrar fallas que se están presentando en el equipo y que pueden producir en el futuro cercano o a mediano plazo una falla exponiendo el lugar donde se encuentra el equipo, afectando personas e instalaciones.

El presente trabajo tiene como objetivo aplicar las técnicas de diagnóstico de termografía para el evaluar el regimen de explotación y el análisis de mantenimiento en transformadores con vista poder prolongar su tiempo de vida util y reducir las pérdidas de energía que pueden estar asociadas al regimen de explotación no adecuado.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1.Termografía**

La termografía es una de las técnicas más importantes de mantenimiento predictivo que permiten determinar fallas que se manifiestan en un cambio de la temperatura, mediante un análisis interno minucioso de los circuitos eléctricos que cuenta un dispositivo eléctrico.

Dicha técnica de prevención y mantenimiento permite un estudio de forma considerable y segura esto conlleva a realizar un estudio, muy detallado sin necesidad que el operador de una cámara termográfica se encuentre en contacto directo con los aparatos eléctricos. Lo más importante de esta técnica es que se puede evitar la reducción de costos cuando se realice las respectivas pruebas termográficas, además permite el ahorro de energía eléctrica, una protección de forma adecuada de equipos valiosos, y la velocidad de inspección y de diagnóstico. [1].

### **2.1.1.Emisividad**

Capacidad de una superficie para emitir calor, a eso se denomina emisividad. En Tabla 1 se detallan los valores de emisividad de los materiales.

**Tabla 1.** Tabla de emisividades

<b>Material (temperatura del material)</b>	<b>Emisividad</b>
Acer laminado en frío (93 °C)	0,75–0,85
Acer oxidado (200 °C)	0,79
Acer superficie tratada térmicamente (200 °C)	0,52
Algodón (20 °C)	0,77
Aluminio laminado sin tratamiento (170 °C)	0,04
Aluminio muy pulido (100 °C)	0,09
Aluminio, muy oxidado (93 °C)	0,2
Aluminio, no oxidado (100 °C)	0,03
Aluminio, no oxidado (25 °C)	0,02
Arcilla (70 °C)	0,91
Caucho, blando, gris (23 °C)	0,89
Cinc oxidado	0,1
Cobre ligeramente deslustrado (20 °C)	0,04
Cobre oxidado (130 °C)	0,76
Cobre, laminado (40 °C)	0,64
Cobre, pulido (40 °C)	0,03
Corcho (20 °C)	0,7
Cristal (90 °C)	0,94
Cromo (40 °C)	0,08
Cromo pulido (150 °C)	0,06
Cuerpo refrigerante anodizado negro (50 °C)	0,98

Fuente. [2]

### **2.1.2.Cámara Termográfica FLIR E4**

Para las respectivas pruebas térmicas se implementó la herramienta FLIR E4 (Figura 1) siendo una de las más aplicadas en el área de la ingeniería eléctrica ya que permite solucionar cualquier

tipo de problema, FLIR E4 cuenta con una resolución de 90 x60 pixeles además dicha herramienta cuenta con una tecnología conocida en el medio como la tecnología MSX. En la que ayuda a generar un detalle termográfico de alta calidad. [3].



**Figura 1.** Cámara termográfica FLIR E4 Tomada de [4]

## **2.2.Transformador**

Se denomina transformador a un elemento eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. En la Figura N°2 se muestra un transformador real el cual presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores. [5]



**Figura 2.**Cámara de transformación UTC [Autor]

### **2.2.1.Tableros de control**

Es un gabinete o cuarto diseñado para organizar el sistema eléctrico de la industria, vivienda o comercio (Figura 3). Brinda protección contra subidas de tensiones y agrupa en un solo lugar a fusibles, disyuntores, así como equipos de protección contra fugas a tierra que se utilizan para distribuir la electricidad. [6]



**Figura 3.** Tablero de Control [Autor]

### 2.3.Reglas de oro para pruebas y trabajo eléctrico [7]

- Equipo de seguridad (Figura 4)
- Desconexión de la fuente de energía
- Bloqueo y Etiquetado
- Verificar la ausencia de tensión eléctrica
- Puesta a tierra y corto circuito
- Señalizar la zona de trabajo



**Figura 4.** Equipo de seguridad [Autor]

#### 2.3.1Pruebas en caso de anomalía del transformador [6]

##### 2.3.1.1.Pruebas Dieléctricas

- Resistencia de aislamiento
- Capacitancia y Factor de potencia
- Rigidez dieléctrica del aceite

### 2.3.1.2. Pruebas Eléctricas

- Resistencia óhmica de devanados
- Relación de transformación, polaridad y fase
- Corriente de excitación

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.1. Análisis de recomendación a realizar para el transformador según pruebas térmicas realizadas en la UTC

Para conocer en qué porcentaje está operando el transformador de 300KVA, primero se debe conocer el valor de la potencia activa ( $P$ ), para ello se consideró la siguiente fórmula (1).

$$P = V * I * \sqrt{3} \quad (1)$$

donde la corriente total es la sumatoria de las corrientes del devanado secundario del transformador ( $x_1, x_2, x_3$ ) y el valor del voltaje es **220 V**. Una vez obtenido en valor de  $P$  se procede a calcular el el porcentaje de operación como se muestra a continuación.

$$x_3 = 20.7 A$$

$$x_2 = 21.2 A$$

$$x_1 = 39.6 A$$

$$\% \text{ operación} = \frac{kVA}{kVA} * 100\% \quad (2)$$

$$i_{total} = \frac{81,5}{3} = 27.16 A$$

$$P = V * I * \sqrt{3}$$

$$P = 220 * 27.16 * \sqrt{3}$$

$$P = 10.35 kW = 11.50kVA$$

$$\% \text{ operación} = \frac{11.50kVA}{200kVA} * 100\%$$

$$\% \text{ operacion} = 5.75\%$$

Según las pruebas termográficas realizadas a dicho transformador. El resultado dictamina que está operando al **5,75%**, esto significa que no hay suficiente carga en el transformador al momento de hacer lectura termográfica, lo cual para saber una falla global se recomienda realizar lectura periódica para ver el comportamiento de elevación de temperatura del transformador (Figura 5) y así tener una mejor visualización de posibles fallas. Por el contrario, el tablero de control y distribución no presenta fallo alguno.

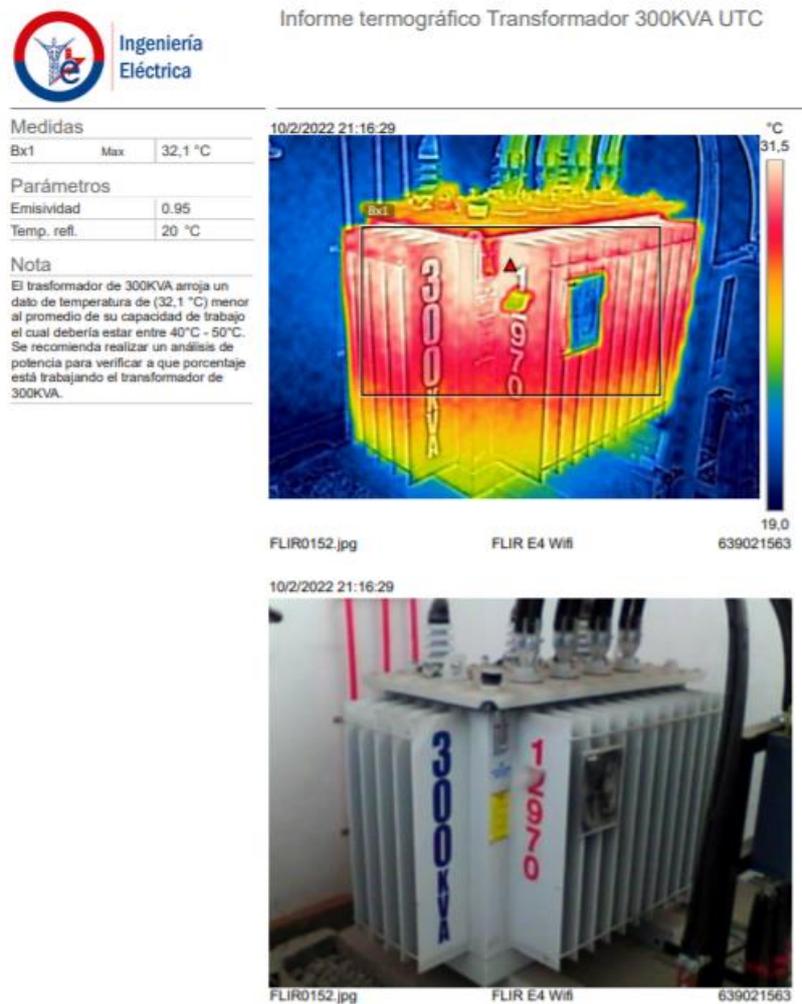


Figura 5. Transformador 300kVA [Autor]

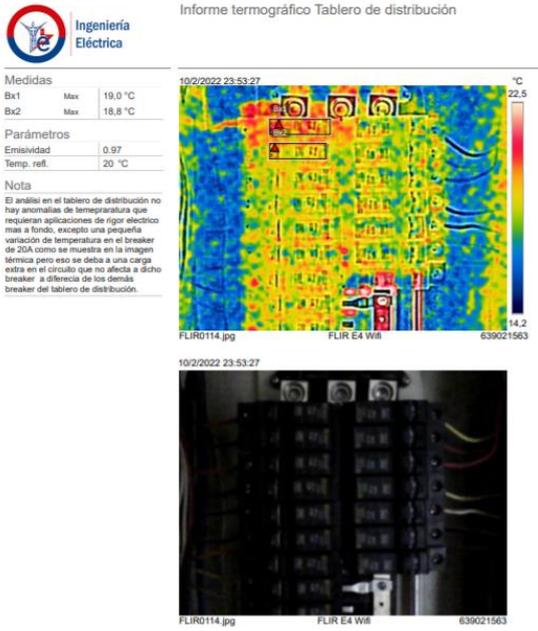


Figura 6. Tablero de distribución

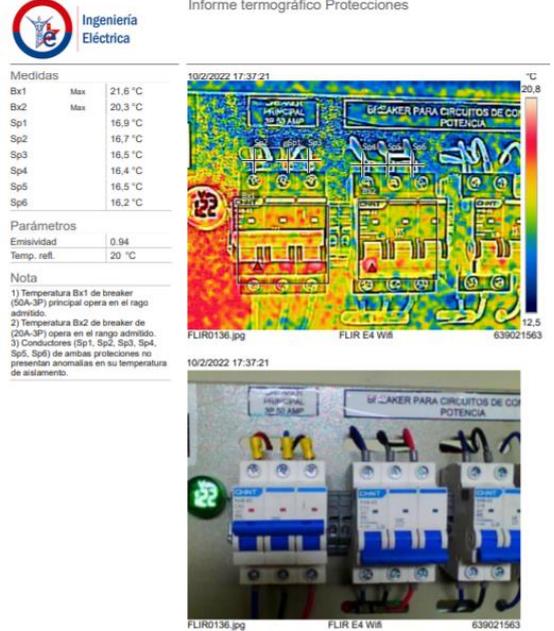


Figura 8. Protecciones

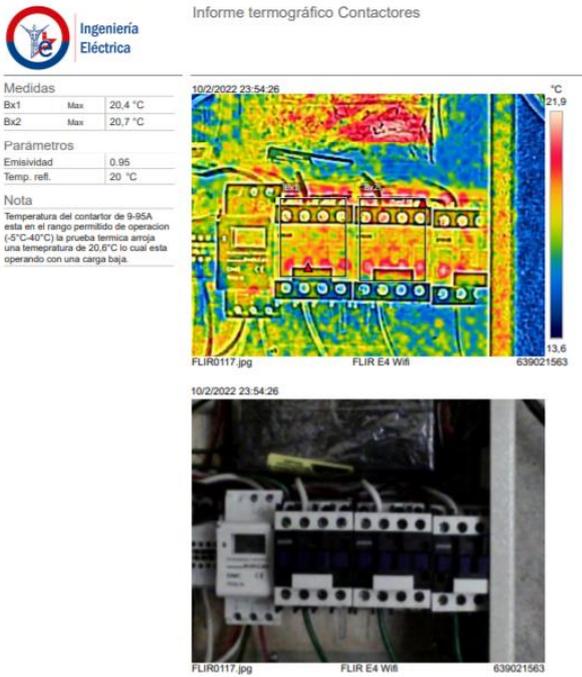


Figura 7. Contactor de 9 – 95A

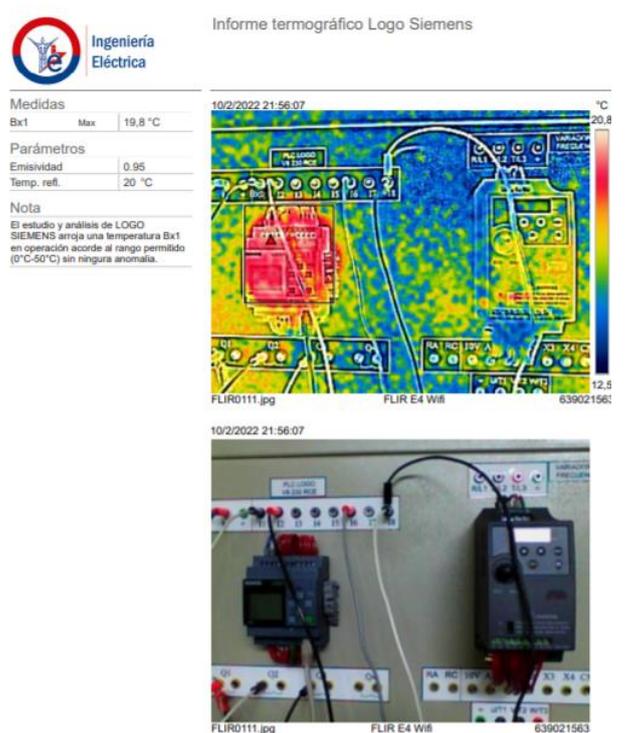


Figura 9. Logo Siemens

La norma ANSI/NETA de la tabla 3 nos indica el rango de temperatura que debe tomar el transformador en funcionamiento acorde al área en el cual está trabajando.

**Tabla 1.** Rangos de temperatura según norma ANSI/NETA Fuente:ANSI/NETA ATS-2017 TABLA 100.18 [8]

NIVEL	DIFERENCIA DE TEMPERATURA (Δ T) EN BASE A LAS COMPARACIONES ENTRE LOS COMPONENTES Y EL AIRE AMBIENTE	DIFERENCIA DE TEMPERATURA (Δ T) EN BASE A LAS COMPARACIONES ENTRE SIMILARES COMPONENTES BAJO CARGAS SIMILARES.	CLASIFICACIÓN	ACCIÓN
1	1°C - 10°C O/A	1°C a 3°C O/S	Posible deficiencia	La deficiencia posible; investigación de órdenes
2	11°C–20°C O/A	ó 4°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	Indica probable deficiencia; la reparación como el tiempo lo permite
3	21°C–40°C O/A	-----	Deficiencia	Monitorear hasta que las medidas correctivas se pueden realizar
4	>40°C O/A	>15°C O/S	Deficiencia mayor	Discrepancia importante; REPARAR INMEDIATAMENTE

### 3.2.RESULTADOS

Antes de realizar cualquier tipo de pruebas eléctricas se debe tener presente los riesgos eléctricos a nuestro alrededor y hacer uso del EPP. Para realizar el análisis eléctrico se debe tomar en cuenta las normas establecidas tal como la norma ANSI/NETA (Tabla 3).

Se recomienda hacer un análisis de funcionamiento del transformador el cual nos indicará el porcentaje al cual está operando ya que según la norma ANSI/NETA determina que el transformador en operación debe estar a una temperatura entre (45°C – 65°C) y en las pruebas realizadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi nos arroja un dato de (32°C) lo cual se deduce que debido a que el mismo no está alimentando a la carga para la cual está diseñado, es decir, está trabajando a un 5,75% y como consecuencia su potencia reactiva afecta el factor de potencia y conlleva a pérdidas de energía que se verán reflejadas en la facturación eléctrica, esto es un indicador para hacer un estudio más a fondo y ver cuál es el problema en el transformador a pesar que se conoce la proyección a futuro de la carga a instalar producto de la construcción de un nuevo edificio administrativo que está dentro de la demanda proyectada para el transformador. Entonces podemos afirmar que un mantenimiento preventivo nos evitará a futuro hacer un mantenimiento correctivo lo cual puede conllevar a tener que dar de baja al transformador o hacer gastos monetarios elevados. Las pruebas y análisis preventivos recomendados a realizar son:

- Potencia en que opera el transformador,
- Análisis de rigidez dieléctrica del aceite,

- Estudio con el megger de aislamiento en su devanado primario y secundario,
- Evaluación TTR y factor de potencia.

#### **4. CONCLUSIONES**

Según los resultados obtenidos, podemos decir que el transformador se encuentra subcargado (%.75 % de carga) debido a que aún la carga proyecta no se ha incorporado al mismo y esto genera pérdidas de energía y afectaciones al factor de potencia, que se le debe dar seguimiento para evitar penalizaciones por parte de la empresa eléctrica. Tener un mantenimiento preventivo a los diferentes equipos eléctricos (cámara de transformación) o electrónicos, ayudarán a prolongar su vida útil, así se evitará un mantenimiento correctivo, lo cual implicará un corte de energía o la necesidad del reemplazo.

#### **5. BIBLIOGRAFÍA**