



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE
LA TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL
CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE
Y ALIMENTADOR TOTORAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
AMBATO S.A.”**

BAUTISTA TONATO JENNY NATALY

SOLÍS MORA VINICIO SAMUEL

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Mayo, 16 de 2013

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JENNY NATALY BAUTISTA TONATO

Titulada:

**“DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA
TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL CORRECTO
FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR
TOTORAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Almendariz
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Freire
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Mayo, 16 de 2013

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

VINICIO SAMUEL SOLÍS MORA

Titulada:

**“DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA
TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL CORRECTO
FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR
TOTORAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Almendariz
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Freire
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Jenny Nataly Bautista Tonato

TÍTULO DE LA TESIS:

“DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR TOTORAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.”

Fecha de Examinación: Mayo, 16 de 2013.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Hernán Samaniego (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco Almendariz (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Jorge Freire (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Vinicio Samuel Solís Mora

TÍTULO DE LA TESIS:

“DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE LA TERMOGRAFÍA PARA EVALUAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR TOTORAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.”

Fecha de Examinación: Mayo, 16 de 2013.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Hernán Samaniego (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco Almendariz (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Jorge Freire (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Jenny Nataly Bautista Tonato

f) Vinicio Samuel Solís Mora

AGRADECIMIENTO

A Dios, por llenarnos de bendiciones a lo largo de nuestra carrera profesional guiándonos en todo momento, a nuestras familias por el apoyo incondicional y desinteresado encaminándonos para ser personas llenas de principios y valores.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Un agradecimiento especial al Ing. Marco Almendariz e Ing. Jorge Freire por brindarnos todo su tiempo y el invaluable apoyo para la culminación de la presente tesis.

A la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. en particular todos los que conforman el Departamento de Operación y Mantenimiento por la confianza depositada en nosotros. Un reconocimiento muy especial al Ing. Iván Naranjo jefe del DOM.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Jenny Nataly Bautista Tonato

Vinicio Samuel Solís Mora

DEDICATORIA

A mis padres, Gladys y Raúl que con su ejemplo, consejos y apoyo me han enseñado la fortaleza que hay que tomar ante la vida venciendo todos los obstáculos que se presenten en el camino.

A mis hermanos, Byron y Vladimir por estar siempre a mi lado alentándome en todo momento. Y a Carlos Tanqueño una persona maravillosa por brindarme su cariño incondicional.

Jenny Nataly Bautista Tonato

Con mucho cariño y reconocimiento el presente trabajo dedico a las personas que me enseñaron a ser quien soy. A mi madre Elizabeth Mora por todo el cariño y apoyo brindado a lo largo de mi vida, a mi Padre Marco Solís por formar mi carácter y guiarme en el camino correcto.

A Olga Cueva e Isabel Solís que han sido como mi segunda madre, confiando y brindándome todo su apoyo incondicional para seguir adelante en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanos Ana, Andrea y Miguel Ángel a mis tíos David, Olga y demás familiares que siempre me brindaron su apoyo y fueron fuente de inspiración en mí, un reconocimiento especial a Daniela por brindarme todo su cariño sin interés alguno.

Vinicio Samuel Solís Mora

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Reseña histórica de la empresa	3
2.2 Ubicación geográfica	4
2.3 Misión y visión de la EEASA	6
2.4 Calor y temperatura	7
2.5 Calor	7
2.6 Temperatura	7
2.6.1 Escalas de temperatura y unidades	7
2.6.1.1 Relativas	7
2.6.1.2 Absolutas	8
2.7 Mecanismos de transmisión de calor	8
2.7.1 Métodos de transferencia de calor	8
2.7.1.1 Conducción	9
2.7.1.2 Convección	9
2.7.1.3 Radiación	9
2.8 Termografía	14
2.8.1 Termografía por infrarrojos	14
2.8.2 Aplicaciones de la termografía por infrarrojos	14
2.8.2.1 Desarrollo y estructura de edificios	14
2.8.2.2 Sistema de techado	15
2.8.2.3 Sistemas mecánicos	15
2.8.2.4 Aplicaciones ambientales	15
2.8.2.5 Aplicaciones aéreas	15
2.8.2.6 Biología y medicina	15
2.8.2.7 Aplicaciones industriales	15
2.9 Subestación eléctrica	16
2.9.1 Clasificación de las subestaciones eléctricas	16
2.9.1.1 De acuerdo a su función	16
2.9.1.2 De acuerdo al tipo de instalación	17
2.9.2 Equipos de la subestación	18
2.9.2.1 Transformador de potencia	18
2.9.2.2 Pararrayos	19
2.9.2.3 Seccionador	20
2.9.2.4 Disyuntor	21
2.9.2.5 Barras colectoras	22
2.9.2.6 Aisladores	22

2.9.2.7	Banco de condensadores	23
2.9.2.8	Conectores	23
2.10	Alimentadores primarios de media tensión	24
2.10.1	Troncal	24
2.10.2	Ramal	24
2.10.3	Clasificación de los alimentadores primarios por el número de fases e hilos	25
2.10.3.1	Trifásicos con tres hilos	25
2.10.3.2	Trifásicos con cuatro hilos	25
2.10.3.3	Monofásicos de dos hilos	25
2.10.3.4	Monofásicos de un hilo	26
2.11	Mantenimiento en subestaciones	26
2.11.1	Mantenimiento preventivo a subestaciones	26
2.11.2	Mantenimiento correctivo a subestaciones	27
2.11.3	El mantenimiento proactivo	27
2.11.4	El mantenimiento predictivo	27
2.11.4.1	Inspección termográfica infrarroja	27
2.11.4.2	Ventajas del mantenimiento predictivo mediante la termografía infrarroja	28
2.11.4.3	Desventajas del mantenimiento predictivo mediante la termografía infrarroja	28
2.12	Cámara termográfica	29
2.12.1	Funcionamiento de la cámara IR	29
2.12.2	Componentes de la cámara termográfica	30
2.12.3	Termograma.	30
2.12.4	Calibración de una cámara termográfica.	30
2.12.4.1	Calibración en forma manual	31
2.12.5	Factores técnicos necesarios para operar la cámara IR	31
2.12.5.1	Enfoque.	31
2.12.5.2	Rango.	32
2.12.5.3	Rango térmico.	32
2.13	Factores que limitan e inciden en un análisis termográfico	36
2.13.1	Atenuación atmosférica	36
2.13.2	Emisividad	37
2.13.3	Velocidad del viento	37
2.13.4	Campos magnéticos	37
2.13.5	Lluvia	38
2.14	Descripción del equipo termográfico SATIR E8 - GN utilizado para las inspecciones	38
2.14.1	Partes de la cámara termográfica SATIR E8- GN	38
2.14.2	Introducción a los botones de la cámara termográfica	38
2.14.3	Acerca del indicador de operación	39
2.14.4	Menú principal	40
2.14.4.1	Archivo	40
2.14.4.2	Análisis	41
2.14.4.3	Regulación manual	41

2.14.4.4	IR/Visible	41
2.14.4.3	Paleta de colores	42
2.14.4.4	Save file	42
2.14.4.5	System setup	42
2.14.5	Pasos de encendido y calibración de la cámara termográfica	43
2.14.6	Software de medición termográfica SATIREPORT	43
2.14.6.1	Diseño y presentación	44
2.14.6.2	Barras de menús del software	45
2.14.6.3	Íconos generales del software	46
2.14.7	Parámetros utilizados para inspecciones con la cámara termográfica	47
2.14.8	Análisis de imágenes térmicas	47
2.14.8.1	Análisis de puntos	47
2.14.8.2	Análisis de líneas	48
2.14.9	Proceso de análisis de una imagen termográfica	49
3.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EQUIPOS DE SUBESTACIÓN Y ALIMENTADOR	
3.1	Criterios de diseño para el mantenimiento predictivo basado en termografía	54
3.1.1	Inspector de termografía	54
3.1.2	Técnicas de inspección	57
3.1.2.1	Termografía comparativa	57
3.1.2.2	Termografía inicial	58
3.1.2.3	Tendencia térmica	58
3.2	Descripción de la subestación Oriente	58
3.3	Descripción del alimentador primario de media tensión Totoras	60
3.4	Proceso de inspección	63
3.4.1	Requerimientos previos antes de ingresar a la subestación	63
3.4.2	Materiales y equipos necesarios al momento de realizar la inspección	63
3.4.3	Cuando no se debe realizar termografía	63
3.4.4	Procesos para realizar inspecciones termográficas en la subestación y alimentador	64
3.4.4.1	Diagrama de flujo del proceso termográfico	64
3.4.5	Procedimiento cuando se detecte puntos calientes	65
3.4.7	Valoración de severidad de los puntos calientes encontrados	66
3.4.8	Procesos para reajustar un conector	68
3.4.9	Frecuencias de inspección termográfica en subestaciones y alimentadores	68
4.	ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR TOTORAS	
4.1	Rutas de inspección de la subestación Oriente	70
4.1.1	Inspecciones en la subestación Oriente en la noche	71
4.1.2	Análisis de zonas de fallas en la subestación Oriente	125
4.1.3	Inspecciones en la subestación Oriente en el día	126

4.1.4	Comparación de las diferencias de temperatura de los puntos críticos encontrados en el día y en la noche	142
4.2	Rutas de inspección del primario de media tensión Totoras	150
4.2.2	Reinspección de los puntos calientes encontrados en el alimentador Totoras	186
4.2.1	Comparación de imágenes termográficas de los puntos críticos encontrados en el primario de media tensión Totoras en diferentes fechas	188
4.3	Propuesta a la EEASA	190
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	191
5.2	Recomendaciones	192

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Tipos de radiación	11
2	Barra de menú software SATIREPORT	45
3	Comandos y herramientas generales del software SATIREPORT	46
4	Temperaturas máximas para un transformador	60
5	Límites de temperaturas para contactos y conexiones al aire libre.	60
6	Distancia mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica.	65
7	Comparación de severidades de algunas normas internacionales.	67
8	Frecuencias según el grado de severidad.	69
9	Rutas de inspección de la subestación Oriente.	70
10	Conectores	72
11	Pararrayos	73
12	Seccionador tripolar entrada/89-A33	74
13	Seccionador tripolar salida/89-A33	75
14	Interruptor/52-A32	76
15	Seccionador tripolar entrada/89-A31	78
16	Seccionador tripolar salida/89-A31	78
17	Seccionador tripolar entrada/89-AT21	80
18	Seccionador tripolar salida/89-AT21	80
19	Interruptor de potencia/52-AT22	81
20	Bushing T2/entrada	83
21	Bushing T2/salida	84
22	Interruptor/52-MT22	85
23	Seccionador barras/89-MT21	86
24	Seccionador barras entrada/Olímpica	87
25	Interruptor/Olímpica	88
26	Seccionador barras salida/Olímpica	89
27	Seccionador barras entrada/Picaihua	90
28	Interruptor/Picaihua	91
29	Seccionador barras salida/Picaihua	93
30	Seccionador barras entrada/Totoras	94
31	Interruptor/Totoras	95
32	Seccionador barras salida/Totoras	96
33	Seccionador barras entrada/Lligua	97
34	Interruptor/Lligua	98
35	Seccionador barras salida/Lligua	99
36	Seccionador barras entrada/Universidad	100
37	Interruptor/Universidad	101
38	Seccionador barras salida/Universidad	103
39	Seccionador barras entrada/Loreto	104
40	Interruptor/Loreto	105
41	Seccionador barras salida/Loreto	106
42	Seccionador barras/NC	107
43	Seccionador barras /89-MQ11	108

44	Interruptor/52-MQ12	109
45	Banco de condensadores/52-MQ13	110
46	Seccionador tripolar entrada/89-A21	112
47	Seccionador tripolar salida/89-A21	113
48	Seccionador barras/89-A12	114
49	Interruptor/52-A11	115
50	Seccionador tripolar entrada/89-AT11	116
51	Seccionador tripolar salida/89-A21	117
52	Interruptor de potencia/52-AT12	118
53	Bushing T1/entrada	120
54	Bushing T1/salida	120
55	Interruptor/52-MT12	121
56	Seccionador barras/89-MT11	123
57	Resumen de inspección de la Subestación Oriente	124
58	Seccionador tripolar entrada/89-A33	128
59	Seccionador tripolar salida/89-A33	128
60	Seccionador tripolar entrada/89-A31	130
61	Seccionador tripolar salida/89-A31	130
62	Seccionador barras entrada/Olímpica	131
63	Seccionador barras salida/Olímpica	132
64	Seccionador barras entrada/Picaihua	133
65	Seccionador barras salida/Picaihua	134
66	Seccionador barras entrada/Totoras	135
67	Seccionador barras salida/Universidad	136
68	Seccionador barras/89-MQ11	137
69	Banco de condensadores/52-MQ13	138
70	Seccionador tripolar entrada/89-A21	140
71	Seccionador tripolar entrada/89-A21	140
72	Seccionador barras/89-MT11	141
73	Ruta de seccionadores y puentes trifásicos.	151
74	Seccionador 1498	152
75	Seccionador 2901	153
76	Seccionador 2902	154
77	Seccionador 1497	155
78	Seccionador 2320	156
79	Seccionador 1466	157
80	Seccionador 1462	158
81	Seccionador 2320	159
82	Seccionador 1463	160
83	Seccionador 1460	161
84	Seccionador 1456	162
85	Seccionador 2301	163
86	Seccionador 2302	164
87	Puentes trifásicos	165
88	Seccionador 3913	166
89	Seccionador 1472	167

90	Puentes trifásicos	168
91	Poste 104644	169
92	Seccionador 2294	170
93	Seccionador 2850	171
94	Seccionador 3863	172
95	Seccionador 1420	173
96	Seccionador 1344	174
97	Seccionador 2542	175
98	Seccionador 2296	176
99	Seccionador 1408	177
100	Seccionador 2297	178
101	Seccionador 2298	179
102	Seccionador 2299	180
103	Seccionador 1490	181
104	Seccionador 1325	182
105	Seccionador 3416	183
106	Informe de síntesis del primario de media tensión Totoras	184
107	Seccionador 1498	186
108	Seccionador 1472	187

LISTA DE FIGURAS

		Pag.
1	Localización de la EEASA	5
2	Organigrama estructural de la EEASA	6
3	Escalas de temperatura	8
4	Esquema de los mecanismos de transferencia de calor	9
5	Espectro electromagnético	10
6	Radiación incidente	11
7	Radiación incidente y saliente	12
8	Clasificación de las subestaciones	17
9	Transformador de potencia	18
10	Accesorios de un transformador de potencia	19
11	Pararrayos	19
12	Seccionadores barras a 69 Kv	21
13	Disyuntor a 69 Kv	21
14	Barras colectoras a 69 Kv	22
15	Aisladores	22
16	Banco de capacitores	23
17	Conectores	23
18	Primario de media tensión	24
19	Cámara termográfica	29
20	Diagrama de funcionamiento de la cámara IR	30
21	Imagen desenfocada	31
22	IFOV y FOV de una cámara termográfica	34
23	Relación distancia – tamaño del objeto	34
24	Reflejos	35
25	IFOV y FOV de una cámara termográfica	35
26	a) Termografía tomada con un viento de 14 Km/h; b) Termografía tomada sin viento	37
27	Cámara SATIR E8-GN	38
28	Controladores de la cámara Satir E8- GN	39
29	Indicador de funcionamiento de la cámara termográfica	39
30	Menú principal de la cámara termográfica.	40
31	Imagen térmica mezclada IR y real	42
32	SATIR versión estándar	44
33	Página principal del software SATIREPORT	44
34	Análisis de puntos	48
35	Análisis de líneas	48
36	Análisis de áreas	49
37	Ventana para abrir una imagen de análisis	49
38	Imagen real y térmica.	50
39	Original state.	50
40	Imagen térmica.	51
41	Análisis de áreas.	51
42	Análisis de puntos.	52

43	Elaboración de la tabla de valores de temperatura.	52
44	Ventana que contiene varias opciones.	53
45	Tabla de resultados de cada área y punto.	53
46	Termografía comparativa aplicada en líneas de distribución de media tensión	57
47	Diagrama unifilar de la subestación Oriente EEASA	59
48	Porcentajes de demandas de los alimentadores en la subestación Oriente.	62
49	Esquema del primario de media tensión Totoras	62
50	Equipo de seguridad personal	66
51	Conectores	71
52	Pararrayos	72
53	Seccionador tripolar entrada/89-A33	73
54	Seccionador tripolar salida/89-A33	74
55	Interruptor/52-A32	75
56	Seccionador tripolar entrada/89-A31	77
57	Seccionador tripolar salida/89-A31	77
58	Seccionador tripolar entrada/89-AT21	79
59	Seccionador tripolar salida/89-AT21	79
60	Interruptor de potencia/52-AT22	81
61	Bushing T2/entrada	82
62	Bushing T2/salida	83
63	Interruptor/52-MT22	84
64	Seccionador barras/89-MT21	86
65	Seccionador barras entrada/Olímpica	87
66	Interruptor/Olímpica	88
67	Seccionador barras salida/Olímpica	89
68	Seccionador barras entrada/Picaihua	90
69	Interruptor/Picaihua	91
70	Seccionador barras salida/Picaihua	92
71	Seccionador barras entrada/Totoras	93
72	Interruptor/Totoras	94
73	Seccionador barras salida/Totoras	96
74	Seccionador barras entrada/Lligua	97
75	Interruptor/Lligua	98
76	Seccionador barras salida/Lligua	99
77	Seccionador barras entrada/Universidad	100
78	Interruptor/Universidad	101
79	Seccionador barras salida/Universidad	102
80	Seccionador barras entrada/Loreto	103
81	Interruptor/Loreto	104
82	Seccionador barras salida/Loreto	106
83	Seccionador barras/NC	107
84	Seccionador barras/89-MQ11	108
85	Interruptor/52-MQ12	109
86	Banco de condensadores/52-MQ13	110
87	Seccionador tripolar entrada/89-A21	111

88	Seccionador tripolar salida/89-A21	112
89	Seccionador barras/89-A12	113
90	Interruptor/52-A11	114
91	Seccionador tripolar entrada/89-AT11	116
92	Seccionador tripolar salida/89-AT11	116
93	Interruptor de potencia/52-AT12	118
94	Bushing T1/entrada	119
95	Bushing T1/salida	119
96	Interruptor/52-MT12	121
97	Seccionador barras/89-MT11	122
98	Resumen del estado de la subestación Oriente	125
99	Porcentaje de anomalías térmicas encontradas en la subestación Oriente	126
100	Seccionador tripolar entrada/89-A33	127
101	Seccionador tripolar salida/89-A33	127
102	Seccionador tripolar entrada/89-A31	129
103	Seccionador tripolar salida/89-A31	129
104	Seccionador barras entrada/Olímpica	131
105	Seccionador barras salida/Olímpica	132
106	Seccionador barras entrada/Picaihua	133
107	Seccionador barras salida/Picaihua	134
108	Seccionador barras entrada/Totoras	135
109	Seccionador barras salida/Universidad	136
110	Seccionador barras/89-MQ11	137
111	Banco de condensadores/52-MQ13	138
112	Seccionador tripolar entrada/89-A21	139
113	Seccionador tripolar salida/89-A21	139
114	Seccionador barras/89-MT11	141
115	Seccionador tripolar 89-A33 entrada	142
116	Seccionador tripolar 89-A33 salida	143
117	Seccionador tripolar 89-A31 entrada	143
118	Seccionador tripolar 89-A31 salida	144
119	Seccionador barras Olímpica entrada	145
120	Seccionador barras Olímpica salida	145
121	Seccionador barras Picaihua entrada	146
122	Seccionador barras Picaihua salida	147
123	Seccionador barras Totoras entrada	147
124	Seccionador barras Universidad salida	148
125	Seccionador barras 89-MQ11	148
126	Banco de condensadores 52-MQ13	149
127	Seccionador tripolar 89-A21 entrada	149
128	Seccionador barras 89-MT11	150
129	Seccionador 1498	152
130	Seccionador 2901.	153
131	Seccionador 2902	154
132	Seccionador 1497.	155
133	Seccionador 2320.	156

134	Seccionador 1466.	157
135	Seccionador 1462.	158
136	Seccionador 2325	159
137	Seccionador 1463.	160
138	Seccionador 1460.	161
139	Seccionador 1456.	162
140	Seccionador 2301.	163
141	Seccionador 2302.	164
142	Puentes trifásicos.	165
143	Seccionador 3913.	166
144	Seccionador 1472.	167
145	Puentes trifásicos.	168
146	Poste 104644.	169
147	Seccionador 2294.	170
148	Seccionador 2850.	171
149	Seccionador 3863.	172
150	Seccionador 1420.	173
151	Seccionador 1344.	174
152	Seccionador 2542.	175
153	Seccionador 2296.	176
154	Seccionador 1408.	177
155	Seccionador 2297	178
156	Seccionador 2298.	179
157	Seccionador 2299.	180
158	Seccionador 1490	181
159	Seccionador 1325.	182
160	Seccionador 3416	183
161	Resumen del estado del alimentador Totoras	185
162	Seccionador 1498.	186
163	Seccionador 1472.	187
164	Alimentador Totoras seccionador 1498	188
165	Alimentador Totoras seccionador 1472	189

LISTA DE ABREVIACIONES

3 \emptyset	Trifásico
1 \emptyset	Monofásico
IR	Infrarrojo (a)
Kv	Kilo volt (1,000 volt). Medida de la tensión
Kw	Kilovatio una unidad de potencia, igual a mil vatios
MVA	Megavoltiamperio, una unidad de potencia
ΔT	Diferencia de temperatura
$^{\circ}C$	Grado celsius
$^{\circ}F$	Grado fahrenheit
$^{\circ}K$	Grado kelvin
NOM	Norma oficial mexicana
EEASA	Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A.,
DOM	Departamento de operación y mantenimiento
S/E	Subestación
EPP	Equipo de protección personal
Rad	Radianes
Mrad	Miliradianes
FOV	Campo de visión
IFOV	Campo de visión instantáneo
IFOVm	Campo de visión instantáneo de medida
W_{α}	Radiación absorbida
W_{ρ}	Radiación reflejada
W_{τ}	Radiación transmitida
W_{ε}	Radiación emitida

LISTA DE ANEXOS

A	Tabla de emisividad
B	Tipos de conectores en subestaciones eléctricas
C	Especificaciones técnicas de la cámara serie E8 IR
D	Escalas de conversión de temperaturas
E	Norma NETA
F	Tomas realizadas en la subestación Oriente
G	Cronograma
H	Demanda energética de la S/E Oriente

GLOSARIO

NETA.- “International electrical testing association”. Asociación internacional de pruebas eléctricas.

ASNT.- “American society for nondestructive testing”. Sociedad americana para ensayos no destructivos.

ISO. - “International organization for standardization”. Organización internacional de normalización.

US NAVY.- “Infrared thermal imaging survey. Procedure for electrical equipment”; naval sea systems command. "Estudio de imagen térmica Infrarroja. Procedimiento para equipos eléctricos.

NMAC.-“Nuclear maintenance applications center-infrared thermography”. Aplicaciones nucleares del centro de mantenimiento-termografía infrarroja.

CES.-“Nuclear maintenance applications center-infrared thermography”. Aplicaciones nucleares del centro de mantenimiento-termografía infrarroja.

Cámara termográfica.- Una cámara termográfica es un tipo de cámara que crea una imagen con luz infrarroja y forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano.

Emisividad.- La emisividad (ϵ) es la medición de la capacidad de un objeto para emitir energía infrarroja. Cuando más caliente es un objeto, más energía infrarroja emitirá. La emisividad puede tener un valor de 0 (espejo brillante, reflector perfecto) a 1,0 (radiador de Planck, emisor perfecto).

Enfoque.- Es un procedimiento a través del cual se calibra el lente de la cámara termográfica para obtener una imagen de mejor calidad del objeto enfocado.

Pixel.- Del inglés picture element. En termografía, será la menor unidad que pueda detectar energía infrarroja.

Campo.- Intervalo de la escala de temperatura expresado normalmente como valor de una señal.

Espectro.- El espectro es el conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas. En el contexto de la fotografía se llama así al espectro visible, región del espectro electromagnético detectada por el ojo humano como luz.

Isoterma.- La isoterma es un elemento y una herramienta que resulta fundamental a la hora de la medición de la temperatura de una zona determinada.

Longitud de onda.- La longitud de una onda es el período espacial o la distancia que hay de pulso a pulso.

Ángulo de medición.- Es aquel ángulo relativo entre el objeto analizado y el equipo de medición empleado

Ondas electromagnéticas.- Son aquellas ondas que no necesitan un medio material para propagarse. Incluyen, entre otras, la luz visible y las ondas de radio, televisión y telefonía.

Amplitud.- Es la máxima perturbación de la onda. La mitad de la distancia entre la cresta y el valle.

Frecuencia.- Número de veces que se repite la onda por unidad de tiempo. Si se usa el Hertzio es el número de veces que se repite la onda por cada segundo.

Periodo.- $1/\text{frecuencia}$. Es la inversa de la frecuencia.

Velocidad.- la velocidad de la onda depende del medio por el que se propague (por donde viaje). si la onda viaja por el vacío su velocidad es igual a la de la luz 300.000Km/segundo .

Radiación.- El fenómeno de la radiación consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

Radiación electromagnética.- Es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. La radiación electromagnética puede manifestarse de diversas maneras como calor radiado, luz visible, rayos X o rayos gamma. A diferencia de otros tipos de onda.

Rayos infrarrojos.- Los rayos infrarrojos son ondas de calor infrarrojo, el mismo calor que irradia el sol, por eso sentimos los efectos de la radiación infrarroja cada día. El calor de la luz del sol, del fuego, de un radiador de calefacción o de una acera caliente proviene del infrarrojo.

Termografía infrarroja.- Es una técnica que permite ver la temperatura de una superficie con precisión sin tener que tener ningún contacto con ella. Gracias a la física podemos convertir las mediciones de la radiación infrarroja en mediciones de temperatura.

Termograma.- Un termograma es un tipo de prueba de la proyección de imagen. Implica el capturar de las imágenes infrarrojas del calor que irradia de un cuerpo.

Valor delta T.- Es la diferencia de temperatura (ΔT) que existe, entre la temperatura monitoreada y la temperatura normal o referencia (temperatura ambiente, equipos de iguales características, o sometidos a las mismas condiciones, etc.).

Demanda máxima de energía.- La demanda en KW, se define como el promedio de carga eléctrica en un intervalo específico de tiempo, pero generalmente se mide en 15, 20 o 30 minutos.

Cuerpo negro.- Objeto que no refleja ninguna radiación. Toda la radiación que emite se debe a su propia temperatura

Cuerpo gris.- Objeto que emite una fracción fija de la cantidad de energía correspondiente a un cuerpo negro en cada longitud de onda.

Rango.- Límite de medida de temperatura global de una cámara de infrarrojos. Las cámaras pueden tener diversos rangos. Se expresa mediante dos temperaturas de cuerpo negro que limitan la calibración.

Rango de temperatura.- Límite de medida de temperatura global de una cámara de infrarrojos. Las cámaras pueden tener diversos rangos. Se expresa mediante dos temperaturas de cuerpo negro que limitan la calibración.

Temperatura de referencia.- Temperatura con la que pueden compararse los valores medidos.

Infrarrojo.- Radiación invisible con una longitud de onda de entre 2 y 13 μm

Humedad relativa.- La humedad relativa representa la relación entre la masa de agua actual en el aire y el máximo que puede contener en condiciones de saturación.

Conducción.- Fenómeno que hace que el calor se propague por un material.

Convección.- La convección es un modo de transferencia de calor que consiste en un fluido en movimiento (a causa de la gravedad u otra fuerza), que transfiere el calor de un lugar a otro.

Armónicos.- Son distorsiones de ondas senosoidales de tensión y corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancias no lineal.

Efecto corona.- Es un fenómeno eléctrico que se produce en las líneas de alta tensión, se manifiesta como halo luminoso a su alrededor dado que los conductores suelen ser de sección circular el halo adopta una forma de corona, es producido por el aire ionizado a su alrededor.

RESUMEN

El presente trabajo investigativo está vinculado directamente con el mantenimiento predictivo mediante la técnica de termografía, se realizó en la Unidad de Operación y Mantenimiento de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. tuvo como objetivo evaluar el estado de los componentes y equipos de la Subestación Oriente y Alimentador Totoras, mediante la localización de puntos calientes que son producidos por incrementos de corriente, elementos mal ajustados, corrosión y suciedad.

Este proyecto en su desarrollo contiene conceptos teóricos, funcionamiento del equipo termográfico Satir E8 - GN, uso del software para el análisis de las imágenes térmicas, como y cuando realizar inspecciones termográficas, la correcta estructuración de las rutas de inspección, preparación de reportes del barrido termográfico estableciendo acciones y recomendaciones que se deben realizar y la elaboración del plan de mantenimiento.

Este estudio servirá como guía técnica requerida para la planificación del mantenimiento preventivo, para evitar la ocurrencia de una falla que interrumpa el suministro continuo de energía eléctrica, afectando a los consumidores y a la vez ocasionando pérdidas económicas a la EEASA.

Con los resultados obtenidos se procura conservar y mejorar la confiabilidad de los activos fijos de la empresa, alargando la vida útil de los equipos y componentes. En base al análisis efectuado se recomienda al DOM realizar inspecciones termográficas periódicamente.

ABSTRACT

This Research Project is associated directly with the predictive maintenance, using the thermography technique; it was applied at the unit of operation and maintenance of the “Empresa Eléctrica Ambato S.A.”. This Project’s objective was to evaluate the status of the components and equipment of the Substation Oriente and feeder of Totoras, through the localization of hot spots that are produced by increasing of current, go wrong on elements adjustment; corrosion and dirty.

This project contains concepts and theory, the functionality of the thermographic equipment Satir E8-GN; the software to analyze the thermic images, how and when apply the thermal inspections, the precise structuration of the routes of inspection, the preparation of reports of the thermographic scan establishing actions and recommendations to be applied in the preparation of the Maintenance Plan.

This research will be used as a technical guide required for the preventive maintenance Plan, to prevent wiring errors that can interrupt the non-stop electrical power supply, affecting customer’s satisfaction and also causing economic losses for EEASA.

With the results obtained, we seek to promote the preservation and improvement of reliability of the non-current Assets of the enterprise and prolonging the useful life of equipment and components. According to the analysis applied, it is recommended to the DOM, to do thermographic inspections periodically.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad el mantenimiento predictivo con la ayuda de la termografía constituye una herramienta indispensable para el seguimiento de los rangos permisibles de temperatura en los diferentes equipos y componentes en el área eléctrica. La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., se encuentra en la provincia de Tungurahua cantón Ambato y está ubicada en la Av. 12 de Noviembre No 11-29 y Espejo, fue creada el 29 de abril de 1959 con fines de electrificación para beneficio social y económico siendo una empresa de servicio que atiende a más de 220.000 clientes ubicados en las Provincias de Tungurahua, Pastaza, Napo y Cantones de Palora, Huamboya de Morona Santiago y Archidona.

La empresa cuenta con el DOM el cual se encarga de: la generación, transporte y distribución de Energía Eléctrica; está formado de diferentes áreas: Generación, Subestaciones, Distribución, Transformadores y Alumbrado Público. Por lo tanto el presente trabajo se convertirá en una guía técnica práctica para el monitoreo mediante termografía que es un sistema de mantenimiento predictivo moderno que permitirá evitar paradas imprevistas muy perjudiciales para la empresa.

1.2 Justificación

Las subestaciones y redes de distribución son de alto costo económico, la continuidad del servicio eléctrico depende del DOM; por esta razón es importante dar mayor énfasis a estos sistemas con acciones predictivas en base a un barrido termográfico, con el fin de reducir los costos de mantenimiento, mejorar la disponibilidad de los equipos de la Subestación y Alimentador, minimizando el riesgo de accidentes e interrupciones inesperadas.

Para ello es conveniente la elaboración del plan de mantenimiento predictivo mediante la técnica de termografía que servirá como herramienta útil para detectar fallas en los componentes eléctricos que conforman la Subestación Oriente y el Alimentador Totoras de la EEASA, los cuales necesitan ser monitoreados periódicamente para evaluar su comportamiento, con el fin de corregir y minimizar las anomalías térmicas de los componentes eléctricos, por lo cual la medición de la temperatura es uno de los principales parámetros para el análisis y diagnóstico, entre las alternativas para la medición de temperatura sin contacto son las cámaras termográficas, que sea convertido en instrumentos de diagnóstico y detección esenciales en la resolución de problemas relacionados con el mantenimiento predictivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.- Desarrollar el mantenimiento predictivo mediante la técnica de la termografía para evaluar el correcto funcionamiento de la Subestación Oriente y Alimentador Totoras de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

Conocer y manejar el equipo de inspección (cámara termográfica).

Realizar inspecciones termográficas dentro de la subestación y a lo largo de las líneas de distribución Totoras.

Analizar los aspectos para definir la existencia de puntos calientes en equipos y elementos de la subestación Oriente, y en las líneas de distribución Totoras.

Realizar mediciones en el día y en la noche en la subestación Oriente de los puntos críticos, para desarrollar un reporte comparativo y observar la influencia de la demanda máxima de energía eléctrica.

Analizar las imágenes termográficas del alimentador Totoras de los puntos críticos en diferentes fechas.

Reportar resultados de las inspecciones termográficas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Reseña histórica de la empresa

Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA, fue constituida como entidad de derecho privado, el 29 de Abril de 1959, con fines de electrificación para beneficio social y económico de la ciudad de Ambato y su cantón, siendo su capital inicial de noventa y siete millones de sucres, sus socios fundadores: el Ilustre Municipio de Ambato y la Junta de Reconstrucción de Tungurahua.

Alcanzando sus 54 años de vida institucional, con una brillante trayectoria de servicio a la comunidad, de superación diaria, crecimiento sostenido y un auténtico compromiso con los más altos intereses de las Provincias de Tungurahua, Pastaza, Napo y Morona Santiago.

Comenzó sus operaciones arrendando un local en el sector central de la ciudad de Ambato y con la participación de ciento diez trabajadores que atendían a seis mil clientes, que fueron superados exitosamente para llegar al nivel actual de desarrollo. Su única fuente de generación fue la Central Hidroeléctrica Miraflores que producía 1450 KW.

Progresivamente fue ampliando el servicio eléctrico a la Provincia de Tungurahua y posteriormente en una clara muestra de su afán de servicio y sentido integracionista, incorporó en principio a la Provincia de Pastaza, lo que le valió su estatus actual de Empresa Regional. Posteriormente integró a los cantones Palora y Huamboya de la Provincia de Morona Santiago y desde el año 2004 procedió de manera similar con la Provincia de Napo.

La siguiente tarea importante fue la construcción de redes y líneas de interconexión para atender principalmente la electrificación rural, tema que para esta Empresa ha sido una verdadera insignia y que le ha valido el reconocimiento como la Distribuidora que

mayor electrificación en este sector ha realizado en el país, con un índice de penetración del 98%, uno de los más altos en América Latina.

En 1982 inaugura su edificio institucional que hasta la fecha ha permitido satisfacer adecuadamente las necesidades de espacio físico, con la particularidad de que el inmueble mereció el premio Ornato a la Ciudad. Sus áreas de trabajo brindan comodidad a los colaboradores y clientes que diariamente demandan de sus servicios.

A partir del 23 de abril 2010 la Empresa Eléctrica Ambato S.A. alcanzó la certificación internacional ISO 9001:2008 misma que constituye un honor y compromiso para una constante innovación en busca de la calidad en la prestación de sus servicios. En el 2011 ha incorporado el Centro Integrado de Atención al Cliente CIAC, el cual sirve para dar mejor atención a sus clientes de la zona central.

El área de concesión de la EEASA cubre el 15.92% del país, que corresponde a 40.805 km², con una nómina de 310 trabajadores, que le convierten en la Empresa con el mayor índice de clientes por trabajador atendidos en el país.

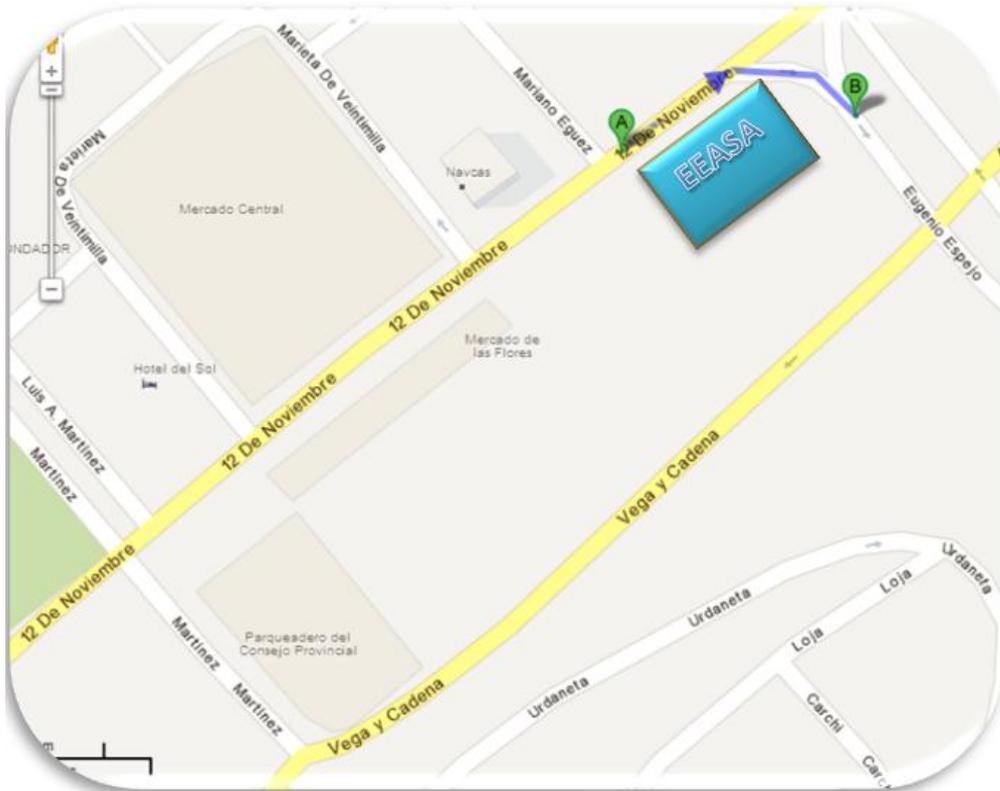
La demanda actual es de 93 MW, con un consumo de energía anual en su sistema de 490.000 MWh. La recaudación es del 99.5% de su facturación.

Por lo expuesto, EEASA ha sido catalogada como Distribuidora Clase “A”; es decir, una organización que sabe a dónde va y conoce exactamente lo que tiene que hacer. Sus métodos, sistemas y procedimientos de trabajo innovador y creativo, han afianzado su imagen corporativa y conquistado el favor de su clientela. Luego de cumplir su cincuentenario, reafirma su permanente compromiso de promover el desarrollo social y económico del centro del País.

2.2 Ubicación geográfica

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., es una empresa ecuatoriana ubicada en la zona centro, Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato en la Av. 12 de Noviembre No 11-29 y Espejo.

Figura 1. Localización de la EEASA



Fuente: Autores

2.3 Misión y visión de la EEASA

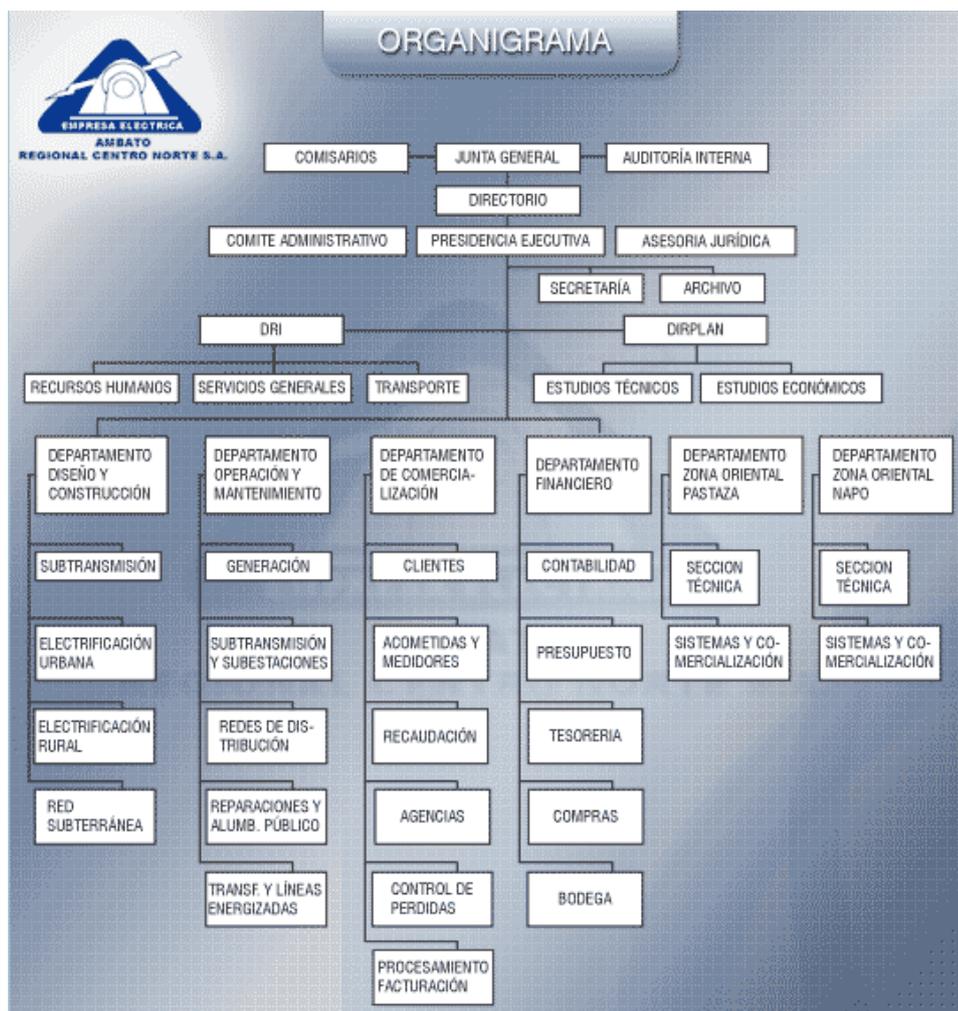
Misión

“Suministrar energía eléctrica, con las mejores condiciones de calidad y continuidad, para satisfacer las necesidades de los clientes en su área de concesión, a precios razonables y contribuir al desarrollo económico y social”.

Visión

"Constituirse en empresa líder en el suministro de energía eléctrica en el país".

Figura 2. Organigrama estructural de la EEASA



Fuente: <http://www.eeasa.com.ec/estructura/organigrama.php>

2.4 Calor y temperatura

En ocasiones utilizamos los términos calor y temperatura para referirnos a lo mismo de forma errónea. Científicamente hablando el calor y la temperatura se encuentran relacionados entre sí aunque representan conceptos diferentes.

2.5 Calor [1]

El movimiento de los átomos y moléculas crea una forma de energía llamada calor o energía térmica, que está presente en todo tipo de materia.

La energía puede presentarse de muy diferentes formas y puede cambiar de una a otra. Muchos tipos de energía pueden convertirse en calor. La energía electromagnética (luz), la electrostática (o eléctrica), la mecánica, la química, la nuclear, el sonido y la térmica, pueden calentar una sustancia haciendo que se incremente la velocidad de sus moléculas. Si ponemos energía en un sistema éste se calienta, si quitamos energía se enfría.

2.6 Temperatura

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en sus movimientos medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Por ejemplo, la temperatura de un vaso de agua hirviendo es la misma que la temperatura de una olla de agua hirviendo, a pesar de que la olla sea mucho más grande y tenga millones y millones de moléculas de agua más que el vaso.

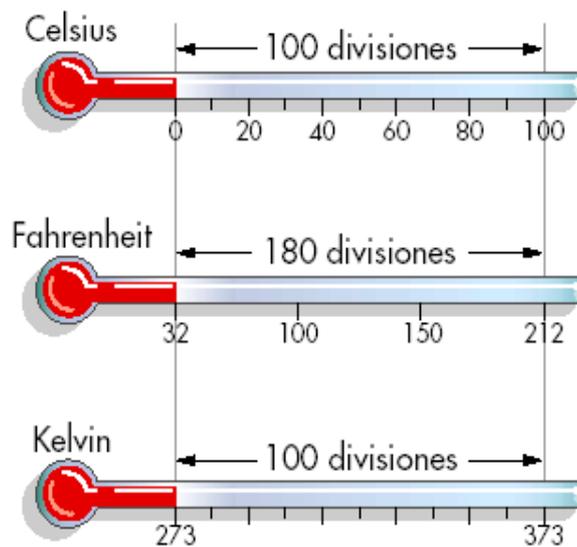
2.6.1 Escalas de temperatura y unidades.- Las escalas de medición de la temperatura se dividen fundamentalmente en dos tipos, las relativas y las absolutas.

2.6.1.1 Relativas.- Grado celsius ($^{\circ}\text{C}$), para establecer una base de medida de la temperatura Celsius utilizó los puntos de fusión y ebullición del agua, dividió el intervalo de temperatura que existe entre éstos dos puntos en 100 partes iguales a las que llamó grados centígrados $^{\circ}\text{C}$.

Grado fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), toma divisiones entre el punto de congelación de una disolución de cloruro amónico (a la que le asigna valor cero) y la temperatura normal corporal humana (a la que le asigna valor 100). Esta escala divide la diferencia entre los puntos de fusión y de ebullición del agua en 180 intervalos iguales.

2.6.1.2 Absolutas.- La escala absoluta de temperaturas parte de la existencia del 0 absoluto ($0^{\circ}\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$) una temperatura hipotética caracterizada por una ausencia completa de energía calórica. La escala kelvin ($^{\circ}\text{K}$) absoluta es parte del cero absoluto y define la magnitud de sus unidades. Conversión de temperaturas ver anexo D.

Figura 3. Escalas de temperatura



Fuente: <http://martinfarfan.blogspot.com/p/para-grado-once.html>

2.7 Mecanismos de transmisión de calor [2]

Es el movimiento neto de energía de una fuente de mayor temperatura hacia una de menor, producido por dicha diferencia.

2.7.1 Métodos de transferencia de calor.- El calor puede transmitirse de varias formas, por conducción, convección y radiación.

Figura 4. Esquema de los mecanismos de transferencia de calor



Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Calor00102022200002.gif>

2.7.1.1 Conducción.- La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Los mejores conductores de calor son los metales. El aire es un mal conductor del calor. Los objetos malos conductores como el aire o plásticos se llaman aislantes.

2.7.1.2 Convección.- La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo el aire con un ventilador o el agua con una bomba. Sólo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio.

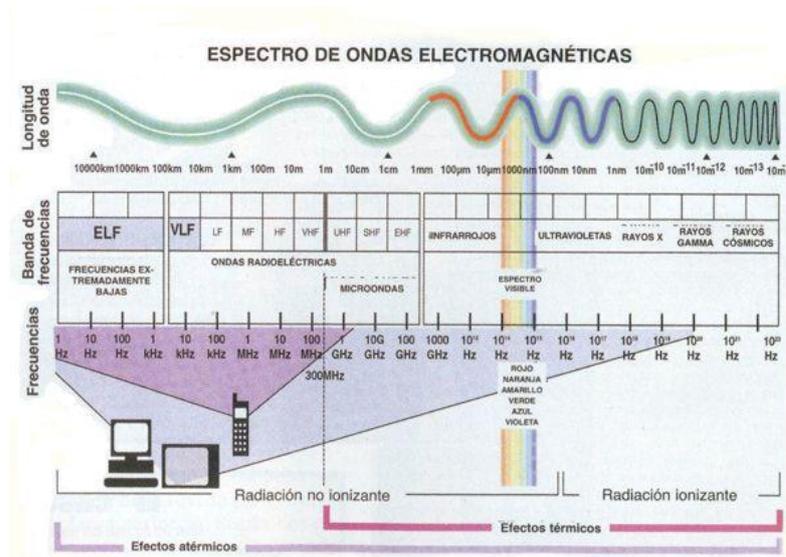
2.7.1.3 Radiación [FLUKE].- La radiación es la transferencia de calor que se produce en forma de energía radiante (ondas electromagnéticas) sin que exista un medio directo de transferencia. La radiación se puede dar incluso en el vacío, ya que no necesita ningún medio de transferencia. La sensación de calor producida por el sol en un día frío es un ejemplo de energía electromagnética.

➤ *Radiación térmica [MADRID].-* La radiación térmica es una forma de radiación electromagnética. Todos los cuerpos emiten este tipo de radiación como consecuencia de su temperatura y, a mayor temperatura, mayor emisión de radiación térmica.

El tipo de material que posee el cuerpo le hará emitir mayor o menor radiación térmica. Así, se verá que algunos materiales son mejores emisores de radiación térmica que otros. Además se verá que la radiación térmica se propaga fácilmente a través de los gases, pero más difícilmente o incluso bloqueada, a través de los líquidos y sólidos.

➤ *Espectro electromagnético.-* Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia.

Figura 5. Espectro electromagnético



Fuente: <http://cs-fs-primero.blogspot.com/2011/04/espectro-electromagnetico.html>

➤ *Intercambio de energía por radiación.-* Para el termógrafo será fundamental conocer los procesos de intercambio de energía por radiación para ser capaces de comprender, analizar una imagen infrarroja, y llegar a medir temperatura a partir de la radiación. Se necesita saber que ocurre cuando la radiación incide sobre la superficie de un objeto, y de que se compone la radiación procedente del mismo.

➤ *Modos de intercambio de energía por radiación.*- Las formas en que se puede intercambiar radiación entre los cuerpos son:

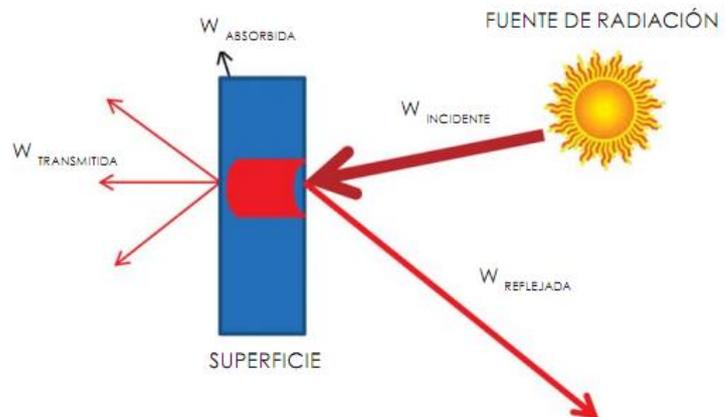
Tabla 1. Tipos de radiación

TIPO DE RADIACIÓN	EFEECTO	LETRA GRIEGA	PROPIEDAD DEL CUERPO
EMITIDA	Radiación emitida	ϵ (épsilon)	Emisividad
ABSORBIDA	Radiación retenida	α (alfa)	Absortividad
REFLEJADA	Radiación reflejada	ρ (rho)	Reflectividad
TRANSMITIDA	Radiación que pasa a través	τ (tau)	Transmisividad

Fuente: Madrid 2011, Guía de la termografía infrarroja Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética.

➤ *Radiación incidente.*- La radiación incidente es toda la radiación que llega a un objeto desde cualquier fuente de su entorno.

Figura 6. Radiación incidente



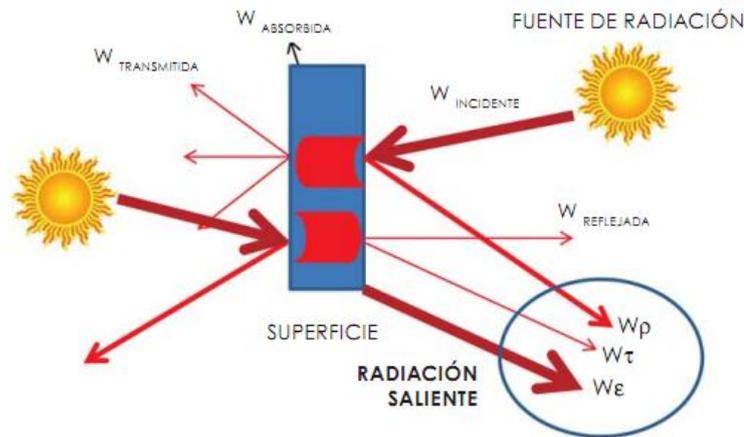
Fuente: Madrid 2011, guía de la termografía infrarroja aplicaciones en ahorro y eficiencia energética.

La radiación incidente llega a la superficie de un objeto y, una parte de esa energía la absorbe el cuerpo ($W\alpha$), otra parte es reflejada ($W\rho$) por el objeto y por tanto no le afecta y la última parte de la energía la transmite ($W\tau$) y tampoco afecta al objeto. Es decir:

$$W\alpha + W\rho + W\tau = W \text{ incidente}$$

➤ *Radiación saliente.*- La radiación saliente es toda la radiación que deja la superficie de un cuerpo, independientemente de su fuente original.

Figura 7. Radiación incidente y saliente



Fuente: Madrid 2011, guía de la termografía infrarroja aplicaciones en ahorro y eficiencia energética.

Esta radiación será la que el termógrafo determine con su cámara. Como se ha visto, está formada por tres tipos diferentes de radiación. La más importante para el termógrafo es la emisividad (ϵ), la capacidad que tiene un determinado cuerpo para emitir su propia energía en forma de radiación. Aunque en el esquema se ha pintado una única flecha, el cuerpo emite radiación (W_{ϵ}) en todas direcciones.

Estos dos factores, temperatura y emisividad, determinan la potencia de radiación de un cuerpo. Así, parte de la radiación saliente de un cuerpo vendrá de la radiación emitida por el propio cuerpo, de la reflejada de fuentes cercanas al cuerpo y de la transmitida de fuentes que están detrás del cuerpo. Es decir:

$$W_{\epsilon} + W_{\rho} + W_{\tau} = W_{\text{saliente}}$$

➤ *Emisividad.*- La emisividad de una superficie representa la razón entre la radiación emitida por la superficie a una temperatura dada la radiación emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura. Se denota por ϵ y varía entre 0 y 1. La emisividad es una medida a la cual cuan cerca se aproxima una superficie a un cuerpo negro para el cual $\epsilon = 1$.

➤ *Cuerpo negro.*- Un cuerpo negro es un objeto teórico o ideal que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él. Nada de la radiación incidente se refleja o pasa a través del cuerpo negro. A pesar de su nombre, el cuerpo negro emite luz y constituye un sistema físico idealizado para el estudio de la emisión de radiación electromagnética.

Todo cuerpo emite energía en forma de ondas electromagnéticas, siendo esta radiación, que se emite incluso en el vacío, tanto más intensa cuando más elevada es la temperatura del emisor. La energía radiante emitida por un cuerpo a temperatura ambiente es escasa y corresponde a longitudes de onda superiores a las de la luz visible (es decir, de menor frecuencia).

Al elevar la temperatura no sólo aumenta la energía emitida sino que lo hace a longitudes de onda más cortas; a esto se debe el cambio de color de un cuerpo cuando se calienta.

➤ *Cuerpo real.*- En el trabajo práctico, jamás encontramos cuerpos negros, sino “cuerpos reales”. Los cuerpos reales pueden tener todas las características, esto es la habilidad de emitir, absorber, reflejar y transmitir radiación infrarroja. La mayoría de los cuerpos no son transparentes, sino opacos.

➤ *Cuerpos reales y aproximación de un cuerpo gris.*- Los objetos reales nunca se comportan como cuerpos negros ideales. En su lugar, la radiación emitida a una frecuencia dada es una fracción de la emisión ideal. La emisividad de un material especifica cuál es la fracción de radiación de cuerpo negro que es capaz de emitir el cuerpo real. La emisividad depende de la longitud de onda de la radiación, la temperatura de la superficie, acabado de la superficie (pulida, oxidada, limpia, sucia, nueva, etc.) y ángulo de emisión.

En algunos casos resulta conveniente suponer que existe un valor de emisividad constante para todas las longitudes de onda, siempre menor que 1 (que es la emisividad de un cuerpo negro). Esta aproximación se denomina aproximación de cuerpo gris.

2.8 Termografía

La termografía es la rama de la teledetección que se ocupa de la medición de la temperatura radiada por los fenómenos de la superficie de la tierra desde una cierta distancia.

2.8.1 Termografía por infrarrojos.- Una termografía infrarroja es la técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja invisible (para nuestros ojos) emitida por objetos de acuerdo a su condición térmica. Una cámara termográfica produce una imagen en vivo (visualizada como fotografía de la temperatura de la radiación).

Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie de la imagen y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad. Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada: termografía o termograma.

2.8.2 Aplicaciones de la termografía por infrarrojos.- Las termografías pueden ser aplicadas en cualquier situación donde un problema o condición pueda ser visualizado por medio de una diferencia de temperatura. Los campos de aplicación son los siguientes:

2.8.2.1 Desarrollo y estructura de edificios

- Inspección de pérdida de energía térmica para edificios (plantas, maquiladoras, hoteles, edificios gubernamentales, etc.)
- Evaluación de la humedad para edificios (plantas, maquiladoras, hoteles, edificios gubernamentales)
- Inspecciones de integridad del concreto
- Inspecciones en pisos sobrecalentados, localización de fugas y distribución de temperatura.
- Localiza aislamiento dañado o escaso
- Identifica pérdidas y fugas de energía
- Localiza cables, conductores o tuberías sobrecalentados

2.8.2.2 *Sistema de techado*

- Detección de goteras para edificios y naves industriales
- Identifica partes de techos dañadas por el agua, rápida y eficientemente
- Documenta problemas antes de que las garantías u obligaciones expiren

2.8.2.3 *Sistemas mecánicos*

- Evaluación de equipos de aire acondicionado y calefacción
- Pérdidas de frío en cuartos fríos
- Detección de fugas en el aislamiento en equipos de refrigeración

2.8.2.4 *Aplicaciones ambientales*

- Localización de áreas de acumulación de desechos antiguos
- Localización de tanques bajo tierra en zonas industriales
- Localiza daños de arquitecturas y/o esculturas
- Detección y seguimiento de incendios forestales

2.8.2.5 *Aplicaciones aéreas*

- Inspecciones aéreas eléctricas de alto voltaje para líneas de transmisión
- Búsqueda de supervivientes

2.8.2.6 *Biología y medicina*

- Electricidad y electrónica: fallos en líneas de alta, media y baja tensión
- Caracterización de materiales

2.8.2.7 *Aplicaciones industriales*

- Trabajos de conservación y restauración.
- Mantenimiento eléctrico
- Control de calidad

2.9 Subestación eléctrica

Una subestación eléctrica se puede definir como un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión y corriente) y de permitir el suministro de la misma al sistema y líneas de transmisión existentes.

2.9.1 Clasificación de las subestaciones eléctricas

2.9.1.1 De acuerdo a su función:

➤ *Subestaciones elevadoras.*- Estas subestaciones se encuentran adyacentes a las centrales generadoras y permiten modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, para permitir la transmisión de la energía eléctrica a través de las líneas de transmisión a tensiones más elevadas que la generación, en la república mexicana se genera entre 6 y 20 kv y se transmite a 69 kv, 115 kv, 138 kv, 230 kv y 400 kv.

➤ *Subestaciones receptoras (reductoras) primarias.*- Estas subestaciones se alimentan directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores según sea el nivel de la transmisión ya sea para ser usadas en subtransmisión o en distribución según sea el caso, los niveles comunes de tensión de salida de estas subestaciones son de 34.5 kv, 69 kv, 85 kv, y 115 kv.

➤ *Subestaciones receptoras (reductoras) secundarias.*- Estas subestaciones se encuentran alimentadas normalmente por los niveles de tensión intermedios (69 kv, 115 kv y en algunos caso 85 kv) para alimentar a las llamadas redes de distribución de 6.6 kv, 13.8 kv, 23 kv y 34.5 kv.

2.9.1.2 De acuerdo al tipo de instalación:

➤ *Subestaciones tipo intemperie.*- Son aquellas que están construidas para operar a la intemperie y que requieren del uso de máquinas y aparatos adaptados para el funcionamiento en condiciones atmosféricas adversas (lluvia, nieve, viento,

contaminación ambiental) generalmente se usan para sistemas de alta tensión y en una forma muy elemental en las redes de distribución aéreas.

➤ *Subestaciones de tipo interior.*- Las subestaciones que son instaladas en el interior de edificios no se encuentran por lo tanto sujetas a las condiciones de la intemperie, esta solución en la actualidad solo encuentra aplicación en ciertos tipos de subestaciones que ocupan poco espacio y que se conocen como subestaciones unitarias, que operan con potencias relativamente bajas y se emplean en el interior de industrias o comercios.

➤ *Subestaciones tipo blindado.*- En este tipo de subestaciones los aparatos y las maquinas se encuentran completamente blindados y el espacio que ocupan, a igualdad de potencia y tensiones; es muy reducido en comparación con los otros tipos de subestaciones.

Generalmente se utilizan en fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación.

Figura 8. Clasificación de las subestaciones



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/59987986/subestaciones-electricas>

El proyecto se enfocara únicamente en subestaciones receptoras (reductoras) primarias como es la subestación Oriente perteneciente a la distribuidora de energía eléctrica EEASA.

2.9.2 Equipos de la subestación.- A continuación se mencionara los equipos más importantes de la subestación Oriente de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. donde se realizaran inspecciones termográficas:

2.9.2.1 Transformador de potencia.- Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro al silicio. Las bobinas o devanados se denominan “primario y secundario” según correspondan a la tensión alta o baja, respectivamente. También existen transformadores con más devanados, en este caso puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

Se denomina transformador a una máquina electromagnética que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia.

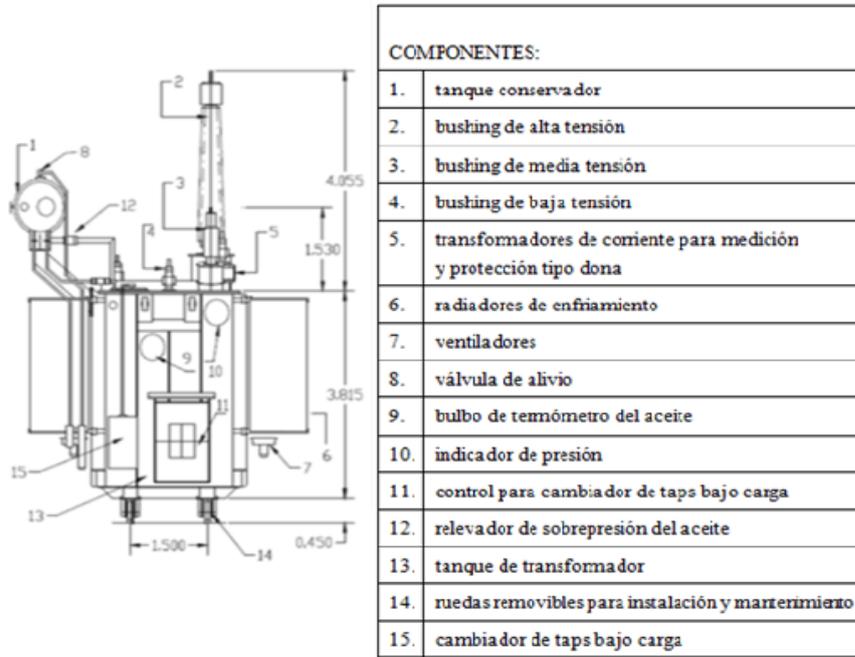
Figura 9. Transformador de potencia



Fuente: Autores

➤ *Accesorios.*- Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operación y facilitan en labores de mantenimiento a continuación en la figura 10 se muestran estos accesorios.

Figura 10. Accesorios de un transformador de potencia



Fuente: Autores

2.9.2.2 Pararrayos.- Los pararrayos o puntas de descarga son dispositivos de protección para la subestación y de toda la instalación en general contra descargas atmosféricas. consisten en una varilla de material conductor con terminación en punta. estas varillas se conectan a la red de tierras.

Figura 11. Pararrayos



Fuente: Autores

2.9.2.3 Seccionador.- Las cuchillas desconectadoras (llamados también seccionadores) son interruptores de una subestación o circuitos eléctricos que protegen a una subestación de cargas eléctricas demasiado elevadas. Son muy utilizadas en las centrales de transformación de energía eléctrica de cada ciudad. Consta de las siguientes partes:

- *Contacto fijo.*- Diseñado para trabajo rudo, con recubrimiento de plata.
- *Multicontacto móvil.*- Localizado en el extremo de las cuchillas, con recubrimiento de plata y muelles de respaldo que proporcionan cuatro puntos de contacto independientes para óptimo comportamiento y presión de contacto.
- *Cámara interruptiva.*- Asegura la interrupción sin arco externo. Las levas de las cuchillas y de la cámara interruptiva están diseñadas para eliminar cualquier posibilidad de flameo externo.
- *Cuchillas.*- Fabricadas con doble solera de cobre. La forma de su ensamble proporciona una mayor rigidez y alineación permanente, para asegurar una operación confiable.
- *Contacto de bisagra.*- Sus botones de contacto troquelado y plateados en la cara interna de las cuchillas, en unión con un gozne plateado giratorio y un resorte de presión de acero inoxidable, conforman un diseño que permite combinar óptimamente la presión de contacto, evitando puntos calientes pero facilitando la operación y estabilidad de las cuchillas.
- *Aisladores tipo estación.*- De porcelana, dependiendo del tipo de seccionador varía el número de campanas.
- *Base acanalada.*- De acero galvanizado de longitud variable, con varios agujeros y ranuras para instalarse en cualquier estructura.
- *Cojinete.*- De acero, con buje de bronce que proporciona una operación suave. No requiere mantenimiento y resiste la corrosión.
- *Mecanismo de operación.*- Permite una amplia selección de arreglos de montaje para diferentes estructuras.

La maniobra de operación con estas cuchillas implica abrir antes los interruptores que las cuchillas en el caso de desconexión. Y cerrar antes las cuchillas y después los interruptores en el caso de conexión.

Figura 12. Seccionadores barras a 69 Kv



Fuente: Autores

2.9.2.4 Disyuntor.- Los disyuntores o interruptores de potencia tienen la función de desconectar los circuitos eléctricos en cualquiera de las tres condiciones siguientes:

- Con carga
- En vacío
- En condiciones de falla
- Desconexión con falla kilométrica

Adicionalmente se debe considerar que los interruptores deben tener también la capacidad de efectuar cierres cuando sea una función requerida por el sistema al cual se va a instalar las características constructivas de los interruptores influyen también de alguna manera en su forma de operación dentro de un sistema eléctrico, dependiendo del medio de extinción del arco y la rapidez de separación de los contactos.

Figura 13. Disyuntor a 69 Kv



Fuente: Autores

2.9.2.5 Barras colectoras.- Se llaman barras colectoras al conjunto de conductores eléctricos que se utilizan como conexión común de los diferentes circuitos que consta una subestación.

En una subestación se puede tener uno o varios juegos de barras que agrupen distintos circuitos en uno o varios niveles de voltaje, dependiendo del propio diseño de la subestación.

Figura 14. Barras colectoras a 69 Kv



Fuente: Autores

2.9.2.6 Aisladores.- Sirven de apoyo y soporte a los conductores, al mismo tiempo que los mantienen aislados de tierra. El material más utilizado para los aisladores es la porcelana, aunque también se emplea el vidrio templado y materiales sintéticos.

Bajo el punto de vista eléctrico, los aislantes deben presentar mucha resistencia ante las corrientes de fuga superficiales y tener suficiente espesor para evitar la perforación ante el fuerte gradiente de tensión que deben soportar. Para aumentar la resistencia al contacto, se moldean en forma acampanada.

Figura 15. Aisladores



Fuente: <http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm>

2.9.2.7 Banco de condensadores.- Estos bancos de capacitores son agrupamientos de unidades montadas sobre bastidores metálicos, las ventajas en una subestación eléctrica son las siguientes:

- Ayuda a la regulación del voltaje
- Corrección del factor de potencia
- Balanceo de cargas
- Incrementa el nivel de voltaje de la carga
- Reducción de las pérdidas del sistema
- Incrementa el factor de potencia de los circuitos alimentadores
- Reduce la carga en los generadores y circuitos alimentadores librándoles capacidad

Figura 16. Banco de capacitores



Fuente: Autores

2.9.2.8 Conectores.- Un conector eléctrico es un dispositivo para unir circuitos eléctricos. En la anexo B se muestran algunos conectores más comunes en subestaciones.

Figura 17. Conectores



Fuente: Autores

2.10 Alimentadores primarios de media tensión

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución. Los conductores van soportados en poste cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas. Se componen de troncal y ramal.

2.10.1 Troncal.- Es el tramo de mayor capacidad del alimentador que transmite la energía eléctrica desde la subestación de potencia a los ramales. En los sistemas de distribución estos conductores son de calibres gruesos 336, 556 y hasta 795 MCM, ACSR (calibre de aluminio con alma de acero), dependiendo del valor de la densidad de carga.

2.10.2 Ramal.- Es la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en el cual van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media tensión. Normalmente son de calibre menor al troncal.

Los alimentadores primarios normalmente se estructuran en forma radial, en un sistema de este tipo la forma geométrica del alimentador semeja la de un árbol, donde por el grueso del tronco, el mayor flujo de la energía eléctrica se transmite por toda una troncal, derivándose a la carga a lo largo de los ramales.

Figura 18. Primario de media tensión



Fuente: Autores

2.10.3 *Clasificación de los alimentadores primarios por el número de fases e hilos.*

2.10.3.1 *Trifásicos con tres hilos.-* Requieren una menor inversión inicial, en lo que a material del alimentador se refiere, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento mayor que uno trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos sistemas es que los transformadores de distribución conectados a estos alimentadores son de neutro flotante en el lado primario.

Por lo que se refiere a detección de fallas de fase a tierra en estos sistemas de distribución es más difícil detectar estas corrientes, en comparación con los sistemas trifásicos cuatro hilos ya que al ser mayor la impedancia de secuencia cero de los alimentadores, las corrientes de falla son menores. Estos alimentadores se utilizan en zonas urbanas.

2.10.3.2 *Trifásicos con cuatro hilos.-* Requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilo (neutro) al de los tres hilos de fase, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterrizamiento menor de la unidad, los equipos que se conecten a estos alimentadores requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión. Estos sistemas se caracterizan por que a ellos se conectan transformadores con el neutro aterrizado a tierra en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la de fase neutro.

En estos sistemas de distribución es más fácil detectar las corrientes de falla de fase a tierra ya que estos pueden regresar por el hilo neutro. Estos alimentadores se utilizan en zonas urbanas.

2.10.3.3 *Monofásicos de dos hilos.-* Se originan de sistemas de distribución trifásicos, de hecho son derivaciones de alimentadores trifásicos tres hilos que sirven para alimentar transformadores monofásicos que reciben la tensión entre fases en el devanado primario. Este sistema de distribución es usado en zonas rurales o en zonas de baja densidad.

2.10.3.4 Monofásicos de un hilo.- son derivaciones de sistemas trifásicos que permiten alimentar transformadores monofásicos usándose estos alimentadores en zonas rurales, debido a la economía que representa en costo.

2.11 Mantenimiento en subestaciones

Tomando en cuenta que las subestaciones eléctricas son un componente importante de los sistemas de potencia, además de ser los de mayor costo económico, y que la continuidad del servicio depende en gran parte de ellas; es necesario aplicar a estos sistemas (subestaciones) una adecuada Gestión de Mantenimiento. Esta gestión deberá observar al mantenimiento preventivo, englobando al mantenimiento predictivo, para revisar con cierta frecuencia el estado de los equipos, al mantenimiento correctivo para reparaciones o reemplazos preventivos, el cual deben tener cierta planificación para intervenciones de emergencia, y al mantenimiento proactivo, para el análisis y revisión periódica de la gestión, y para la evolución del mantenimiento y sus procedimientos. Todo esto interrelacionado entre sí, conformando así al Mantenimiento Integrado.

2.11.1 Mantenimiento preventivo a subestaciones.- El mantenimiento preventivo a subestaciones se divide en dos componentes: Inspección visual. Este tipo de mantenimiento se efectúa en forma mensual, sin desenergizar la línea, no utiliza herramientas ni instrumentos en la mayor parte de los casos, y como su nombre lo indica consiste sólo en inspecciones visuales. Tiene la finalidad de revisar visualmente el estado exterior de los equipos. Mantenimiento preventivo programado o sistemático. Consiste en una serie de pruebas a realizar en los equipos para verificar su estado. El trabajo tiene carácter preventivo, pero también engloba al mantenimiento predictivo, y en algunos casos al correctivo.

El mantenimiento preventivo sistemático se realiza generalmente con línea desenergizada, pero existen algunas técnicas que se pueden aplicar sin necesidad de desenergizar la línea. En la mayoría de las industrias el mantenimiento programado se efectúa en días en los que la producción puede ser interrumpida, pero en el caso del servicio eléctrico, ya que su continuidad no puede ser interrumpida, estos trabajos se programan en días en los que el consumo de energía eléctrica es menor que los demás, lo que ocurre generalmente los fines de semana. También existen disposiciones de

subestaciones que permiten que algunos equipos puedan ser desenergizados para trabajos de mantenimiento, sin que esto implique la interrupción del servicio eléctrico, pero de todos modos requerirá de una coordinación con los responsables de operación.

2.11.2 *Mantenimiento correctivo a subestaciones.*- El mantenimiento correctivo puede considerarse dividido en dos partes:

Mantenimiento correctivo programado es una actividad correctiva que implica reparación y reemplazo de piezas que tiene carácter preventivo, ya que en función de las condiciones del equipo o de ciertos parámetros se efectúan las reparaciones con la intención de anticiparse y prevenir datos mayores que afecten a la disponibilidad del equipo.

Mantenimiento correctivo por avería se presenta cuando existe una falla o avería grave de algún o algunos equipos de la subestación, estas averías se presentan por causas ajenas a la voluntad de los responsables de la subestación, y se deben a factores externos: condiciones climáticas, datos de terceros, problemas en la línea de transmisión o distribución.

2.11.3 *El mantenimiento proactivo.*- Consiste en el estudio de fallas y análisis de la actividad de mantenimiento, para poder obtener conclusiones y dar sugerencias para mejorar la función de mantenimiento. El estudio de incidencias y análisis de fallas es una actividad relacionada con la subestación en general. La programación de esta actividad y su realización dependerá del criterio de la empresa, en función de los problemas que se deseen analizar.

2.11.4 *El mantenimiento predictivo.*- Interviene cuando al efectuar las pruebas al equipo, se llega a conocer su estado actual y es posible entonces, conocer el estado futuro o anticiparse a las posibles fallas.

2.11.4.1 *Inspección termográfica infrarroja.*- Es una técnica del mantenimiento predictivo, tiene como finalidad detectar anomalías que muy a menudo no se pueden percibir a simple vista, se realiza una inspección a las instalaciones eléctricas, en la cual se capturan imágenes digitales y térmicas, detectando sobrecalentamiento por tornillería

floja, superficies de contacto sucias o no uniformes, soldaduras agrietadas y desbalanceo generalmente, determinando la severidad del problema. La inspección termográfica se realiza con equipo energizado, y es una actividad que abarca a toda la subestación, y un elemento necesario del mantenimiento preventivo-predictivo.

2.11.4.2 *Ventajas del mantenimiento predictivo mediante la termografía infrarroja*

- La inspección se realiza a larga distancia en condiciones normales de funcionamiento. Es decir no es necesario poner fuera de servicio las instalaciones.
- Se reducen pérdidas a la empresa causadas por cortes de energía imprevista.
- Inspección sin contacto garantizando la seguridad de vidas humanas
- Ahorro de tiempo de paros no programados
- Bajos costos de reparación.
- Valorar las prioridades para la acción correctiva.
- Minimizar el mantenimiento preventivo y el tiempo perdido en localizar los problemas.
- Es aplicable a los diferentes equipos eléctricos: bornes de transformadores, transformadores de intensidad, interruptores, cables y piezas de conexión, etc.
- Se trata de una técnica que permite la identificación precisa del elemento defectuoso, a diferencia de la pirometría que es una medida de temperatura de un punto.

2.11.4.3 *Desventajas del mantenimiento predictivo mediante la termografía infrarroja*

- Capacidad limitada para la identificación de defectos internos si éstos no se manifiesta externamente en forma de temperatura.
- Los reflejos solares pueden enmascarar o confundir defectos. Debido a las interferencias solares.
- El estado de carga del elemento bajo análisis puede influir en la determinación de las anomalías.
- La implementación del mantenimiento predictivo requiere una inversión inicial bastante alta, ya que los equipos y analizadores tienen un costo elevado.
- Se debe contar con personal especializado, capaz de interpretar los datos que generan los equipos.

2.12 Cámara termográfica [3]

Una cámara termográfica registra la intensidad de la radiación en la zona infrarroja del espectro electromagnético y la convierte en una imagen visible.

Figura 19. Cámara termográfica

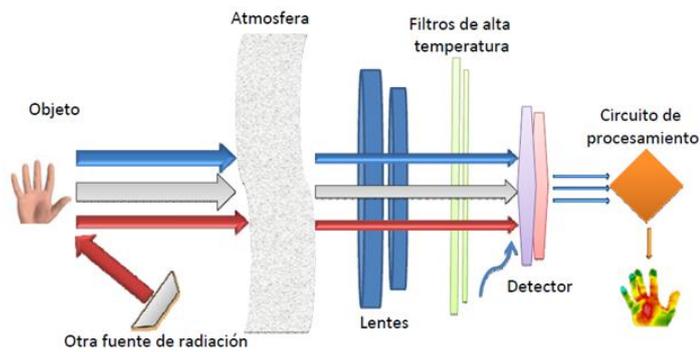


Fuente: http://web.usal.es/~lcal/termografia_documento.pdf

2.12.1 Funcionamiento de la cámara IR [INGA].- El proceso por el cual una cámara térmica transforma la energía térmica en la luz visible se compone de cinco pasos básicos:

- Utiliza un lente especialmente diseñado para enfocar la radiación infrarroja que se emite de todos los objetos dentro del campo de visión del lente de la cámara.
- Los detectores infrarrojos son utilizados para explorar esta radiación enfocada. Los detectores crean lo que se llama un termograma, o un mapa de temperatura.
- La termografía se traduce en impulsos eléctricos.
- Los impulsos eléctricos son enviados a una unidad de procesamiento de señales en los que se traducen en datos. La unidad de procesamiento de señales es un pequeño chip que está incrustado en una placa de circuito, que se utiliza para traducir los impulsos eléctricos en datos utilizables.
- Una vez traducida la unidad de procesamiento de señales envía los datos a la pantalla donde se convierte en visible para el espectador.

Figura 20. Diagrama de funcionamiento de la cámara IR



Fuente: Ivan Bohman C. A.

2.12.2 Componentes de la cámara termográfica.- Básicamente una cámara termográfica básica consta de:

- Lentes
- Filtro
- Detector o microbolómetro
- Circuito de procesado de la imagen
- Interfaz de usuario (pantalla, salida de vídeo, memoria, etc...)

2.12.3 Termograma [FLUKE].- Un termograma es la imagen de un blanco electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla en donde los distintos tonos de color se corresponden con la distribución de la radiación infrarroja en la superficie del blanco.

Con este sencillo proceso, el termógrafo es capaz de ver el termograma que se corresponde con la energía radiada procedente de la superficie del blanco.

2.12.4 Calibración de una cámara termográfica [4].- Cuando se adquiere una cámara termográfica, ésta se entrega perfectamente calibrada y preparada para la inspección. De no ser así, se deberá devolver al fabricante para su reparación, siempre en garantía. Es recomendable calibrar la cámara una vez al año si su uso es muy habitual. Este proceso se realiza en laboratorios acreditados, en condiciones controladas de temperatura y humedad y con lo que se llaman, simuladores de cuerpo negro.

Cada cámara tiene en su electrónica una curva en la que se relaciona la radiación recibida con una temperatura dada. Si esta curva se desajusta, es necesario reparar el equipo.

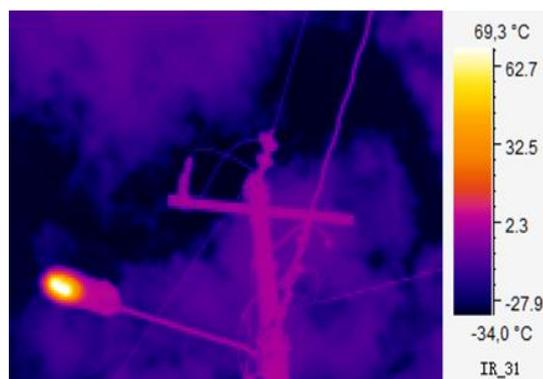
2.12.4.1 Calibración en forma manual.- Una de las técnicas más comunes es congelar agua destilada o simplemente llevarla al punto de ebullición, y observar la temperatura del envase con su radiometría. Para ello se requiere:

- Garantía de que su envase es lo suficientemente grande como para asegurar que el tamaño de su radiometría es inferior a la superficie observada.
- Que el envase de superficie observada por su radiometría es plana y perpendicular al plano del observador.
- Que la iluminación y otras fuentes de calor impactan mínimamente.
- Que use contacto trazable termométrico para garantizar la espera de lectura.

2.12.5 Factores técnicos necesarios para operar la cámara IR.- Al momento de realizar inspecciones termográficas se deben considerar las características técnicas para realizar un buen análisis y obtener datos reales.

2.12.5.1 Enfoque.- Los problemas más comunes con la mayoría de imágenes son debidas a la captura de una imagen desenfocada. Esto hace que el análisis y la evaluación sea cada vez más difícil porque una imagen termográfica desenfocada puede generar una disminución de la temperatura real sobre todo si se está midiendo puntos muy calientes.

Figura 21. Imagen desenfocada



Fuente: Autores

2.12.5.2 Rango.- El rango de temperatura de una cámara termográfica se refiere a los rangos de temperatura se refiere a los rangos de temperatura que una cámara IR puede medir con precisión, se fijará las temperaturas máxima y mínima a partir de las cuales se puede medir con la cámara.

2.12.5.3 Rango térmico.- La mayoría de sistemas infrarrojos requieren un rango térmico, los objetos fuera de rango pueden ser difíciles de ver, además no podrán ser medidos con precisión. La medición de un objeto con una alta temperatura mediante un rango de temperatura bajo puede causar que la imagen tomada aparezca confusa porque no se puede determinar el punto más caliente, por ejemplo, si el objeto tiene la temperatura más caliente de 300°C y se usa un nivel de temperatura que va de -40° a 120°C sólo se verá una imagen en blanco en la pantalla de la cámara IR. El uso de un nivel adecuado de temperatura le proporcionará una mejor imagen para su análisis y para la posterior determinación de la fuente del problema.

2.12.5.4 “Span” térmico.- Se refiere a la diferencia entre el ajuste de temperatura alto y bajo de una imagen infrarroja.

El control del “spam” puede ser ajustado para manual o automático.

- *Manual.-* Remueve o satura las áreas con temperaturas altas o bajas que no están relacionadas con el objeto de interés.
- *Automático.-* Los problemas potenciales se pueden ver parcialmente ocultos por altas temperaturas.

2.12.5.5 Nivel térmico.- El nivel térmico es el punto medio del “spam”. La existencia de zonas calientes en los elementos que trabajen a un nivel térmico medio o alto, se corresponden normalmente con:

- Pérdida o degradación de aislamiento, tanto interno (refractarios), como externos (calor fugado).
- Zonas afectadas por presencia de corrosión.
- Soldaduras defectuosas, obstrucciones y fugas, etc.

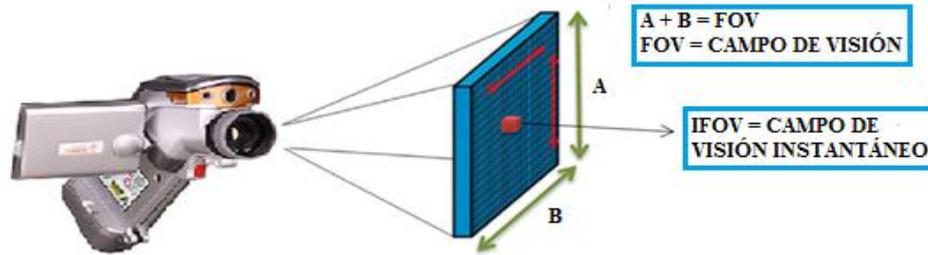
La identificación de las zonas afectadas, así mismo como el nivel térmico de los daños, constituyen la información necesaria para decidir sobre su posterior reparación.

2.12.5.6 Resolución.- La resolución de una cámara infrarroja dependerá del detector, el lente y la trayectoria óptica.

- resolución 120 x 120
 - resolución 120 x 160 (detector)
 - resolución 320 x 240 (lente)
 - resolución 640 x 480 (trayectoria óptica)
- *Tipos de resolución.*- Existen dos tipos de resolución espacial y de medición
- *Resolución espacial [5].*- Es el más pequeño detalle que pueda ser resuelto, el tamaño del detector de los lentes y las distancias definen el tamaño mínimo de lo que se puede ver y de lo que se puede medir. Se especifica en miliradianes (mRad) y se define como campo de visión instantáneo (instantaneous field of view-IFOV).
- *Campo de visión instantáneo (IFOV).*- Es la característica usada para describir la capacidad de una cámara termográfica para resolver detalles espaciales (resolución espacial). Es equivalente a la proyección de un píxel en la superficie observada y la suma de todos los IFOV's que forma el Campo de Visión (FOV). Cuando se proyecta desde un detector a través de un lente, el campo de visión instantáneo da el tamaño de un objeto que puede verse a una cierta distancia.
- *Campo de visión (FOV)[6].*- Es una característica que define el tamaño de lo que se observa en la imagen térmica, define el área total que puede ser visto por la cámara.

El lente es el componente de mayor influencia en la conformación del (FOV), independientemente del tamaño de la matriz, en subestaciones al aire libre resultara útil un campo de visión grande.

Figura 22. IFOV y FOV de una cámara termográfica



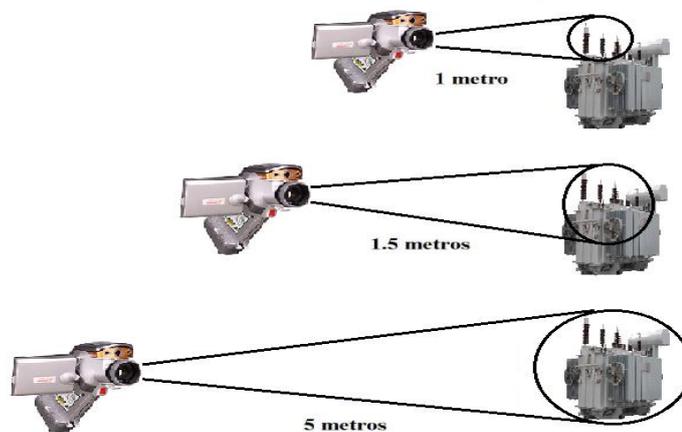
Fuente: Autores

➤ *Resolución de medición [7].-* Define al objeto más pequeño del que puede medirse su temperatura con precisión a una cierta distancia.

➤ *Campo de visión instantáneo de medida (IFOV_m).*- La resolución de medida de una cámara termográfica describe el tamaño mínimo que debe tener un objeto, para que pueda medirse a una cierta distancia, el (IFOV_m) se expresa en radianes, aunque generalmente es tres veces mayor que el *campo de visión instantáneo* (IFOV). Esto se debe a que una cámara termográfica necesita más información sobre la radiación del blanco para medirlo que para detectarlo.

2.12.5.7 Relación distancia – tamaño del objeto [INGA].- Los errores de medición ocurren cuando el objeto es más pequeño que el área mínima observable, las temperaturas del medio son integradas a las lecturas del instrumento, para eso el termógrafo debe asegurarse de estar a una distancia propia para la medición.

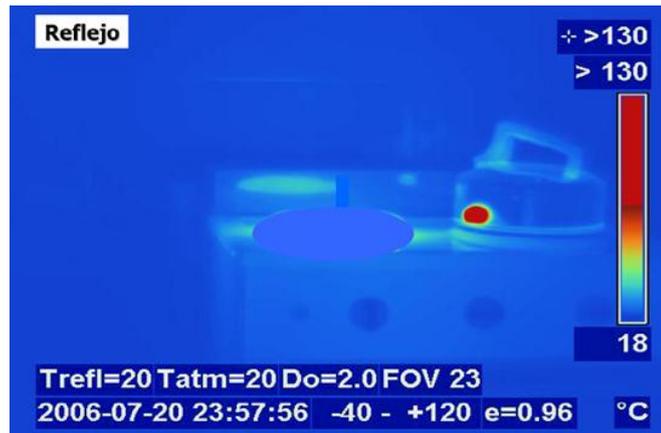
Figura 23. Relación distancia – tamaño del objeto



Fuente: Autores

2.12.5.8 Reflejos.- Una vez identificado un posible problema, este debe ser revisado desde diversos ángulos o perspectivas para confirmar que el diagnóstico dado sea correcto. Existen diversas causas, por las que un problema aparece en una imagen, para observarlo desde otro ángulo desaparece o se mueve, esto se lo conoce como reflejos. Evite los reflejos moviéndose de un lugar a otro.

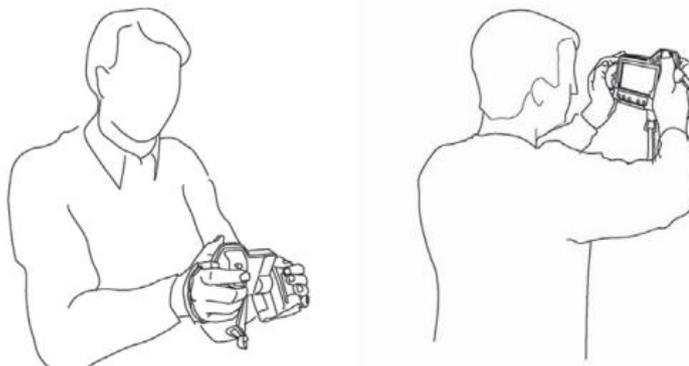
Figura 24. Reflejos



Fuente: Ivan Bohman C. A.

2.12.5.9 Ergonomía [MADRID].- Otro aspecto importante tiene que ver con la ergonomía. Hay que tener en cuenta que se puede estar tomando imágenes termográficas durante horas, o viendo un proceso de trabajo o fabricación, etc. Saber coger la cámara es importante, elegir una cámara que sea cómoda para la aplicación que se tenga será importante, incluso se llegará a usar un trípode para determinadas prácticas.

Figura 25. IFOV y FOV de una cámara termográfica



Fuente: Ergonomía. Fuente: Flir Systems.

2.12.6 Como tomar una imagen térmica.- Existen cuatro grandes reglas para capturar una imagen, no se deben olvidar pues nunca se podrá modificar una imagen si se ha cometido un error en alguno de estos puntos:

➤ *Encuadre de la imagen:* en el fondo se es casi fotógrafo, pero no creativo, es decir, si se quiere medir un objeto, lo presentaremos bien visible y en la posición que dé más información. Acercándose todo lo que se pueda, manteniendo una distancia segura.

➤ *Enfoque:* una imagen desenfocada dará medias erróneas y además, hablará muy mal del termógrafo. Por supuesto se debe tratar de mantener la pantalla en todo momento limpia.

➤ *Ajuste del rango de temperatura:* se debe fijar el rango de medida que incluya lo que se pretende medir. Si se fija un rango muy ancho, se tendrá menos precisión en la medida. Es como si se quieren medir milivoltios fijando el rango en kilovoltios.

➤ *Cuidado con las condiciones meteorológicas:* la temperatura exterior, cambiante, y la hora a la que se realiza la inspección termográfica pueden hacer que ésta y sus resultados varíen de un día a otro, por lo que elegir el momento adecuado para hacer el trabajo es un factor a tener en cuenta. Obviamente esto no tiene sentido si la inspección es interior y el ambiente no afecta.

Si se olvida alguno de estos puntos, tocará volver al lugar de la inspección a realizar de nuevo el trabajo, con todo lo que ello conlleva de sobrecosto para el informe.

2.13 Factores que limitan e inciden en un análisis termográfico

2.13.1 Atenuación atmosférica.- La atmósfera no es completamente transparente a la radiación infrarroja, información que puede ser atenuada al pasar a través de ella y la cual también puede emitir radiación. Para ello existen unos factores de corrección que dependerán de una serie de parámetros, tales como la distancia al objeto, humedad relativa (H₂O), temperatura del aire en grados centígrados, fahrenheit o kelvin dependiendo del tipo de equipo.

2.13.2 Emisividad.- Como no todos los cuerpos cuando aumentan su temperatura pueden radiar energía de la misma forma, esta dependerá del tipo de material. Muchos elementos tienen buena capacidad de reflexión como son las superficies de material brillante, y se pueden reflejar brillos que seguramente se mostrarían como puntos calientes. Un cuerpo con diferentes emisividades puede lucir como si estuviese sobrecalentado en varios puntos, a este efecto debe tenerse cuidado porque mientras la emisividad sea menor la reflectividad aumenta, a menudo es muy obvio donde el objeto ha sido pulido o limpiado últimamente, estos brillos también pueden ser producidos por el sol, bombillos u otros elementos calientes que se encuentren en los alrededores, a estos engañosos puntos se les mira desde diferentes ángulos y alturas con el equipo para certificar si son producidos por algún reflejo.

2.13.3 Velocidad del viento.- El efecto refrigerante producido por la velocidad del viento, es uno de los factores a tener en cuenta en un análisis termográfico. Un sobrecalentamiento medido con una velocidad del viento de 5 m/s será aproximadamente dos veces tan alta como a 1 m/s. No es recomendable realizar inspecciones termográficas a más de 8 m/s de velocidad del viento.

Figura 26. a) Termografía tomada con un viento de 14 Km/h; b) Termografía tomada sin viento



Fuente: Ivan Bohman C. A.

2.13.4 Campos magnéticos.- Las corrientes eléctricas pesadas causan fuertes campos magnéticos, los cuales pueden causar una distorsión considerable en la imagen térmica.

2.13.5 Lluvia.- La lluvia tiene un efecto enfriante superficialmente en un equipo. Las mediciones termográficas se pueden realizar con resultados satisfactorios durante una

caída de lluvia ligera, las lluvias pesadas disminuyen la calidad de la imagen considerablemente y las mediciones no son posibles.

2.14 Descripción del equipo termográfico SATIR E8 - GN utilizado para las inspecciones [8]

Para realizar el presente proyecto se utilizó una cámara termográfica marca Satir E8 – GN, cuyas especificaciones se encuentran en el anexo C.

2.14.1 Partes de la cámara termográfica SATIR E8-GN.- En la figura 27, se detalla las partes de la cámara:

Figura 27. Cámara SATIR E8-GN



Fuente: Catálogo Satir E8 series

2.14.2 Introducción a los botones de la cámara termográfica:

Botón power on/off.- Control de encendido y apagado. Presione y mantenga el botón de encendido durante 3 segundos para encender o apagar la cámara.

Botón A.- El botón “A” hace referencia a la tecla de ajuste automático.

Botón S.- El botón “S” da acceso a la opción de activación de congelado (es decir se mantiene inmóvil la imagen de referencia).

Botón C.- El botón C se utiliza para cancelar un menú, acceder a una función deseada o para volver a la pantalla principal de la imagen térmica, mixta o real.

Botón menú / enter.- Permite ingresar al menú principal, y al seguir presionándolo permite ingresar a cada una de las herramientas de análisis de la cámara con la ayuda de las flechas alrededor de este botón.

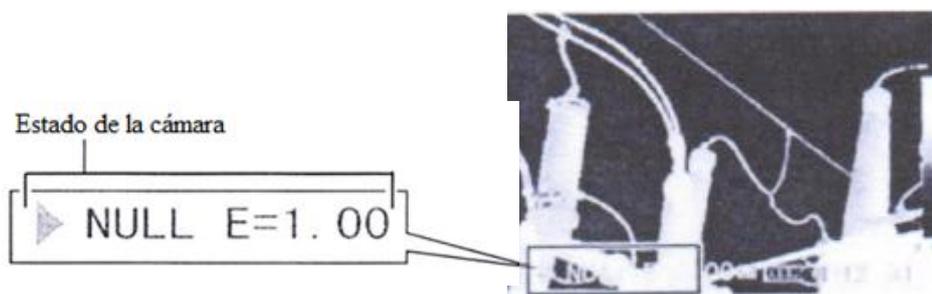
Figura 28. Controladores de la cámara Satir E8- GN



Fuente: Catálogo Satir E8 series

2.14.3 Acerca del indicador de operación.- El indicador de funcionamiento muestra el estado actual de operación de la cámara.

Figura 29. Indicador de funcionamiento de la cámara termográfica



Fuente: Catálogo Satir E8 series

Menú Representa el código de menú

Null Representa que esta seleccionado el menú de no-modo y sin herramientas de análisis.

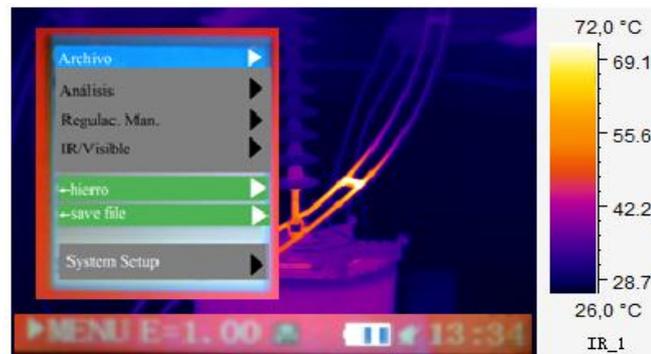
**SP1...9* Representa que la herramienta de análisis actual y va del punto1 hasta 9.

CAP. Representa que la herramienta de análisis actual es de auto seguimiento.

- ARI.5* Representa la corriente de la herramienta de análisis esta de zona 1, 2... ó 5.
- *PRO* Representa la herramienta de análisis de corriente y es el “perfil”.
- *ISO* Representa la herramienta de análisis de corriente y es el análisis isotérmico.
- E* Es el valor actual de la emisividad
-  Tarjeta SD ha sido insertada
-  Auricular Bluetooth se ha emparejado

2.14.4 Menú principal

Figura 30. Menú principal de la cámara termográfica.



Fuente: Autores

2.14.4.1 Archivo

- *Abrir.*- Abre todas o cada una de las imágenes capturadas anteriormente.
- *Conservar.*- Guarda las imágenes que se encuentran en la tarjeta SD de la cámara.
- *Borrar.*- Borra una o todas las imágenes almacenadas.
- *Voice rec (grabación de voz).*- No disponible en software versión estándar.
- *Voice play (reproducción de voz).*- No disponible en software versión estándar.
- *File setup.*- Muestra la configuración (nombre, directorio, número del archivo guardado).

2.14.4.2 Análisis

- *Punto.*- Puede cargar 9 puntos de referencia para sus diferentes análisis.
- *Área.*- Puede analizar 5 áreas en una toma termográfica.
- *Profile (perfil).*- Aparece la distribución de temperatura en el objeto seleccionado.

- *Isoterma.*- Sustituye algunos colores de la escala de la cámara, por otros de elevado contraste.
- *Remove spot (borrar puntos) - remove área (borrar área/s) - remove profile (borrar perfil).*- sirve para eliminar las herramientas de análisis de la pantalla en el termograma.
- *Object parameters (parámetros del objeto).*- Son las configuraciones del objeto a analizar tal como los puntos, emisividad, distancia y sus configuraciones globales como la temperatura del ambiente, humedad, composición del objeto1 y composición del objeto de referencia (referencia de temperatura, punto, o área), Temperatura de referencia.
- *Analysis setup.*- Configuraciones de análisis que vienen incluido alerta, alerta de temperatura, corrección de temperatura, color de saturación, ancho del isoterma, color del isoterma, tipo de isoterma y alerta de isoterma.

2.14.4.3 Regulación manual

- Nivel
- Alcance
- Temperatura esfera: -20-250

2.14.4.4 IR/visible

- *IR only.*- Se muestra solamente en la pantalla completa la imagen infrarroja
- *Visión only.*- Se muestra en toda la pantalla la imagen real
- *Mix.*- Se muestra en un cuadro la imagen infrarroja y el resto de la pantalla se observará la imagen real

Figura 31. Imagen térmica mezclada IR y real



Fuente: Autores

2.14.4.3 Paleta de colores.- Los colores presentes en la paleta son los siguientes.

- Hierro
- Hierro invertido
- Arco iris
- Pluma
- Gris
- Gris invertido

2.14.4.4 Save file (guardar archivos) - *freeze/live* (paraliza la imagen) - *laser on* (encender láser) – *lightning on* (encender luz) – *auto reajuste* (realiza auto ajuste de la imagen).

2.14.4.5 System setup.- Son las configuraciones del sistema la cual consta de:

- *Fecha & tiempo.-* Ajusta la fecha y hora.
- *Local setup.-* Ajustan el idioma, salida de video, unidad de temperatura, unidades de distancia.
- *Camera setup.*

1. *Auto reajuste.-* Alcance, nivel y alcance, nivel
2. *Continúo reajuste.-* Nivel y alcance, Nada, Nivel
3. *Obturador personal.-* Normal, off, corto
4. *Revelación de LCD.-* Nunca, 30s, 60s, 2min
5. *Cerrar.-* Nunca, 2min, 5min, 10min
6. *Laser reajuste.-* Off, on
7. *Menú Style (estilo del menú).-* Normal, translucence, lucency

- *Información del sistema.-* Proporciona la información de la cámara termográfica.

Guangzhou SAT Infrared

Technology Co., Ltd.

Núm. de serie: E810024

Fecha de Producción: 2012.05.05

Versión: 1.1.33ST.

2.14.5 Pasos de encendido y calibración de la cámara termográfica.-Antes de que encienda la cámara termográfica debe asegurarse que la batería este cargada en su totalidad y que la tarjeta se encuentre insertada correctamente:

- a. Presione el botón  durante 3 segundos para encender la cámara.
- b. Espere que aparezca la imagen de inicio en la pantalla y proceda a quitar la tapa del lente.
- c. Configure los parámetros de la cámara termográfica emisividad, humedad relativa, distancia.
- d. Apunte la cámara al objetivo.
- e. Gire el anillo de enfoque para ajustar la imagen correctamente hasta que ésta aparezca lo más nítida posible.
- f. Capture la imagen en modo real, infrarroja o mixta con el botón del gatillo de la cámara, para esto deberá estar en la opción de guardar archivo en el menú principal (save file).

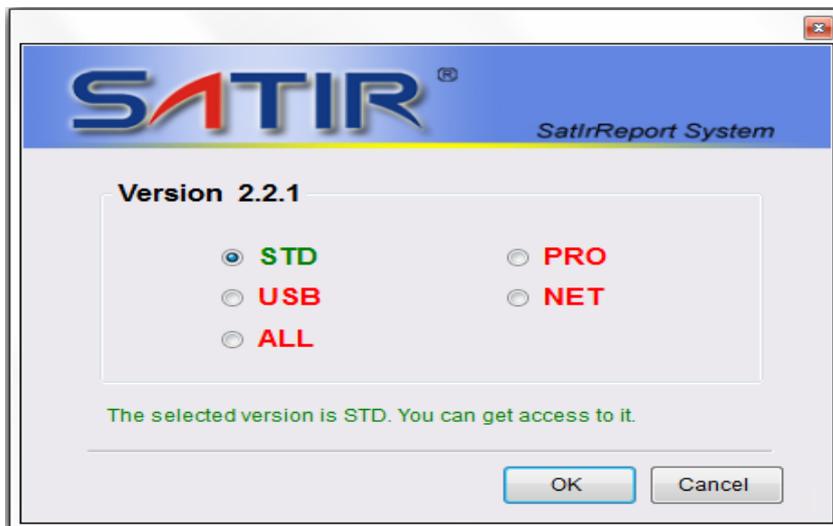
2.14.6 Software de medición termográfica SATIREPORT.-El software SATIR report (estándar) es el que viene incorporado con la cámara y está diseñado para el análisis de la temperatura de la superficie de dispositivos industriales.

Las principales características tecnológicas del software son las siguientes: realizar el análisis de la temperatura con los datos de imagen térmica estáticas; completar la acción de convertir el formato de imagen (AVI, JPG, BMP) con la imagen térmica, generar informes o reportes de análisis, y la salida de datos de temperatura de imágenes térmicas.

Proporciona suficientes herramientas de análisis de temperatura, de conformidad con los requisitos de detección de temperatura de fallo en diversas industrias. El software USB, All, PRO, NET no vienen incluidos, para ellos se los deberá adquirir por separado.

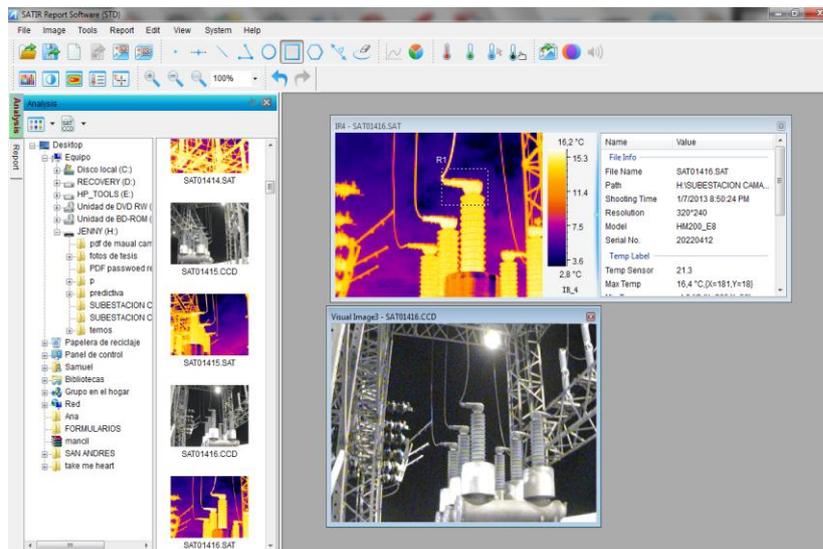
2.14.6.1 Diseño y presentación.- En la página inicial principal del software aparecerá una imagen como la de la Figura 33 en la cual analiza las imágenes tomadas por la cámara termográfica ya sean imágenes térmicas o reales y se podrá también realizar reportes o informes con el software.

Figura 32. SATIR versión estándar



Fuente: SatirReport Software

Figura 33. Página principal del software SATIREPORT



Fuente: SatirReport Software

2.14.6.2 Barras de menús del software.- Cuando se ingresa al software se podrá observar la página principal en la cual consta la barra de menús, que contiene los ítems que se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Barra de menú software SATIREPORT

MENÚ	ÍTEM	SU FUNCIÓN
Archivo (File)	Abrir Guardar como Abrir y cerrar imágenes Abrir y cerrar hojas de reportes Salir	Abre un archivo ya existente. Guarda imágenes y/o reportes en formato *.SAT, *.CCD. Abre y cierra archivos Abre y cierra hojas de reportes. Cierra el SATIREPORT software
Imagen (image)	Configuración de imagen IR Fusión Acercar Alejar Tamaño original	Puede configurar la paleta, ajuste de imagen, área de la isoterma, parámetros de temperatura, y etiqueta de temperatura. Fusiona la imagen real con la imagen térmica. Agranda el tamaño de la imagen. Disminuye el tamaño de la imagen. Regresa al tamaño original de la imagen.
Herramientas	Herramienta Nivel de temperatura Análisis gráfico Exportar datos	Selecciona la herramienta punto, línea, vernier, poli-línea, círculo rectángulo o polígono. Selecciona la máxima temperatura, mínima temperatura, cursor o información de puntos. Se puede obtener una distribución grafica de la temperatura. Puede exportar los datos de la imagen.
Reporte	Nuevo Guardar reporte Línea de flecha Cuadro de texto Tabla Imprimir	Crea un nuevo reporte Guarda el reporte actual creado. Agrega una flecha como guía o herramienta. Puede agregar texto. Inserta una tabla Imprime el reporte creado por el usuario.
Editar	Deshacer Rehacer Cortar Copiar Pegar	Vuelve al último cambio realizado en el archivo. Regresa al último cambio realizado en el archivo. Corta texto o imagen seleccionada. Realiza copia de texto o imagen seleccionada. Pega un elemento o texto previamente seleccionado
Ver	Horizontal Vertical Cascada	Puede seleccionar para la vista de las imágenes abiertas ordenando por nombre, fecha o predeterminada.
Sistema	Idioma Escalas de temperatura Lista de emisividades	Selecciona un idioma Permite seleccionar una temperatura en escala Celsius, fahrenheit o kelvin. Presenta un listado de materiales y sus respectivas emisividades.
Ayuda	Contenido A cerca de Activar	Abre el contenido del catálogo del software. Proporciona la información del software Puede activar las versiones PRO, USB, NET y ALL (en este caso solamente se posee la versión STD).

Fuente: SatirReport software

2.14.6.3 Íconos generales del software

Tabla 3. Comandos y herramientas generales del software SATIREPORT

 Abrir	 Temperatura máxima
 Guardar como	 Temperatura mínima
 Nuevo	 Cursor
 Guardar reporte	 Información del punto
 Cerrar imagen actual	 Exportar datos
 Cerrar todas las imágenes	 Fusión
 Punto	 Paleta
 Vernier	 Ajustes de imagen
 Línea	 Área isotérmica
 Poli línea	 Parámetros de temperatura
 Círculo	 Nivel de temperatura
 Rectángulo	 Deshacer
 Polígono	 Rehacer
 Distribución	

Fuente: SatirReport Software

2.14.7 *Parámetros utilizados para inspecciones con la cámara termográfica.-*

Inspecciones externas en climas extremadamente fríos e inspecciones en hornos y otras aplicaciones en ambientes altos de temperatura requerirán ajustar la cámara para esas condiciones ambientales, los parámetros que hay que tomar en cuenta al momento de realizar una inspección termográfica dependerá del objeto a inspeccionar y del medio ambiente.

Antes de comenzar con una inspección termográfica se recomienda realizar los siguientes ajustes en la cámara:

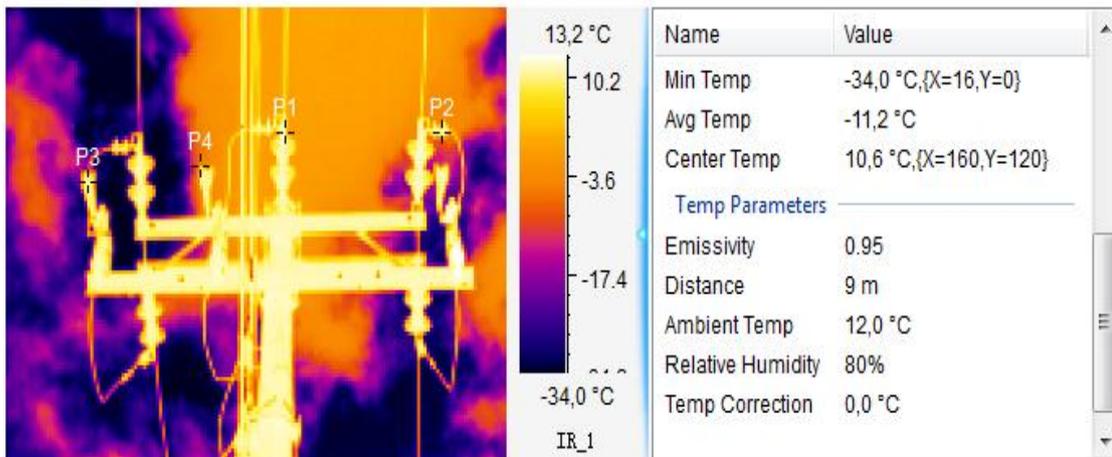
- Emisibilidad Valorada entre 0,01 y 1,00.
- Humedad Relativa Porcentaje de humedad relativa entre 0 y 100%.
- Distancia Del objetivo (metros)
- Temperatura ambiente Temperatura ambiente en tiempo real.

Se recomienda utilizar una humedad relativa entre el 60-80% y una temperatura ambiente entre 12-20°C en el perímetro de la ciudad de Ambato y una emisividad cercana a la unidad entre 0,85-0,98 dependiendo de los equipos a inspeccionar.

2.14.8 *Análisis de imágenes térmicas.-* El análisis de imágenes termográficas dependerá mucho de la resolución de la imagen, además de ello es muy importante la variedad de herramientas que se tenga dentro del software para realizar un análisis térmico ya que existen programas más avanzados que nos permiten realizar un análisis más profundo. A continuación se mencionara algunos análisis que se pueden realizar en el software.

2.14.8.1 *Análisis de puntos.-* Este análisis se utiliza para obtener la temperatura puntual en la imagen térmica de interés, para comparar con otros puntos de la imagen con el fin de obtener las variaciones de temperaturas existentes entre puntos.

Figura 34. Análisis de puntos

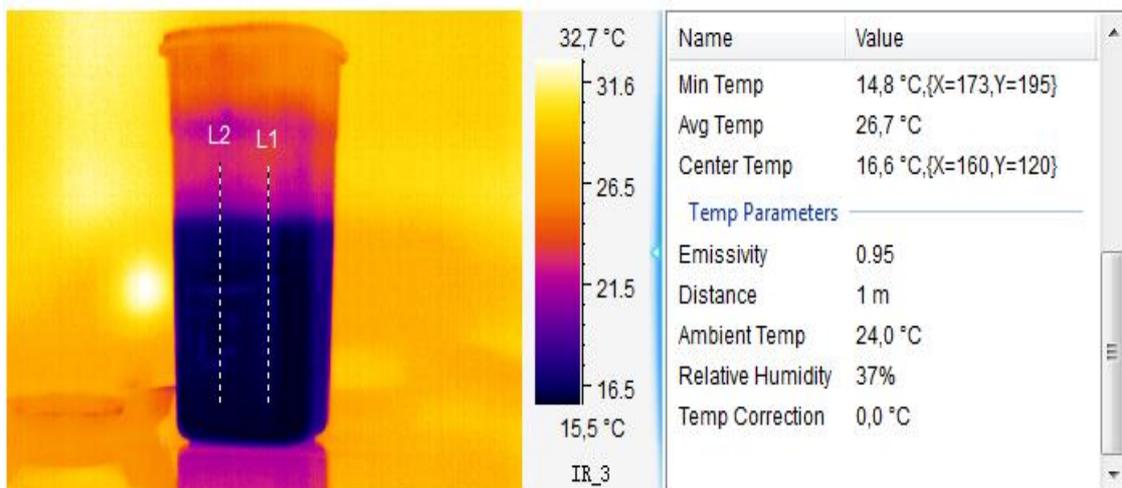


Fuente: Autores

2.14.8.2 Análisis de líneas.- Este análisis se utiliza para obtener una tendencia térmica donde se muestra las temperaturas máximas y mínimas de la línea que se traza sobre la imagen térmica, la línea deberá pasar por zonas de interés de análisis con el fin de obtener las zonas de mayor temperatura comparadas con otras zonas desplegadas en la imagen térmica, se recomienda utilizar este análisis donde la línea trazada no pase por varios elementos a la vez.

También se puede utilizar este análisis para medición de nivel dentro de un reservorio, en transformadores entre otros.

Figura 35. Análisis de líneas

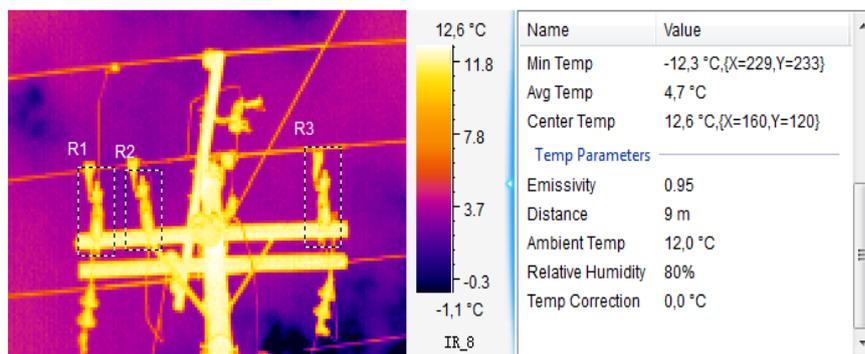


Fuente: SatirReport Software

2.14.8.3 Análisis de áreas.- Este análisis se utiliza para obtener la temperatura mínima, promedio o máxima de un área seleccionada, con el fin de centrar el análisis en una zona específica.

Por ejemplo en líneas de distribución eléctrica se tiene los seccionadores, para evaluarlos es importante realizar un análisis de áreas en cada seccionador.

Figura 36. Análisis de áreas

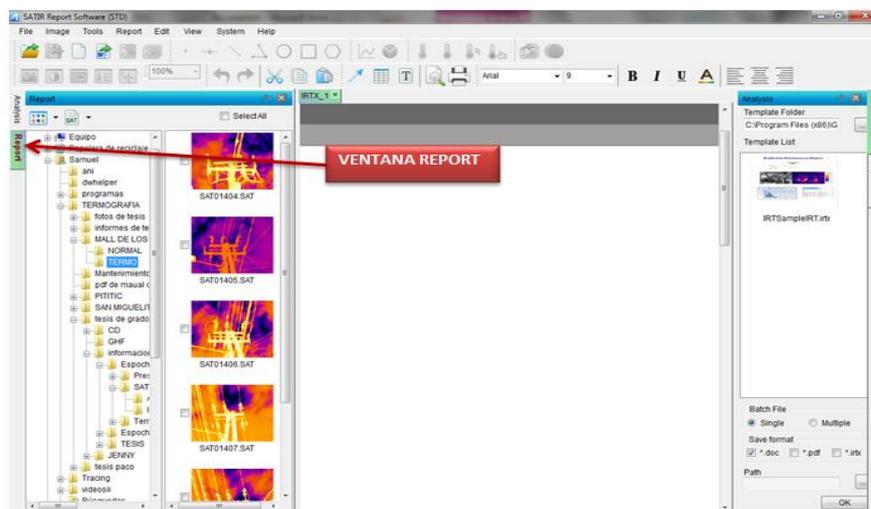


Fuente: Autores

2.14.9 Proceso de análisis de una imagen termográfica.- Para analizar una imagen termográfica se deberá realizar los siguientes pasos:

2.14.9.1 Abrir una carpeta desde la ventana **Report**, seleccionar la imagen térmica que se desea analizar.

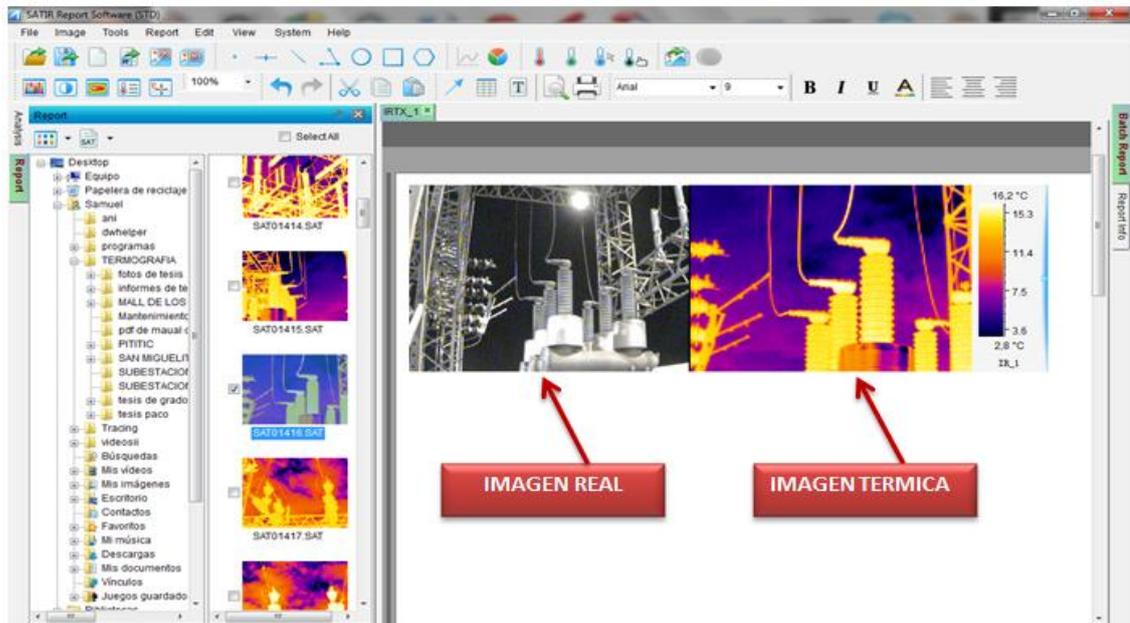
Figura 37. Ventana para abrir una imagen de análisis



Fuente: SatirReport software

2.14.9.2 Una vez seleccionada la imagen se abran dos imágenes la real y la térmica.

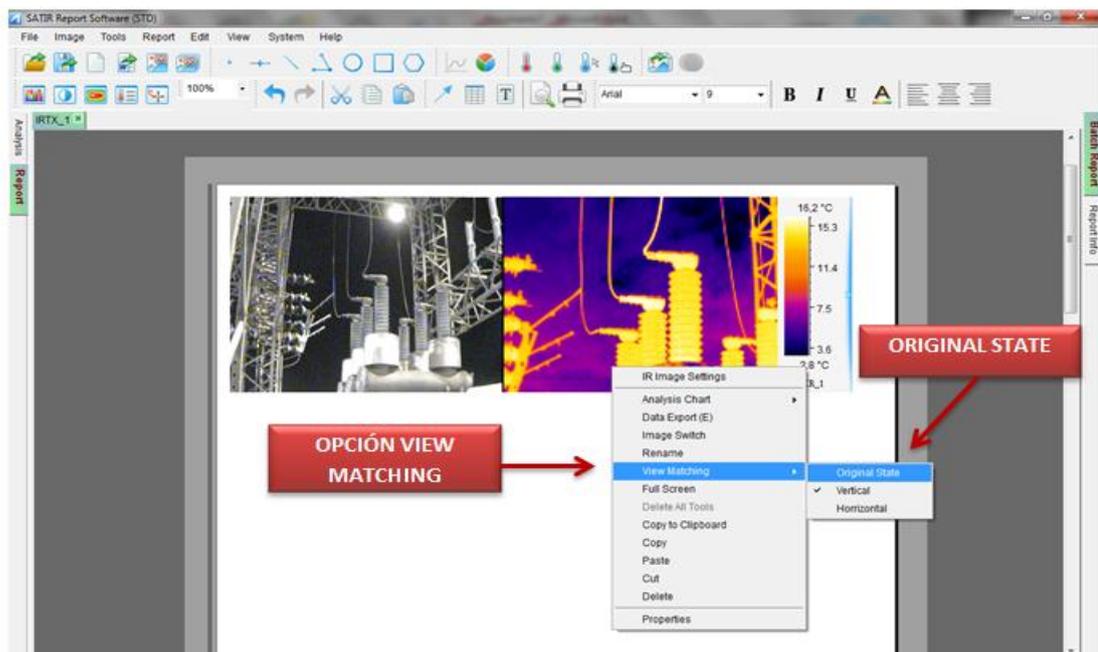
Figura 38. Imagen real y térmica.



Fuente: SatirReport software

2.14.9.3 Luego se procede a dar click derecho sobre la imagen térmica, se selecciona la opción **View matching** → **Original state**

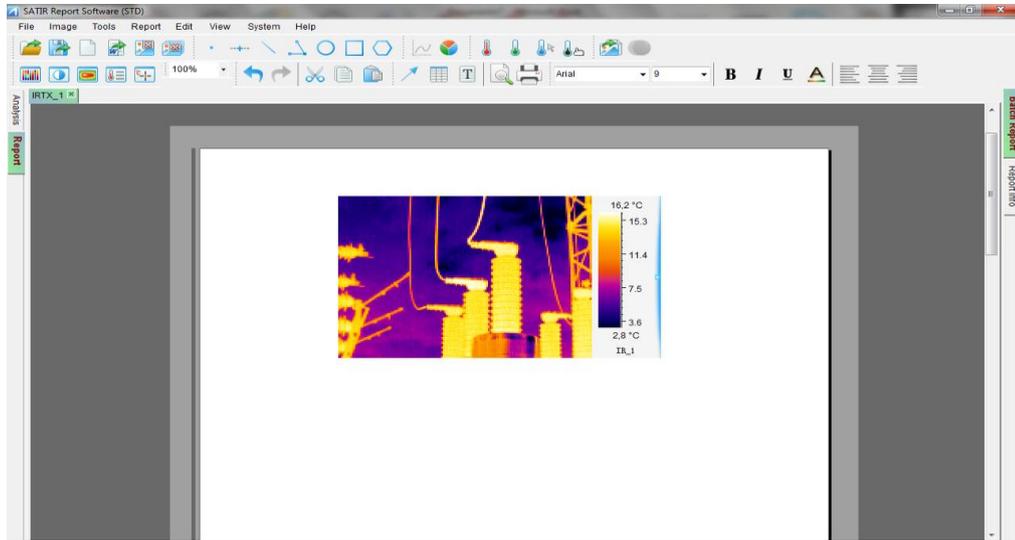
Figura 39. Original state.



Fuente: SatirReport software

2.14.9.4 A continuación se observa que solo aparece la imagen térmica con la cual se realizara el análisis.

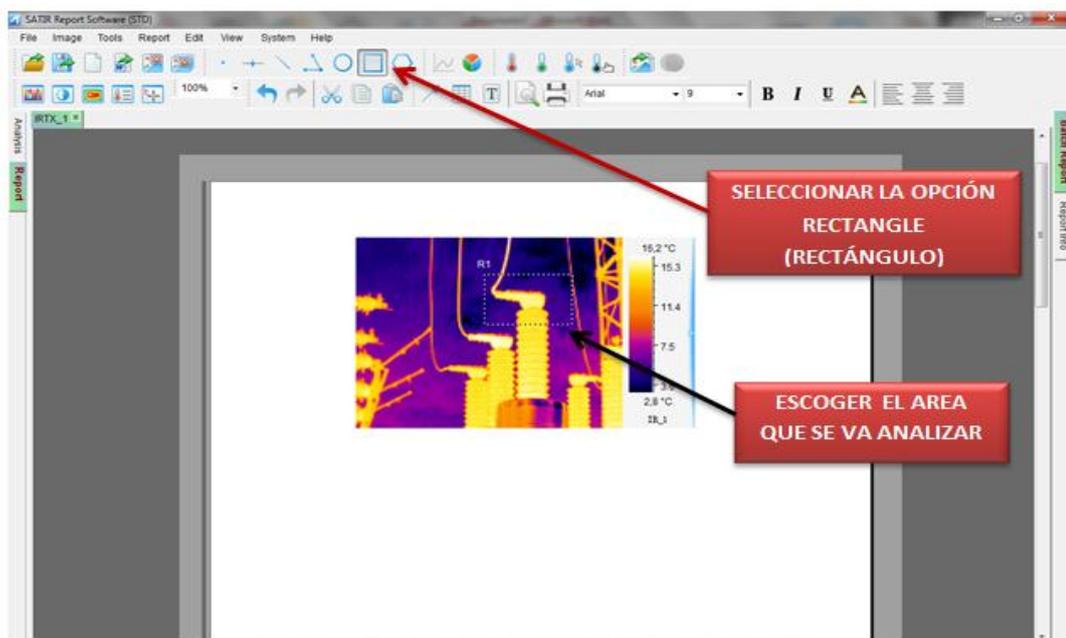
Figura 40. Imagen térmica.



Fuente: SatirReport software

2.14.9.5 Para realizar el análisis de área se elige en la parte superior de las herramientas la opción **Rectangle**  , con el cursor se procede a colocarlo en el área que se pretende efectuar el análisis.

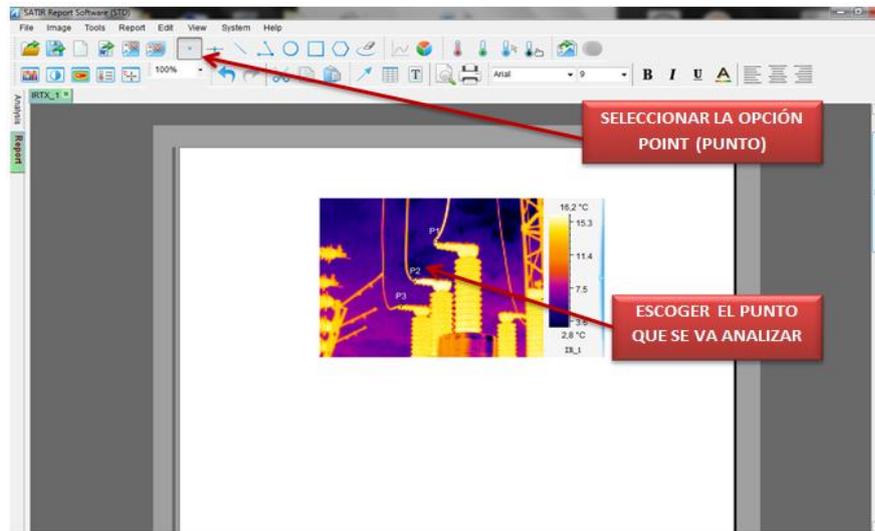
Figura 41. Análisis de áreas.



Fuente: SatirReport software

2.14.9.6 Para hacer el análisis mediante puntos se realiza las mismas operaciones que el paso anterior, solo que en vez de **Rectangle**  se selecciona el **Point** .

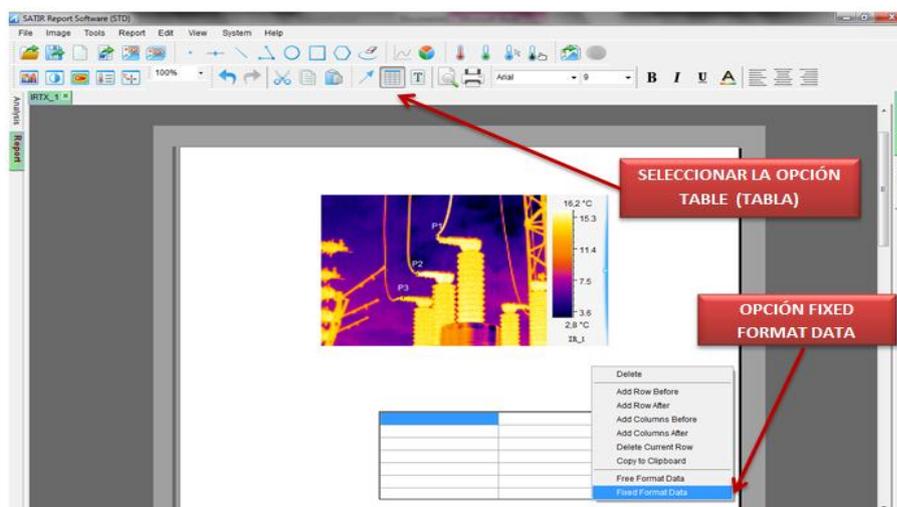
Figura 42. Análisis de puntos.



Fuente: SatirReport Software

2.14.9.7 Una vez seleccionada las áreas y los puntos se procede a elaborar la tabla donde se mostraran los valores indicados de temperatura. Para elaborar la tabla se elige en la parte superior de las herramientas la opción **Table** . Sobre la tabla que aparecerá se procede a dar click derecho para seleccionar la opción **Fixed format data**.

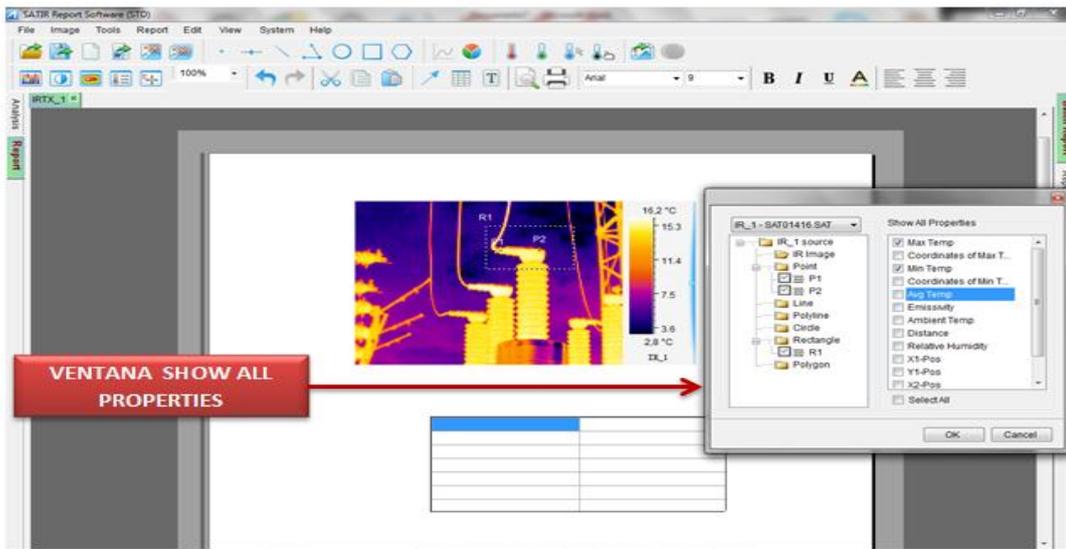
Figura 43. Elaboración de la tabla de valores de temperatura.



Fuente: SatirReport software

2.14.9.8 A continuación se mostrara la ventana **Show all properties** que contiene varias opciones, de las cuales se elegirán según las necesidades del análisis, para este ejemplo solo se seleccionara las opciones que se encuentran dentro de los puntos y las áreas.

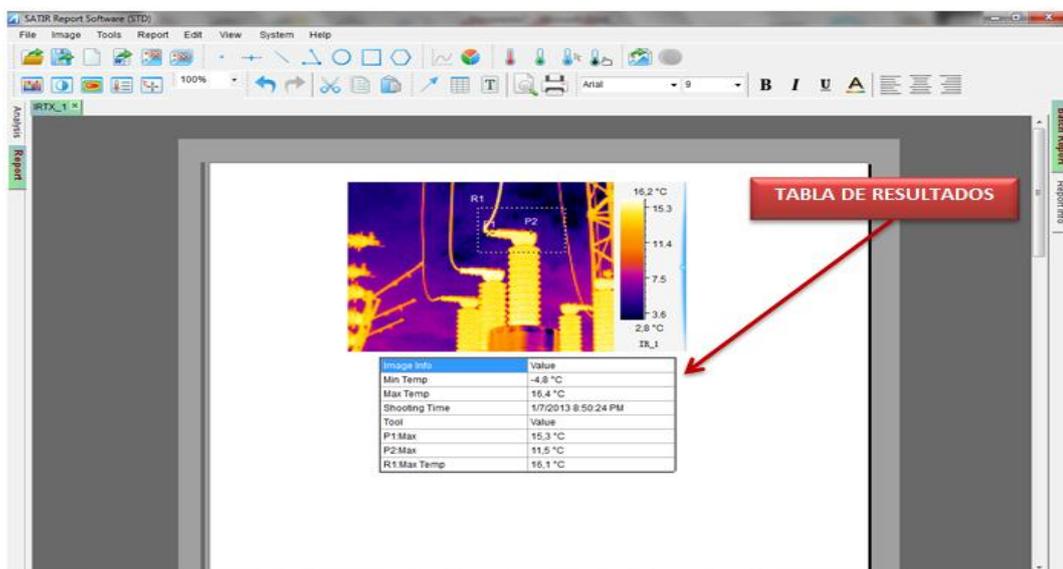
Figura 44. Ventana que contiene varias opciones.



Fuente: SatirReport Software

2.14.9.9 Finalmente se obtendrá los resultados esperados en la tabla de cada área y punto elegido, para posteriormente evaluar las condiciones del elemento inspeccionado.

Figura 45. Tabla de resultados de cada área y punto.



Fuente: SatirReport software

CAPÍTULO III

3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EQUIPOS DE SUBESTACIÓN Y ALIMENTADOR.

Se realizara un plan de mantenimiento predictivo mediante barrido termográfico en la subestación Oriente y alimentador Totoras de la EEASA., en base a reportes termográficos, con la finalidad de minimizar el riesgo de una falla en los equipos y componentes, para garantizar un suministro continuo de energía eléctrica, evitando paros no programados que representarían pérdidas económicas a la empresa eléctrica Ambato S.A.

En equipos de una subestación y líneas de distribución eléctrica normalmente se producen problemas relacionados con alta resistencia eléctrica, cortocircuitos, circuitos abiertos, calentamiento por inducción, armónicos, desequilibrio de la carga, sobrecarga y mal ajuste en los contactos de los seccionadores, los cuales son generalmente detectados por la termografía.

3.1 Criterios de diseño para el mantenimiento predictivo basado en termografía

Al momento de definir criterios de diseño para el mantenimiento predictivo se debe analizar los parámetros bajo los cuales ocurren las fallas, la magnitud de estas para luego evaluar la severidad de las mismas.

Dentro del campo de la termografía se usa el criterio de delta de temperatura, que básicamente determina la diferencia de temperaturas entre dos puntos uno que esté operando en condiciones normales más conocido como punto de referencia y otro que presente fallas.

3.1.1 Inspector de termografía.- El termografista debe saber el proceso de funcionamiento de los diferentes sistemas a ser inspeccionados, es decir procesos tales como eléctricos, mecánicos, aislamientos, etc.

Para inspecciones eléctricas se recomienda la presencia de un electricista que conozca del tema para identificar y descubrir los equipos que van a ser inspeccionados.

El termografista por precaución nunca debe efectuar ninguna tarea en los sistemas eléctricos, los únicos que están autorizados de maniobrar es el personal eléctrico de la planta.

El inspector para efectuar un trabajo de termografía deberá ser certificado y calificado caso contrario no puede realizar trabajos de termografía, todas estas certificaciones están regidas por normas internacionales tales como:

- Certificación obtenida bajo el estándar de la ASNT (American society for nondestructive testing) SNT-TC-1A – Práctica recomendada – calificación y certificación de personal en pruebas no destructivas
- Certificación obtenida siguiendo algunas de las partes de las normas ISO (International organization for standardization) 18434 y 18436 – Condiciones de vigilancia y diagnóstico de máquinas
- Certificación obtenida bajo la norma EN 473 actualmente fusionada con la ISO 9712 – Ensayos no destructivos – Calificación y certificación de personal para END

Todas las certificaciones (sin importar bajo que estándar o norma se realice) clasifican con niveles del 1 (menor cualificación) al 3 (mayor cualificación) a las personas certificadas, según su cualificación y el alcance de sus competencias.

La mayoría de las certificaciones en termografía son emitidas bajo estos estándares o normas, reconocidas en la mayoría de países. Trabajos y competencias según el nivel obtenido.

Nivel I

- Configurar y ajustar la cámara termográfica para la toma datos.
- Realizar medidas termográficas (toma de datos)
- Registrar y clasificar los datos obtenidos
- Detección de fallos o anomalías básicas

- Realización de informes básicos
- No dependerá del personal de nivel I la elección del equipo o técnica a utilizar en los trabajos ni de la evaluación de los ensayos.

Los trabajos realizados por un certificado de nivel I deberán ser supervisados por personal de nivel II o superior.

Nivel II

- Podrá realizar todos los trabajos de un nivel I
- Supervisar los trabajos de un nivel I
- Seleccionar las técnicas a emplear y conocer sus limitaciones
- Elección de los equipos
- Realizar diagnósticos de fallos y recomendar acciones correctoras
- Realizar mediciones avanzadas
- Preparar instrucciones escritas según las normas o especificaciones
- Realización de informes con indicaciones sobre las anomalías detectadas

Nivel III

- Desarrollar procedimientos, métodos y programas
- Dar asistencia a los niveles inferiores
- Establecer criterios de severidad
- Interpretar y evaluar normas e instrucciones
- Conocimientos de otras técnicas de END

A grandes rasgos y siempre a criterio del empleador o empresa contratante, estas son las competencias básicas para cada uno de los niveles.

Las normas o estándares empleados por las entidades de certificación pueden exigir que se acredite cierta experiencia para el reconocimiento de dicha certificación, esta experiencia puede ser exigida por la propia entidad de certificación (ISO) o también exigida por el propio empleador (ASNT), así como periodos de re-certificación transcurridos unos años, para cada uno de los niveles.

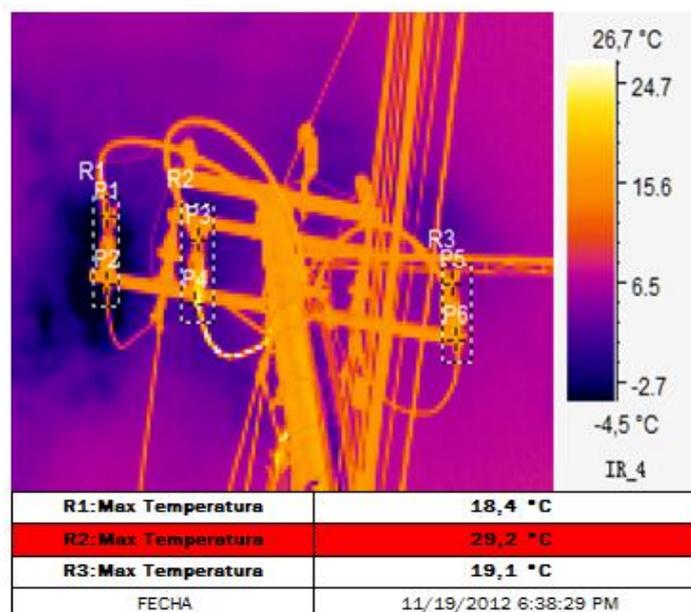
3.1.2 Técnicas de inspección [FLUKE].- Al momento de realizar inspecciones termográficas los termógrafos pueden utilizar tres métodos de inspecciones como son el de termografía comparativa, el de termografía inicial y el de tendencia térmica. Con cualquiera de los tres métodos se pueden obtener excelentes resultados siempre y cuando se utilice una adecuada aplicación.

3.1.2.1 Termografía comparativa.- La termografía comparativa es un proceso utilizado por los termógrafos para comparar componentes similares en condiciones similares para evaluar el estado del equipo que se está inspeccionando.

Cuando la termografía comparativa se utiliza de forma apropiada y correcta, las diferencias entre los equipos evaluados suelen ser indicadoras de su estado. La termografía cuantitativa es la termografía que incluye temperaturas radiométricas. La termografía cualitativa es la termografía que no incluye temperaturas radiométricas.

Es vital establecer el margen de error aceptable antes de empezar una inspección y trabajar con cuidado para no salirse de esos límites. Es esencial una formación básica y de carácter práctico en transferencia de calor y pericia en el uso de cámaras termográficas para comprender la termografía cuantitativa.

Figura 46. Termografía comparativa aplicada en líneas de distribución de media tensión



Fuente: Autores

3.1.2.2 Termografía inicial.- Una inspección inicial pretende establecer un punto de referencia del equipo cuando funciona en condiciones normales y sin problemas. Es muy importante determinar el estado del equipo normal o deseado y utilizarlo como firma térmica inicial con la que se compara imágenes posteriores.

Por ejemplo, después de montar un motor y ponerlo en funcionamiento normal, es probable que cualquier diferencia en la firma térmica se pueda ver en las imágenes térmicas posteriores.

3.1.2.3 Tendencia térmica.- La tendencia térmica es un proceso utilizado por el termógrafo para comparar la distribución de la temperatura en el mismo componente en función del tiempo.

La tendencia térmica se utiliza sobre todo en la inspección de equipos mecánicos en los que las firmas térmicas habituales pueden resultar complejas. También es útil cuando las firmas térmicas con las que se detectan las averías se suelen desarrollar con lentitud. Por ejemplo, se puede utilizar la tendencia térmica cuando se controla el rendimiento de un aislamiento refractario (a alta temperatura) en un vagón de tren especial a lo largo del tiempo para establecer el horario óptimo para las paradas de mantenimiento.

3.2 Descripción de la subestación Oriente

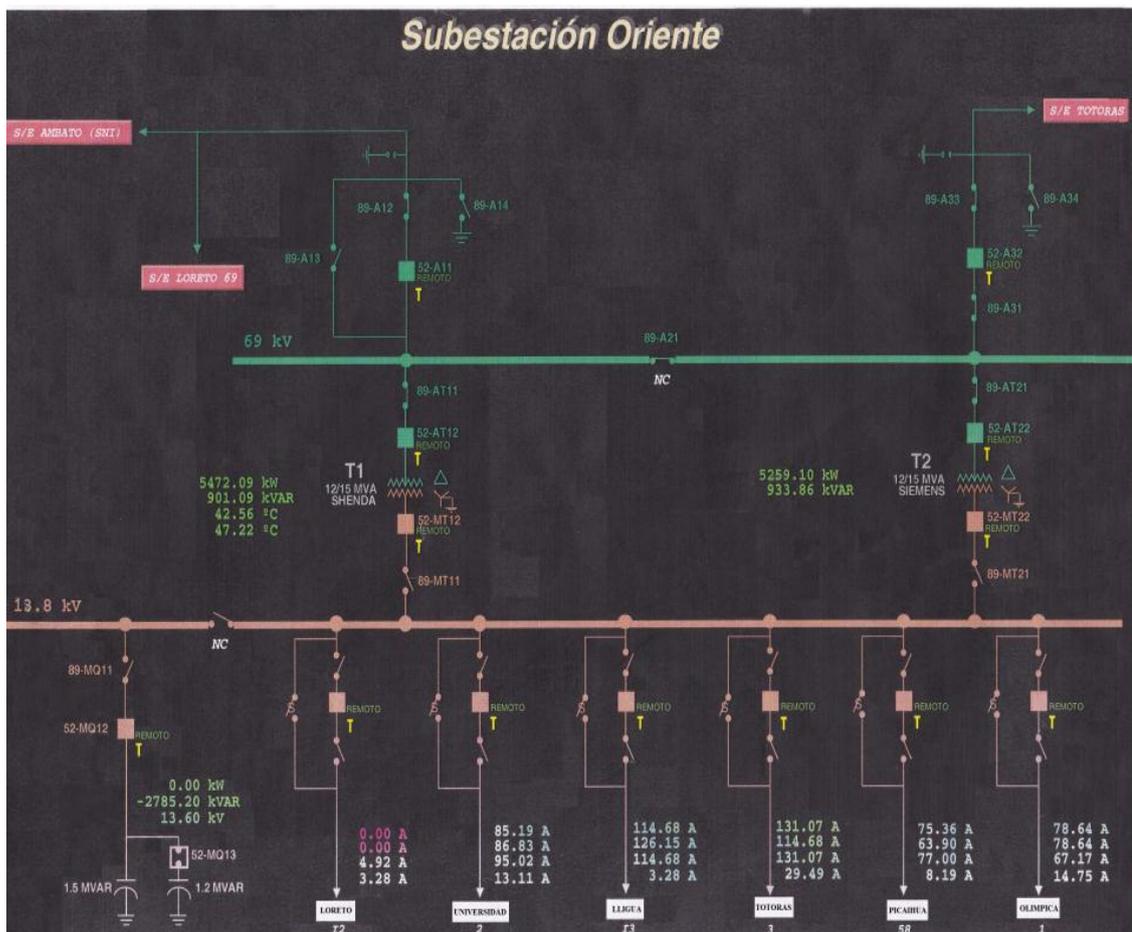
La subestación Oriente se encuentra localizada en la provincia de Tungurahua perteneciente a la ciudad de Ambato, en la Av. Bolivariana frente al colegio Guayaquil. Esta subestación tiene dos transformadores de potencia con capacidades de 12/15 MVA que suministran energía eléctrica a 6 alimentadores primarios de media tensión a nivel de 13,8 kV, los cuales son Olímpica, Picaihua, Totoras, Oriente Lligua, Universidad y Oriente Loreto. Los mismos sirven para distribuir energía eléctrica a una parte periférica de la ciudad, que comprende sectores residenciales, comerciales e industriales.

La subestación Oriente en su interior posee equipos digitales y electrónicos para el registro de sus variables, los 6 alimentadores poseen registradores electrónicos que indican datos técnicos de corriente, voltajes, frecuencia, potencias y factor de potencia.

Además su diseño constituye: pararrayos, interruptores de potencia, seccionadores tripolares, barras colectoras conectados a 69 Kv y 13,8 Kv, posee un banco de capacitores que permiten mejorar el factor de potencia de la subestación. La superficie está cubierta de balasto de construcción (piedra triturada), por seguridad cumple la función de drenar el agua de lluvia para no formar lagunas. La subestación Oriente se energiza a 69 kv y esta interconectada con la Subestación Totoras y Ambato.

Normalmente la subestación Totoras alimenta a la subestación Oriente, por cuestiones de mantenimiento se desconecta del suministro Totoras y entra en funcionamiento la subestación Ambato.

Figura 47. Diagrama unifilar de la subestación Oriente EEASA



Fuente: EEASA.

3.2.1 Temperatura máxima permitida en equipos de una subestación [9].- Se realiza una generalización apropiada para determinar la temperatura máxima permitida que englobe a los equipos de una subestación.

3.2.1.1 Transformador.- La temperatura del transformador está directamente relacionada con la duración de los materiales de aislamiento. La tabla 4 muestra las temperaturas máximas a las que un transformador puede operar normalmente.

Tabla 4. Temperaturas máximas para un transformador

Función	Temperatura máxima	
Permitir el flujo máximo de potencia sin exceder pérdidas normales de operación	Conexiones	60 °C
	Tanque	80 °C
	Refrigeración	40 °C sobre T ambiente

Fuente: Tesis, mantenimiento predictivo de transformadores de potencia según la técnica de mantenimiento centrado en la confiabilidad por Medina Valarezo, Santiago Enrique, 2006.

3.2.1.2 Conectores de equipos [10].- Conocer la temperatura máxima permisible para un componente en particular de una subestación es siempre esencial, pero no siempre los fabricantes proporcionan dicha información. La tabla 5 hace referencia a los límites de temperatura de contactos y conexiones para los equipos de una subestación.

Tabla 5. Límites de temperaturas para contactos y conexiones al aire libre.

Límites de Temperatura para Equipos en Alto Voltaje		Temperatura máxima
Contactos al aire libre	Cobre o aleación de cobre desnudo Plateados o niquelados Estañados	75 °C 105 °C 90 °C
Conexiones mediante pernos al aire libre	Cobre desnudo, aleación de cobre o aleación de aluminio Plateados o niquelados Estañados	90 °C 115 °C 105 °C

Fuente: Universidad nacional de Córdoba, elementos y equipo eléctricos, guía para la ejecución de informes de laboratorio, ensayos de seccionadores.

3.3 Descripción del alimentador primario de media tensión Totoras

El alimentador “Totoras” es un conjunto de redes de distribución eléctrica, que pertenece a la subestación Oriente, está constituido de troncal y ramal, tiene una considerable carga instalada cubre un área de servicio específica de 70 km², ubicado en la zona rural de la ciudad de Ambato, el circuito suministra energía eléctrica al sector

sur-oeste por lo que es considerado representativo para el sistema. El primario de media tensión se encuentra energizado con un voltaje nominal de 13.8 Kv.

3.3.1 Clasificación de sectores del alimentador Totoras [11].- El alimentador presta servicio a una cantidad aproximada de 5947 clientes, distribuidos en los siguientes sectores:

Sector urbano:

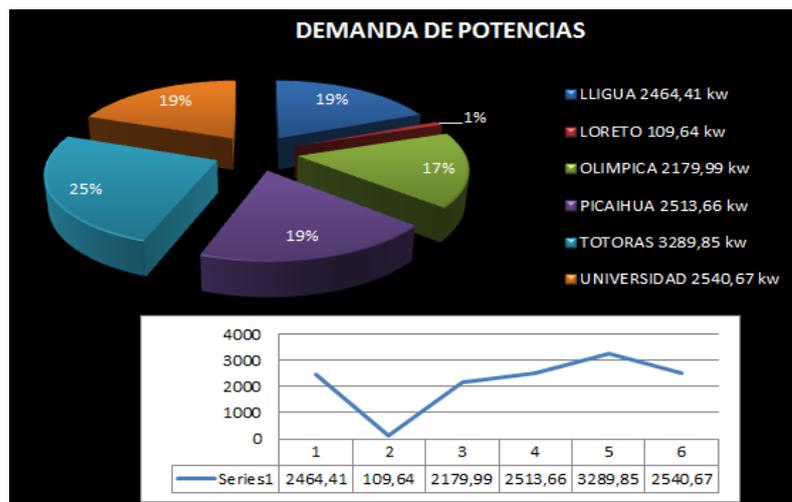
- Parroquia de Huachi Loreto: Barrios American Park, Santo Suelo, La Bolivariana, La Joya.

Sector rural:

- Parroquia de Pishilata: Barrios Techo Propio, Las Viñas.
- Parroquia Picaihua: Barrios San Pedro, El Calvario, Tiugua, San Vicente, Tangaiche, San Juan, La Atarazana, 10 de Agosto, Shuyurco, San Pablo, Terremoto, Santa Cruz, Rumichaca Chico, La Floresta, San Jorge, Campo Alegre, La Dolorosa, San Luis, Control Oriente.
- Parroquia Huachi Grande: Barrios San Francisco, Huachi Gran Poder, Huachi La Florida, El Porvenir, Huachi Totoras, Huachi Cristal La Dolorosa, El Empalme.
- Parroquia Totoras: Barrios El Recreo, Santa Rita, San José, Palagua, La Libertad, San Francisco, La Florida, Jesús del Gran Poder, Cochapamba.

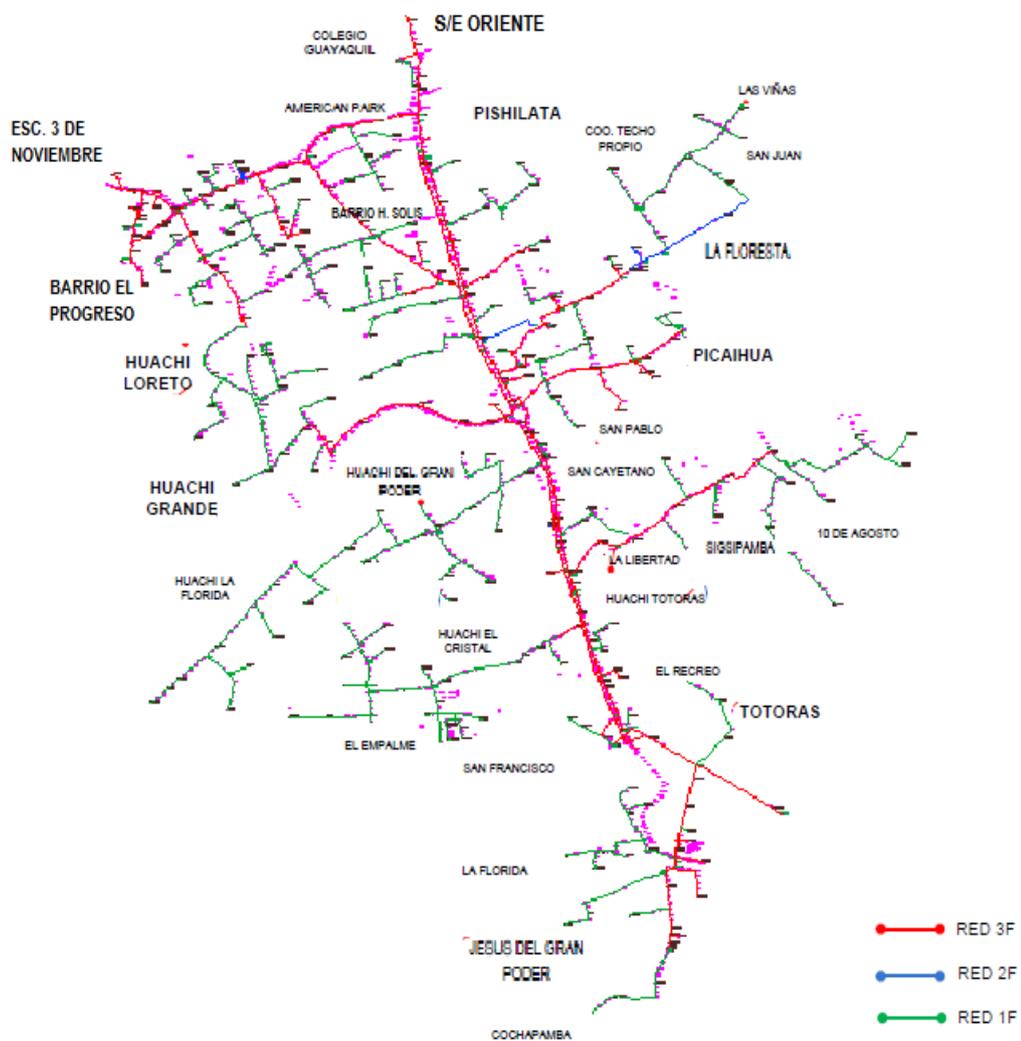
3.3.2 Demanda energética registrada.- El 17 de enero del 2013 a las 20:15pm el Alimentador Totoras alcanzo una demanda máxima de 3289.85 Kw y dado que la subestación Oriente tuvo en ese mismo día una demanda máxima de 13229.56 Kw entonces estadísticamente el alimentador represento el 25% de la demanda máxima de la subestación. Como se observa en la figura 48 el alimentador Totoras posee la mayor demanda energética con respecto a los otros alimentadores.

Figura 48. Porcentajes de demandas de los alimentadores en la subestación Oriente.



Fuente: Autores

Figura 49. Esquema del primario de media tensión Totoras



Fuente: Autores

3.4 Proceso de inspección [12]

Para obtener resultados satisfactorios es necesario realizar una serie de procedimientos y requisitos previos. Antes de efectuar una inspección termográfica se debe tener en cuenta muchos factores que influyen tales como el medio ambiente, disponibilidad de equipo, personal calificado y materiales adecuados.

3.4.1 *Requerimientos previos antes de ingresar a la subestación*

- Se debe contar con personal calificado de la empresa como operador de la subestación o jefe de mantenimiento.
- Adquirir las respectivas órdenes de trabajo para efectuar la inspección, firmado por el responsable de la subestación.
- Antes de llevar a cabo la inspección térmica, el termógrafo debería pasar previamente por la ruta de inspección planificada para verificar su eficiencia y para identificar los riesgos potenciales de seguridad.
- El termógrafo debe ser certificado y tener el EPP adecuado.

3.4.2 *Materiales y equipos necesarios al momento de realizar la inspección*

- Cámara termográfica debidamente calibrada para una medición exacta. Los parámetros que se deben calibrar son: emisividad del objeto a analizar, temperatura ambiente, distancia entre el objeto y la cámara, humedad relativa.
- Cámara digital con alta resolución para una mejor apreciación de la imagen normal.
- Linterna para inspecciones en la noche.

3.4.3 *Cuando no se debe realizar termografía*

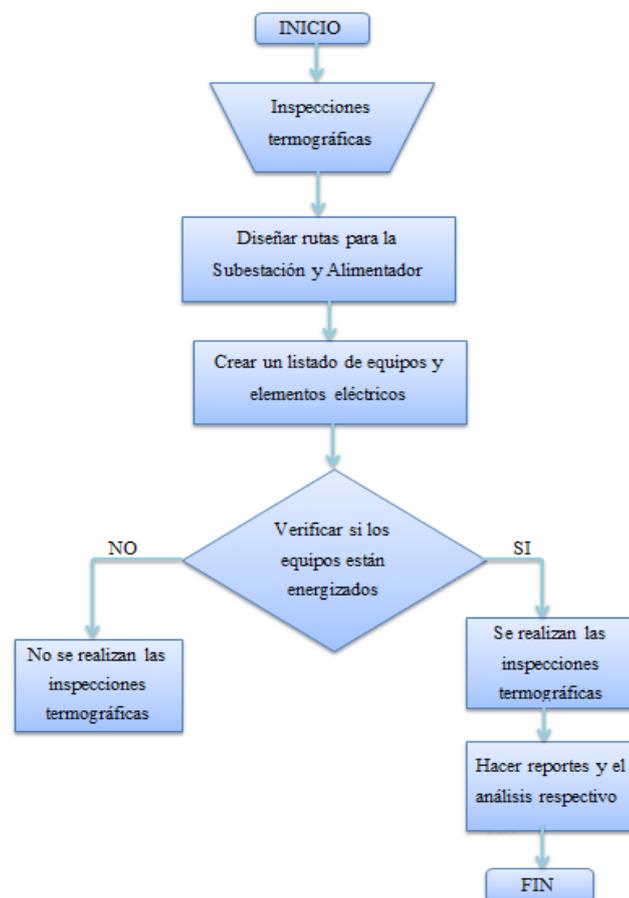
- Durante días de mucha intensidad solar, para evitar tomas defectuosas a causa de reflejos o concentración de energía solar en los elementos.
- Evitar inspecciones con velocidad del viento por encima de los 20 Km/h para ello se debe utilizar un anemómetro.
- No realizar inspecciones por debajo del 50% de la demanda máxima de la carga.
- Evitar realizar inspecciones con una humedad relativa superior al 90%.

- No efectuar inspecciones en días de lluvia caso contrario esperar una hora después que haya terminado la lluvia para empezar la inspección.

3.4.4 *Procesos para realizar inspecciones termográficas en la subestación y alimentador*

- Diseñar una ruta de inspección de acuerdo con el diagrama unifilar de la subestación.
- Diseñar una ruta de inspección a lo largo de la troncal del alimentador Totoras para evaluar los seccionadores más críticos que afectarían al sistema.
- Una vez definida las rutas crear un listado de los equipos a inspeccionar.
- Verificar que la subestación y las redes de distribución están energizadas.
- La inspección termográfica y visual, se realizara desde el principio de las redes, ósea comenzando desde la fuente hasta la carga.
- Realizar reportes y su análisis respectivo.

3.4.4.1 *Diagrama de flujo del proceso termográfico.*



Fuente: Autores

3.4.5 Procedimiento cuando se detecte puntos calientes

- El termógrafo, una vez identificado un problema, este debe ser revisado desde diversas perspectivas para obtener más información, y para confirmar que el diagnóstico sea correcto. Esto con la finalidad de desaparecer cualquier reflejo.
- Realizar un buen enfoque en la cámara para mejorar la imagen a fin de evitar errores de lectura.
- Obtener la imagen térmica del punto de la anomalía que sea visible, además se debe apreciar la temperatura del punto de referencia.
- Aproximarse lo máximo posible al elemento que posee la anomalía para obtener una imagen de mejor calidad, respetando las distancias de seguridad de la tabla 6.
- Una vez identificado los puntos calientes se debe realizar un reporte con su respectivo análisis para que el grupo de mantenimiento preventivo realice la reparación adecuada.
- Una vez corregidas las anomalías se debe realizar otra inspección termográfica para garantizar que las deficiencias hayan desaparecido. Si la anomalía persiste, se debe emitir otro informe, con la observación de que el punto fue atendido.

Tabla 6. Distancia mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica.

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
601-2500	0,90	1,2	1,5
2501-9000	1,2	1,5	1,8
9001-25000	1,5	1,8	2,7
25001-75 kV	1,8	2,4	3,0
más de 75 kV	2,4	3,0	3,6

Las condiciones son las siguientes:

- 1.** Partes vivas expuestas en un lado y no activas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a no más de 300 V.
- 2.** Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado. Las paredes de concreto, tabique o azulejo se consideran superficies conectadas a tierra.
- 3.** Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Fuente: NORMA oficial mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones eléctricas

(utilización), segunda edición, secretaria de energía.pdf

3.4.6 *Equipo de seguridad personal utilizada dentro de una subestación.*- Todo el personal con acceso autorizado a las instalaciones de una subestación, debe seguir estrictas normas de seguridad. Estas incluyen usar casco, zapatos, gafas de seguridad y guantes especiales de goma para aislar las manos de la carga eléctrica. Todo el equipo de seguridad debe estar aprobado para su uso en áreas con niveles de voltaje igual a los registrados en la subestación antes de permitir la entrada de personal.

Figura 50. Equipo de seguridad personal



Fuente: Autores

3.4.7 *Valoración de severidad de los puntos calientes encontrados [13].*- El sistema de valoración que se ha usado es el comparativo, este criterio de evaluación de las anomalías termográficas es a través de la diferencia de temperatura (ΔT) que existe, entre la temperatura monitoreada y la temperatura normal o referencia (temperatura ambiente, equipos de iguales características, o sometidos a las mismas condiciones, etc.). Por lo tanto se tiene:

$$\Delta T = T_{\text{monitoreada}} - T_{\text{normal}}$$

En el presente trabajo se utilizara la norma NETA-NETA MTS-2001 para pruebas de mantenimiento de los sistemas de distribución de energía eléctrica, que será de gran ayuda para evaluar la severidad de anomalías en líneas de distribución y subestaciones. En la tabla 7 es una comparación entre algunos de los estándares conocidos.

Tabla 7. Comparación de severidades de algunas normas internacionales.

Severidad	Ref.	NETA (°C)	US NAVY (°C)	NMAC (°C)	Nuclear (°C)	CES (°C)
BAJA	ΔT_{ref}	1-3	10-24	0,5-8	5-15	14-20
	ΔT_{amb}	1-10				
MEDIA	ΔT_{ref}	4-15	25-39	9-28	16-35	21-60
	ΔT_{amb}	11-20				
ALTA	ΔT_{ref}	NA	40-69	29-56	36-75	
	ΔT_{amb}	21-40				
CRÍTICA	ΔT_{ref}	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	ΔT_{amb}	> 40				

Fuente: <http://juno.unifei.edu.br/bim/0032852.pdf>

- NETA-NETA MTS-2001 [14], “Maintenance testing specifications for electric power distribution systems”, NETA-international electrical testing association.
- US NAVY-MIL-STD-2194 (SH) “Infrared thermal imaging survey. Procedure for electrical equipment”; Naval sea systems command 02/1988.
- NMAC-Nuclear maintenance applications center-infrared thermography Guide (NP-6973), EPRI Research reports center.
- Nuclear-nuclear industry guidelines - (IR-F/H/V-200, rev. 1).
- CES guidelines-overhead electrical wiring.

Con la referencia de severidad de la Tabla 7, las medidas que se deben adoptarse y el plazo para ejecutarlo se definen como:

- **BAJA:** Verificar en el siguiente mantenimiento programado.
- **MEDIA:** Corregir en el siguiente mantenimiento programado.
- **ALTA:** Intervención de urgencia observando las restricciones operativas del sistema.
- **CRÍTICA:** Intervención inmediata.

3.4.8 Procesos para reajustar un conector.- Los conectores de alta tensión son dispositivos encargados de la interconexión entre dos o más cables conductores o entre cables conductores y terminales de equipos en subestaciones de electricidad o líneas de transmisión de energía, su función principal es la de permitir el flujo de corriente entre los elementos interconectados con las mínimas pérdidas de energía y con la mínima variación de sus propiedades mecánicas y eléctricas.

En termografía un conector mal ajustado representa un punto caliente dando origen al incremento de temperatura en el terminal, provocando la variación de las propiedades físicas y químicas del material (desgaste, oxidación, fisuras, etc.).

Es de gran importancia efectuar un buen ajuste al momento de realizar montajes en redes de distribución o subestaciones para evitar la presencia de puntos calientes.

Al momento de encontrar un punto caliente producido por un mal ajuste es necesario realizar acciones preventivas que permitan eliminar la anomalía, en el caso de conectores el respectivo reajuste con personal técnico altamente calificado para trabajos en caliente.

3.4.9 Frecuencias de inspección termográfica en subestaciones y alimentadores.- Las frecuencias de inspección en subestaciones y líneas de distribución dependerá de la particularidad de cada empresa, a través de su área de supervisión y mantenimiento.

Se debe tener en cuenta que las inspecciones realizadas con periodicidad favorecen la detección de anomalías térmicas en las etapas iniciales, lo que permite realizar mantenimientos programados, mientras que, con periodicidad a largo plazo puede encontrar defectos en las etapas críticas que requieren mantenimiento de urgencia.

Muchos termografistas caen en el error de inspeccionar una vez al año. ¡Esto es un error! Las frecuencias óptimas para la inspección deben ser determinadas por las necesidades de los activos del equipo.

Algunas circunstancias el uso, carga pesada o un mantenimiento pobre, pueden sugerir una frecuencia acelerada de la inspección.

Se recomienda realizar inspecciones termográficas de 3 a 6 meses para monitorear las posibles anomalías térmicas dentro de los elementos de la subestación y alimentadores.

Por el costo elevado de los componentes de una subestación es de vital importancia realizar inspecciones a corto plazo para garantizar el suministro continuo de energía evitando pérdidas económicas a la empresa.

La realidad de con qué frecuencia las inspecciones ocurrirán realmente es manejado típicamente por fuerzas externas obtener el presupuesto es el principal asunto.

Tabla 8. Frecuencias según el grado de severidad.

GRADO DE SEVERIDAD	PRÓXIMA INSPECCIÓN
BAJA	Cada 6 meses
MEDIA	Cada 3 meses
ALTA	Cada mes
CRÍTICA	Corregir urgentemente

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE Y ALIMENTADOR TOTORAS

4.1 Rutas de inspección de la subestación Oriente

Los elementos que se han revisado mediante termografía para comprobar su estado son los siguientes:

Tabla 9. Rutas de inspección de la subestación Oriente.

ITEMS	INTERCONEXION	EQUIPO O ELEMENTO	VOLTAJE (Kv)
1	Interconexión S/E Totoras	Conectores entrada	69
2	Interconexión S/E Totoras	Pararrayos entrada	69
3	Interconexión S/E Totoras	Seccionador tripolar 89-A33	69
4	Interconexión S/E Totoras	Interruptor 52-A32	69
5	Interconexión S/E Totoras	Seccionador tripolar 89-A31	69
6	Inter. con barras colectoras	Seccionador tripolar 89-AT21	69
7	Inter. con barras colectoras	Interruptor de potencia 52-AT22	69
8	Inter. con barras colectoras	Transformador de potencia T2 SIEMENS	69
9	Inter. con salida de T2	Interruptor 52-MT22	13,8
10	Inter. con salida de T2	Seccionador barras 89-MT21	13,8
11	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras entrada Olímpica	13,8
12	Inter. con barras colectoras	Interruptor Olímpica	13,8
13	Inter. con interruptor Olímpica	Seccionador barras salida Olímpica	13,8
14	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras entrada Picaihua	13,8
15	Inter. con barras colectoras	Interruptor Picaihua	13,8
16	Inter. con interruptor Picaihua	Seccionador barras salida Picaihua	13,8
17	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras entrada Totoras	13,8
18	Inter. con barras colectoras	Interruptor Totoras	13,8
19	Inter. con interruptor Totoras	Seccionador barras salida Totoras	13,8
20	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras entrada Lligua	13,8
21	Inter. con barras colectoras	Interruptor Lligua	13,8
22	Inter. con interruptor Lligua	Seccionador barras salida Lligua	13,8
23	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras entrada Universidad	13,8
24	Inter. con barras colectoras	Interruptor Universidad	13,8
25	Inter. con interrup. Universidad	Seccionador barras salida Universidad	13,8
26	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras entrada Loreto	13,8

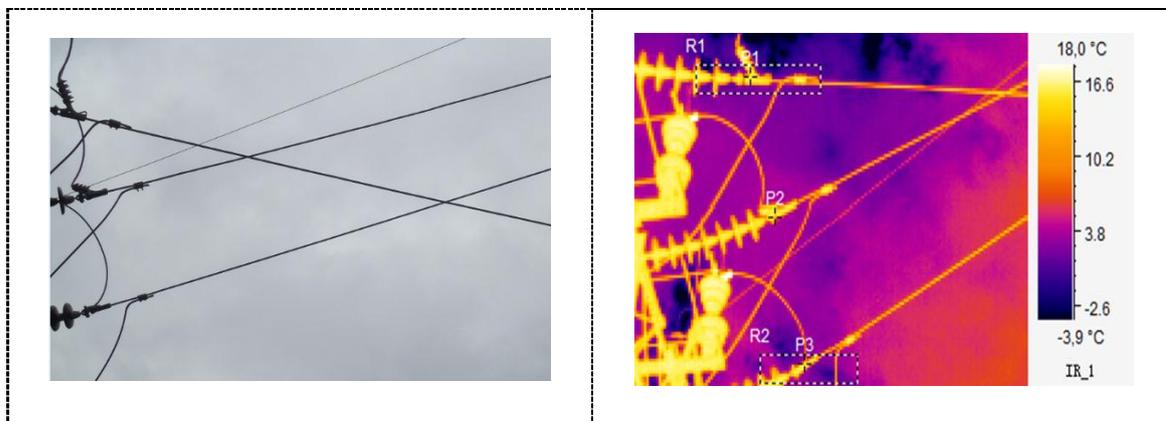
27	Inter. con barras colectoras	Interruptor Loreto	13,8
28	Inter. con interruptor Loreto	Seccionador barras salida Loreto	13,8
29	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras NC	13,8
30	Inter. con barras colectoras	Seccionador barras 89-MQ11	13,8
31	Inter. con barras colectoras	Interruptor 52-MQ12	13,8
32	Inter. con interruptor 52-MQ12	Banco de condensadores M52-MQ13	13,8
33	Inter. con barras colectoras	Seccionador tripolar 89-A21	69
34	Interconexión S/E Ambato	Seccionador tripolar 89-A12	69
35	Interconexión S/E Ambato	Interruptor 52-A11	69
36	Inter. con barras colectoras	Seccionador tripolar 89-AT11	69
37	Inter. con barras colectoras	Interruptor de potencia 52-AT12	69
38	Inter. con barras colectoras	Transformador de potencia T1 SHENDA	69
39	Inter. con salida de T1	Interruptor 52-MT12	13,8
40	Inter. con salida de T1	Seccionador barras 89-MT11	13,8

Fuente: Autores

4.1.1 Inspecciones en la subestación Oriente en la noche.- El barrido termográfico se lo realizo en horario nocturno el 07 de febrero del 2013, considerando los siguientes parámetros: distancia de 6m, emisividad de 0,95, humedad relativa de 80% y temperatura ambiente de 12°C.

- Ubicación: EEASA – S/E Oriente
Elemento: Conectores entrada
Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 51. Conectores



Fuente: Autores

Tabla 10. Conectores

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-19,9 °C	
Max Temp	29,0 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:14:20 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	15,4 °C	
P2:Max(Tref)	12,8 °C	
P3:Max	14,7 °C	
R1:Max Temp	16,3 °C	3,5 °C
R2:Max Temp	16,2 °C	3,4 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 3,5 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Las diferencias de temperaturas que se aprecian son normales y no se percibe ninguna acumulación de corriente.

➤ **Acción a seguir:**

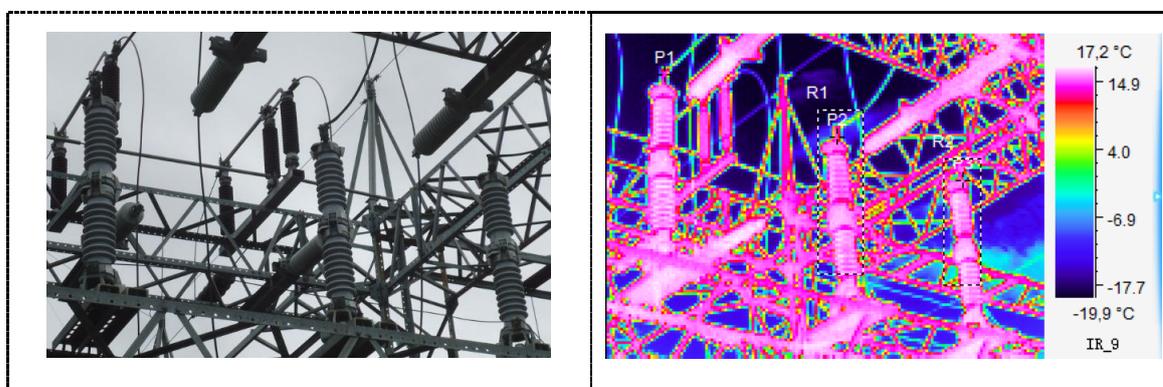
Revisar el ajuste de los conectores en cada mantenimiento programado, realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

2. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Pararrayos entrada

Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 52. Pararrayos



Fuente: Autores

Tabla 11. Pararrayos

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-20,6 °C	
Max Temp	17,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:18:29 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	14,5 °C	
P2:Max	15,0 °C	
P3:Max	15,7 °C	
R1:Max Temp	17,2 °C	2,7 °C
R2:Max Temp	17,2 °C	2,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,7 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

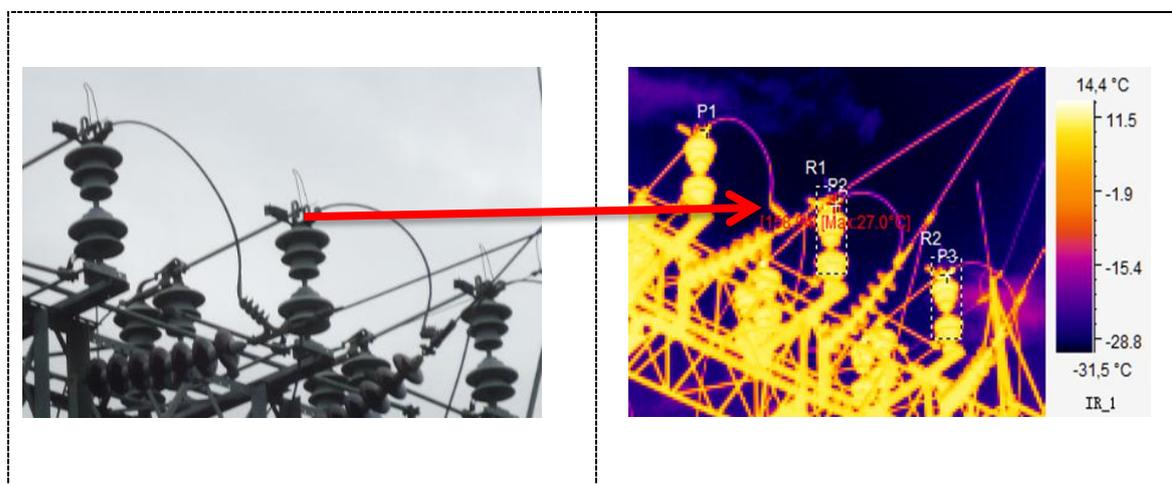
No presenta anomalías térmicas.

➤ **Acción a seguir:**

Verificar la presencia de corrosión en los contactos en cada mantenimiento programado, realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

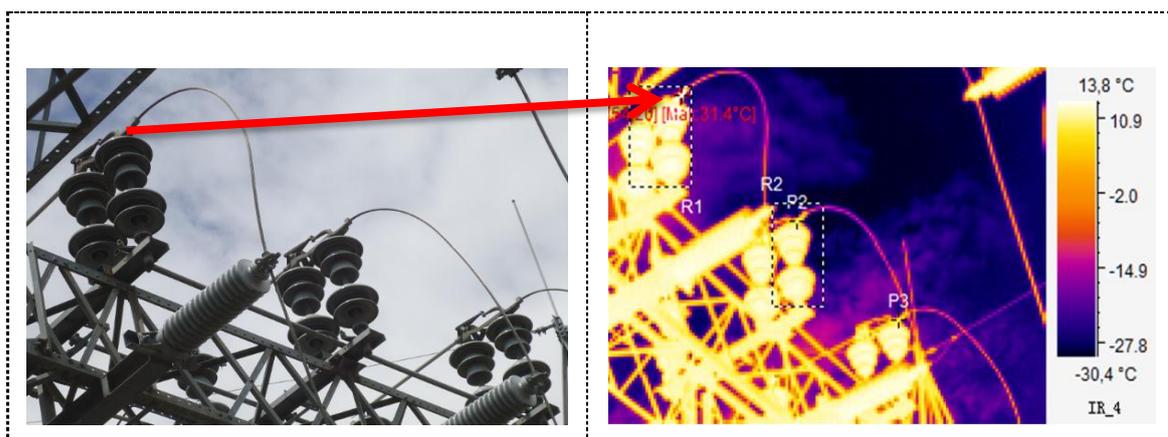
3. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador tripolar 89-A33
 Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 53. Seccionador tripolar entrada/89-A33



Fuente: Autores

Figura 54. Seccionador tripolar salida/89-A33



Fuente: Autores

Tabla 12. Seccionador tripolar entrada/89-A33

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-33,1 °C	
Max Temp	27,0 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:19:08 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	9,6 °C	
P2:Max	27,0 °C	
P3:Max	17,7 °C	
R1:Max Temp	27,0 °C	17,4 °C
R2:Max Temp	23,8 °C	14,2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 14,2 °C con un nivel de severidad media, la máxima temperatura se establece en R1 con 17,4 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en los seccionadores, causado por una conexión mal ajustada, presencia de corrosión o acumulación de polvo, lo cual produce un incremento de corriente y exceso de calor en dichos elementos.

➤ **Acción a seguir:**

Correctiva urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

Tabla 13. Seccionador tripolar salida/89-A33

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-31,8 °C	
Max Temp	31,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:20:09 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	31,4 °C	
P2:Max	10,7 °C	
P3:Max(Tref)	9,0 °C	
R1:Max Temp	31,4 °C	22,4 °C
R2:Max Temp	13,4 °C	4,4 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 4,4 °C con un nivel de severidad media, la máxima temperatura se establece en R1 con 22,4 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en los seccionadores, causado por una conexión mal ajustada, presencia de corrosión o acumulación de polvo, lo cual produce un incremento de corriente y exceso de calor en dichos elementos.

➤ **Acción a seguir:**

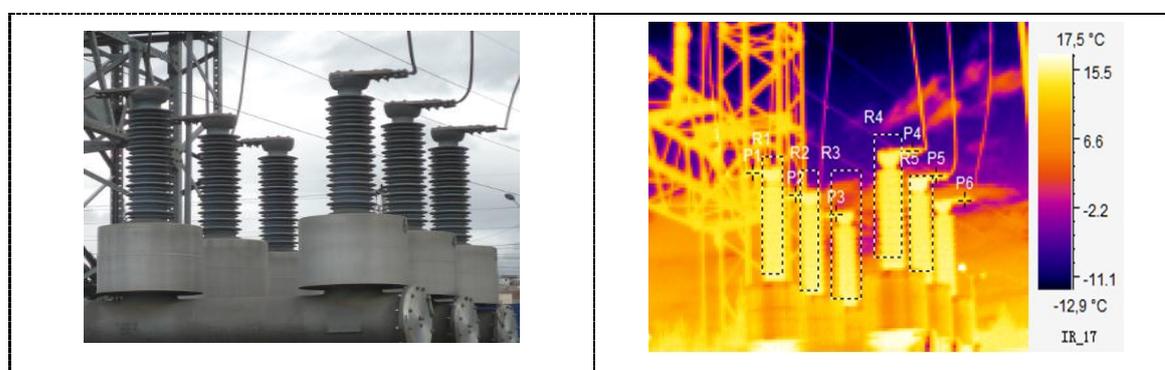
Correctiva urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

4. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor 52 - A32

Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 55. Interruptor/52-A32



Fuente: Autores

Tabla 14. Interruptor/52-A32

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-13,7 °C	
Max Temp	32,2 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:21:27 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	14,5 °C	
P2:Max	14,7 °C	
P3:Max	14,2 °C	
P4:Max	13,7 °C	
P5:Max	15,3 °C	
P6:Max(Tref)	13,1 °C	
R1:Max Temp	15,8 °C	2,7 °C
R2:Max Temp	16,1 °C	3 °C
R3:Max Temp	15,8 °C	2,7 °C
R4:Max Temp	15,7 °C	2,6 °C
R5:Max Temp	16,7 °C	3,6 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1, R2, R3, R4 y R5 se establece en 3,6 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

No presenta incremento de temperatura en los terminales

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado, realizar inspecciones visuales trimestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

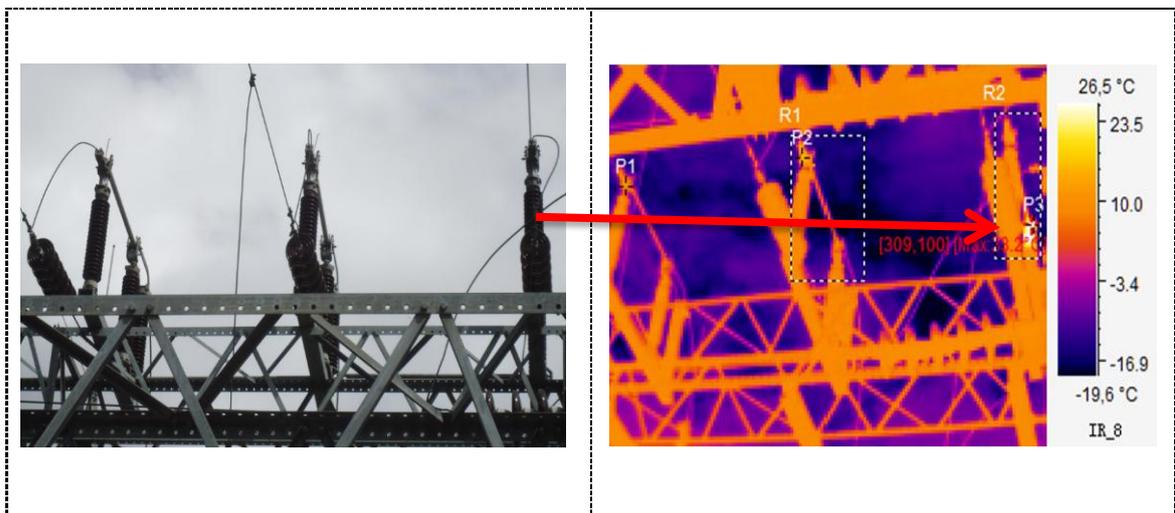
5. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
Elemento: Seccionador tripolar 89-A31
Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 56. Seccionador tripolar entrada/89-A31



Fuente: Autores

Figura 57. Seccionador tripolar salida/89-A31



Fuente: Autores

Tabla 15. Seccionador tripolar entrada/89-A31

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-30,4 °C	
Max Temp	44,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:22:41 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	44,4 °C	
P2:Max(Tref)	9,5 °C	
P3:Max	11,1 °C	
R1:Max Temp	44,4 °C	34,9 °C
R2:Max Temp	12,7 °C	3,2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 3,2 °C con un nivel de severidad baja, la máxima temperatura se establece en R1 con 34,9 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por un mal ajuste.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación del punto de falla de manera urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

Tabla 16. Seccionador tripolar salida/89-A31

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-22,8 °C	
Max Temp	33,2 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:25:56 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,0 °C	
P2:Max	16,1 °C	
P3:Max	33,2 °C	
R1:Max Temp	17,0 °C	7 °C
R2:Max Temp	33,2 °C	23,2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 7 °C con un nivel de severidad media, la máxima temperatura se establece en R2 con 23,2 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

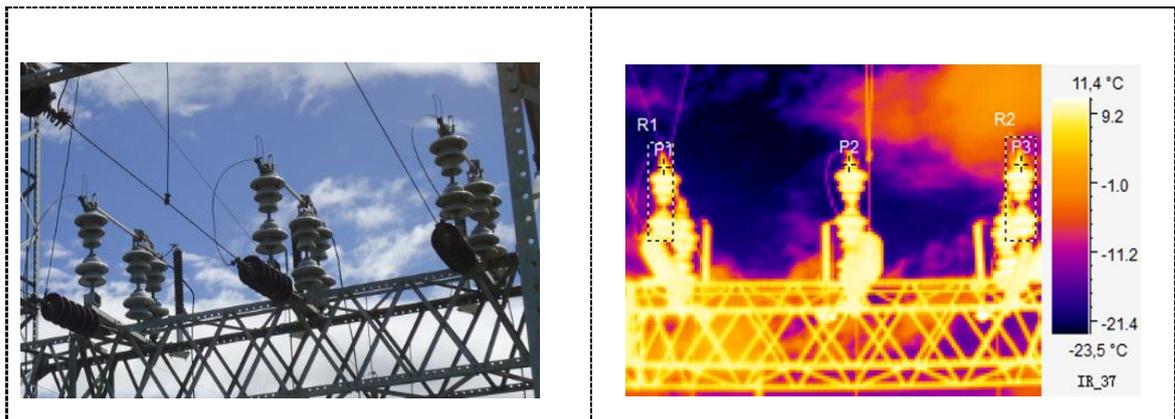
Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por un mal ajuste.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación del punto de falla de manera urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

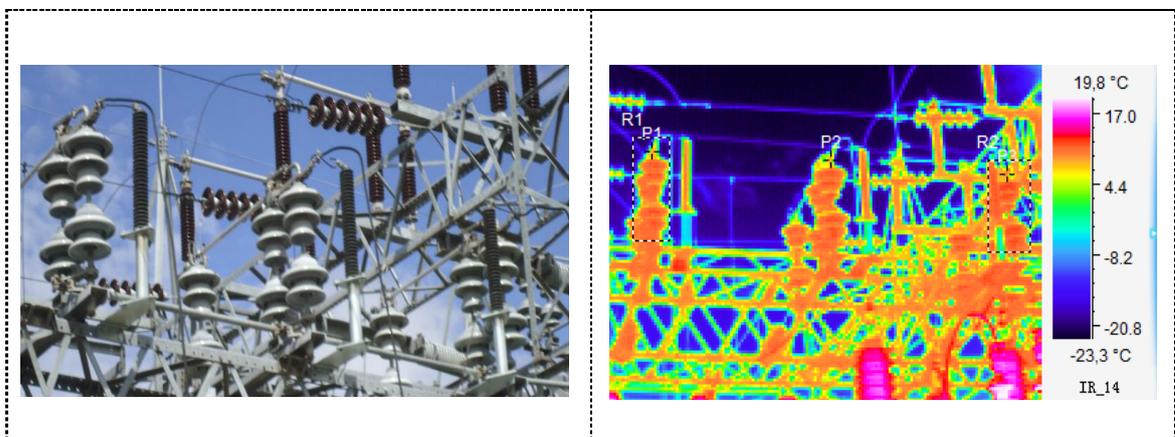
6. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
Elemento: Seccionador tripolar 89-AT21
Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 58. Seccionador tripolar entrada/89-AT21



Fuente: Autores

Figura 59. Seccionador tripolar salida/89-AT21



Fuente: Autores

Tabla 17. Seccionador tripolar entrada/89-AT21

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-24,8 °C	
Max Temp	12,5 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:27:23 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	9,5 °C	
P2:Max(Tref)	9,2 °C	
P3:Max	10,3 °C	
R1:Max Temp	11,1 °C	1,9 °C
R2:Max Temp	11,6 °C	2,4 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,4 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en buen estado.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

Tabla 18. Seccionador tripolar salida/89-AT21

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-23,8 °C	
Max Temp	20,2 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:28:51 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	10,2 °C	
P2:Max(Tref)	10,1 °C	
P3:Max	10,9 °C	
R1:Max Temp	12,7 °C	2,6 °C
R2:Max Temp	13,1 °C	3 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 3 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

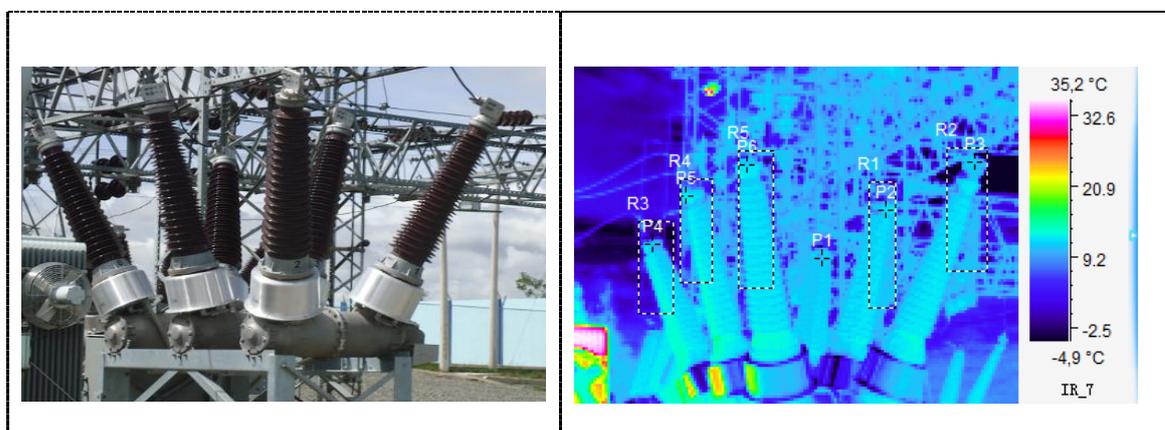
Los seccionadores se encuentran en buen estado.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

7. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Interruptor de potencia 52- AT22
 Información: Interconexión con barras colectoras 69 Kv

Figura 60. Interruptor de potencia/52-AT22



Fuente: Autores

Tabla 19. Interruptor de potencia/52-AT22

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-8,6 °C	
Max Temp	39,5 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:29:43 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	11,5 °C	
P2:Max	12,6 °C	
P3:Max	12,8 °C	
P4:Max	12,5 °C	
P5:Max	13,6 °C	
P6:Max	13,2 °C	
R1:Max Temp	13,5 °C	2 °C

R2:Max Temp	13,8 °C	2,3 °C
R3:Max Temp	14,6 °C	3,1 °C
R4:Max Temp	14,5 °C	3 °C
R5:Max Temp	14,4 °C	2,9 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1, R2, R3, R4 y R5 se establece en 3,1 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001

➤ **Diagnóstico:**

No presenta incremento de temperatura en los terminales

➤ **Acción a seguir:**

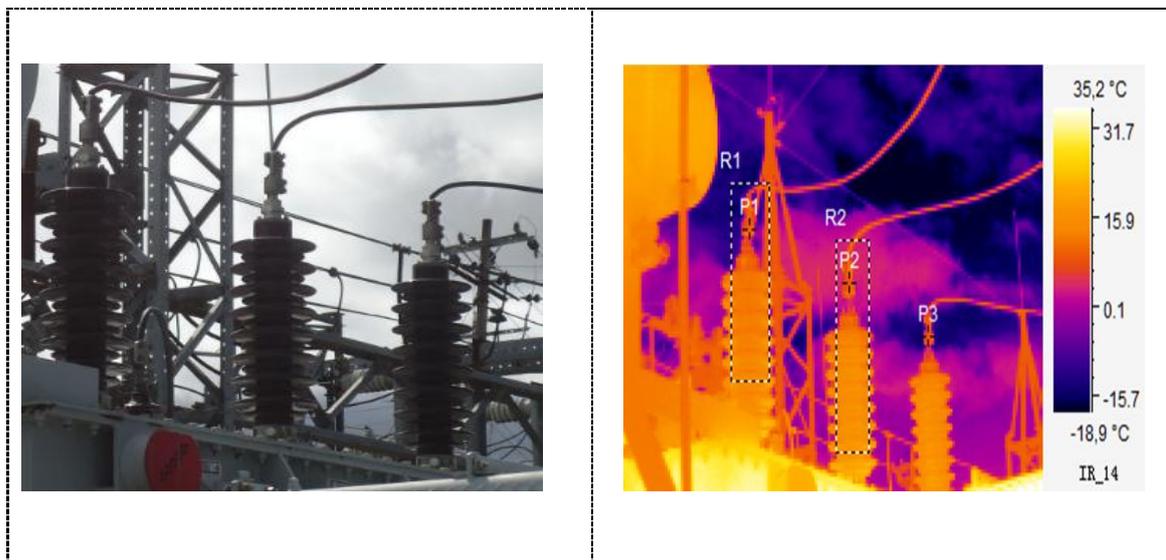
Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

8. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Transformador de potencia/ bushing T2 SIEMENS

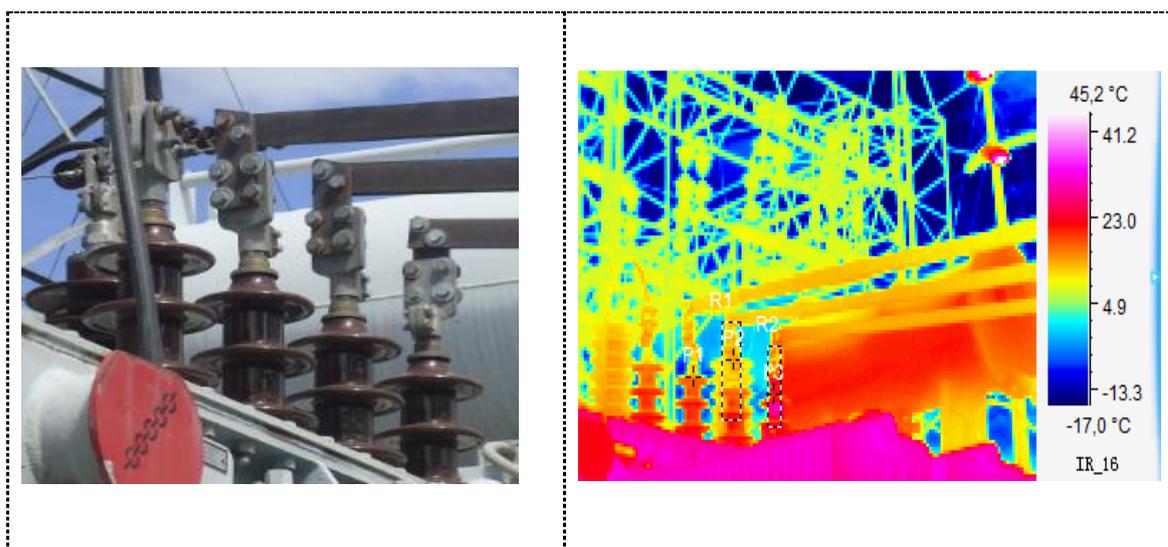
Información: Interconexión con barras colectoras 69 Kv

Figura 61. Bushing T2/entrada



Fuente: Autores

Figura 62. Bushing T2/salida



Fuente: Autores

Tabla 20. Bushing T2/entrada

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-20,9 °C	
Max Temp	36,6 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:05:41 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	15,5 °C	
P2:Max(Tref)	15,0 °C	
P3:Max	15,1 °C	
R1:Max Temp	28,5 °C	13,5 °C
R2:Max Temp	22,9 °C	7,9 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 13,5 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve aumento de temperatura en los bushing, debido a soldaduras en los contactos o a su vez suciedad.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente usando la metodología y el personal más adecuado. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

Tabla 21. Bushing T2/salida

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	4,9 °C	
Max Temp	79,2 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:07:42 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	17,9 °C	
P2:Max(Tref)	17,8 °C	
P3:Max	21,1 °C	
R1:Max Temp	28,4 °C	10,6 °C
R2:Max Temp	32,5 °C	14,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 14,7 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve aumento de temperatura en los bushing, debido soldaduras en los contactos o a su vez suciedad.

➤ **Acción a seguir:**

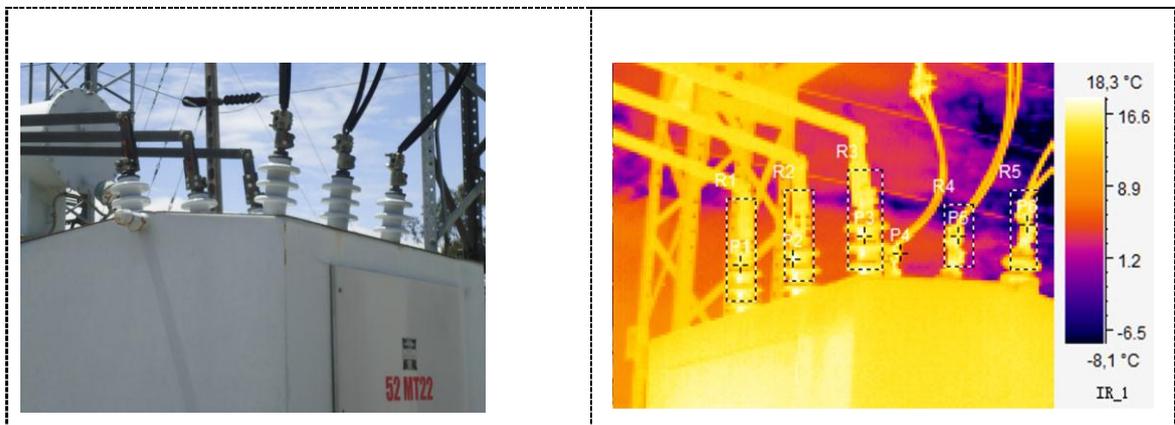
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente usando la metodología y el personal más adecuado. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

9. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor 52- MT22

Información: Interconexión con salida T2

Figura 63. Interruptor/52-MT22



Fuente: Autores

Tabla 22. Interruptor/52-MT22

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-13,3 °C	
Max Temp	18,8 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:31:18 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	16,6 °C	
P2:Max	18,8 °C	
P3:Max	16,9 °C	
P4:Max(Tref)	14,0 °C	
P5:Max	15,9 °C	
P6:Max	15,4 °C	
R1:Max Temp	18,4 °C	4,4 °C
R2:Max Temp	18,8 °C	4,8 °C
R3:Max Temp	18,8 °C	4,8 °C
R4:Max Temp	17,1 °C	3,1 °C
R5:Max Temp	17,5 °C	3,5 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en las áreas R1, R2 y R3 se encuentra en un nivel de severidad media la máxima temperatura se establece en 4,8 °C, las áreas R4 y R5 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001

➤ **Diagnóstico:**

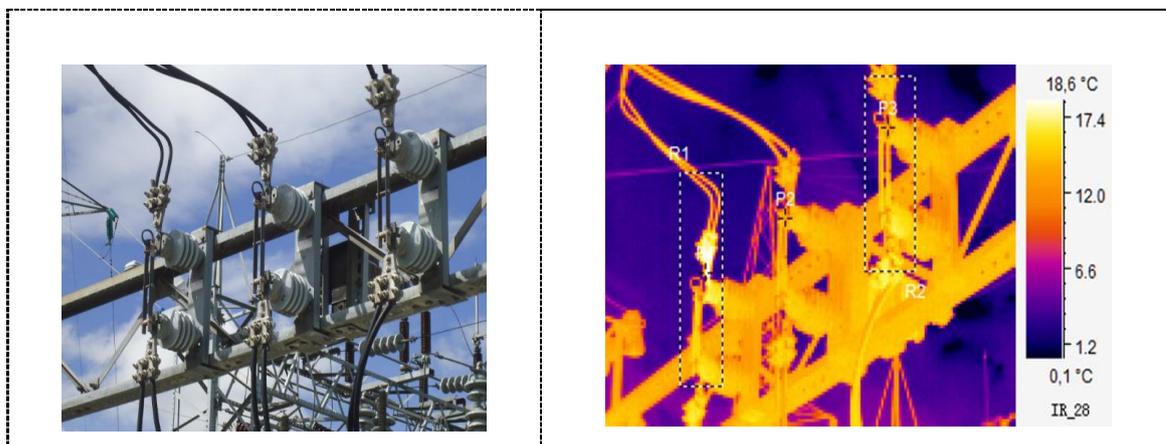
Existe un ligero incremento de temperatura, debido a contacto deficiente entre el conductor del terminal del bushing.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección termográfica. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

10. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras 89-MT21
 Información: Interconexión con salida T2

Figura 64. Seccionador barras/89-MT21



Fuente: Autores

Tabla 23. Seccionador barras/89-MT21

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-15,1 °C	
Max Temp	19,3 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:42:18 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	19,3 °C	
P2:Max(Tref)	11,9 °C	
P3:Max	13,4 °C	
R1:Max Temp	19,3 °C	7,4 °C
R2:Max Temp	17,1 °C	5,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 7,4 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

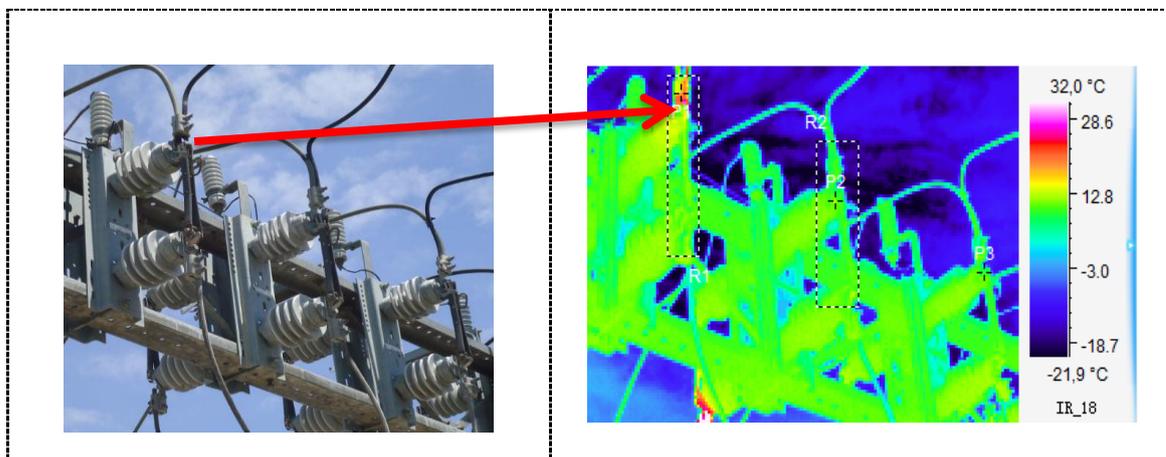
Contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

11. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras entrada Olímpica
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 65. Seccionador barras entrada/Olímpica



Fuente: Autores

Tabla 24. Seccionador barras entrada/Olímpica

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-26,0 °C	
Max Temp	39,6 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:34:46 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	20,7 °C	
P2:Max	14,5 °C	
P3:Max(Tref)	11,2 °C	
R1:Max Temp	29,5 °C	18,3 °C
R2:Max Temp	14,5 °C	3,3 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 3,3 °C con un nivel de severidad baja, la máxima temperatura se establece en R1 con 18,3 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

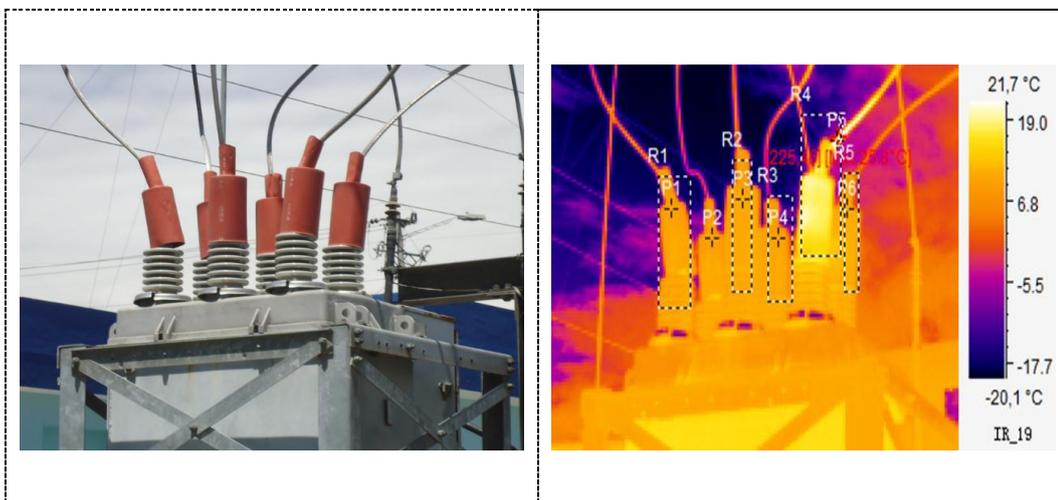
Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por pernos flojos.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación correctiva del punto de falla de manera urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

12. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Interruptor Olímpica
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 66. Interruptor/Olímpica



Fuente: Autores

Tabla 25. Interruptor/Olímpica

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-20,9 °C	
Max Temp	25,8 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:35:44 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,0 °C	
P2:Max(Tref)	10,5 °C	
P3:Max	11,4 °C	
P4:Max	11,0 °C	
P5:Max	25,7 °C	
P6:Max	12,1 °C	
R1:Max Temp	14,5 °C	4 °C
R2:Max Temp	12,8 °C	2,3 °C
R3:Max Temp	14,4 °C	3,9 °C
R4:Max Temp	25,8 °C	15,3 °C
R5:Max Temp	13,5 °C	3 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 y R4 se encuentran en un nivel de severidad media, la máxima temperatura se establece en R4 con 15,3 °C, las áreas R2, R3 y R5 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Suciedad en conexiones y posibles pernos flojos.

➤ **Acción a seguir:**

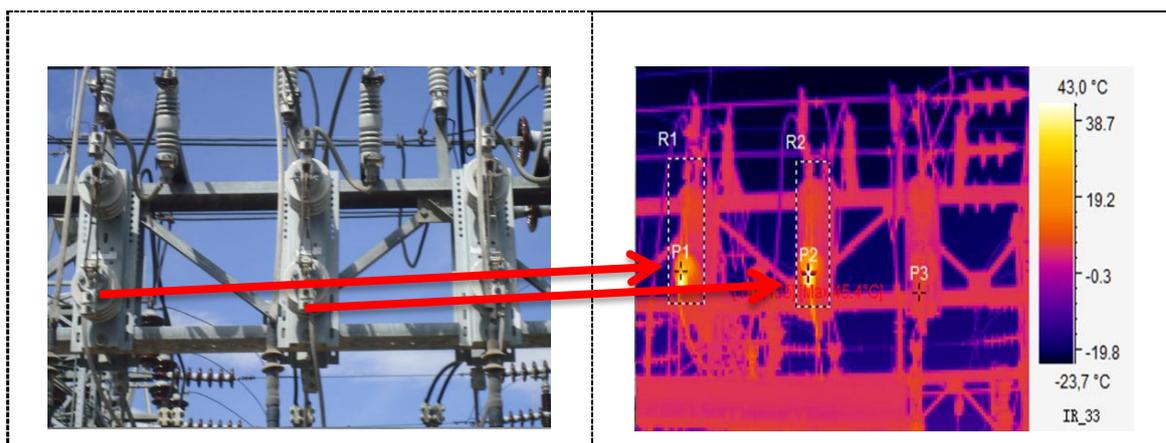
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección termográfica. Se deberá limpiar la superficie de unión en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

13. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Seccionador barras salida Olímpica

Información: Interconexión con interruptor Olímpica

Figura 67. Seccionador barras salida/Olímpica



Fuente: Autores

Tabla 26. Seccionador barras salida/Olímpica

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-24,1 °C	
Max Temp	45,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:36:17 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	27,9 °C	
P2:Max	45,4 °C	
P3:Max(Tref)	11,5 °C	
R1:Max Temp	44,7 °C	33,2 °C
R2:Max Temp	45,4 °C	33,9 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 y R2 poseen un nivel de severidad crítica, la máxima temperatura se establece en R2 con 33,9 °C, según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

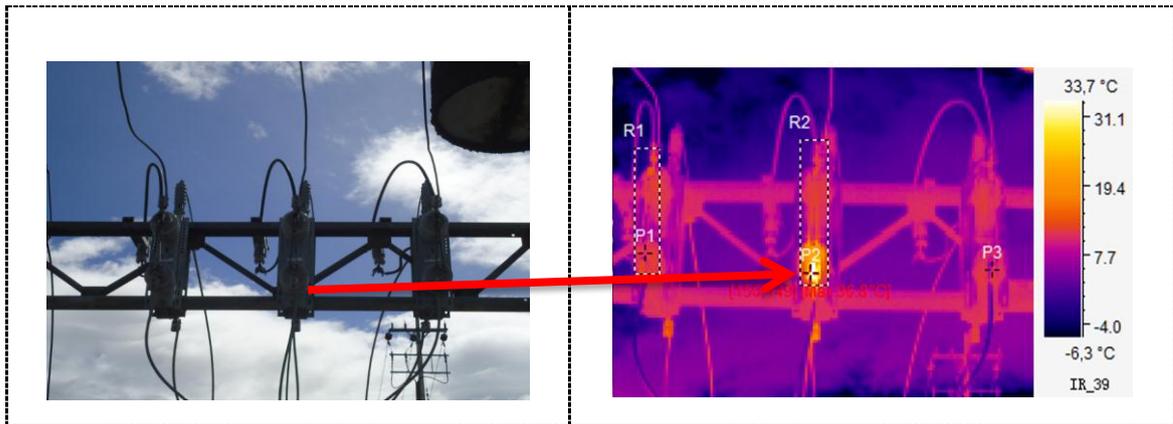
Existe un sobrecalentamiento en los seccionadores, causado por un mal ajuste en los pernos.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación correctiva de los puntos de falla de manera urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conductor y el terminal de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se debe efectuar su cambio.

14. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras entrada Picaihua
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 68. Seccionador barras entrada/Picaihua



Fuente: Autores

Tabla 27. Seccionador barras entrada/Picaihua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-10,5 °C	
Max Temp	36,8 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:37:00 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,5 °C	
P2:Max	36,0 °C	
P3:Max(Tref)	10,5 °C	
R1:Max Temp	15,6 °C	5,1 °C
R2:Max Temp	36,8 °C	26,3 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 5,1 °C con un nivel de severidad media, la máxima temperatura se establece en R2 con 26,3 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en los seccionadores, causado por pernos flojos.

➤ **Acción a seguir:**

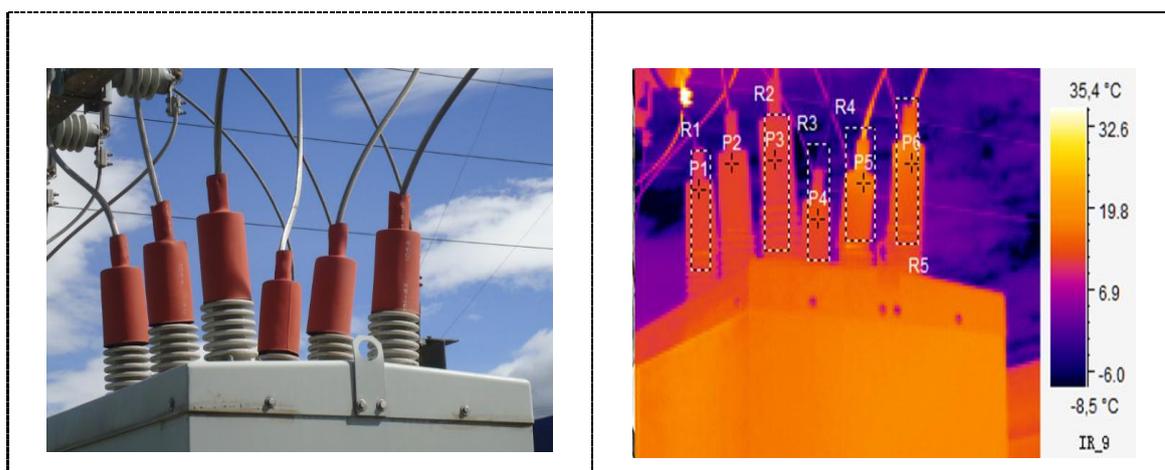
Realizar la reparación correctiva de los puntos de falla de manera urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conductor y el terminal de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanales si el problema permanece se debe efectuar su cambio.

15. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor Picaihua

Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 69. Interruptor/Picaihua



Fuente: Autores

Tabla 28. Interruptor/Picaihua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-13,0 °C	
Max Temp	39,3 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:37:58 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	13,7 °C	
P2:Max(Tref)	13,3 °C	

P3:Max	13,5 °C	
P4:Max	14,9 °C	
P5:Max	18,4 °C	
P6:Max	17,4 °C	
R1:Max Temp	16,3 °C	3 °C
R2:Max Temp	14,5 °C	1,2 °C
R3:Max Temp	15,5 °C	2,2 °C
R4:Max Temp	27,5 °C	14,2 °C
R5:Max Temp	21,5 °C	8,2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en las áreas R4 y R5 posee un nivel de severidad media la máxima temperatura se establece en 14,2 °C, las áreas R1, R2 y R3 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve aumento de temperatura en los bushing, debido al efecto corona o también a conexiones mal ajustadas.

➤ **Acción a seguir:**

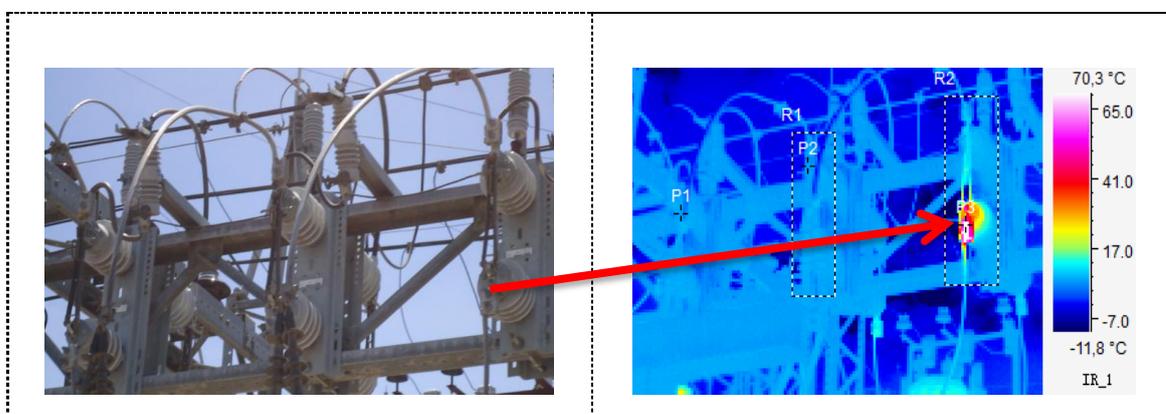
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente usando la metodología y el personal más adecuado. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

16. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Seccionador barras salida Picaihua

Información: Interconexión con interruptor Picaihua

Figura 70. Seccionador barras salida/Picaihua



Fuente: Autores

Tabla 29. Seccionador barras salida/Picaihua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-22,1 °C	
Max Temp	79,5 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:45:8 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	11,1 °C	
P2:Max	11,9 °C	
P3:Max	79,5 °C	
R1:Max Temp	13,8 °C	2,7 °C
R2:Max Temp	79,5 °C	68,4 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 2,7 °C con un nivel de severidad baja, la máxima temperatura se establece en R2 con 68,4 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por un perno flojo.

➤ **Acción a seguir:**

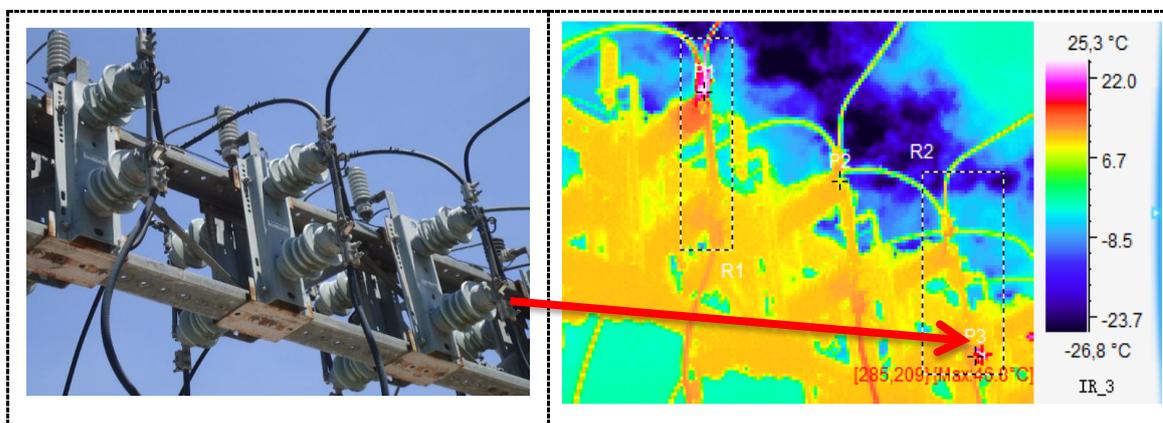
Correctiva urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre conductor y terminal del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

17. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Seccionador barras entrada Totoras

Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 71. Seccionador barras entrada/Totoras



Fuente: Autores

Tabla 30. Seccionador barras entrada/Totoras

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-28,6 °C	
Max Temp	46,8 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:55:6 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	24,5 °C	
P2:Max(Tref)	11,7 °C	
P3:Max	46,8 °C	
R1:Max Temp	26,0 °C	14,3 °C
R2:Max Temp	46,8 °C	35,1 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 14,3 °C con un nivel de severidad media, la máxima temperatura se establece en R2 con 35,1 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por un perno flojo.

➤ **Acción a seguir:**

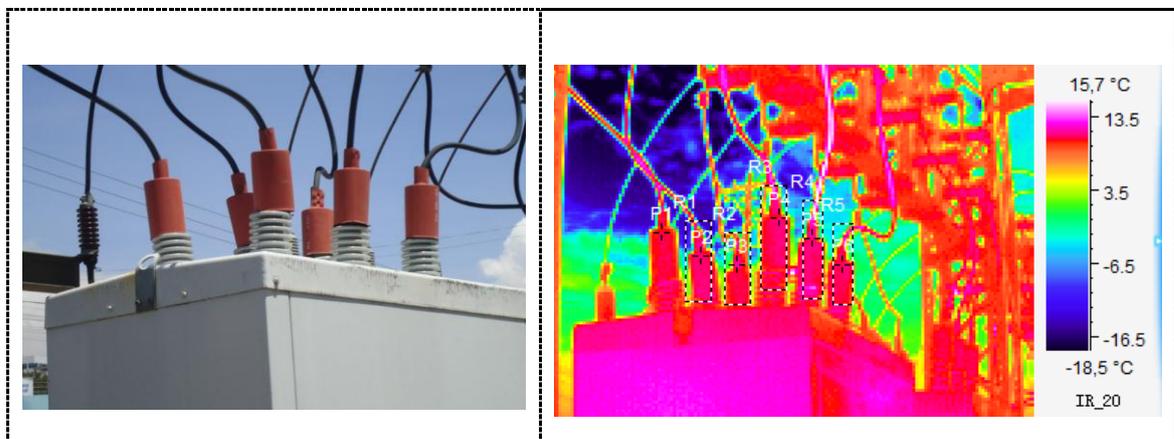
Correctiva urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre conductor y terminal del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

18. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor Totoras

Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 72. Interruptor/Totoras



Fuente: Autores

Tabla 31. Interruptor/Totoras

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-20,0 °C	
Max Temp	16,7 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:40:36 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	11,3 °C	
P2:Max	11,4 °C	
P3:Max	12,2 °C	
P4:Max	11,7 °C	
P5:Max	11,6 °C	
P6:Max	11,4 °C	
R1:Max Temp	12,5 °C	1,2 °C
R2:Max Temp	12,3 °C	1 °C
R3:Max Temp	14,1 °C	2,8 °C
R4:Max Temp	16,0 °C	4,7 °C
R5:Max Temp	13,3 °C	2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R4 posee una temperatura de 4,7 °C con un nivel de severidad media, las áreas R1, R2, R3 y R5 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

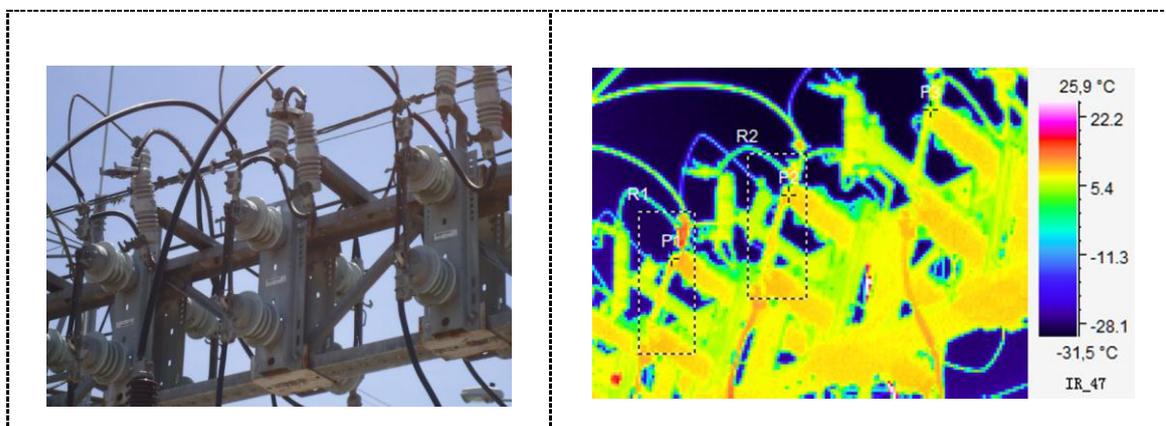
Existe un leve incremento de temperatura en los bushing, debido al efecto corona o también a conexiones mal ajustadas.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

19. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras salida Totoras
 Información: Interconexión con interruptor Totoras

Figura 73. Seccionador barras salida/Totoras



Fuente: Autores

Tabla 32. Seccionador barras salida/Totoras

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-31,9 °C	
Max Temp	31,6 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:43:25 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,0 °C	
P2:Max	10,4 °C	
P3:Max(Tref)	9,5 °C	
R1:Max Temp	17,0 °C	7,5 °C
R2:Max Temp	13,1 °C	3,6 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 7,5 °C con un nivel de severidad media, el área R2 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

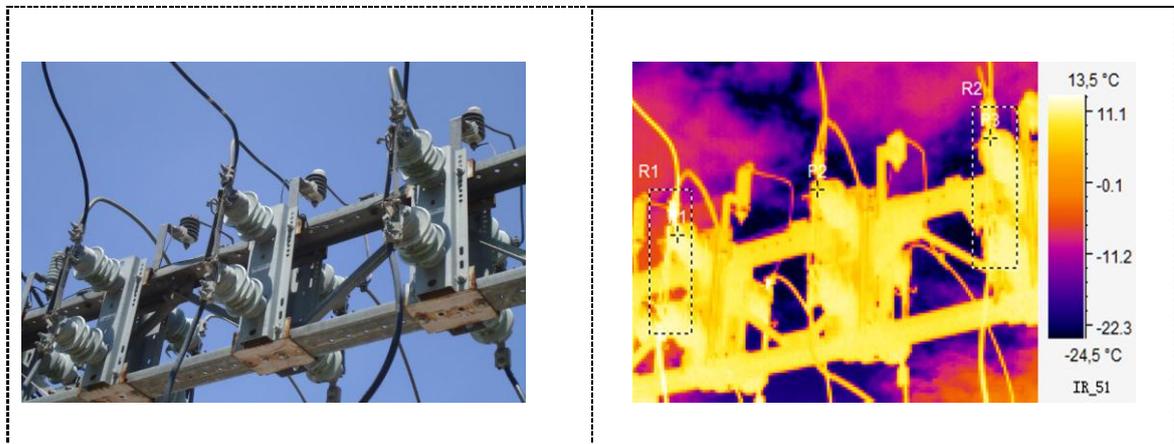
Existe un leve incremento de temperatura causado por un perno flojo.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

20. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras entrada Lligua
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 74. Seccionador barras entrada/Lligua



Fuente: Autores

Tabla 33. Seccionador barras entrada/Lligua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-27,5 °C	
Max Temp	14,3 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:44:25 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,6 °C	
P2:Max(Tref)	8,7 °C	
P3:Max	10,1 °C	
R1:Max Temp	14,3 °C	5,6 °C
R2:Max Temp	11,9 °C	3,2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 5,6 °C con un nivel de severidad media, el área R2 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

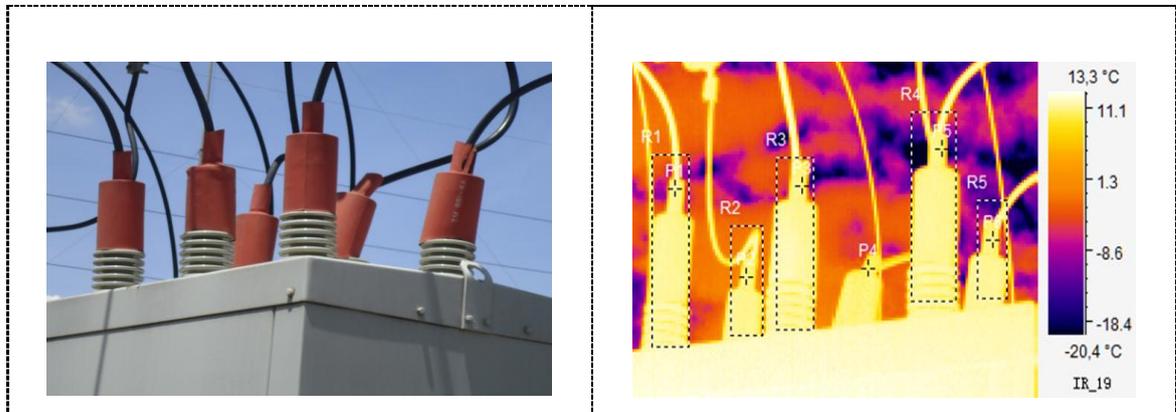
Existe un leve incremento de temperatura causado por un mal ajuste en las conexiones entre el conductor y terminal del seccionador.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y ajustar los pernos trimestralmente.

21. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Interruptor Lligua
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 75. Interruptor/Lligua



Fuente: Autores

Tabla 34. Interruptor/Lligua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-25,8 °C	
Max Temp	13,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:46:28 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,4 °C	
P2:Max	11,3 °C	
P3:Max	11,1 °C	
P4:Max(Tref)	10,8 °C	
P5:Max	11,0 °C	
P6:Max	11,2 °C	
R1:Max Temp	12,7 °C	1,9 °C
R2:Max Temp	12,1 °C	1,3 °C
R3:Max Temp	12,6 °C	1,8 °C
R4:Max Temp	12,4 °C	1,6 °C
R5:Max Temp	12,1 °C	1,3 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1, R2, R3, R4 y R5 se establece en 1,9 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

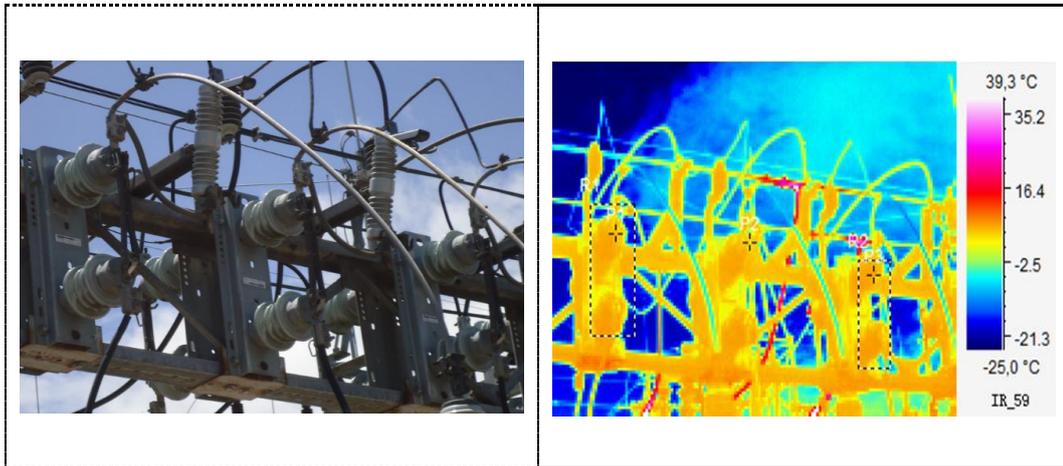
No presenta incremento de temperatura en los terminales

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

22. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras salida Lligua
 Información: Interconexión con interruptor Lligua

Figura 76. Seccionador barras salida/Lligua



Fuente: Autores

Tabla 35. Seccionador barras salida/Lligua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-25,9 °C	
Max Temp	56,1 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:46:27 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	10,6 °C	
P2:Max(Tref)	8,3 °C	
P3:Max	11,5 °C	
R1:Max Temp	11,9 °C	3,6 °C
R2:Max Temp	16,7 °C	8,4 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 8,4 °C con un nivel de severidad media, el área R1 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Leve incremento de temperatura causado por un mal ajuste en las conexiones entre el conductor y terminal del seccionador.

➤ **Acción a seguir:**

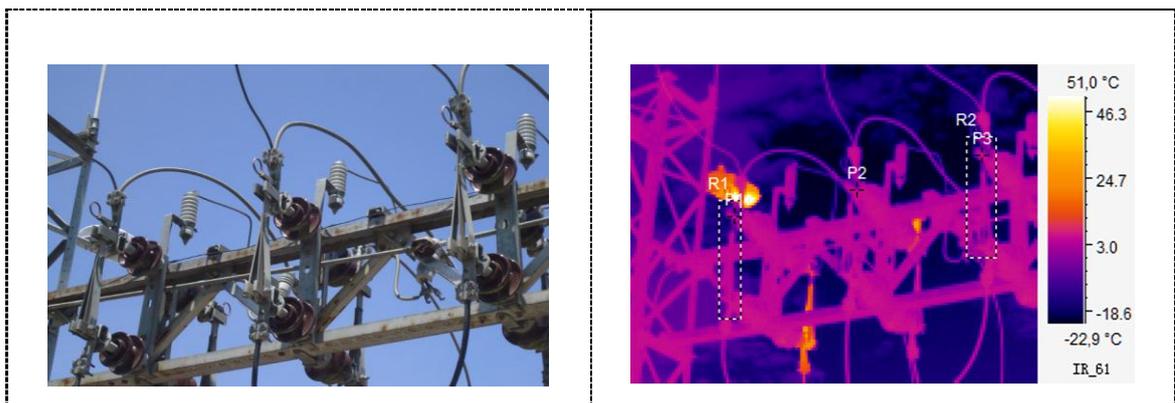
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y ajustar los pernos trimestralmente.

23. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Seccionador barras entrada Universidad

Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 77. Seccionador barras entrada/Universidad



Fuente: Autores

Tabla 36. Seccionador barras entrada/Universidad

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-23,6 °C	
Max Temp	66,0 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:47:57 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,0 °C	
P2:Max(Tref)	10,4 °C	
P3:Max	10,9 °C	
R1:Max Temp	21,5 °C	11,1 °C
R2:Max Temp	12,2 °C	1,8 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 11,1 °C con un nivel de severidad media, el área R2 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Leve aumento de temperatura causado por soldadura entre el conductor y terminal del seccionador.

➤ **Acción a seguir:**

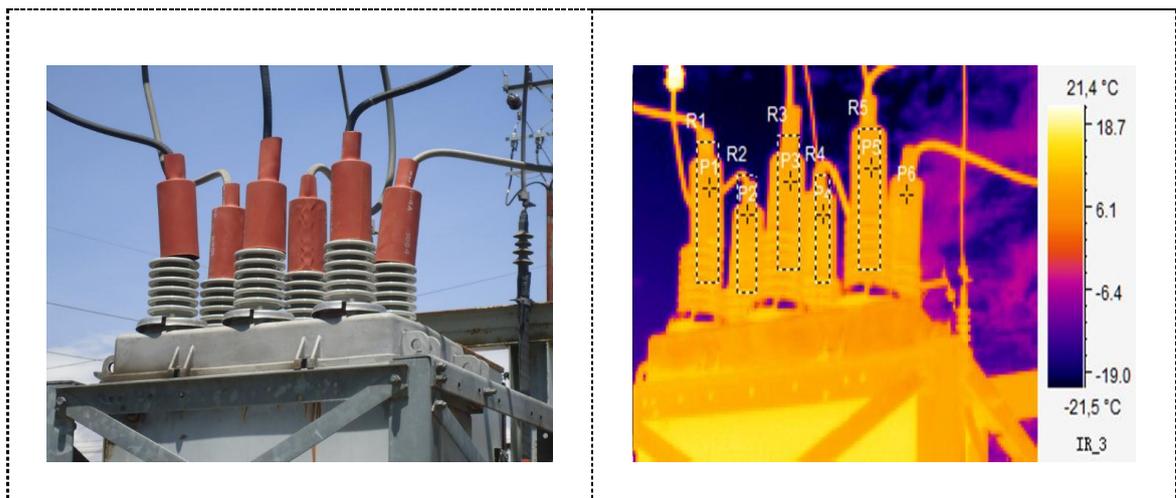
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y ajustar los pernos trimestralmente.

24. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor Universidad

Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 78. Interruptor/Universidad



Fuente: Autores

Tabla 37. Interruptor/Universidad

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-22,2 °C	
Max Temp	24,0 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:48:21 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,2 °C	
P2:Max	11,3 °C	

P3:Max	11,6 °C	
P4:Max	11,8 °C	
P5:Max	11,4 °C	
P6:Max(Tref)	10,9 °C	
R1:Max Temp	14,0 °C	3,1 °C
R2:Max Temp	12,9 °C	2 °C
R3:Max Temp	12,9 °C	2 °C
R4:Max Temp	13,1 °C	2,2 °C
R5:Max Temp	12,7 °C	1,8 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1, R2, R3, R4 y R5 se establece en 3,1 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Se encuentra en buen estado.

➤ **Acción a seguir:**

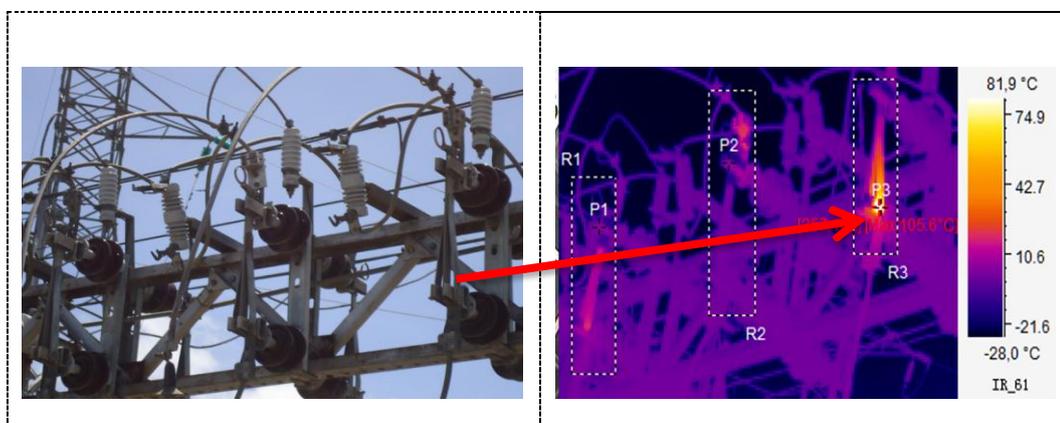
Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

25. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Seccionador barras salida Universidad

Información: Interconexión con interruptor Universidad

Figura 79. Seccionador barras salida/Universidad



Fuente: Autores

Tabla 38. Seccionador barras salida/Universidad

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-28,6 °C	
Max Temp	105,6 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:49:00 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	18,7 °C	
P2:Max(Tref)	17,2 °C	
P3:Max	105,6 °C	
R1:Max Temp	33,7 °C	16,5 °C
R2:Max Temp	34,9 °C	17,7 °C
R3:Max Temp	105,6 °C	88,4 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1, R2 y R3 poseen un nivel de severidad crítica, la máxima temperatura se establece en R3 con 88,4 °C, según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en los seccionadores, causado por un mal ajuste entre el conductor y el terminal de los seccionadores.

➤ **Acción a seguir:**

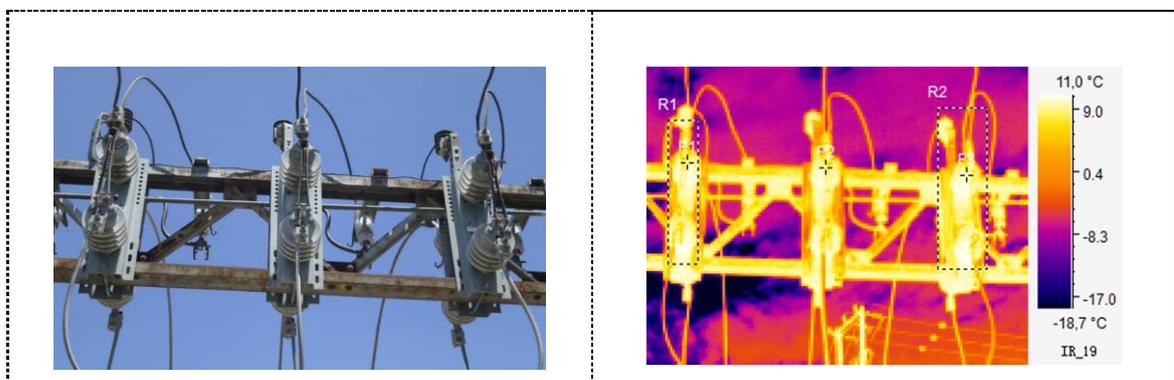
Realizar la reparación correctiva de los puntos de falla de manera urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conductor y el terminal de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se debe efectuar su cambio.

26. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Seccionador barras entrada Loreto

Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 80. Seccionador barras entrada/Loreto



Fuente: Autores

Tabla 39. Seccionador barras entrada/Loreto

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-20,5 °C	
Max Temp	11,1 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:50:37 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	9,7 °C	
P2:Max(Tref)	9,4 °C	
P3:Max	10,5 °C	
R1:Max Temp	11,1 °C	1,7 °C
R2:Max Temp	11,1 °C	1,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 1,7 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en funcionamiento normal.

➤ **Acción a seguir:**

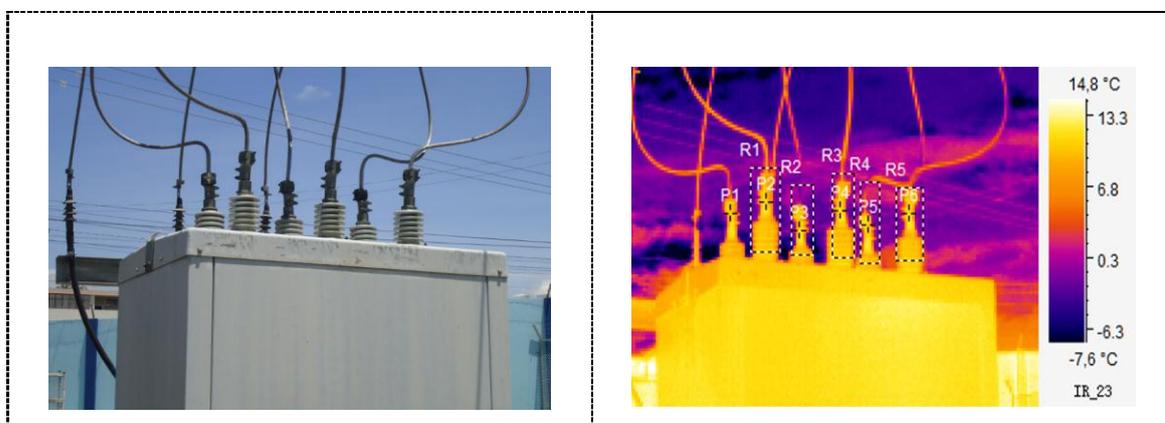
Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

27. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor Loreto

Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 81. Interruptor/Loreto



Fuente: Autores

Tabla 40. Interruptor/Loreto

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-13,2 °C	
Max Temp	15,3 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:50:51 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,4 °C	
P2:Max	11,1 °C	
P3:Max	12,0 °C	
P4:Max	11,6 °C	
P5:Max	11,0 °C	
P6:Max	11,5 °C	
R1:Max Temp	12,3 °C	1,9 °C
R2:Max Temp	12,3 °C	1,9 °C
R3:Max Temp	12,3 °C	1,9 °C
R4:Max Temp	12,5 °C	2,1 °C
R5:Max Temp	12,3 °C	1,9 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1, R2, R3, R4 y R5 se establece en 2,1 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

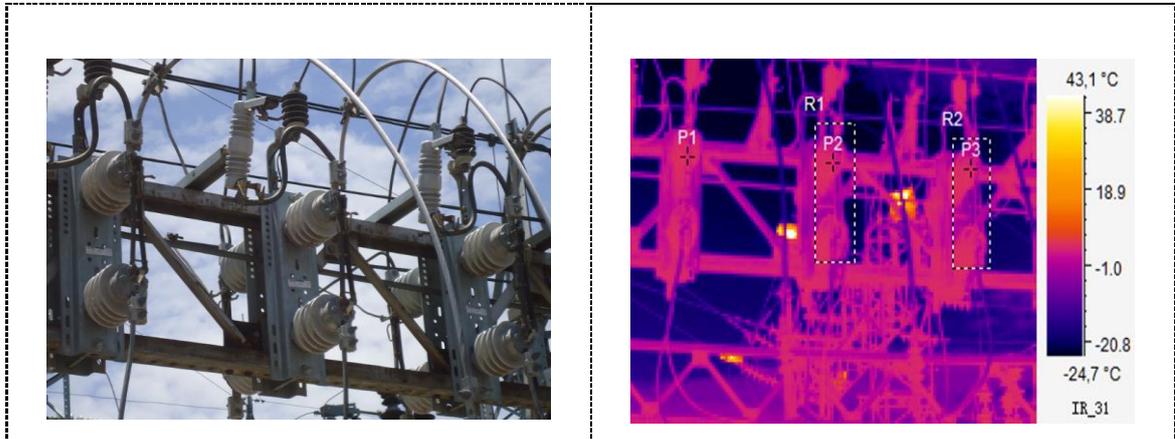
El interruptor se encuentra en un funcionamiento correcto.

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

28. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras salida Loreto
 Información: Interconexión con interruptor Loreto

Figura 82. Seccionador barras salida/Loreto



Fuente: Autores

Tabla 41. Seccionador barras salida/Loreto

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-25,7 °C	
Max Temp	79,6 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:52:22 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	8,5 °C	
P2:Max	9,0 °C	
P3:Max	9,1 °C	
R1:Max Temp	9,6 °C	1,1 °C
R2:Max Temp	9,7 °C	1,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 1,2 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

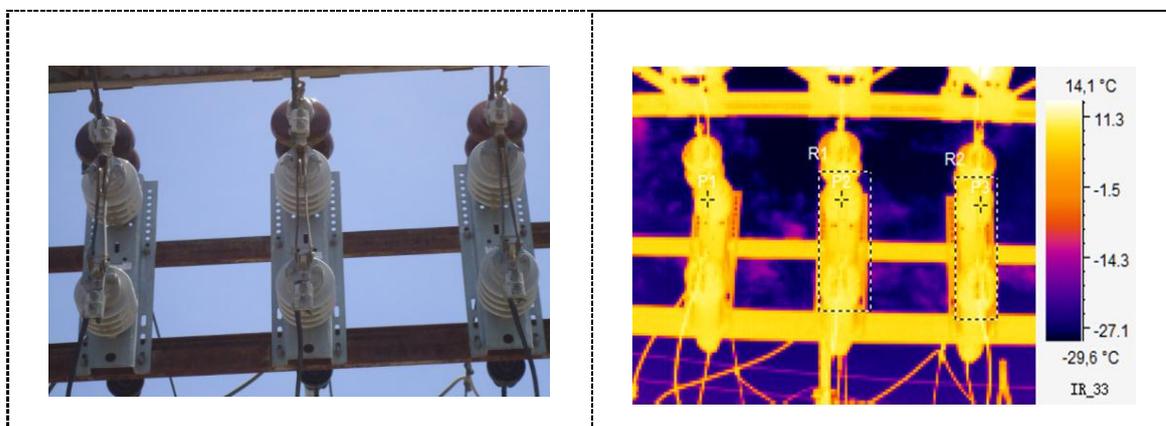
Los seccionadores se encuentran en un régimen de trabajo normal.

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

29. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras NC
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 83. Seccionador barras/NC



Fuente: Autores

Tabla 42. Seccionador barras/NC

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-30,5 °C	
Max Temp	14,5 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:53:10 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	9,8 °C	
P2:Max	10,0 °C	
P3:Max	9,9 °C	
R1:Max Temp	11,6 °C	1,8 °C
R2:Max Temp	12,0 °C	2,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,2 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

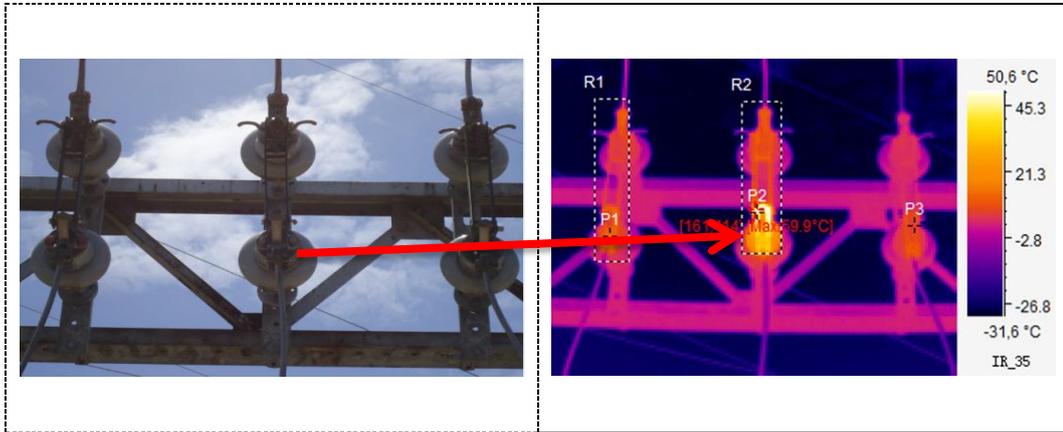
No se percibe ninguna anomalía térmica

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

30. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras 89-MQ11
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 84. Seccionador barras/89-MQ11



Fuente: Autores

Tabla 43. Seccionador barras /89-MQ11

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-32,2 °C	
Max Temp	59,9 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:53:29 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	20,6 °C	
P2:Max	58,2 °C	
P3:Max(Tref)	13,5 °C	
R1:Max Temp	21,9 °C	8,4 °C
R2:Max Temp	59,9 °C	46,4 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 8,4 °C con un nivel de severidad media, la máxima temperatura se establece en R2 con 46,4 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

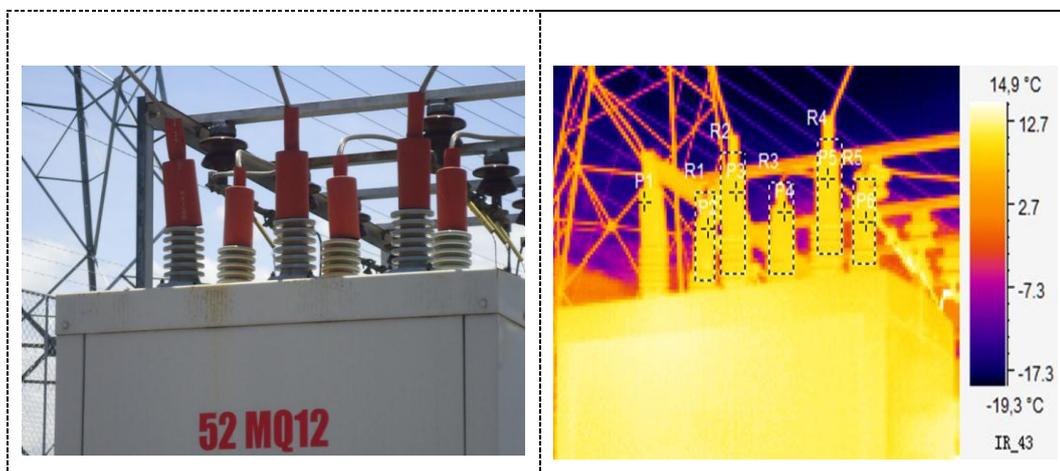
Existe un sobrecalentamiento en los seccionadores, causado por solturas entre el conductor y el terminal.

➤ **Acción a seguir:**

Correctiva urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre conductor y terminal de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

31. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Interruptor 52- MQ12
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 85. Interruptor/52-MQ12



Fuente: Autores

Tabla 44. Interruptor/52-MQ12

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-20,0 °C	
Max Temp	22,9 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:53:56 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,4 °C	
P2:Max	11,1 °C	
P3:Max	10,9 °C	
P4:Max	10,6 °C	
P5:Max	10,8 °C	
P6:Max	10,8 °C	
R1:Max Temp	11,8 °C	1,4 °C
R2:Max Temp	11,6 °C	1,2 °C
R3:Max Temp	11,1 °C	0,7 °C
R4:Max Temp	11,6 °C	1,2 °C
R5:Max Temp	11,7 °C	1,3 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1, R2, R3, R4 y R5 se establece en 1,4 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

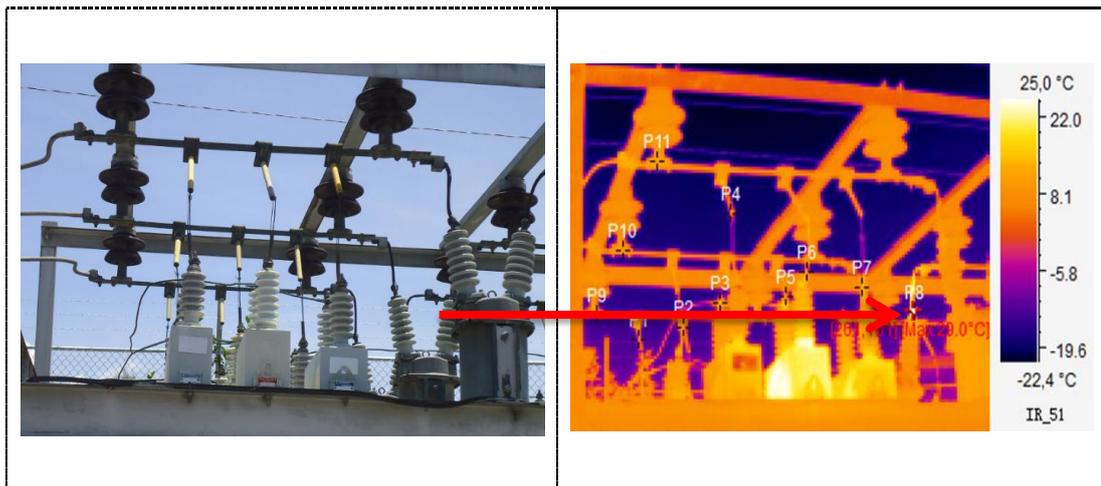
El interruptor se encuentra en buen estado.

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

32. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Banco de condensadores 52-MQ13
 Información: Interconexión con interruptor 52- MQ12

Figura 86. Banco de condensadores/52-MQ13



Fuente: Autores

Tabla 45. Banco de condensadores/52-MQ13

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-23,5 °C	
Max Temp	29,0 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:54:23 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	8,1 °C	1,8 °C
P2:Max	9,8 °C	3,5 °C
P3:Max	13,7 °C	7,4 °C

P4:Max(Tref)	6,3 °C	
P5:Max	8,9 °C	2,6 °C
P6:Max	9,3 °C	3 °C
P7:Max	11,4 °C	5,1 °C
P8:Max	29,0 °C	22,7 °C
P9:Max	10,5 °C	4,2 °C
P10:Max	10,8 °C	4,5 °C
P11:Max	12,6 °C	6,3 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en los puntos P3, P7, P9, P10 y P11 se encuentran con una severidad media, la máxima temperatura se establece en P8 con 22,7 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica, los puntos P1, P2, P5 y P6 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Contacto deficiente entre conductor y terminal de los bushing.

➤ **Acción a seguir:**

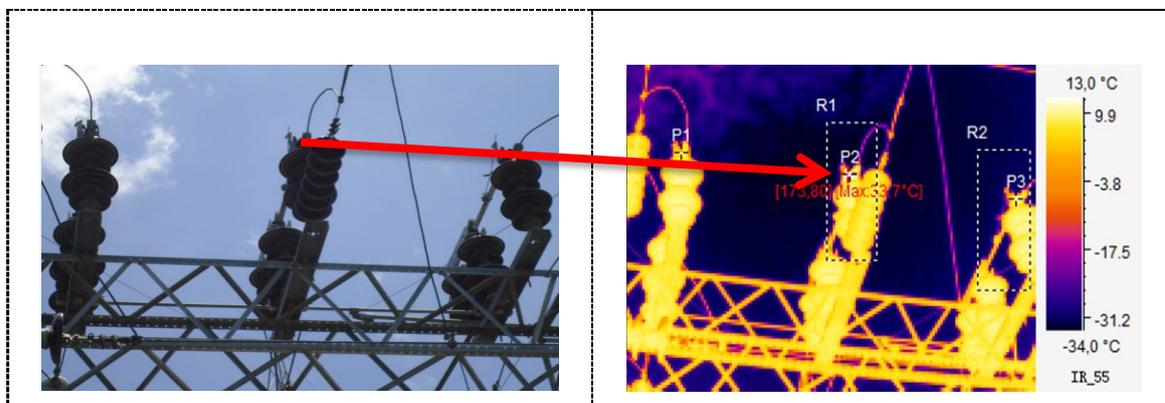
Correctiva urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre conductor y terminal de los bushing, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

33. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Seccionador tripolar 89-A21

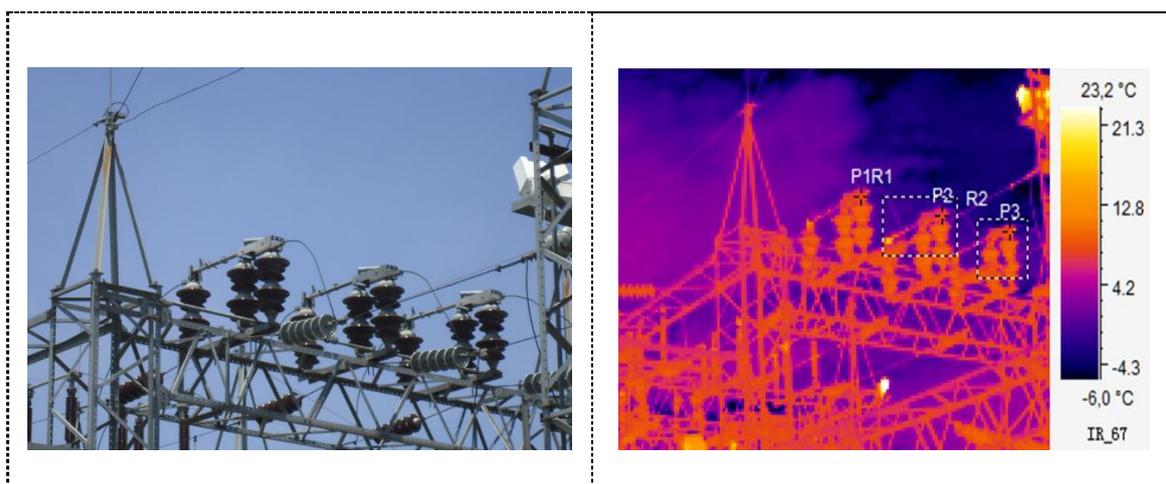
Información: Interconexión con barras colectoras 69 Kv

Figura 87. Seccionador tripolar entrada/89-A21



Fuente: Autores

Figura 88. Seccionador tripolar salida/89-A21



Fuente: Autores

Tabla 46. Seccionador tripolar entrada/89-A21

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	33,7 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:57:02 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,7 °C	
P2:Max	33,7 °C	
P3:Max	11,0 °C	
R1:Max Temp	33,7 °C	23 °C
R2:Max Temp	11,4 °C	0,7 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 0,7 °C con un nivel de severidad baja, la máxima temperatura se establece en R1 con 23 °C ubicándose en un nivel de severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por un perno flojo.

➤ **Acción a seguir:**

Correctiva urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre conductor y terminal del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

Tabla 47. Seccionador tripolar salida/89-A21

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-12,7 °C	
Max Temp	30,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:55:25 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	9,1 °C	
P2:Max	9,2 °C	
P3:Max	9,9 °C	
R1:Max Temp	18,2 °C	9,1 °C
R2:Max Temp	11,6 °C	2,5 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 9,1 °C con un nivel de severidad media, el área R2 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

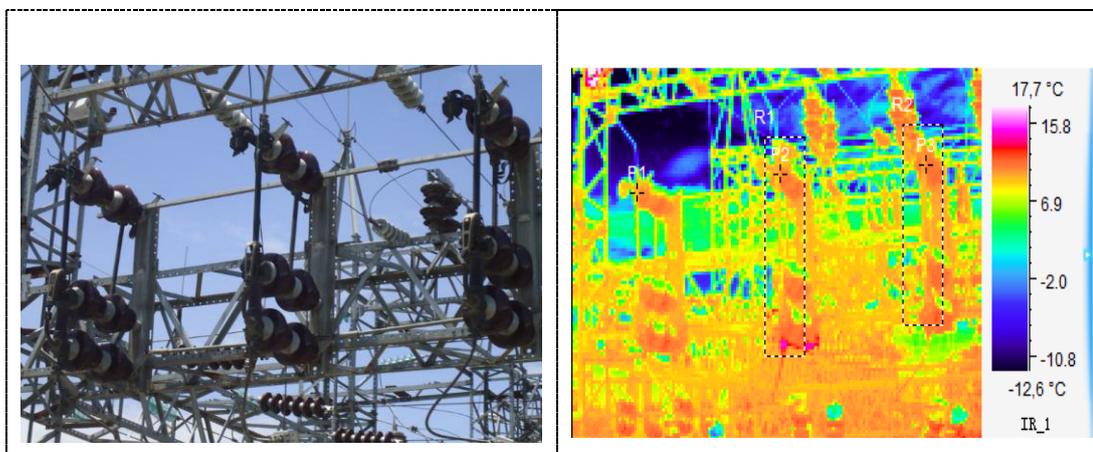
Existen soldaduras en los contactos del seccionador o a su vez suciedad.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento

34. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras 89-A12
 Información: Interconexión S/E Ambato

Figura 89. Seccionador barras/89-A12



Fuente: Autores

Tabla 48. Seccionador barras/89-A12

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-14,6 °C	
Max Temp	22,7 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 8:59:38 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,5 °C	
P2:Max	10,6 °C	
P3:Max	10,9 °C	
R1:Max Temp	15,5 °C	5 °C
R2:Max Temp	12,4 °C	1,9 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 5 °C con un nivel de severidad media, el área R2 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un aumento de temperatura moderado debido a soldaduras en los contactos del seccionador o a su vez suciedad.

➤ **Acción a seguir:**

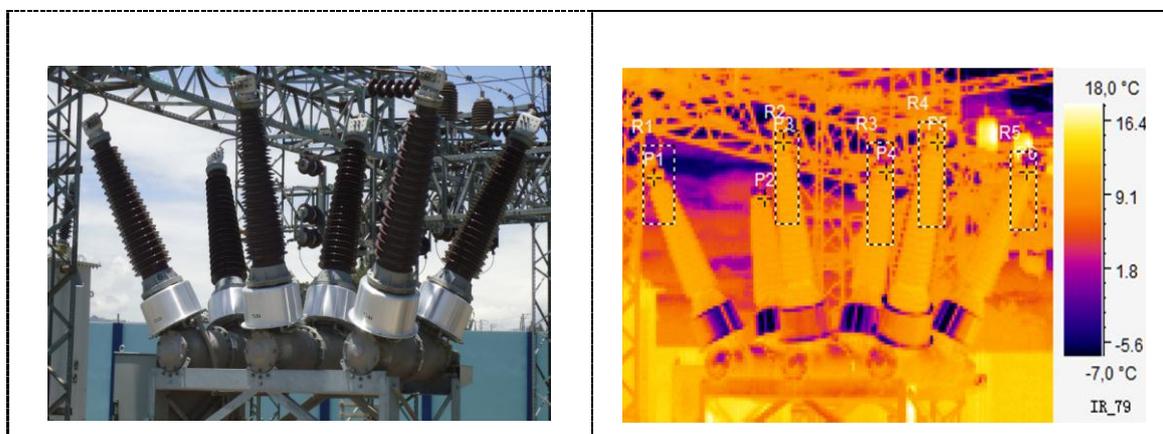
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

35. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor 52-A11

Información: Interconexión S/E Ambato

Figura 90. Interruptor/52-A11



Fuente: Autores

Tabla 49. Interruptor/52-A11

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-13,5 °C	
Max Temp	19,5 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:00:19 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,7 °C	
P2:Max(Tref)	11,4 °C	
P3:Max	12,0 °C	
P4:Max	11,7 °C	
P5:Max	12,1 °C	
P6:Max	12,3 °C	
R1:Max Temp	12,1 °C	0,7 °C
R2:Max Temp	12,1 °C	0,7 °C
R3:Max Temp	12,1 °C	0,7 °C
R4:Max Temp	12,5 °C	1,1 °C
R5:Max Temp	15,6 °C	4,2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R5 posee una temperatura de 4,2 °C con un nivel de severidad media, las áreas R1, R2, R3 y R4 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

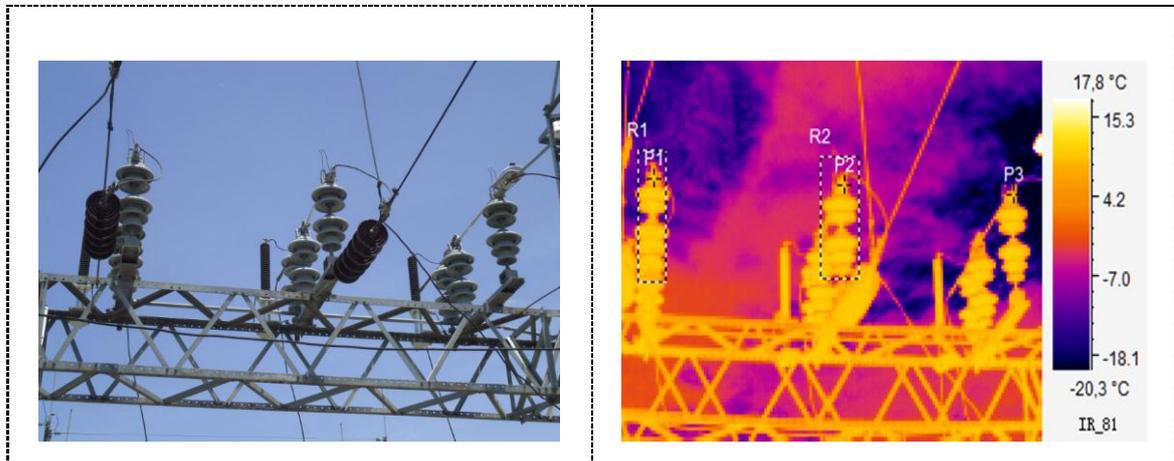
Leve incremento de temperatura en los bushing, debido al efecto corona o también a conexiones mal ajustadas.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

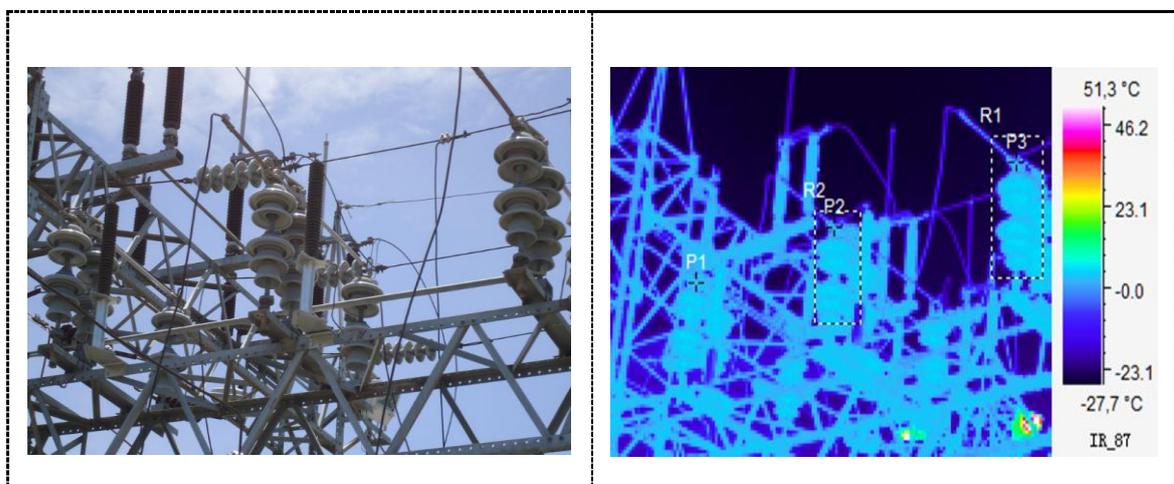
36. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador tripolar 89-AT11
 Información: Interconexión con barras colectoras 69 Kv

Figura 91. Seccionador tripolar entrada/89-AT11



Fuente: Autores

Figura 92. Seccionador tripolar salida/89-AT11



Fuente: Autores

Tabla 50. Seccionador tripolar entrada/89-AT11

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-22,0 °C	
Max Temp	51,6 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:02:20 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	10,3 °C	

P2:Max	10,0 °C	
P3:Max(Tref)	9,6 °C	
R1:Max Temp	11,9 °C	2,3 °C
R2:Max Temp	11,8 °C	2,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,3 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

No presentan variaciones de temperatura

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

Tabla 51. Seccionador tripolar salida/89-A21

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-28,3 °C	
Max Temp	76,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:01:27 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	9,3 °C	
P2:Max	9,5 °C	
P3:Max	10,0 °C	
R1:Max Temp	12,1 °C	2,8 °C
R2:Max Temp	12,1 °C	2,8 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,8 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

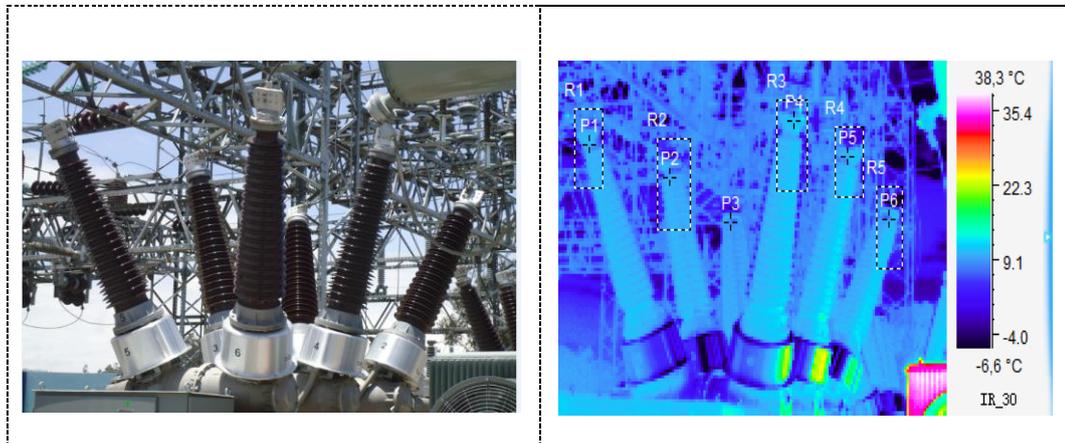
No presentan variaciones de temperatura

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

37. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Interruptor de potencia 52- AT12
 Información: Interconexión con barras colectoras 69 Kv

Figura 93. Interruptor de potencia/52-AT12



Fuente: Autores

Tabla 52. Interruptor de potencia/52-AT12

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-13,8 °C	
Max Temp	38,5 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:03:09 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,8 °C	
P2:Max	11,7 °C	
P3:Max(Tref)	9,9 °C	
P4:Max	12,6 °C	
P5:Max	11,4 °C	
P6:Max	10,7 °C	
R1:Max Temp	12,6 °C	2,7 °C
R2:Max Temp	12,3 °C	2,4 °C
R3:Max Temp	15,6 °C	5,7 °C
R4:Max Temp	13,7 °C	3,8 °C
R5:Max Temp	13,4 °C	3,5 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R3 posee una temperatura de 5,7 °C con un nivel de severidad media, las áreas R1, R2, R4 y R5 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Leve incremento de temperatura en los bushing, debido al efecto corona o también pernos flojos.

➤ **Acción a seguir:**

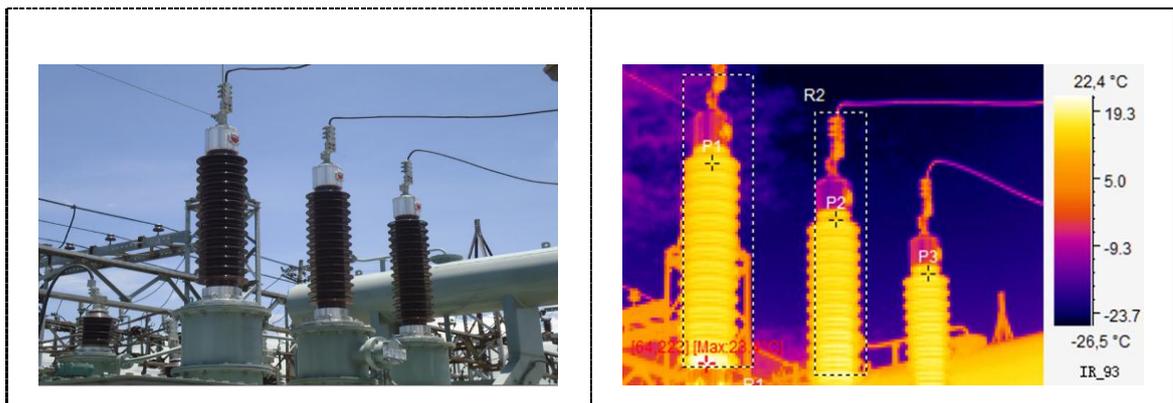
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

38. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Transformador de potencia/bushing T1 SHENDA

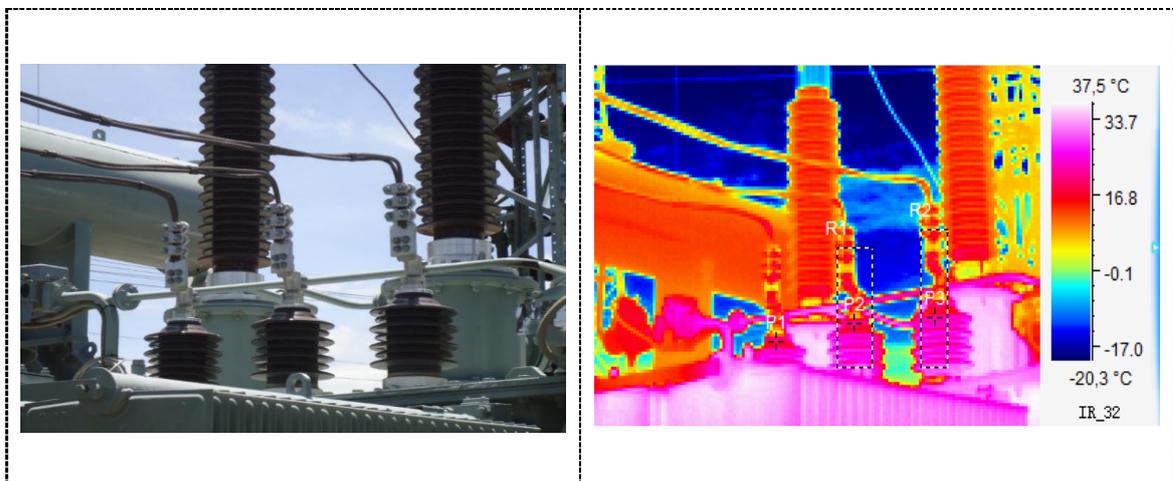
Información: Interconexión con barras colectoras 69 Kv

Figura 94. Bushing T1/entrada



Fuente: Autores

Figura 95. Bushing T1/salida



Fuente: Autores

Tabla 53. Bushing T1/entrada

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-27,1 °C	
Max Temp	23,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:03:53 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	16,2 °C	
P2:Max	14,9 °C	
P3:Max(Tref)	13,9 °C	
R1:Max Temp	23,4 °C	9,5 °C
R2:Max Temp	20,4 °C	6,5 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 9,5 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve aumento de temperatura en los bushing, debido solturas en los contactos o a su vez suciedad.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente usando la metodología y el personal más adecuado. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

Tabla 54. Bushing T1/salida

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-21,0 °C	
Max Temp	37,6 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:04:45 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	24,0 °C	
P2:Max	26,7 °C	
P3:Max	26,7 °C	
R1:Max Temp	33,3 °C	9,3 °C
R2:Max Temp	34,2 °C	10,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 10,2 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve aumento de temperatura en los bushing, debido a solturas en los contactos o a su vez suciedad.

➤ **Acción a seguir:**

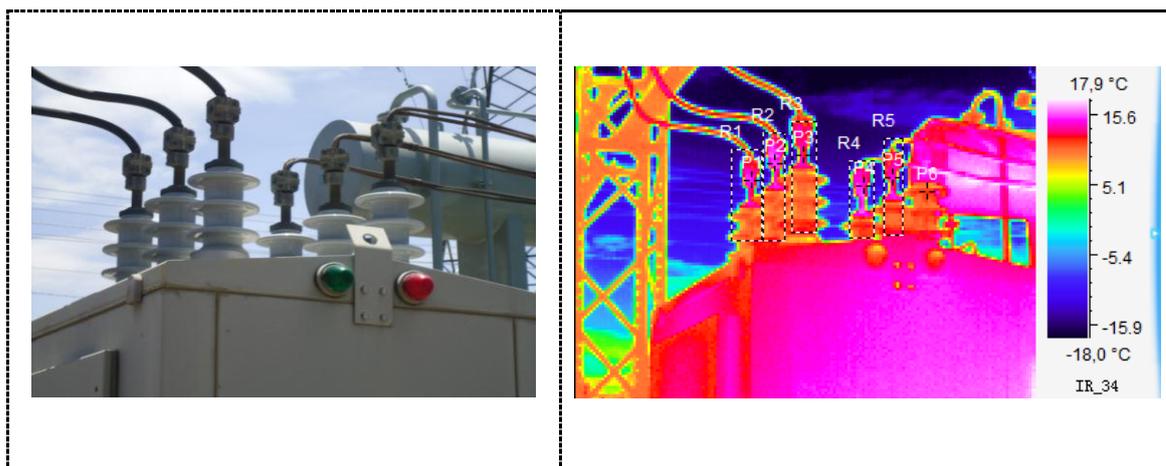
Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente usando la metodología y el personal más adecuado. Se deberá ajustar y limpiar en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

39. Ubicación: EEASA – S/E Oriente

Elemento: Interruptor 52-MT12

Información: Interconexión con salida de T1

Figura 96. Interruptor/52-MT12



Fuente: Autores

Tabla 55. Interruptor/52-MT12

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-18,7 °C	
Max Temp	18,4 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:05:29 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	15,3 °C	
P2:Max	15,7 °C	
P3:Max	12,9 °C	

P4:Max	14,8 °C	
P5:Max	15,2 °C	
P6:Max(Tref)	12,6 °C	
R1:Max Temp	15,5 °C	2,9 °C
R2:Max Temp	16,6 °C	4 °C
R3:Max Temp	14,9 °C	2,3 °C
R4:Max Temp	16,1 °C	3,5 °C
R5:Max Temp	15,6 °C	3 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 4 °C con un nivel de severidad media, las áreas R1, R3, R4 y R5 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

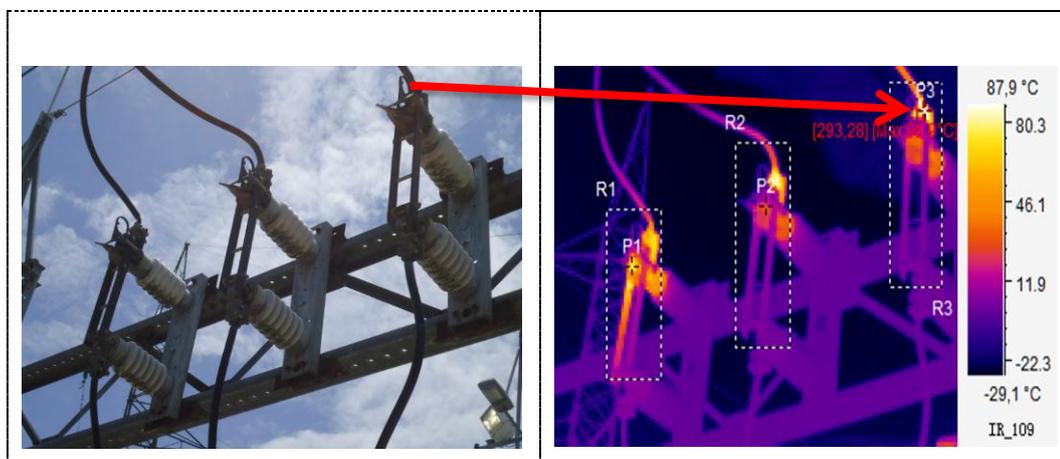
Leve aumento de temperatura en los bushing, debido a conexiones mal ajustadas.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

40. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras 89-MT11
 Información: Interconexión con salida T1

Figura 97. Seccionador barras/89-MT11



Fuente: Autores

Tabla 56. Seccionador barras/89-MT11

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-30,8 °C	
Max Temp	98,9 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:06:42 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	78,0 °C	
P2:Max(Tref)	42,9 °C	
P3:Max	98,9 °C	
R1:Max Temp	84,8 °C	41,9 °C
R2:Max Temp	86,5 °C	43,6 °C
R3:Max Temp	98,9 °C	56 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1, R2 y R3 poseen un nivel de severidad crítica, la máxima temperatura se establece en R3 con 56 °C, según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en los seccionadores, causado por un mal ajuste entre el conductor y el terminal de los seccionadores.

➤ **Acción a seguir:**

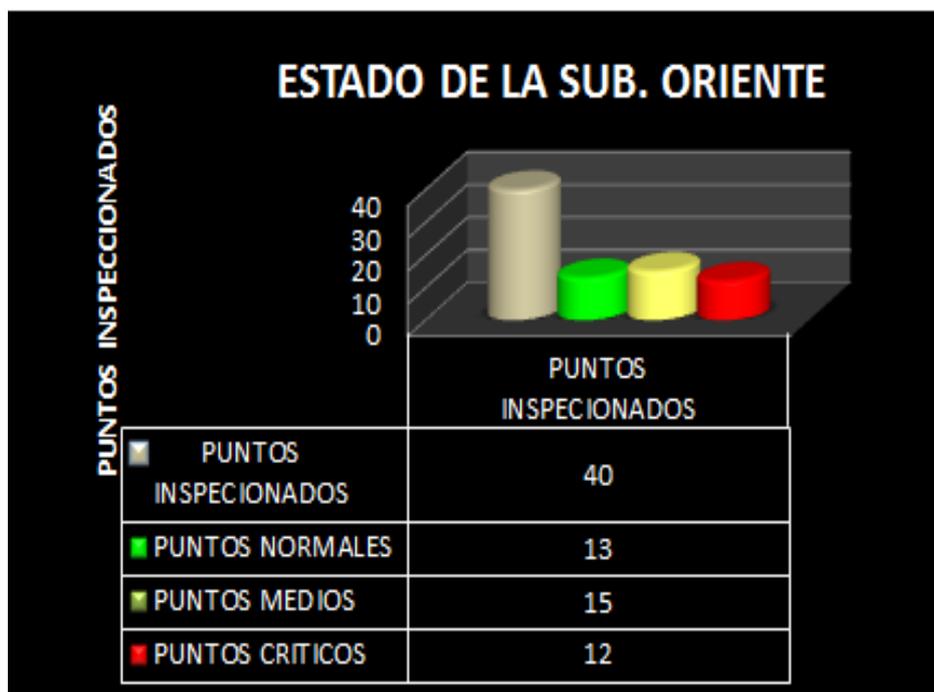
Realizar la reparación correctiva de los puntos de falla de manera urgente, se plantea en primer plano la limpieza en la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el conductor y el terminal de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se debe efectuar su cambio.

Tabla 57. Resumen de inspección de la Subestación Oriente

ÍTEM	EQUIPO O ELEMENTO	RELEVANCIA	ACCIÓN	$\Delta T(^{\circ}C)$	VOLTAJE
1	Conectores Entrada	Normal	Ninguna	3,5	69Kv
2	Pararrayos Entrada	Normal	Ninguna	2,7	69Kv
3	Seccionador tripolar 89-A33	Critica	Correctiva urgente	22,4	69Kv
4	Interruptor 52-A32	Normal	Ninguna	3,6	69Kv
5	Seccionador tripolar 89-A31	Critica	Correctiva urgente	34,9	69Kv
6	Seccionador tripolar 89-AT21	Normal	Ninguna	2,6	69Kv
7	Interruptor de potencia 52-AT22	Normal	Ninguna	3,1	69Kv
8	Transformador de potencia T2 SIEMENS	Media	Seguimiento	14,7	69Kv
9	Interruptor 52-MT22	Media	Seguimiento	4,8	13,8Kv
10	Seccionador barras 89-MT21	Media	Seguimiento	7,4	13,8Kv
11	Seccionador barras entrada Olímpica	Critica	Correctiva urgente	18,3	13,8Kv
12	Interruptor Olímpica	Media	Seguimiento	15,3	13,8Kv
13	Seccionador barras salida Olímpica	Critica	Correctiva urgente	33,9	13,8Kv
14	Seccionador barras entrada Picaihua	Critica	Correctiva urgente	26,3	13,8Kv
15	Interruptor Picaihua	Media	Seguimiento	14,2	13,8Kv
16	Seccionador barras salida Picaihua	Critica	Correctiva urgente	68,4	13,8Kv
17	Seccionador barras entrada Totoras	Critica	Correctiva urgente	35,1	13,8Kv
18	Interruptor Totoras	Media	Seguimiento	4,7	13,8Kv
19	Seccionador barras salida Totoras	Media	Seguimiento	7,5	13,8Kv
20	Seccionador barras entrada Lligua	Media	Seguimiento	5,6	13,8Kv
21	Interruptor Lligua	Normal	Ninguna	1,9	13,8Kv
22	Seccionador barras salida Lligua	Media	Seguimiento	8,4	13,8Kv
23	Seccionador barras entrada Universidad	Media	Seguimiento	11,1	13,8Kv
24	Interruptor Universidad	Normal	Ninguna	3,1	13,8Kv
25	Seccionador barras salida Universidad	Critica	Correctiva urgente	88,4	13,8Kv
26	Seccionador barras entrada Loreto	Normal	Ninguna	1,7	13,8Kv
27	Interruptor Loreto	Normal	Ninguna	2,1	13,8Kv
28	Seccionador barras salida Loreto	Normal	Ninguna	1,2	13,8Kv
29	Seccionador barras NC	Normal	Ninguna	2,2	13,8Kv
30	Seccionador barras 89-MQ11	Critica	Correctiva urgente	46,4	13,8Kv
31	Interruptor 52-MQ12	Normal	Ninguna	1,4	13,8Kv
32	Banco de condensadores M52-MQ13	Critica	Correctiva urgente	22,7	13,8Kv
33	Seccionador tripolar 89-A21	Critica	Correctiva urgente	23	69Kv
34	Seccionador tripolar 89-A12	Media	Seguimiento	5	69Kv
35	Interruptor 52-A11	Media	Seguimiento	4,2	69Kv
36	Seccionador tripolar 89-AT11	Normal	Ninguna	2,8	69Kv
37	Interruptor de potencia 52-AT12	Media	Seguimiento	5,7	69Kv
38	Transformador de potencia T1 SHENDA	Media	Seguimiento	10,2	69Kv
39	Interruptor 52-MT12	Media	Seguimiento	4	13,8Kv
40	Seccionador barras 89-MT11	Critica	Correctiva urgente	56	13,8Kv

Fuente: Autores

Figura 98. Resumen del estado de la subestación Oriente



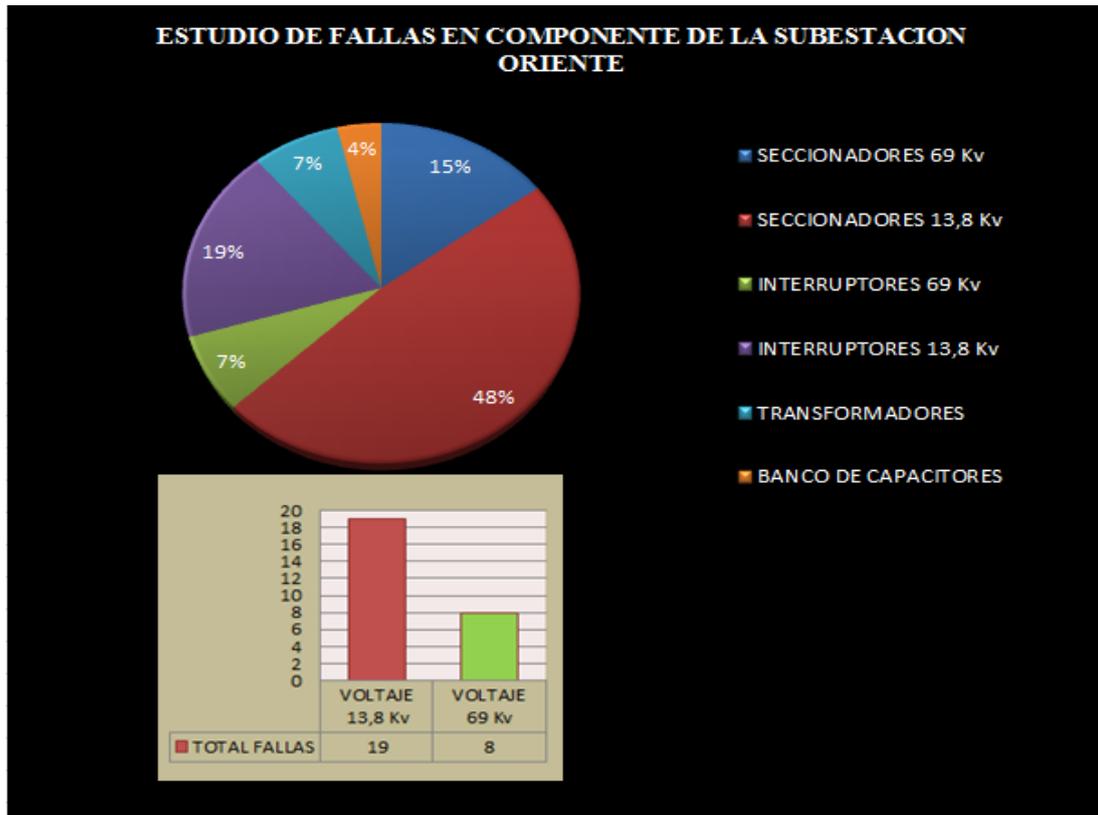
Fuente: Autores

En la subestación se detectaron 12 puntos críticos con el 30%, 15 puntos medios con el 37,5 % y 13 puntos normales con el 32,5 % que representan el total de los puntos inspeccionados.

Estadísticamente se define que la subestación se encuentra en un estado medio con tendencia a crítica, también se debe pensar que un punto crítico encontrado puede ser causado por el tiempo de vida útil de cada elemento según el diseño de la subestación, porque un gradiente de temperatura elevado acelera el recalentamiento del material y del equipo, disminuyendo la vida útil del mismo.

4.1.2 Análisis de zonas de fallas en la subestación Oriente.- Mediante el resumen de fallas se identificó que el mayor porcentaje de anomalías térmicas estuvieron presentes en seccionadores a un nivel de voltaje de 13,8 Kv.

Figura 99. Porcentaje de anomalías térmicas encontradas en la subestación Oriente



Fuente: Autores

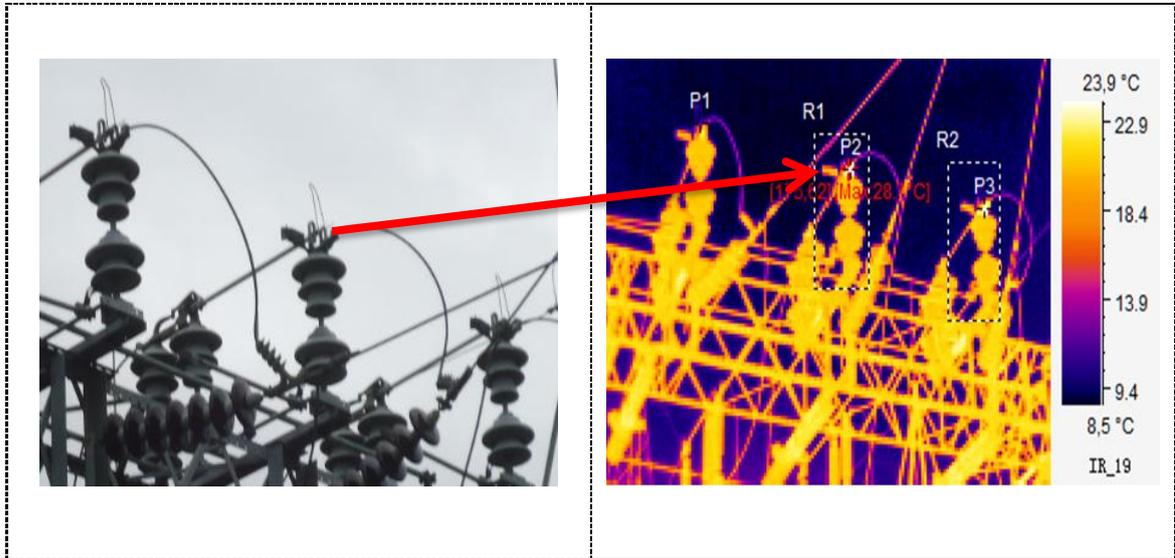
En el barrido termográfico se detectaron 27 anomalías térmicas entre severidad media y crítica, en la figura 99 se observa que el 48% de problemas se encuentran seccionadores es por ello que se recomienda un buen cierre y ajustes en los contactos de los seccionadores.

4.1.3 Inspecciones en la subestación Oriente en el día.- El barrido termográfico se lo realizo en horas de la tarde el 02 de abril del 2013, considerando los siguientes parámetros: distancia de 6m, emisividad de 0,95, humedad relativa de 80% y temperatura ambiente de 17°C.

En este análisis se realizara una reinspección únicamente de los puntos críticos encontrados en el barrido termográfico nocturno, con el objetivo de descartar posibles lecturas erróneas anteriormente halladas, no se van a indicar las observaciones y acciones.

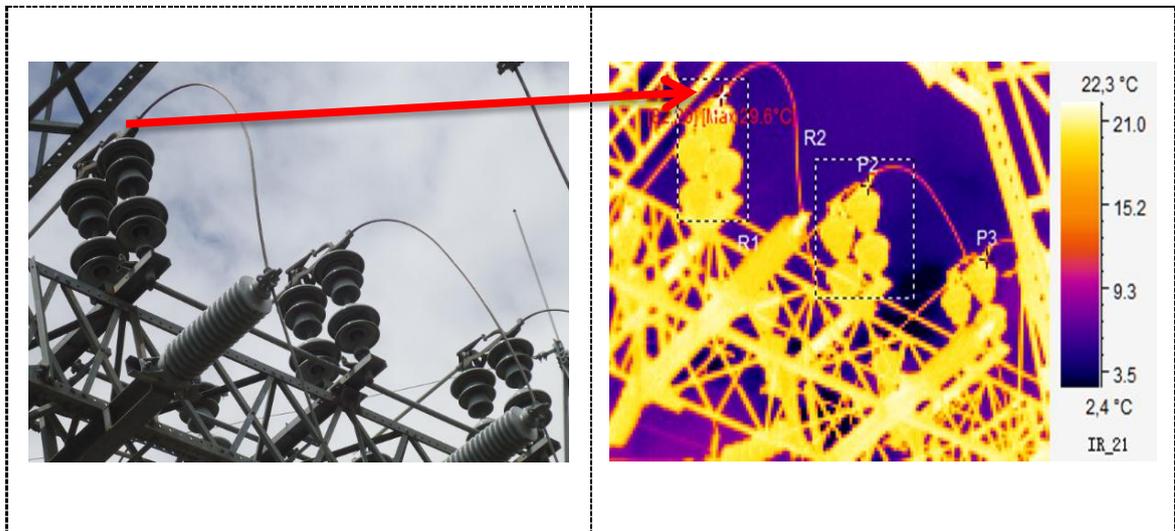
1. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador tripolar 89-A33
 Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 100. Seccionador tripolar entrada/89-A33



Fuente: Autores

Figura 101. Seccionador tripolar salida/89-A33



Fuente: Autores

Tabla 58. Seccionador tripolar entrada/89-A33

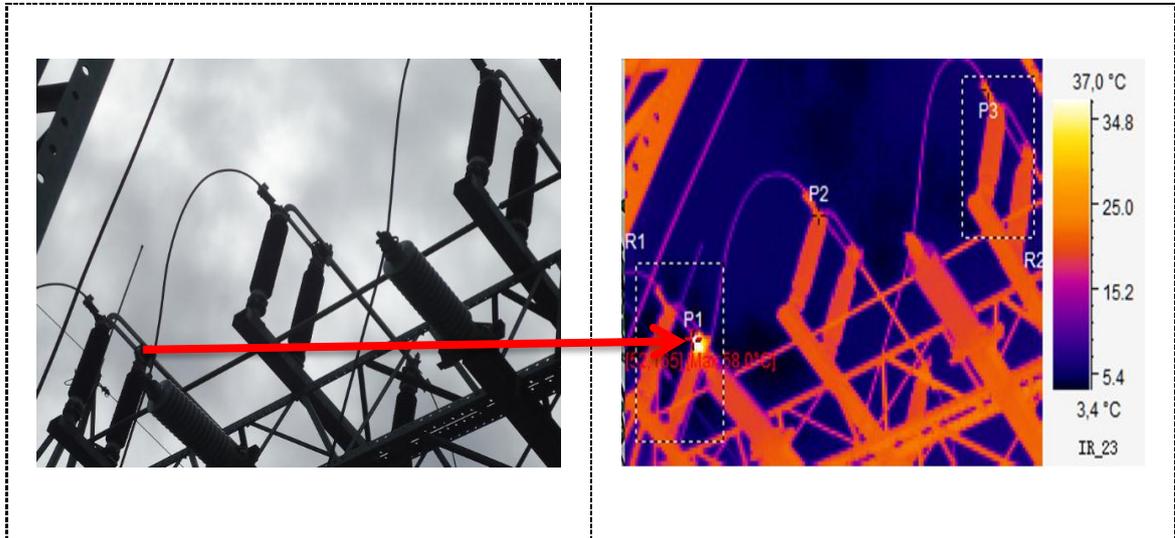
INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	8,3 °C	
Max Temp	28,7 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 2:11:13 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	12,2 °C	
P2:Max	28,7 °C	
P3:Max	25,8 °C	
R1:Max Temp	28,7 °C	16,5 °C
R2:Max Temp	27,6 °C	15,4 °C

Tabla 59. Seccionador tripolar salida/89-A33

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-12,9 °C	
Max Temp	29,6 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 2:14:38 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	29,6 °C	
P2:Max	20,5 °C	
P3:Max(Tref)	13,3 °C	
R1:Max Temp	29,6 °C	16,3 °C
R2:Max Temp	21,3 °C	8 °C

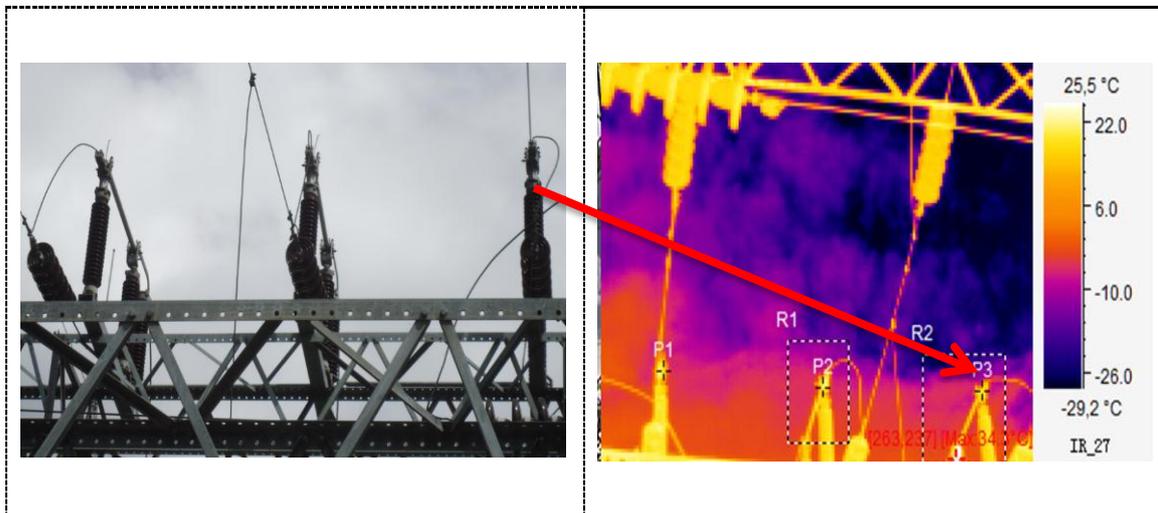
2. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador tripolar 89-A31
 Información: Interconexión S/E Totoras

Figura 102. Seccionador tripolar entrada/89-A31



Fuente: Autores

Figura 103. Seccionador tripolar salida/89-A31



Fuente: Autores

Tabla 60. Seccionador tripolar entrada/89-A31

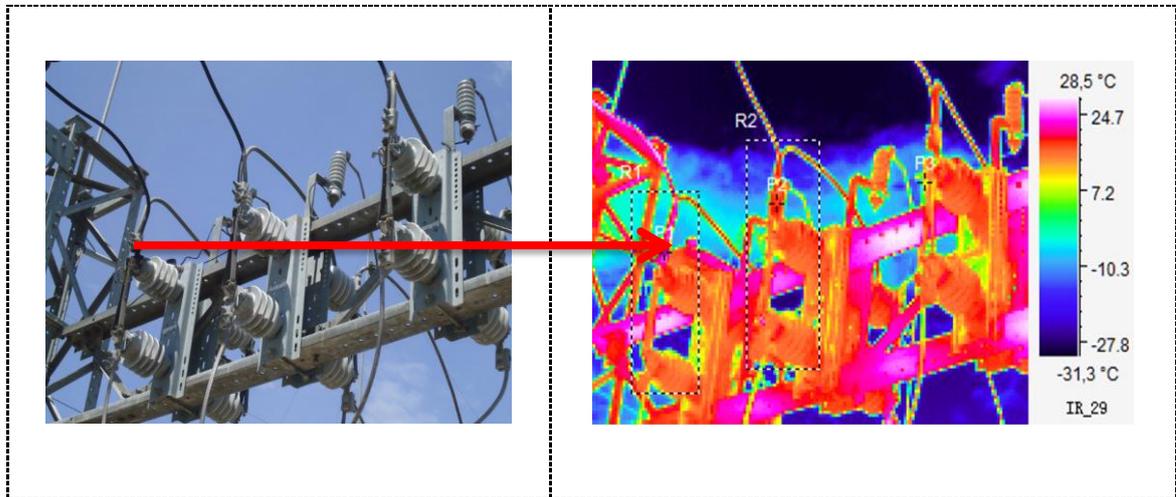
INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	0,2 °C	
Max Temp	58,0 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 2:20:47 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	58,0 °C	
P2:Max(Tref)	21,1 °C	
P3:Max	23,1 °C	
R1:Max Temp	58,0 °C	36,9 °C
R2:Max Temp	23,8 °C	2,7 °C

Tabla 61. Seccionador tripolar salida/89-A31

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-30,5 °C	
Max Temp	34,3 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 2:29:15 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	16,3 °C	
P2:Max	20,7 °C	
P3:Max	18,6 °C	
R1:Max Temp	22,7 °C	6,4 °C
R2:Max Temp	34,3 °C	18 °C

3. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras entrada Olímpica
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 104. Seccionador barras entrada/Olímpica



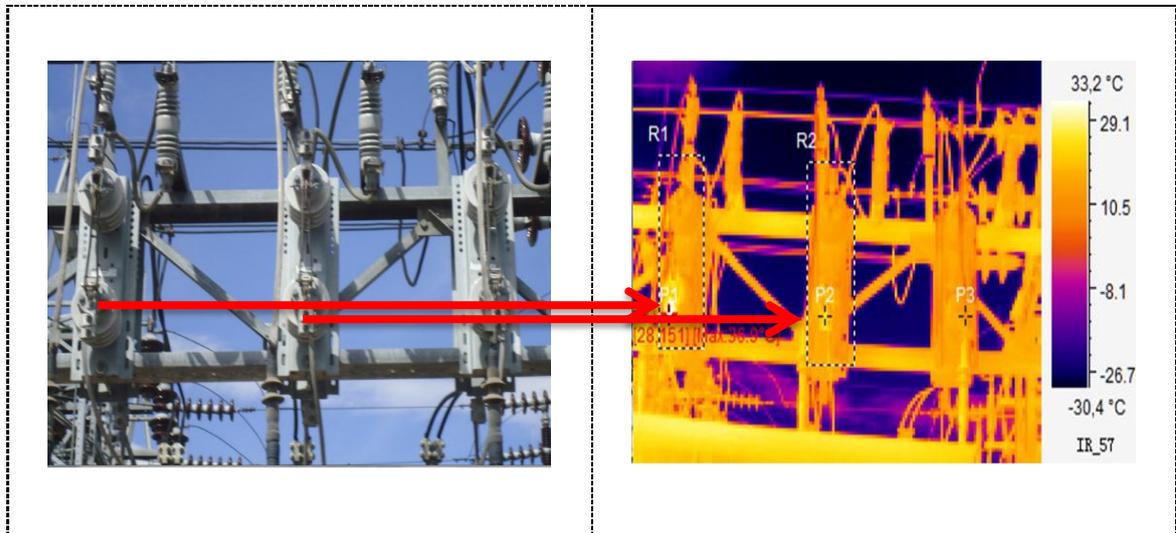
Fuente: Autores

Tabla 62. Seccionador barras entrada/Olímpica

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-31,7 °C	
Max Temp	28,8 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 2:52:55 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	22,8 °C	
P2:Max	19,2 °C	
P3:Max(Tref)	10,8 °C	
R1:Max Temp	28,1 °C	17,3 °C
R2:Max Temp	26,6 °C	15,8 °C

4. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras salida Olímpica
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 105. Seccionador barras salida/Olímpica



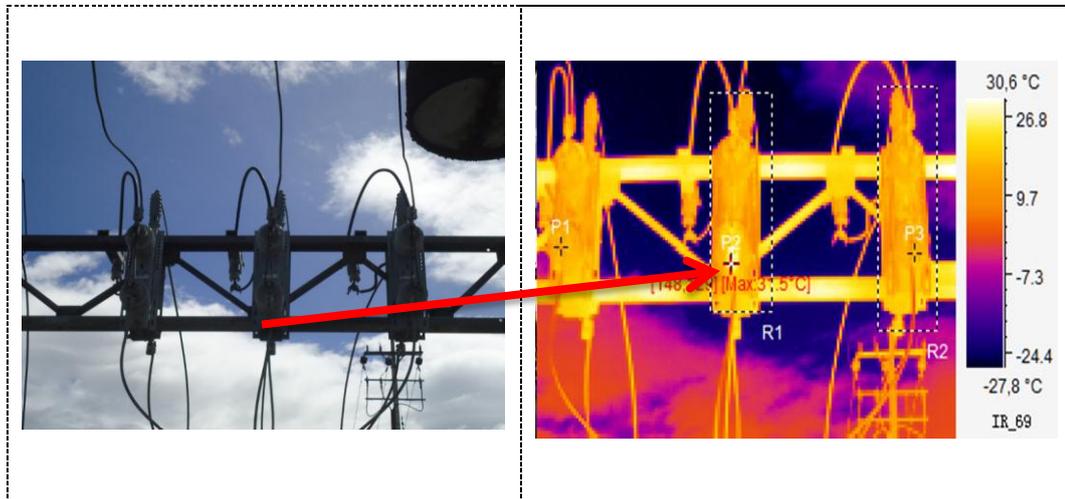
Fuente: Autores

Tabla 63. Seccionador barras salida/Olímpica

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-31,0 °C	
Max Temp	36,9 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 2:57:46 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	36,9 °C	
P2:Max	27,0 °C	
P3:Max(Tref)	12,3 °C	
R1:Max Temp	36,9 °C	24,6 °C
R2:Max Temp	28,5 °C	16,2 °C

5. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras entrada Picaihua
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 106. Seccionador barras entrada/Picaihua



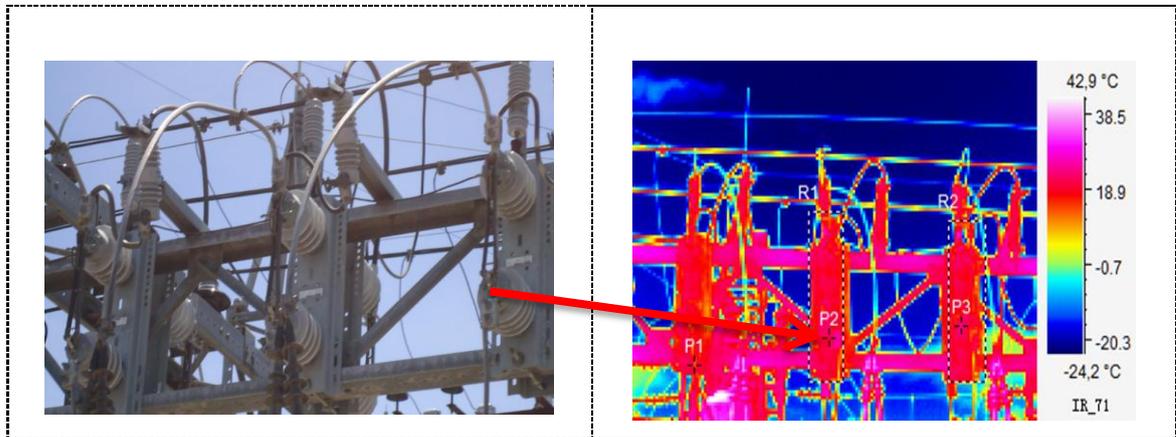
Fuente: Autores

Tabla 64. Seccionador barras entrada/Picaihua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-28,3 °C	
Max Temp	31,5 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 2:59:59 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	13,9 °C	
P2:Max	28,7 °C	
P3:Max	18,5 °C	
R1:Max Temp	29,7 °C	15,8 °C
R2:Max Temp	30,0 °C	16,1 °C

6. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras salida Picaihua
 Información: Interconexión con interruptor Picaihua

Figura 107. Seccionador barras salida/Picaihua



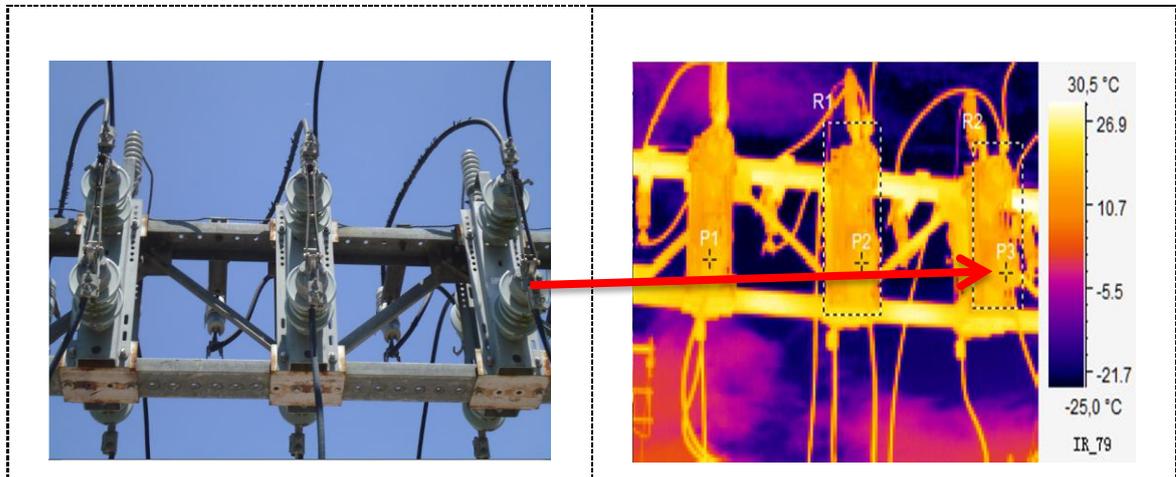
Fuente: Autores

Tabla 65. Seccionador barras salida/Picaihua

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-25,0 °C	
Max Temp	44,6 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 3:04:00 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	17,8 °C	
P2:Max	24,5 °C	
P3:Max	28,8 °C	
R1:Max Temp	32,6 °C	14,8 °C
R2:Max Temp	33,9 °C	16,1 °C

7. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras entrada Totoras
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 108. Seccionador barras entrada/Totoras



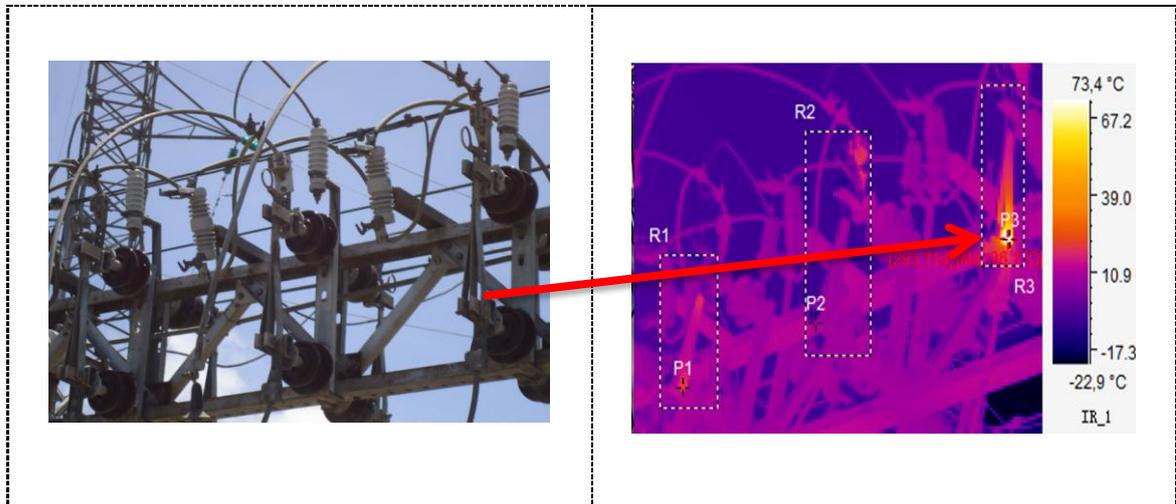
Fuente: Autores

Tabla 66. Seccionador barras entrada/Totoras

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-27,7 °C	
Max Temp	31,2 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 3:06:51 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	15,2 °C	
P2:Max	18,6 °C	
P3:Max	20,3 °C	
R1:Max Temp	28,9 °C	13,7 °C
R2:Max Temp	31,2 °C	16 °C

8. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras salida Universidad
 Información: Interconexión con Interruptor Universidad

Figura 109. Seccionador barras salida/Universidad



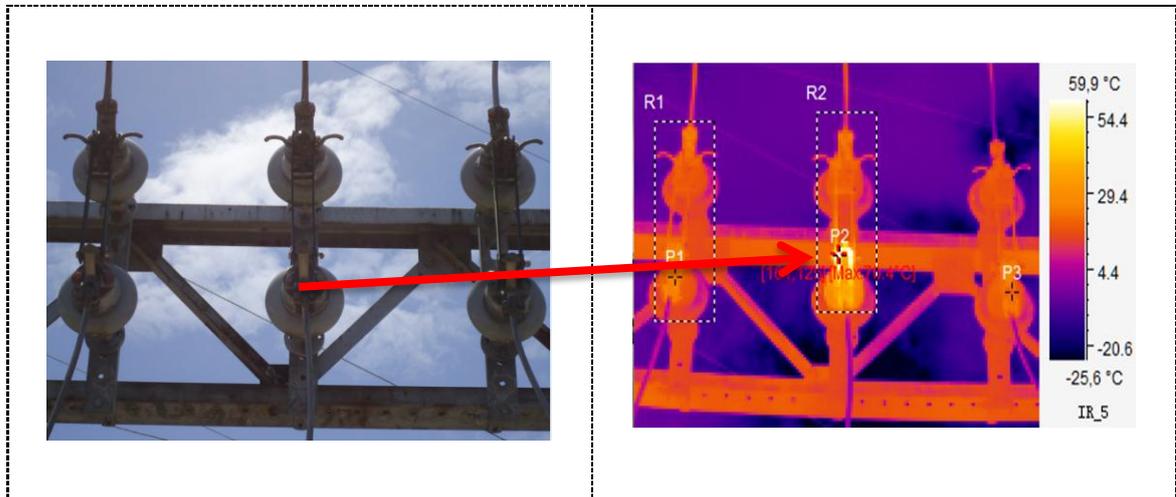
Fuente: Autores

Tabla 67. Seccionador barras salida/Universidad

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-29,3 °C	
Max Temp	96,1 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 3:29:24 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	33,0 °C	
P2:Max(Tref)	15,4 °C	
P3:Max	96,1 °C	
R1:Max Temp	33,1 °C	17,7 °C
R2:Max Temp	32,0 °C	16,6 °C
R3:Max Temp	96,1 °C	80,7 °C

9. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras 89-MQ11
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 110. Seccionador barras/89-MQ11



Fuente: Autores

Tabla 68. Seccionador barras/89-MQ11

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-29,4 °C	
Max Temp	70,4 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 3:36:19 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	31,1 °C	
P2:Max	70,4 °C	
P3:Max(Tref)	24,7 °C	
R1:Max Temp	34,2 °C	9,5 °C
R2:Max Temp	70,4 °C	45,7 °C

10. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Banco de condensadores 52-MQ13
 Información: Interconexión con barras colectoras 13,8 Kv

Figura 111. Banco de condensadores/52-MQ13



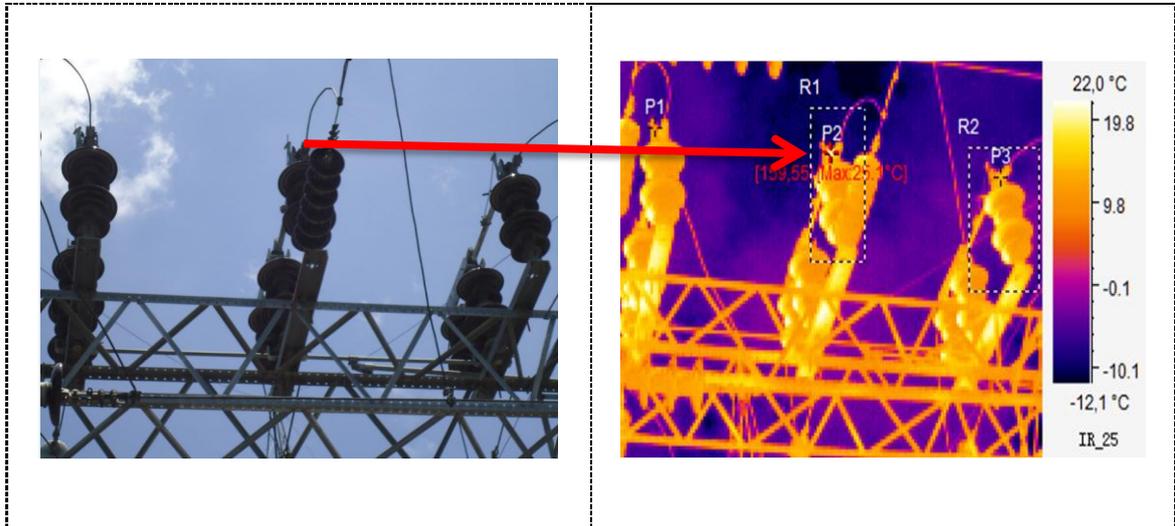
Fuente: Autores

Tabla 69. Banco de condensadores/52-MQ13

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	16,0 °C	
Max Temp	52,8 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 4:02:57 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	29,7 °C	2,8 °C
P2:Max	29,8 °C	2,9 °C
P3:Max	41,4 °C	14,5 °C
P4:Max(Tref)	26,9 °C	
P5:Max	30,7 °C	3,8 °C
P6:Max	30,8 °C	3,9 °C
P7:Max	42,7 °C	15,8 °C
P8:Max	39,1 °C	12,2 °C
P9:Max	42,8 °C	15,9 °C
P10:Max	39,1 °C	12,2 °C
P11:Max	46,7 °C	19,8 °C

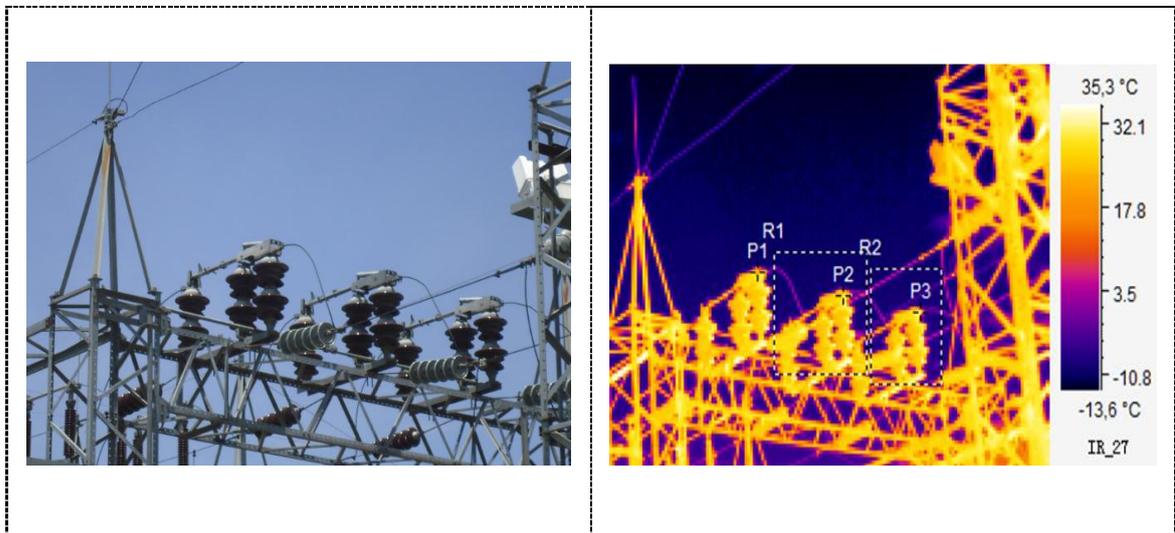
11. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador tripolar 89-A21
 Información: Interconexión con barras colectoras 69 Kv

Figura 112. Seccionador tripolar entrada/89-A21



Fuente: Autores

Figura 113. Seccionador tripolar salida/89-A21



Fuente: Autores

Tabla 70. Seccionador tripolar entrada/89-A21

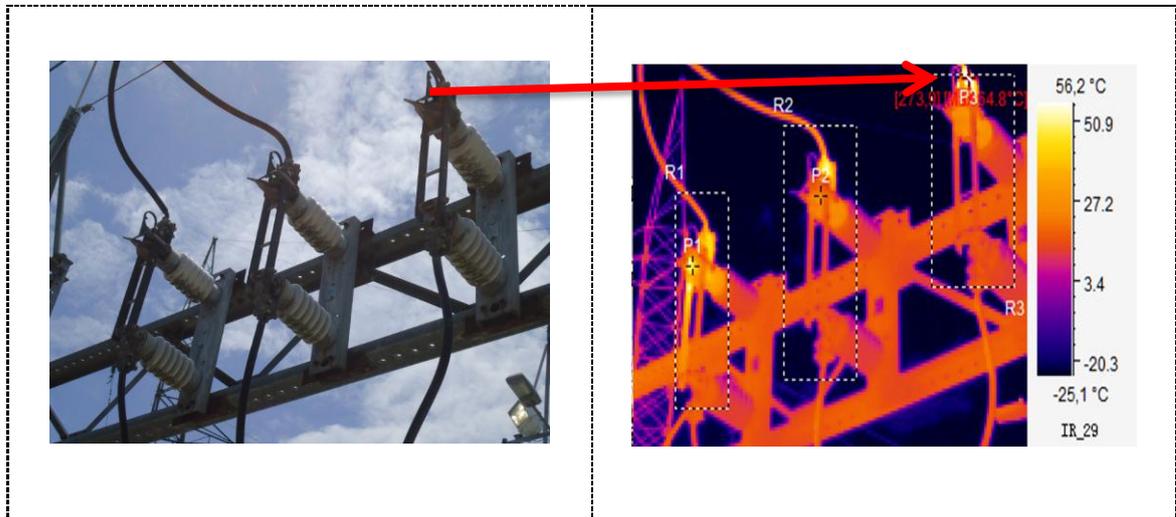
INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-17,2 °C	
Max Temp	25,1 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 4:08:41 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	8,9 °C	
P2:Max	25,1 °C	
P3:Max	13,8 °C	
R1:Max Temp	25,1 °C	16,2 °C
R2:Max Temp	22,0 °C	13,1 °C

Tabla 71. Seccionador tripolar entrada/89-A21

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-14,3 °C	
Max Temp	43,5 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 4:04:36 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	26,1 °C	
P2:Max	28,7 °C	
P3:Max	31,9 °C	
R1:Max Temp	35,2 °C	9,1 °C
R2:Max Temp	34,4 °C	8,3 °C

12. Ubicación: EEASA – S/E Oriente
 Elemento: Seccionador barras 89-MT11
 Información: Interconexión con salida T1

Figura 114. Seccionador barras/89-MT11



Fuente: Autores

Tabla 72. Seccionador barras/89-MT11

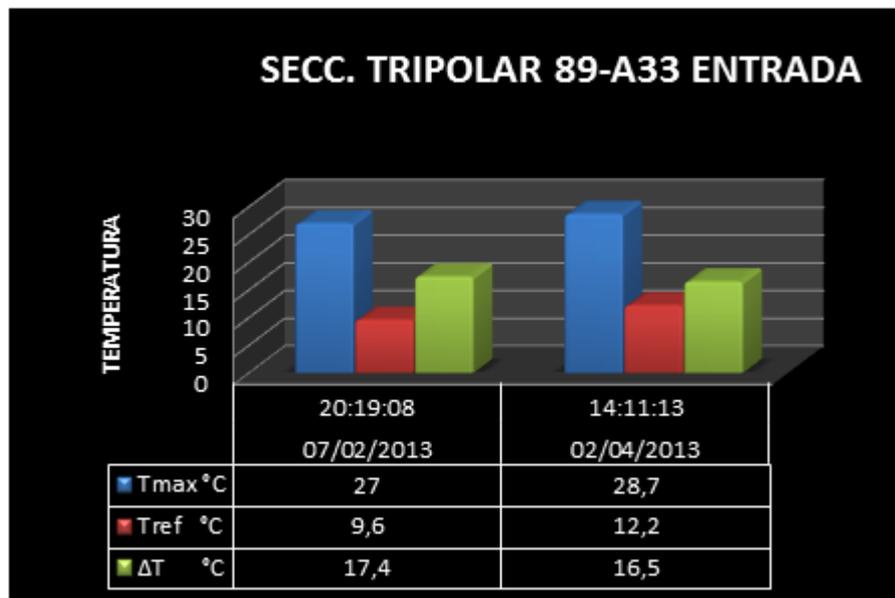
INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-25,1 °C	
Max Temp	64,8 °C	
Fecha y hora	4/2/2013 4:36:54 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	47,4 °C	
P2:Max(Tref)	29,6 °C	
P3:Max	64,5 °C	
R1:Max Temp	55,2 °C	25,6 °C
R2:Max Temp	52,6 °C	23 °C
R3:Max Temp	64,8 °C	35,2 °C

4.1.4 Comparación de las diferencias de temperatura de los puntos críticos encontrados en el día y en la noche.- En este análisis se realizara un estudio del porque el incremento de temperatura y sus posibles causas, tanto en el día como en la noche.

Para ello se desarrollara gráficas para observar en forma directa el comportamiento de las temperaturas en los elementos de la Subestación, tomando en cuenta diversos factores como: temperatura ambiente, carga solar; como también la demanda máxima de energía eléctrica en el instante del barrido termográfico.

Al momento de realizar las inspecciones termográficas dentro de la subestación se definió tanto en el día como en la noche una emisividad de 0,95, humedad relativa de 80% y una distancia de 6m. Se trabajó con una temperatura ambiente en el día de 17 °C y en la noche con 12 °C.

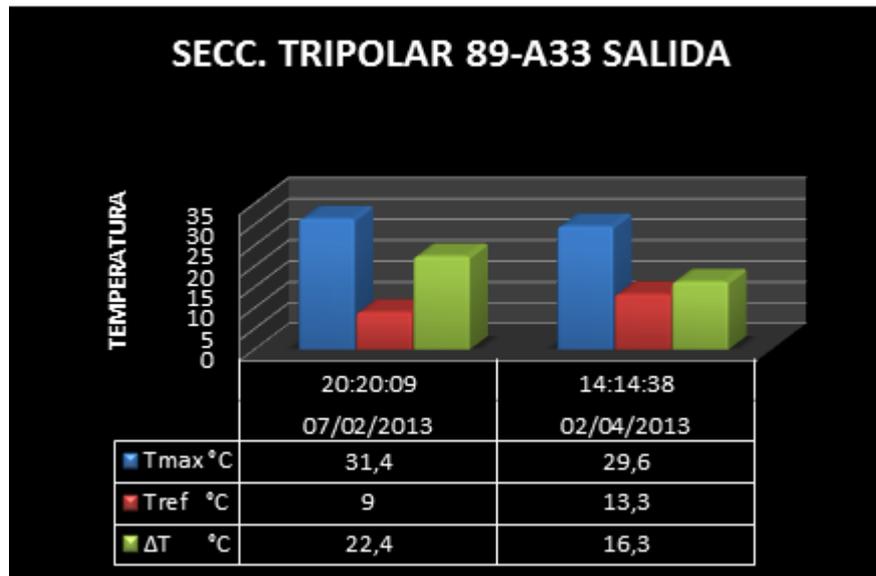
Figura 115. Seccionador tripolar 89-A33 entrada



Fuente: Autores

En el seccionador tripolar 89-A33 se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.697,72 Kw con respecto a 8.635,08 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

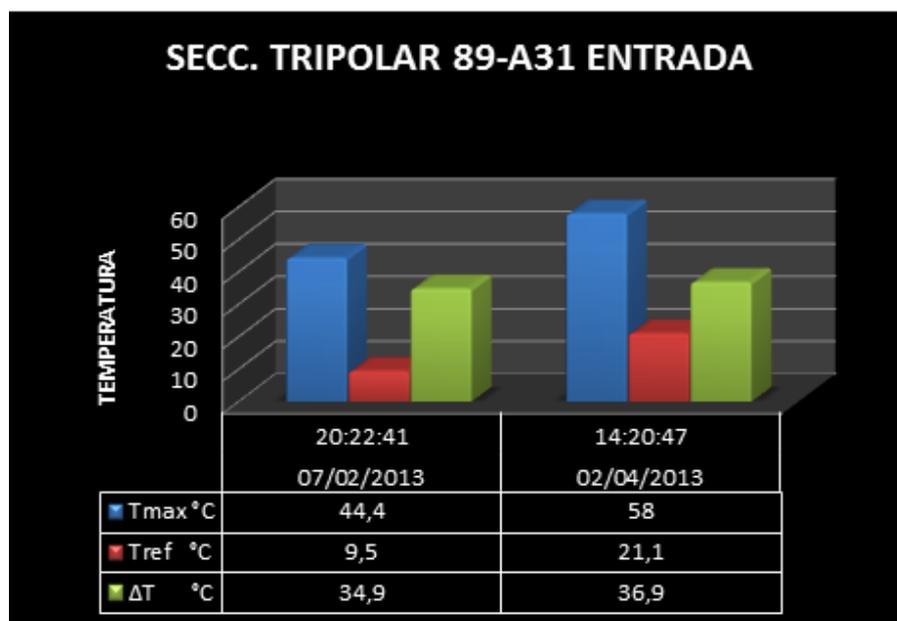
Figura 116. Seccionador tripolar 89-A33 salida



Fuente: Autores

En el seccionador tripolar 89-A33 se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.697,72 Kw con respecto a 8.635,08 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

Figura 117. Seccionador tripolar 89-A31 entrada

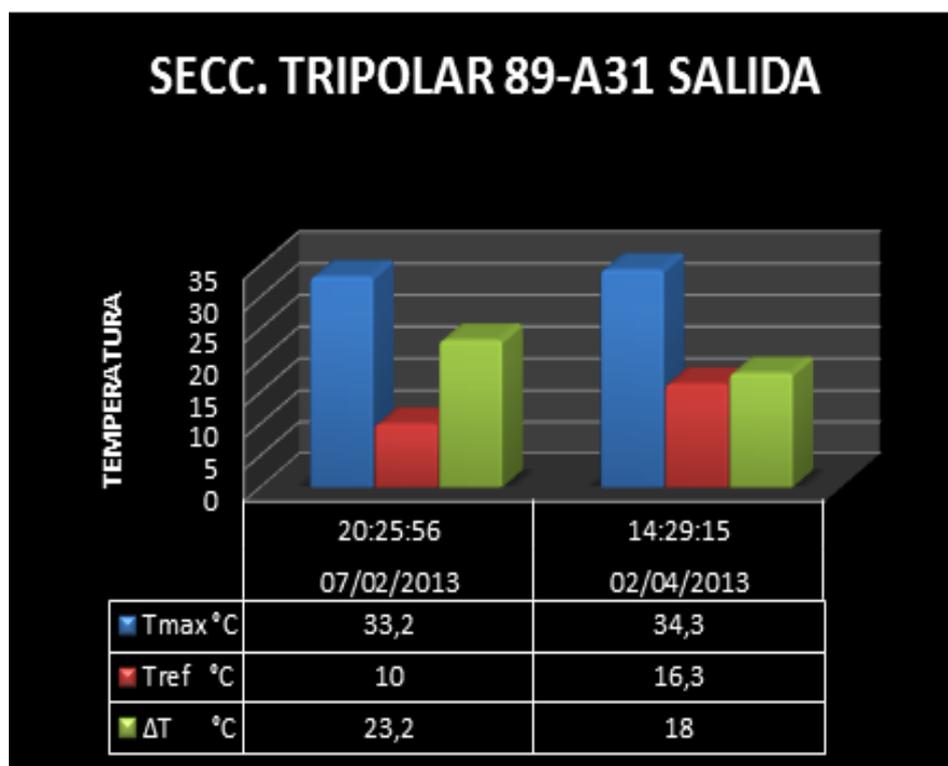


Fuente: Autores

En el seccionador tripolar 89-A31 se observa un ΔT inferior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, con una demanda máxima de energía eléctrica en la noche de 12.697,72 Kw a comparación de 9.118,22 Kw que fue la demanda en la tarde.

Lo cual se puede asumir que el incremento del ΔT en la tarde es debido a la posición del elemento con respecto a los rayos solares que ayudan a la conservación de energía calorífica en el elemento. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

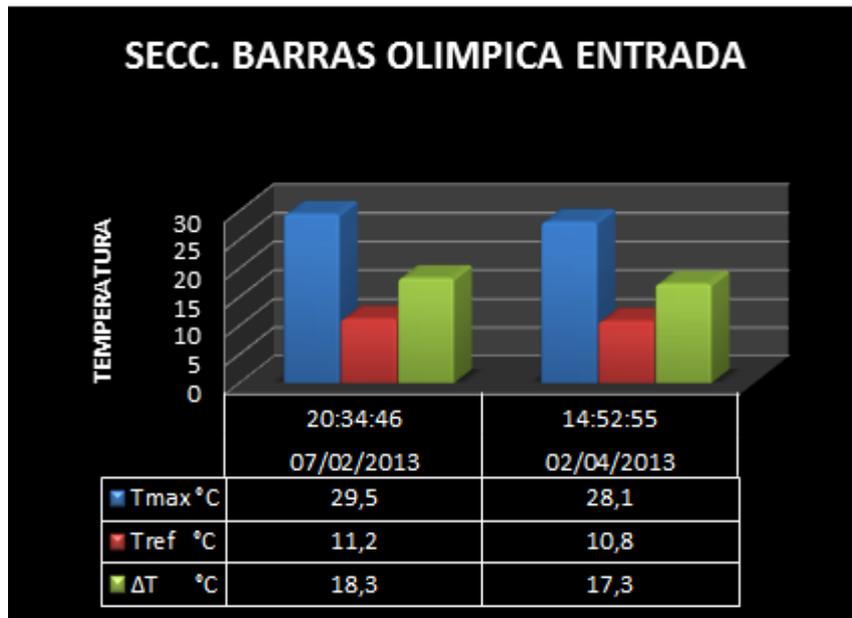
Figura 118. Seccionador tripolar 89-A31 salida



Fuente: Autores

En el seccionador tripolar 89-A31 salida se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.697,72 Kw con respecto a 9.118,22 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

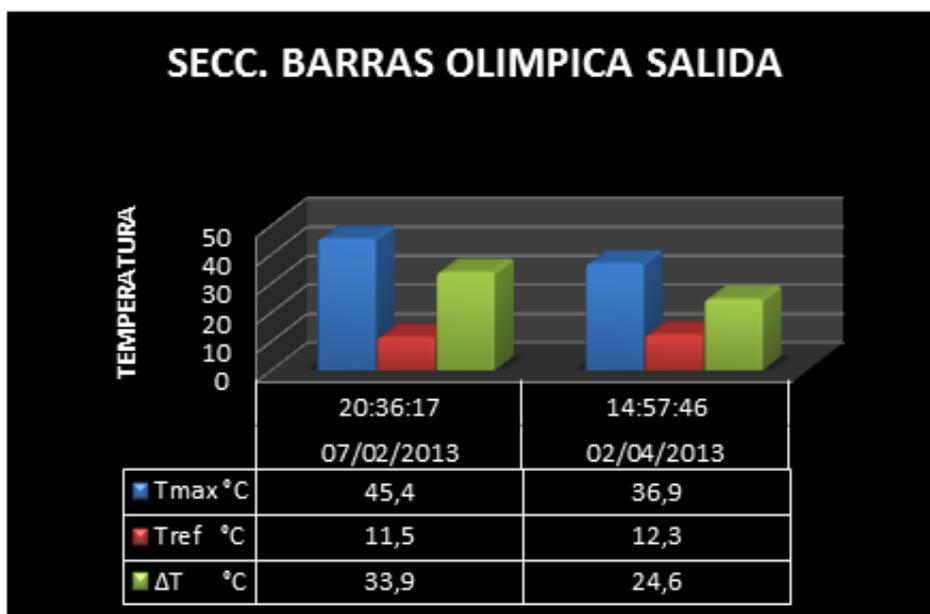
Figura 119. Seccionador barras Olímpica entrada



Fuente: Autores

En los seccionadores barras Olímpica entrada se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.484,48 Kw con respecto a 9.621,34 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

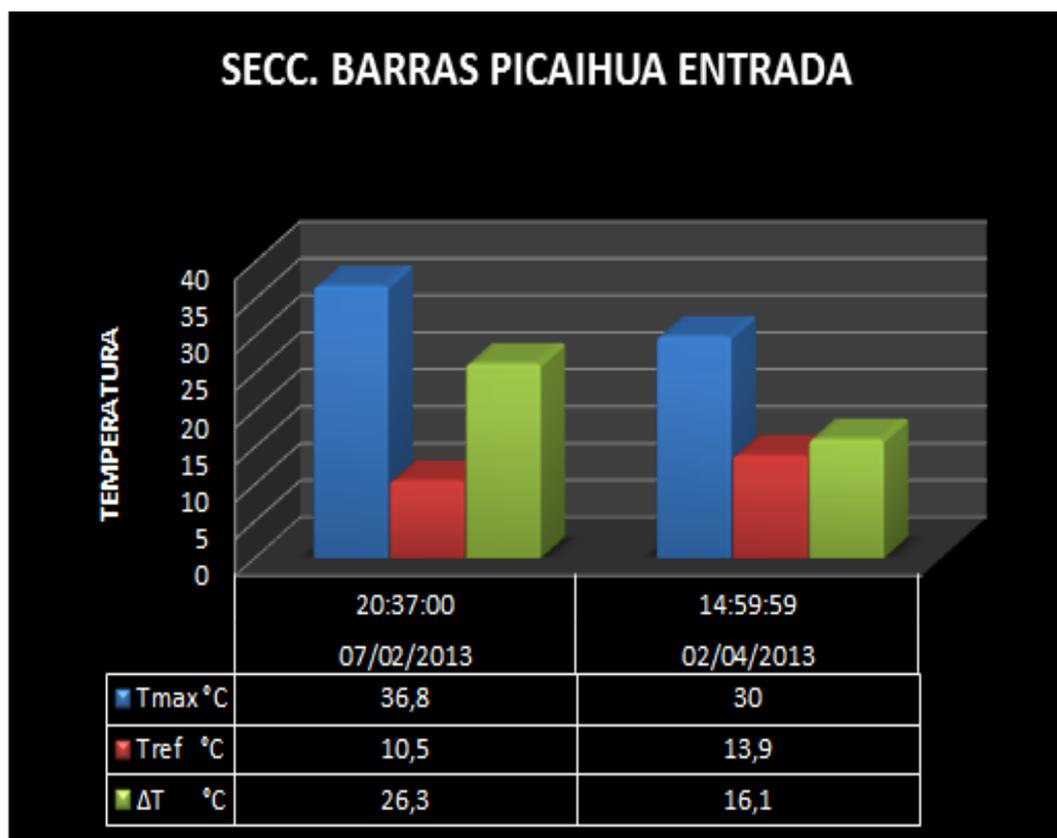
Figura 120. Seccionador barras Olímpica salida



Fuente: Autores

En los seccionadores barras Olímpica salida se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.484,48 Kw con respecto a 9.621,34 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

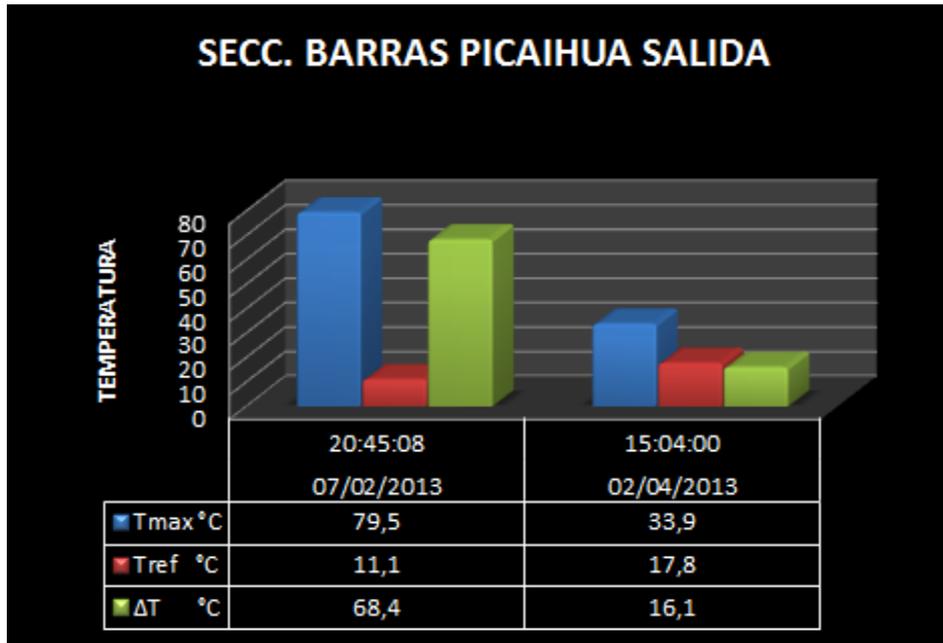
Figura 121. Seccionador barras Picaihua entrada



Fuente: Autores

En los seccionadores barras Picaihua entrada se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.484,48 Kw con respecto a 9.621,34 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

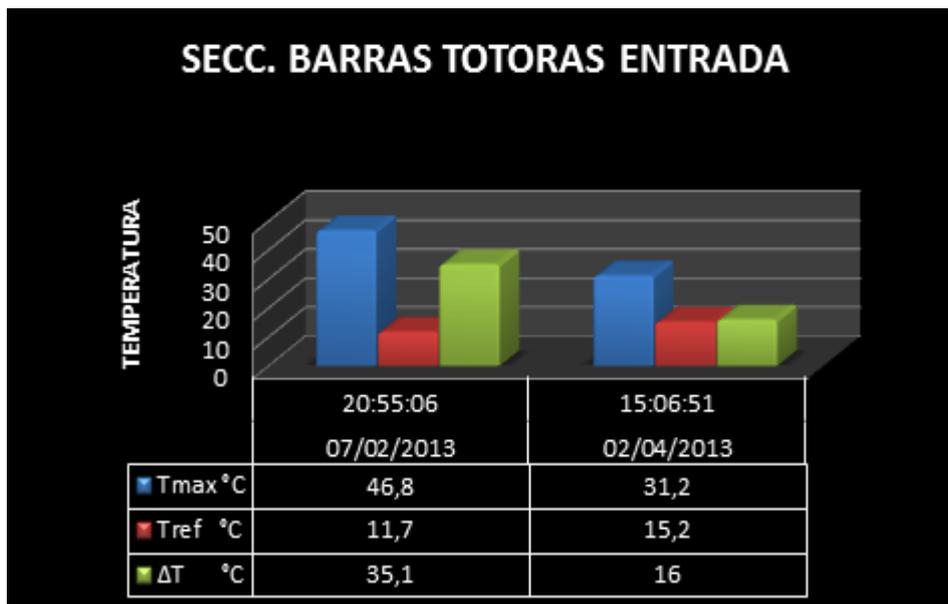
Figura 122. Seccionador barras Picaihua salida



Fuente: Autores

En los seccionadores barras Picaihua salida se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.317,77 Kw con respecto a 9.880,02 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

Figura 123. Seccionador barras Totoras entrada



Fuente: Autores

En los seccionadores barras Totoras entrada se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.317,77 Kw con respecto a 9.880,02 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

Figura 124. Seccionador barras Universidad salida

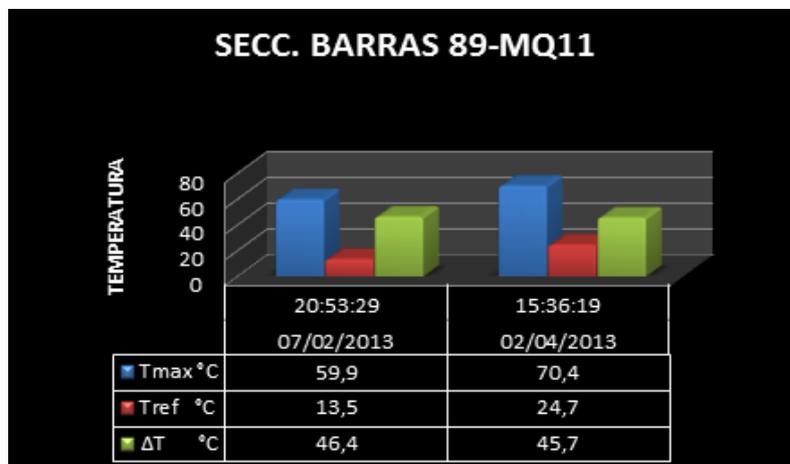


Fuente: Autores

En los seccionadores barras Universidad salida se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.317,77 Kw. con respecto a 9.820,41 Kw. que fue la demanda en la tarde.

Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

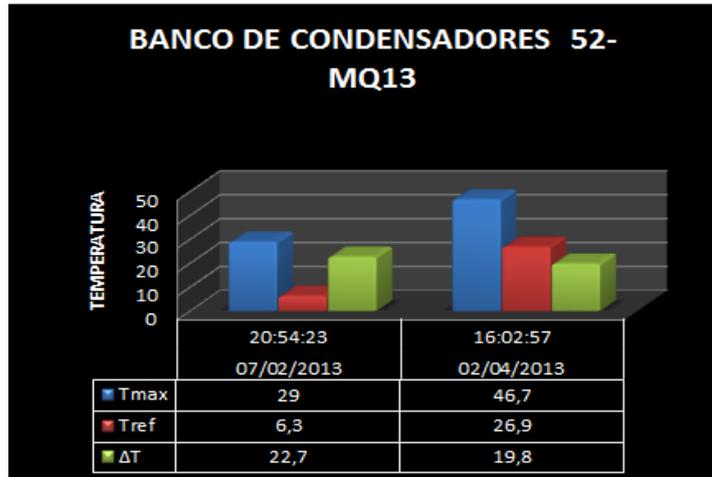
Figura 125. Seccionador barras 89-MQ11



Fuente: Autores

En el seccionador barras 89-MQ11 se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.317,77 Kw con respecto a 9.673,18 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

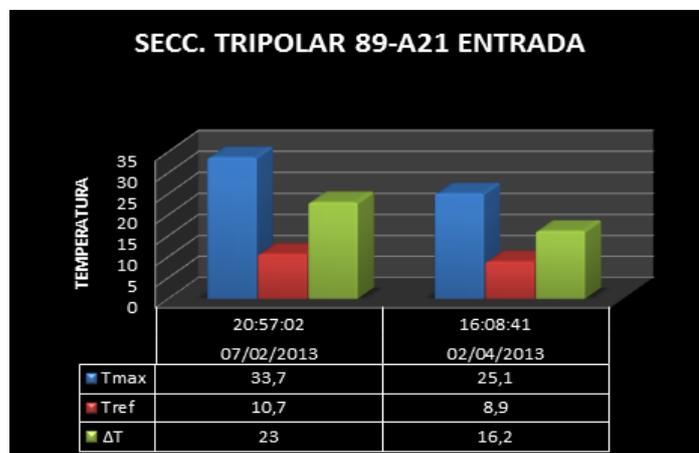
Figura 126. Banco de condensadores 52-MQ13



Fuente: Autores

En el banco de condensadores 52-MQ13 se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.317,77 Kw con respecto a 9.603,61 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

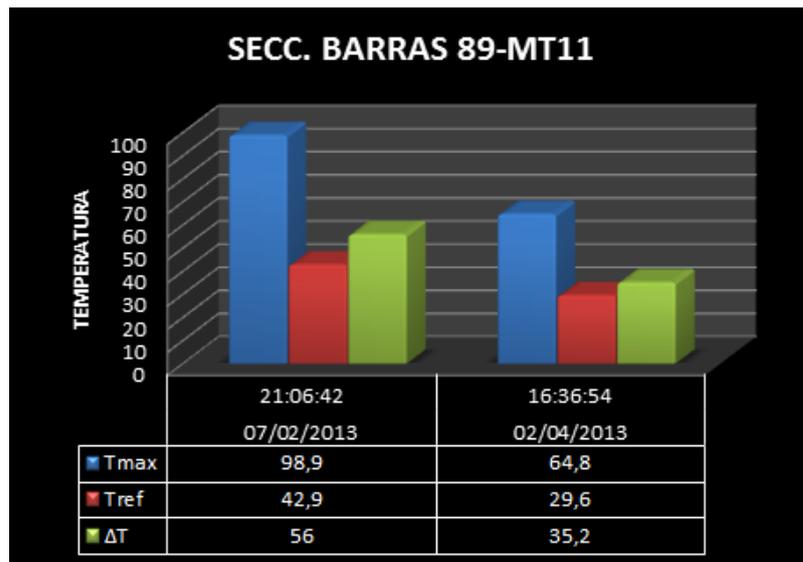
Figura 127. Seccionador tripolar 89-A21 entrada



Fuente: Autores

En el seccionador tripolar 89-A21 entrada se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 12.317,7 Kw con respecto a 9.603,61 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

Figura 128. Seccionador barras 89-MT11



Fuente: Autores

En el seccionador barras 89-MT11 se observa un ΔT superior en la inspección realizada en la noche con respecto al ΔT de la tarde, debido a que en esas horas la demanda máxima de energía eléctrica de la subestación fue de 11.978,52 Kw con respecto a 9.459,47 Kw que fue la demanda en la tarde. Las consideraciones mencionadas pueden variar según la topología del sistema.

4.2 Rutas de inspección del primario de media tensión Totoras

La troncal del alimentador Totoras está conformada por seccionadores y puentes lo cual permiten el flujo de la corriente eléctrica, en el presente trabajo se seleccionaron los ítems con mayor revalancia o sea los que poseen elevada carga, debido a que la ocurrencia de una falla en cualquiera de estos, puede interrumpir el suministro de energía eléctrica a lo largo de la troncal afectando a los consumidores. Se seleccionaron 32 ítems en la tabla 73 se describirán cada uno de ellos.

Tabla 73. Ruta de seccionadores y puentes trifásicos.

ITEMS	(*) POSTE #	(*) SECCIONAMIENTO	CAPTACIÓN
1	34196	1498	SALIDA SUBTERRANEA
2	73624	2901	SECC BARRAS 3ø
3	87101	2902	SECC 3ø
4	142540	1497	SECC 3ø
5	72643	2320	SECC 3ø
6	112322	1466	SECC 3ø
7	112339	1462	SECC 3ø
8	81184	2325	SECC 3ø
9	76753	1463	SECC 3ø
10	143900	1460	SECC 1ø
11	112345	1456	SECC 3ø
12	142604	2301	SECC 3ø
13	89244	2302	SECC 3ø
14	138827	PUENTES 3ø	PUENTES 3ø
15	190651	3913	2(SECC 1ø)
16	112343	1472	SECC 3ø
17	87165	PUENTES 3ø	PUENTES 3ø
18	86347	-	SECC 3ø
19	104642	2294	SECC 3ø
20	122198	2850	SECC 3ø
21	122199	3863	SECC 3ø
22	87137	1420	SECC 3ø
23	39644	1344	SECC 1ø
24	92612	2542	SECC 1ø
25	112815	2296	SECC 3ø
26	142128	1408	SECC 3ø
27	112732	2297	SECC 3ø
28	112698	2298	SECC 3ø
29	112666	2299	SECC 3ø
30	112831	1490	SECC 3ø
31	60116	1325	SECC 3ø
32	63722	3416	SECC 3ø

Fuente: Autores

4.2.1 Inspección del alimentador Totoras en la noche.- El barrido termográfico se lo realizo en horario nocturno el 19 de noviembre del 2012, considerando los siguientes parámetros: distancia de 9m, emisividad de 0,95, humedad relativa de 80% y temperatura ambiente de 12°C.

1. Ubicación: P 34196 y S 1498 – salida subterránea.
 Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.
 Dirección: Salida subterránea Totoras de la subestación Oriente

Figura 129. Seccionador 1498



Fuente: Autores

Tabla 74. Seccionador 1498

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-9,8 °C	
Max Temp	36,4 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 6:38:29 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,0 °C	
P2:Max	15,3 °C	
P3:Max	36,4 °C	
P4:Max	15,9 °C	
R1:Max Temp	29,2 °C	19,2 °C
R2:Max Temp	36,4 °C	26,4 °C
R3:Max Temp	19,1 °C	9,1 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R3 posee una temperatura de 9,1 °C con un nivel de severidad media, el área R1 y R2 se ubica en una severidad crítica la máxima temperatura se establece en R2 con 26,4 °C según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Incremento de temperatura en los seccionadores y en el conductor causado por pernos flojos y conductor desgastado.

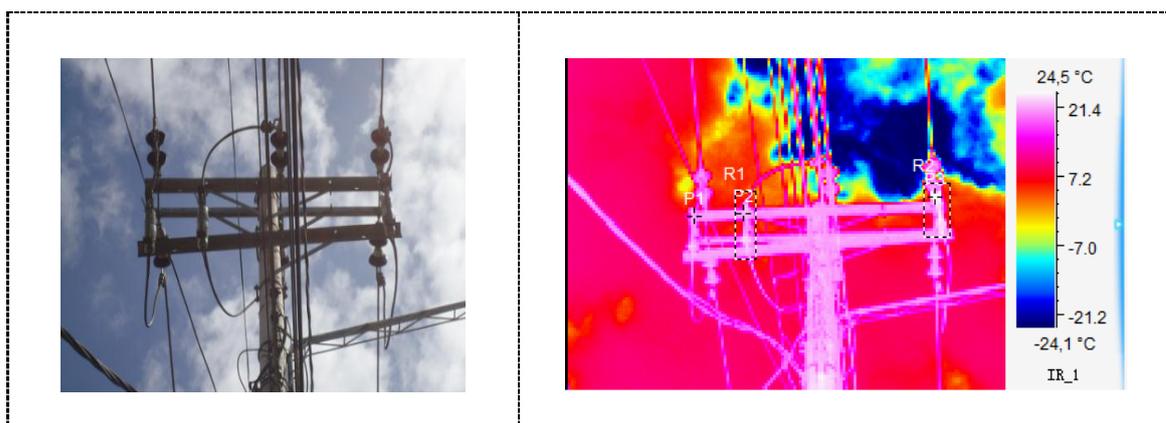
➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación correctiva de los puntos de falla de manera urgente, se plantea en primer plano limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el los hilos del conductor y el terminal de los seccionadores, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanales si el problema permanece se debe efectuar su cambio.

2. Ubicación: P 73624 y S 2901.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 130. Seccionador 2901.



Fuente: Autores

Tabla 75. Seccionador 2901

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-25,4 °C	
Max Temp	34,1 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 6:43:35 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	21,7 °C	
P2:Max	22,1 °C	
P3:Max	34,1 °C	
R1:Max Temp	23,4 °C	1,7 °C
R2:Max Temp	34,1 °C	12,4 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 12,4 °C con un nivel de severidad media, el área R1 con 1,7 °C se encuentra con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Leve incremento de temperatura causado por un perno flojo.

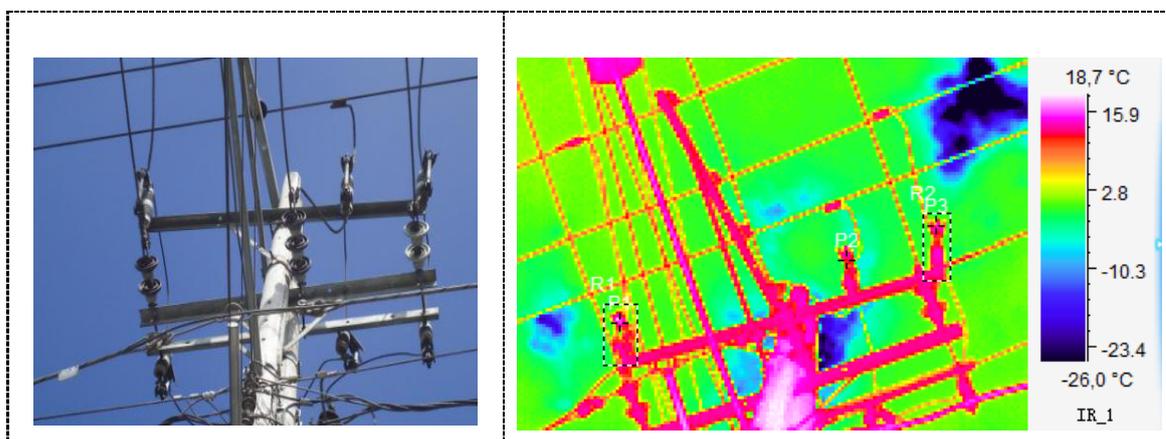
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

3. Ubicación: P 87101 y S 2902.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 131. Seccionador 2902



Fuente: Autores

Tabla 76. Seccionador 2902

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	19,0 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 6:50:16 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	16,0 °C	
P2:Max(Tref)	12,7 °C	
P3:Max	13,4 °C	
R1:Max Temp	17,9 °C	5,2 °C
R2:Max Temp	15,3 °C	2,6 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 7,4 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve aumento de temperatura causado por un perno flojo o a su vez suciedad.

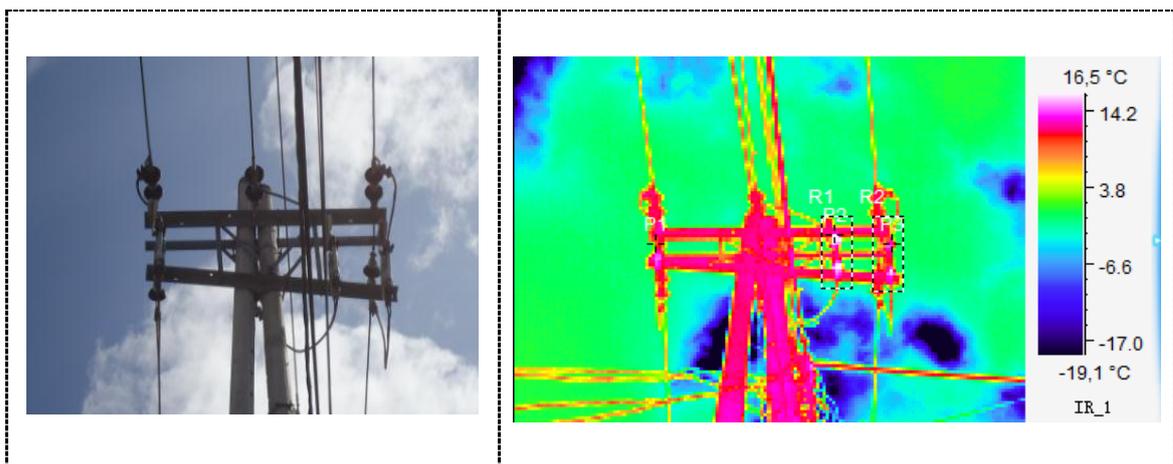
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

4. Ubicación: P 142540 y S 1497

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 132. Seccionador 1497.



Fuente: Autores

Tabla 77. Seccionador 1497

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	20,4 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 6:51:07 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,4 °C	
P2:Max	20,4 °C	
P3:Max	12,8 °C	
R1:Max Temp	20,4 °C	10 °C
R2:Max Temp	16,6 °C	6,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 10 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

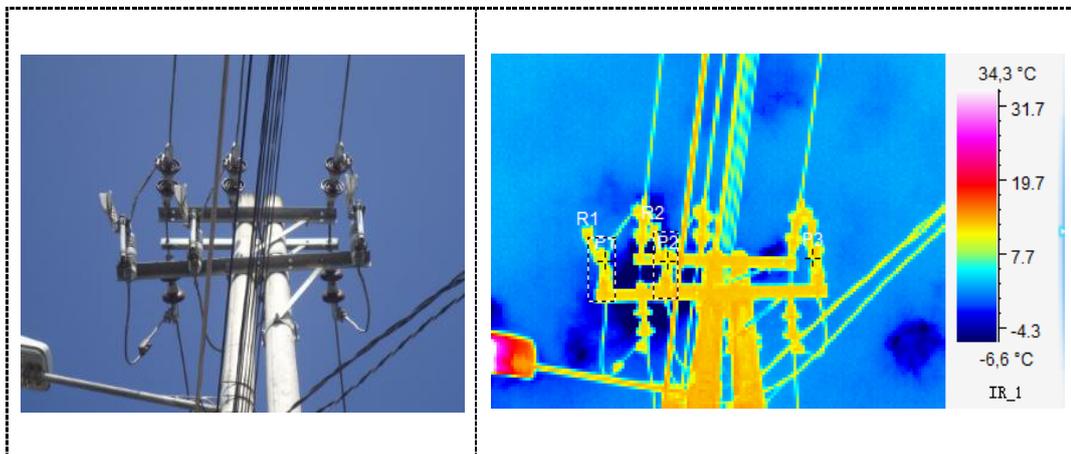
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

5. Ubicación: P 73643 y S 2320.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 133. Seccionador 2320.



Fuente: Autores

Tabla 78. Seccionador 2320

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-17,6 °C	
Max Temp	40,2 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 6:54:17 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	13,0 °C	
P2:Max	13,1 °C	
P3:Max(Tref)	12,3 °C	
R1:Max Temp	14,4 °C	2,1 °C
R2:Max Temp	15,0 °C	2,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,7 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en buen estado.

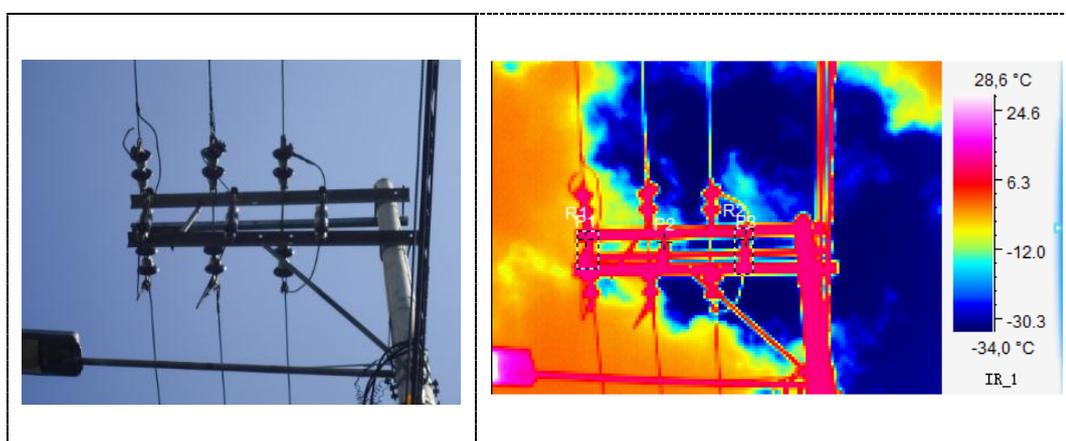
➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

6. Ubicación: P 112322 y S 1466.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 134. Seccionador 1466.



Fuente: Autores

Tabla 79. Seccionador 1466

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	33,5 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 6:58:30 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	12,5 °C	
P2:Max(Tref)	11,1 °C	
P3:Max	11,2 °C	
R1:Max Temp	13,7 °C	2,6 °C
R2:Max Temp	14,0 °C	2,9 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,9 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en funcionamiento normal.

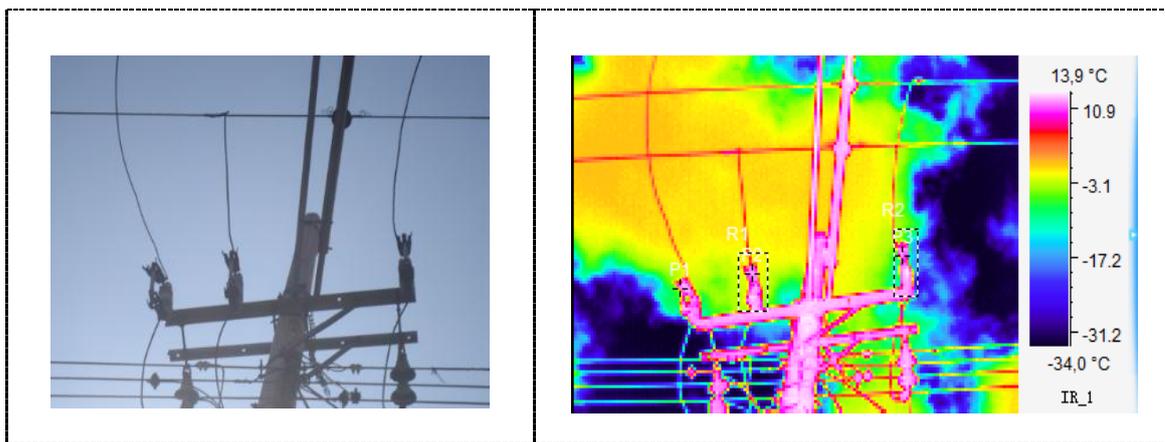
➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

7. Ubicación: P 112339 y S 1462.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 135. Seccionador 1462.



Fuente: Autores

Tabla 80. Seccionador 1462

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	14,5 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 6:59:53 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	12,3 °C	
P2:Max	12,8 °C	
P3:Max	12,4 °C	
R1:Max Temp	13,6 °C	1,3 °C
R2:Max Temp	14,0 °C	1,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 1,7 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

No presenta incremento de temperatura en los seccionadores

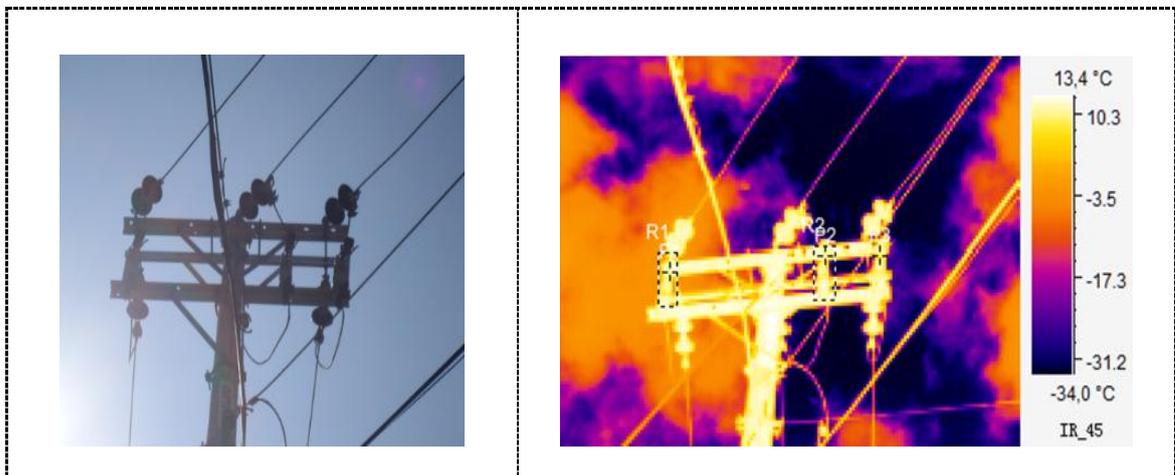
➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

8. Ubicación: P 81184 y S 2325

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 136. Seccionador 2325



Fuente: Autores

Tabla 81. Seccionador 2320

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	13,6 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:03:31 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	12,0 °C	
P2:Max	11,1 °C	
P3:Max(Tref)	8,8 °C	
R1:Max Temp	13,2 °C	4,4 °C
R2:Max Temp	13,1 °C	4,3 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 4,4 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

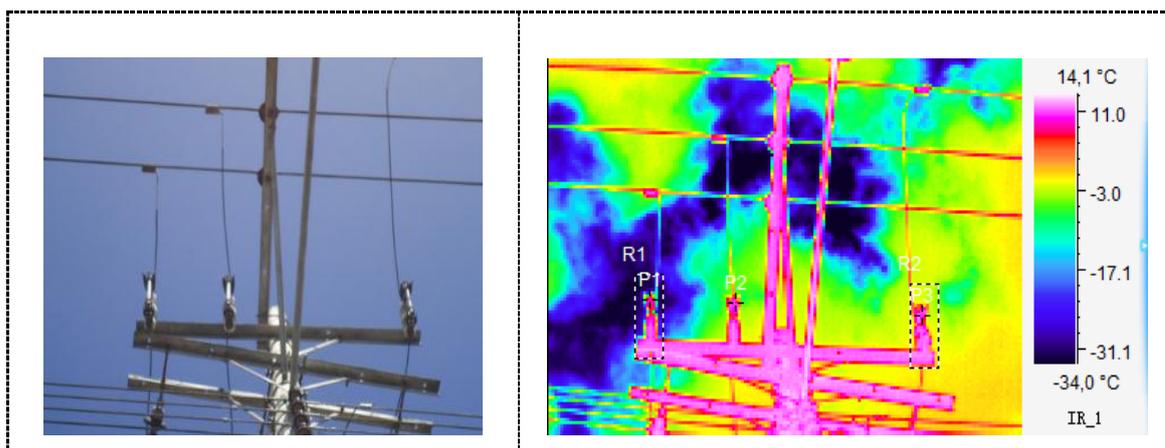
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

9. Ubicación: P 76753 y S 1463

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 137. Seccionador 1463.



Fuente: Autores

Tabla 82. Seccionador 1463

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	16,2 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:01:31 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	9,9 °C	
P2:Max(Tref)	8,5 °C	
P3:Max	10,8 °C	
R1:Max Temp	12,9 °C	4,4 °C
R2:Max Temp	12,6 °C	4,1 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 4,4 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Leve aumento de temperatura en los seccionadores, contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

10. Ubicación: P 143900 y S 1460

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 138. Seccionador 1460.



Fuente: Autores

Tabla 83. Seccionador 1460

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	16,2 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:01:31 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	9,9 °C	
T ambiente (ref)	12 °C	
R1:Max Temp	12,9 °C	0,9 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura del ΔT en el área R1 con 0,9 °C posee un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

El seccionador se encuentra en buen estado.

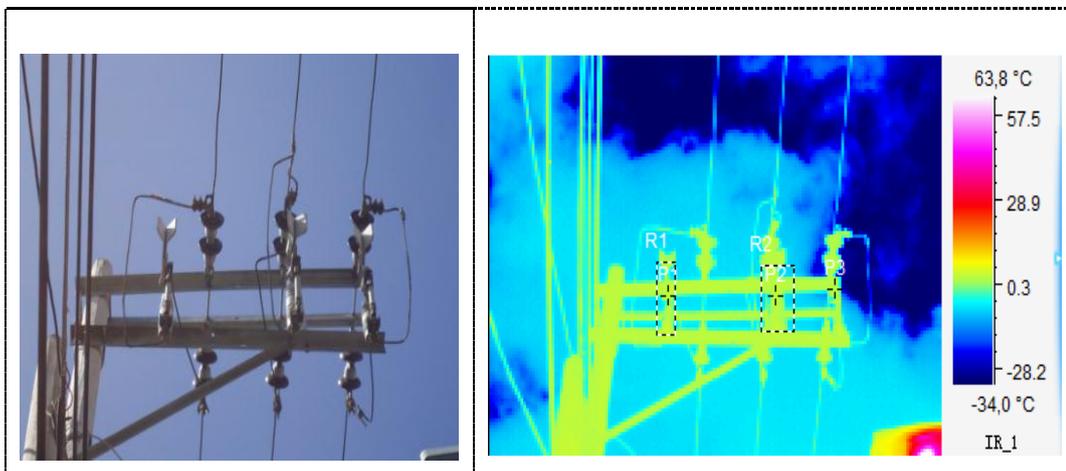
➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

11. Ubicación: P 112345 y S 1456

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 139. Seccionador 1456.



Fuente: Autores

Tabla 84. Seccionador 1456

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	80,3 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:10:41 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	10,3 °C	
P2:Max	9,9 °C	
P3:Max(Tref)	9,5 °C	
R1:Max Temp	11,4 °C	1,9 °C
R2:Max Temp	11,2 °C	1,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 1,9 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en funcionamiento normal.

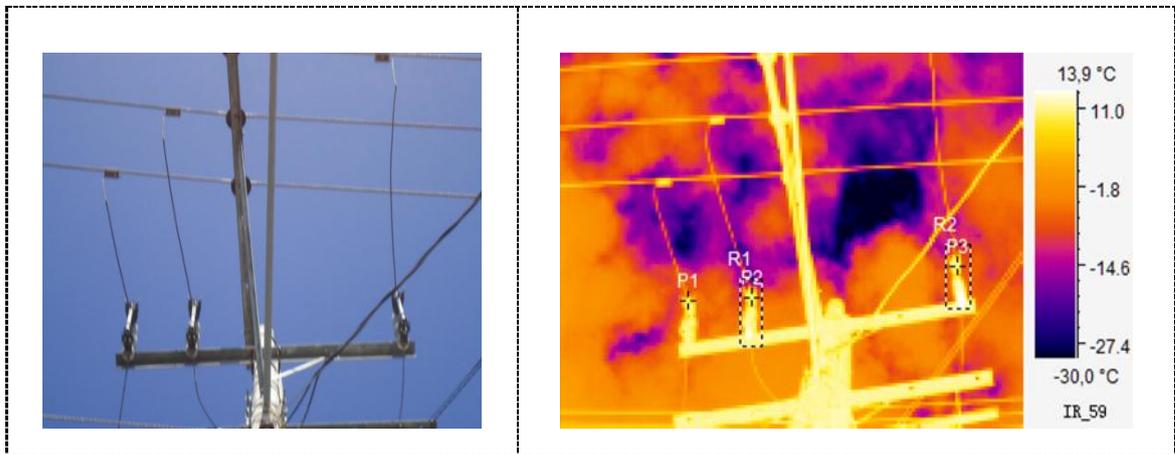
➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

12. Ubicación: P 142604 y S 2301.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 140. Seccionador 2301.



Fuente: Autores

Tabla 85. Seccionador 2301

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	17,2 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 8:05:12 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,0 °C	
P2:Max	11,0 °C	
P3:Max	11,4 °C	
R1:Max Temp	13,6 °C	3,6 °C
R2:Max Temp	17,2 °C	7,2 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 7,2 °C con un nivel de severidad media, el área R1 se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve incremento de temperatura causado por un perno flojo.

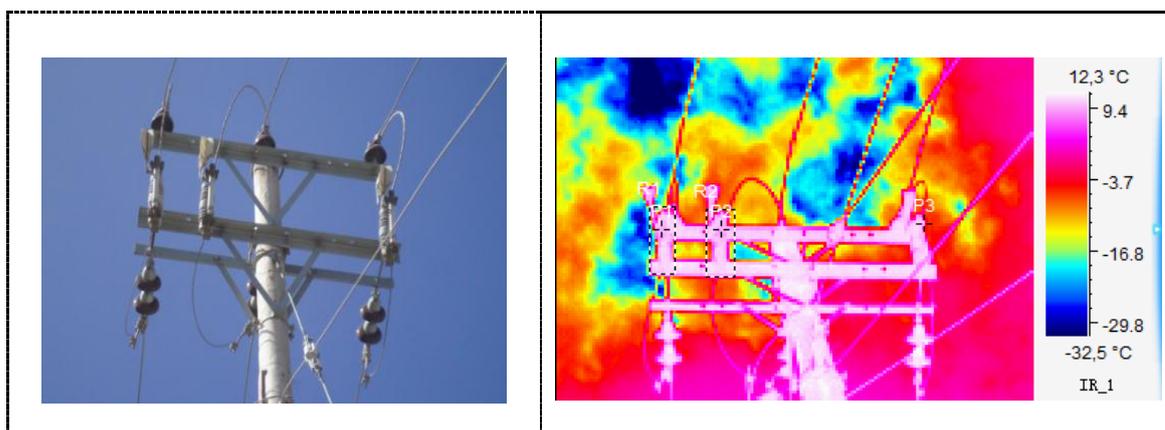
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

13. Ubicación: P 89244 y S 2302.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 141. Seccionador 2302.



Fuente: Autores

Tabla 86. Seccionador 2302

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	12,9 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 8:06:14 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	10,0 °C	
P2:Max	10,2 °C	
P3:Max(Tref)	9,9 °C	
R1:Max Temp	12,1 °C	2,2 °C
R2:Max Temp	11,7 °C	1,8 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,2 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

No presenta incremento de temperatura en los seccionadores

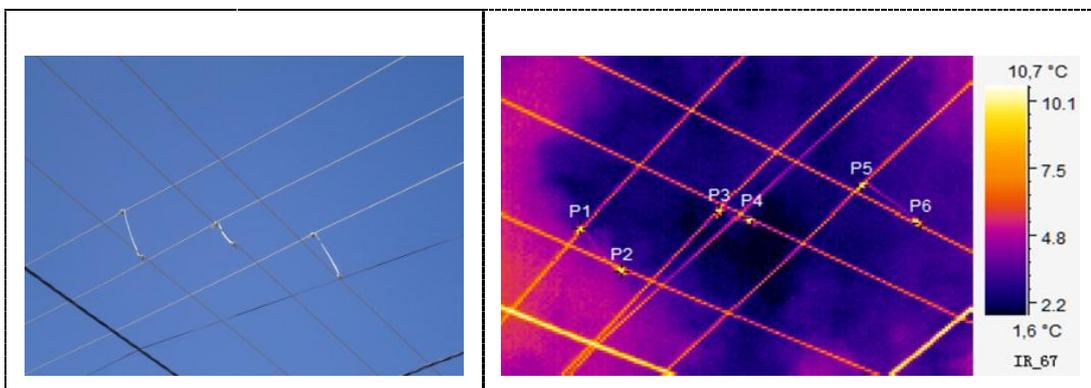
➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

14. Ubicación: P 138827 y puentes trifásicos.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 142. Puentes trifásicos.



Fuente: Autores

Tabla 87. Puentes trifásicos

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	1,3 °C	
Max Temp	10,9 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 8:07:40 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	10,0 °C	5,1 °C
P2:Max	10,3 °C	5,4 °C
P3:Max	7,1 °C	2,2 °C
P4:Max(Tref)	4,9 °C	
P5:Max	10,0 °C	5,1 °C
P6:Max	8,0 °C	3,1 °C

➤ **Observaciones:**

La máxima temperatura del ΔT en los puntos P1, P2 y P5 se establece en 5,4 ubicándose en un nivel de severidad media, los demás puntos se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve incremento de temperatura en los puentes causado por soldadura en el empalme.

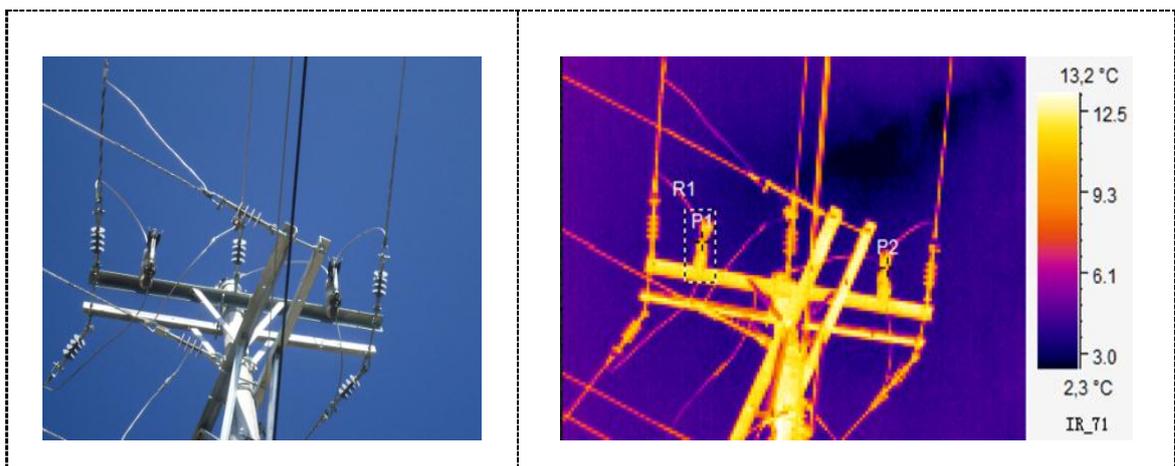
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá eliminar la presencia de corrosión trimestralmente.

15. Ubicación: P 190651 y S 3913.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 143. Seccionador 3913.



Fuente: Autores

Tabla 88. Seccionador 3913

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	1,7 °C	
Max Temp	13,6 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 8:12:02 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	10,6 °C	
P2:Max(Tref)	10,3 °C	
R1:Max Temp	12,5 °C	2,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura del ΔT en el área R1 con 2,2 °C posee un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

El seccionador se encuentra en buen estado.

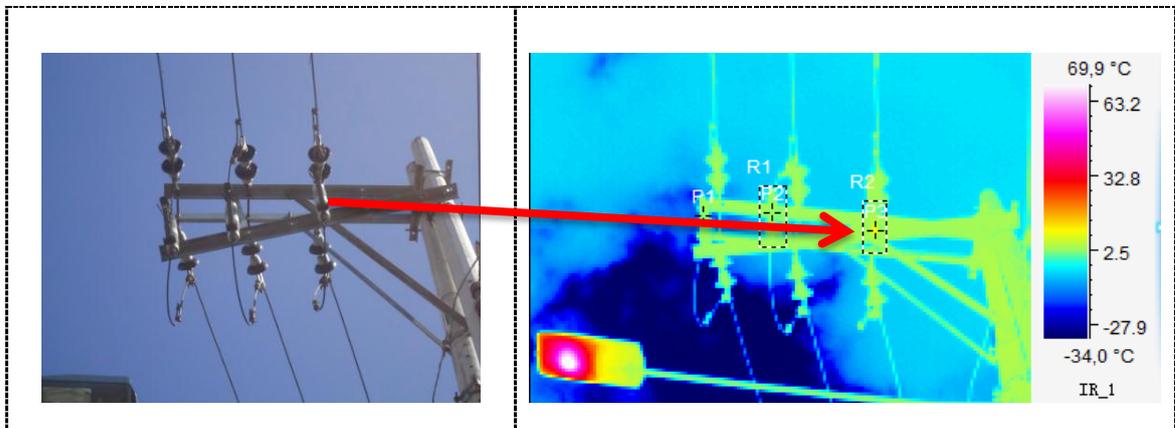
➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

16. Ubicación: P 112343 y S 1472.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 144. Seccionador 1472.



Fuente: Autores

Tabla 89. Seccionador 1472

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	75,0 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:12:45 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,5 °C	
P2:Max	12,6 °C	
P3:Max	23,4 °C	
R1:Max Temp	13,3 °C	2,8 °C
R2:Max Temp	27,5 °C	17 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 2,8 °C con un nivel de severidad baja, el área R2 con 17 °C se ubica en una severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por pernos flojos.

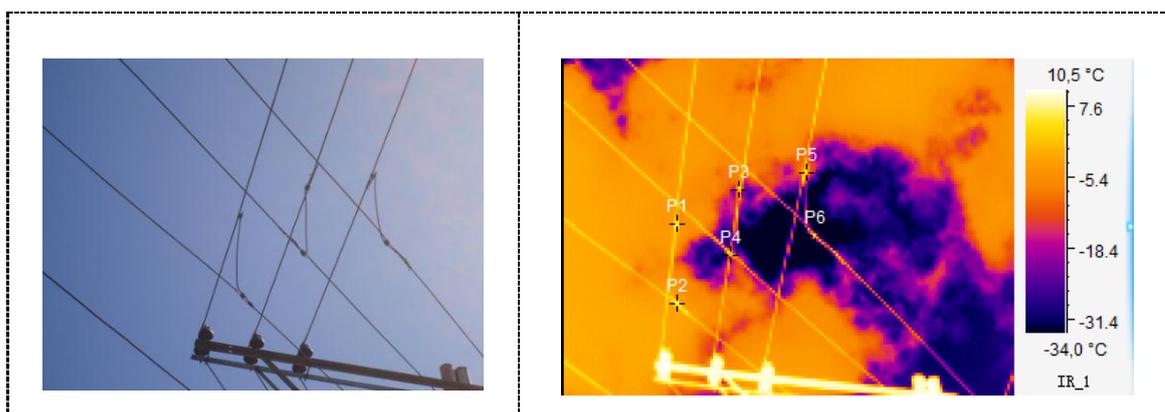
➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación correctiva del punto de falla de manera urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

17. Ubicación: P 87165 y puentes trifásicos.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 145. Puentes trifásicos.



Fuente: Autores

Tabla 90. Puentes trifásicos

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	10,7 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:13:55 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	6,7 °C	5,7 °C
P2:Max	7,8 °C	6,7 °C
P3:Max(Tref)	1,0 °C	
P4:Max	1,8 °C	0,8 °C
P5:Max	4,6 °C	3,6 °C
P6:Max	6,5 °C	5,5 °C

➤ **Observaciones:**

La máxima temperatura del ΔT en los puntos P1, P2 y P6 se establece en 6,7 ubicándose en un nivel de severidad media, los demás puntos se encuentran con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve incremento de temperatura en los puentes causado por soldadura en el empalme.

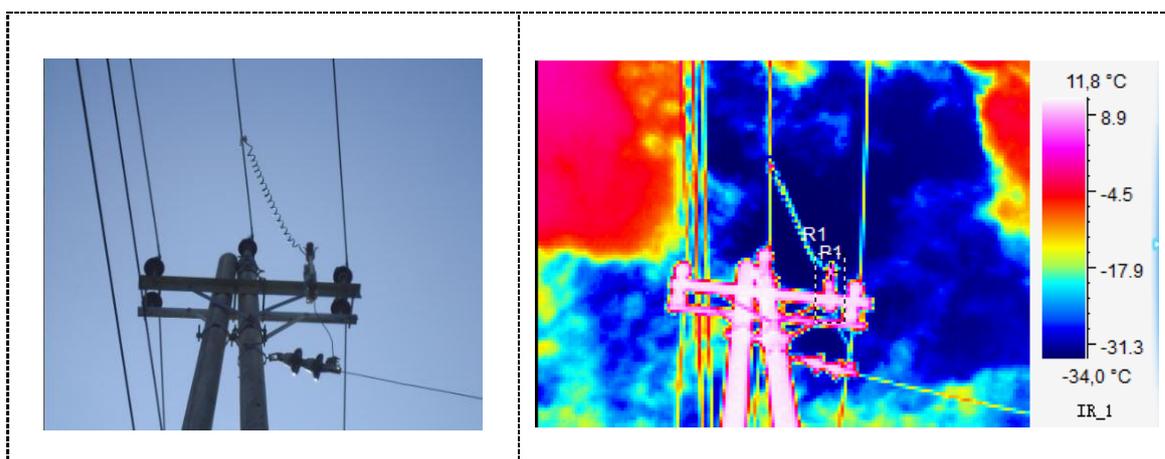
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá eliminar la presencia de corrosión trimestralmente.

18. Ubicación: P 104644

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 146. Poste 104644.



Fuente: Autores

Tabla 91. Poste 104644

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	12,1 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:16:04 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	8,9 °C	
T ambiente (ref)	12 °C	
R1:Max Temp	11,3 °C	-0,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura del ΔT en el área R1 con $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ posee un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

No presenta incremento de temperatura en el seccionador.

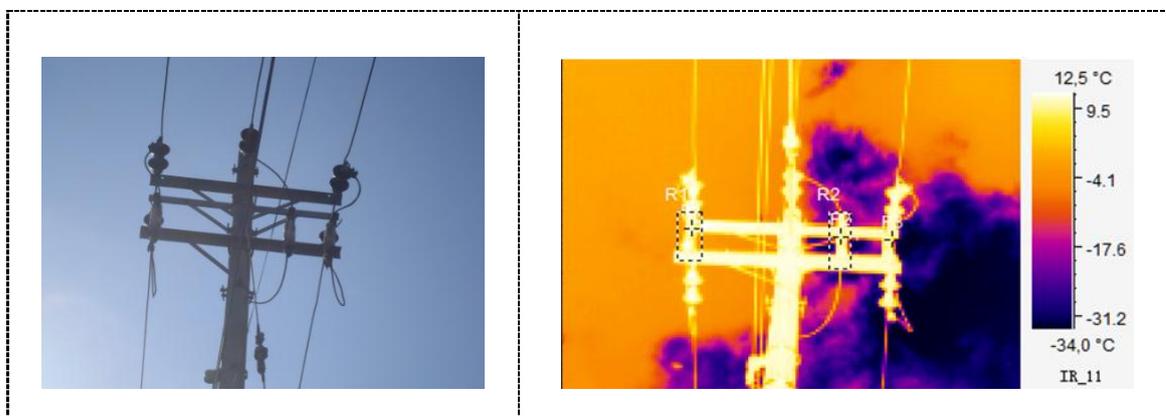
➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

19. Ubicación: P 104642 y S 2294.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 147. Seccionador 2294.



Fuente: Autores

Tabla 92. Seccionador 2294

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{\text{max}} - T_{\text{ref}}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	12,9 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:15:15 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,3 °C	
P2:Max	11,1 °C	
P3:Max(Tref)	9,1 °C	
R1:Max Temp	12,6 °C	3,5 °C
R2:Max Temp	12,1 °C	3 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 3,5 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en régimen de trabajo normal.

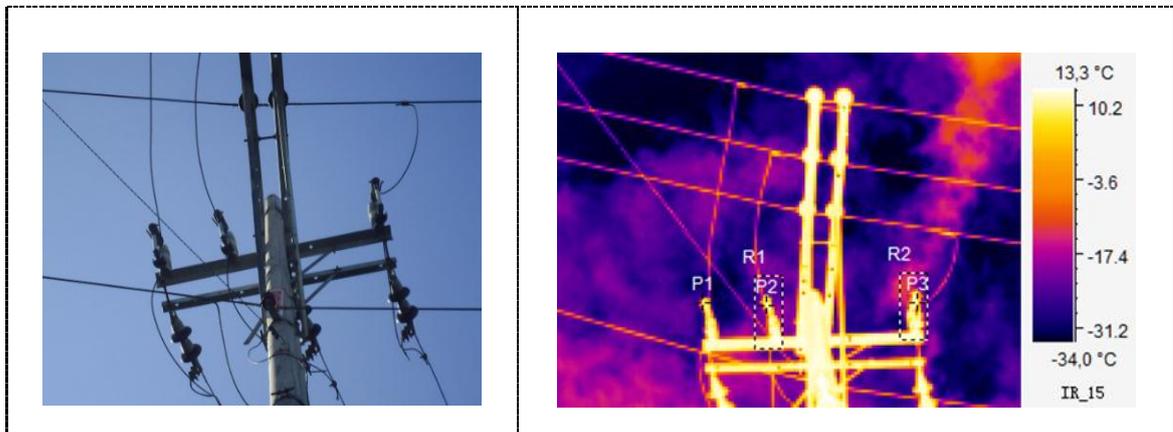
➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

20. Ubicación: P 122198 y S 2850

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 148. Seccionador 2850.



Fuente: Autores

Tabla 93. Seccionador 2850

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	14,0 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:18:05 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,2 °C	
P2:Max	11,3 °C	
P3:Max	11,3 °C	
R1:Max Temp	14,0 °C	3,8 °C
R2:Max Temp	12,9 °C	2,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 3,8 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

No presenta anomalías térmicas

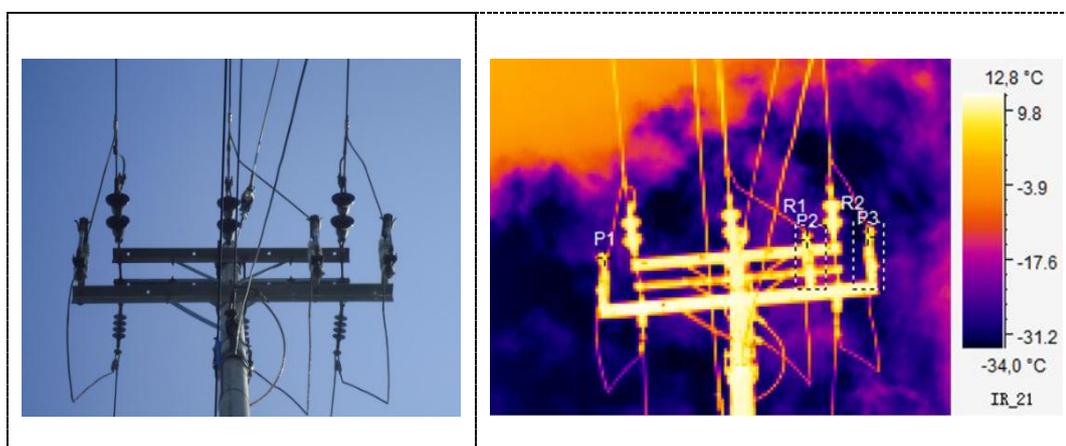
➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

21. Ubicación: P 122199 y S 3863.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 149. Seccionador 3863.



Fuente: Autores

Tabla 94. Seccionador 3863

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	13,0 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:18:38 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	7,5 °C	
P2:Max	8,6 °C	
P3:Max	8,1 °C	
R1:Max Temp	11,9 °C	4,4 °C
R2:Max Temp	11,7 °C	4,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 4,4 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

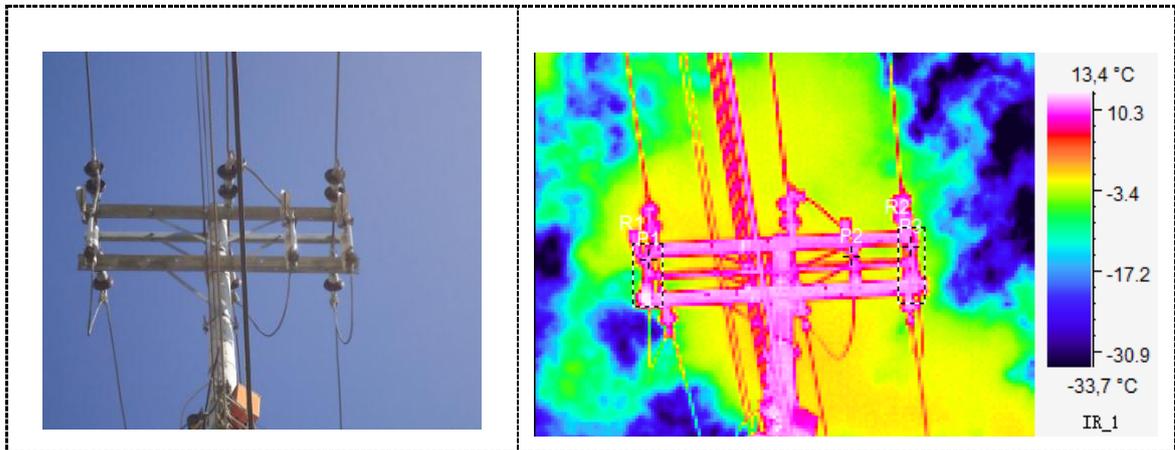
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

22. Ubicación: P 87137 y S 1420.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 150. Seccionador 1420.



Fuente: Autores

Tabla 95. Seccionador 1420

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	17,1 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:21:59 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,8 °C	
P2:Max(Tref)	6,0 °C	
P3:Max	11,8 °C	
R1:Max Temp	17,1 °C	11,1 °C
R2:Max Temp	12,7 °C	6,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 11,1 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

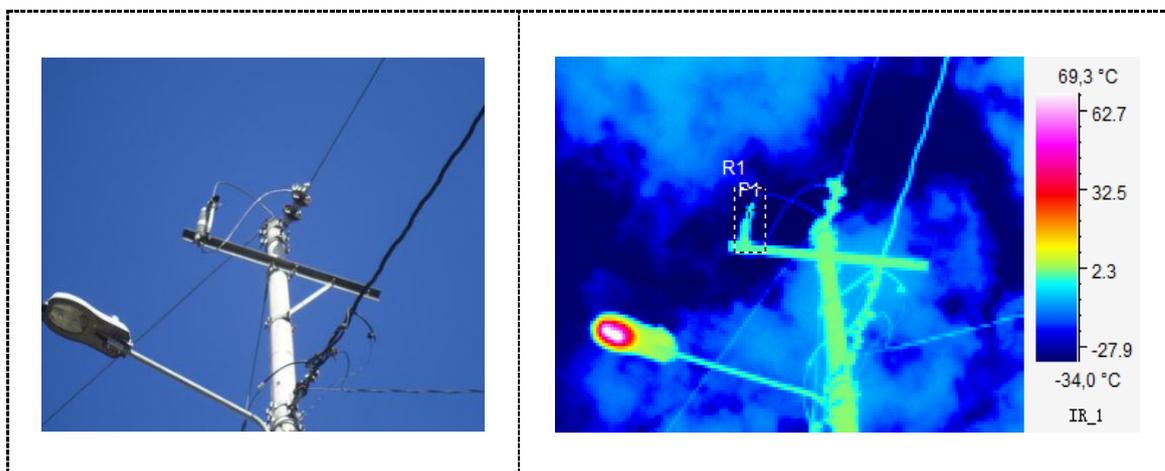
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

23. Ubicación: P 39644 y S 1344

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 151. Seccionador 1344.



Fuente: Autores

Tabla 96. Seccionador 1344

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	78,1 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:23:51 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	5,0 °C	
T ambiente (ref)	12 °C	
R1:Max Temp	9,5 °C	-2,5 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura del ΔT en el área R1 con $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ posee un nivel de severidad baja según la norma NETA-NEEA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

No presenta incremento de temperatura

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

24. Ubicación: P 42612 y S 2542

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 152. Seccionador 2542.



Fuente: Autores

Tabla 97. Seccionador 2542

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{\max} - T_{\text{ref}}$
Min Temp	$-34,0\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Max Temp	$14,4\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Fecha y hora	11/19/2012 7:26:29 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	$11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$	
T ambiente (ref)	$12\text{ }^{\circ}\text{C}$	
R1:Max Temp	$11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$

➤ **Observaciones:**

La temperatura del ΔT en el área R1 con $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ posee un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

El seccionador se encuentra en funcionamiento normal.

➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

25. Ubicación: P 112815 y S 2296.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 153. Seccionador 2296.



Fuente: Autores

Tabla 98. Seccionador 2296

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{\max} - T_{\text{ref}}$
Min Temp	$-34,0\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Max Temp	$14,7\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Fecha y hora	11/19/2012 7:33:05 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	$8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$	
P2:Max	$11,2\text{ }^{\circ}\text{C}$	
P3:Max	$14,7\text{ }^{\circ}\text{C}$	
R1:Max Temp	$11,9\text{ }^{\circ}\text{C}$	$3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
R2:Max Temp	$14,7\text{ }^{\circ}\text{C}$	$6,6\text{ }^{\circ}\text{C}$

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R2 posee una temperatura de 6,6 °C con un nivel de severidad media, el área R1 con 3,8 °C se encuentra con una severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un leve incremento de temperatura causado por un perno flojo.

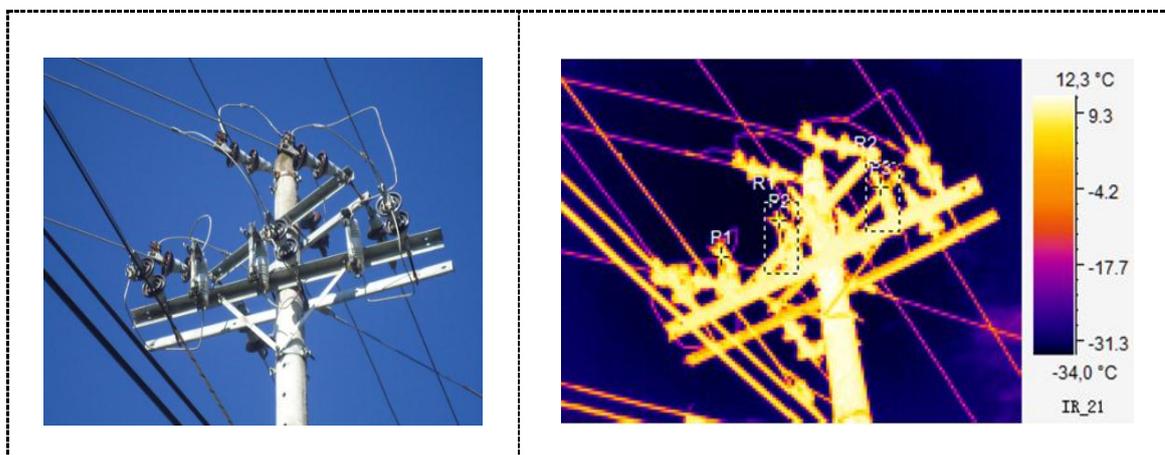
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última inspección termográfica para ver la evolución del punto caliente. Se deberá ajustar y limpiar trimestralmente.

26. Ubicación: P 142128 y S 1408.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 154. Seccionador 1408.



Fuente: Autores

Tabla 99. Seccionador 1408

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	12,6 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:34:45 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	9,9 °C	
P2:Max	10,0 °C	
P3:Max	10,4 °C	
R1:Max Temp	11,2 °C	1,3 °C
R2:Max Temp	11,3 °C	1,4 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 1,4 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en funcionamiento normal.

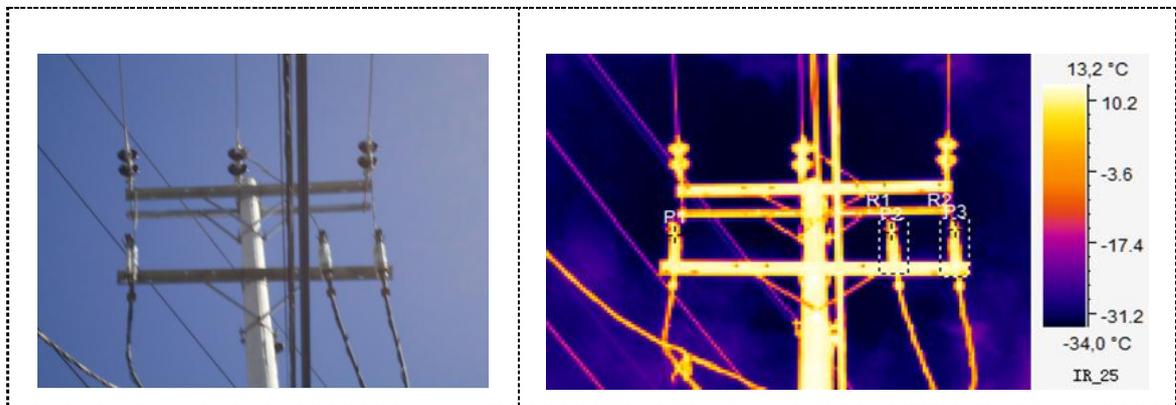
➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

27. Ubicación: P 112732 y S 2297

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 155. Seccionador 2297



Fuente: Autores

Tabla 100. Seccionador 2297

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	13,8 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:37:32 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	8,2 °C	
P2:Max	10,3 °C	
P3:Max	10,7 °C	
R1:Max Temp	12,7 °C	4,5 °C
R2:Max Temp	12,6 °C	4,4 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 4,5 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

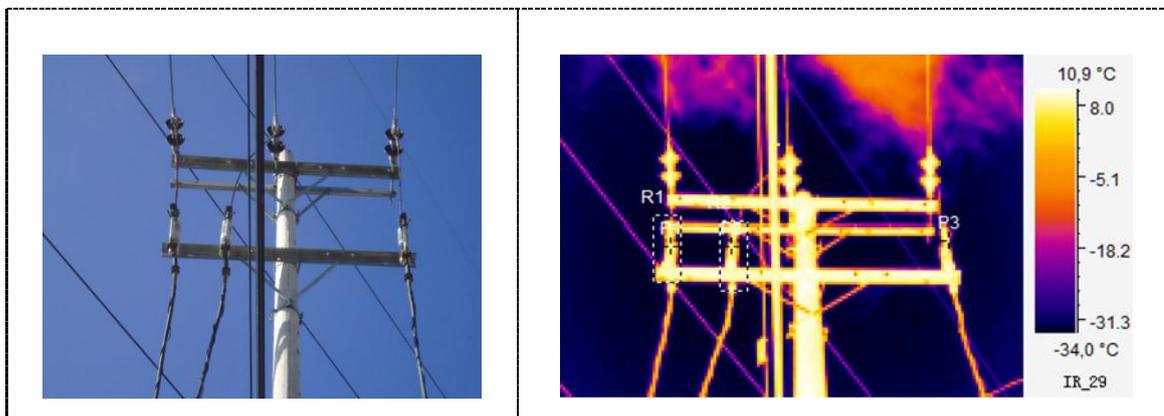
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

28. Ubicación: P 112698 y S 2298

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 156. Seccionador 2298.



Fuente: Autores

Tabla 101. Seccionador 2298

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	11,4 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:38:10 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	9,0 °C	
P2:Max	8,4 °C	
P3:Max(Tref)	7,3 °C	
R1:Max Temp	10,5 °C	3,2 °C
R2:Max Temp	10,6 °C	3,3 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 3,3 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en funcionamiento normal.

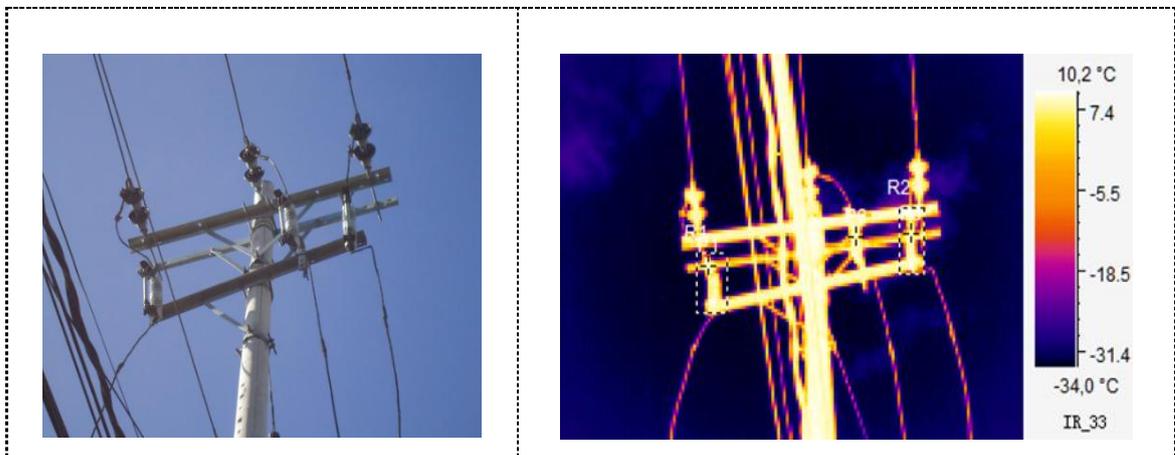
➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

29. Ubicación: P 112666 y S 2299.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 157. Seccionador 2299.



Fuente: Autores

Tabla 102. Seccionador 2299

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	10,9 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:38:54 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	9,5 °C	
P2:Max(Tref)	8,7 °C	
P3:Max	8,9 °C	
R1:Max Temp	10,3 °C	1,6 °C
R2:Max Temp	10,9 °C	2,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2,2 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en buen estado.

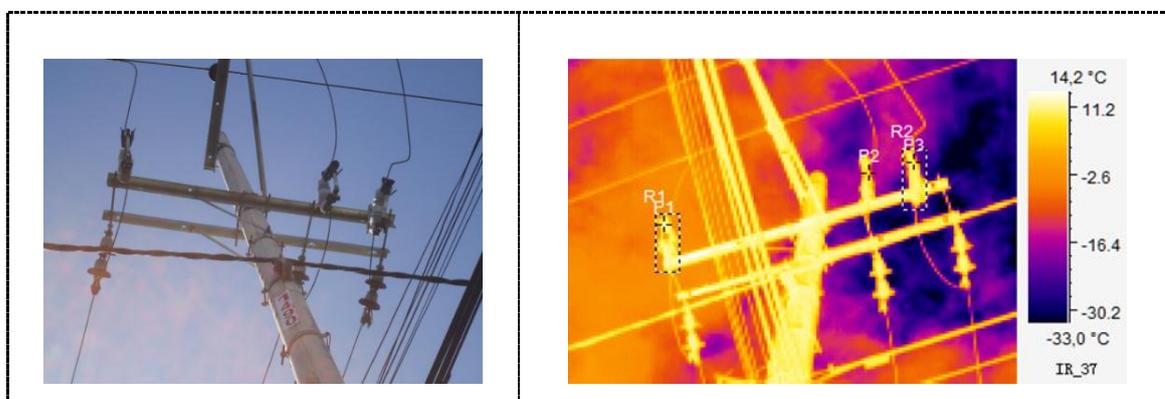
➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

30. Ubicación: P 112831 y S 1490

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 158. Seccionador 1490



Fuente: Autores

Tabla 103. Seccionador 1490

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	15,4 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:40:16 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	12,6 °C	
P2:Max(Tref)	8,3 °C	
P3:Max	10,3 °C	
R1:Max Temp	14,2 °C	5,9 °C
R2:Max Temp	12,5 °C	4,2 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 5,9 °C ubicándose en un nivel de severidad media según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Contacto deficiente entre barra y terminal de los seccionadores.

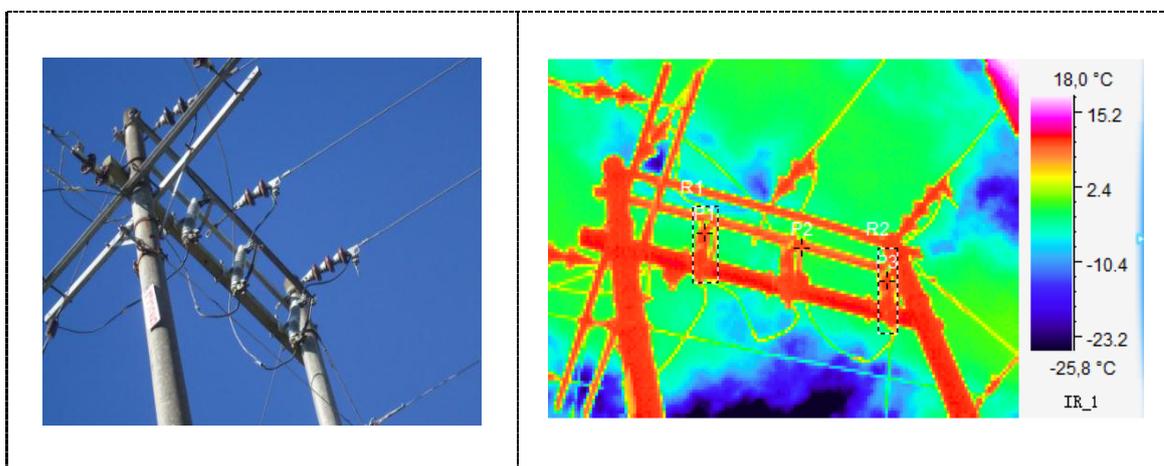
➤ **Acción a seguir:**

Realizar un seguimiento mediante barrido termográfico cada tres meses, a partir de la última fecha de inspección para ver la evolución del punto caliente. Se deberá limpiar la superficie de unión y asegurar un buen contacto entre barras en el siguiente mantenimiento programado trimestralmente.

31. Ubicación: P 60116 y S 1325

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 159. Seccionador 1325.



Fuente: Autores

Tabla 104. Seccionador 1325

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	18,4 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:55:19 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max	11,2 °C	
P2:Max(Tref)	10,7 °C	
P3:Max	11,2 °C	
R1:Max Temp	12,3 °C	2 °C
R2:Max Temp	12,0 °C	1,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 2 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en funcionamiento normal.

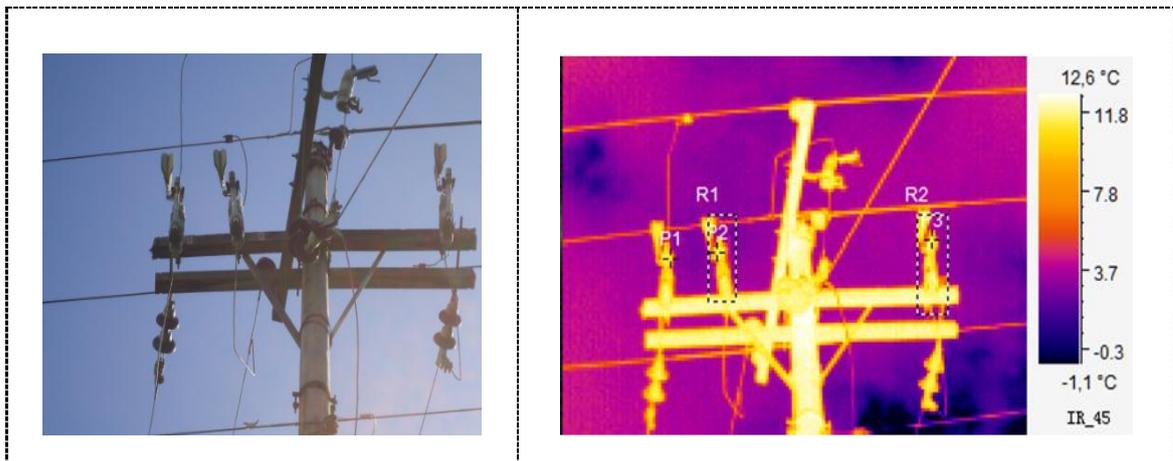
➤ **Acción a seguir:**

Verificar el apriete de los pernos en los terminales en el próximo mantenimiento programado semestralmente. Efectuar el barrido termográfico cada 6 meses a partir de la última fecha de inspección.

32. Ubicación: P 63722 y S 3416.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 160. Seccionador 3416



Fuente: Autores

Tabla 105. Seccionador 3416

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-12,3 °C	
Max Temp	12,9 °C	
Fecha y hora	11/19/2012 7:47:07 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,5 °C	
P2:Max	11,8 °C	
P3:Max	11,7 °C	
R1:Max Temp	12,0 °C	1,5 °C
R2:Max Temp	12,2 °C	1,7 °C

➤ **Observaciones:**

La temperatura máxima del ΔT en el área R1 y R2 se establece en 1,7 °C ubicándose en un nivel de severidad baja según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Los seccionadores se encuentran en buen estado.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar el barrido termográfico semestralmente, a partir de la última inspección termográfica.

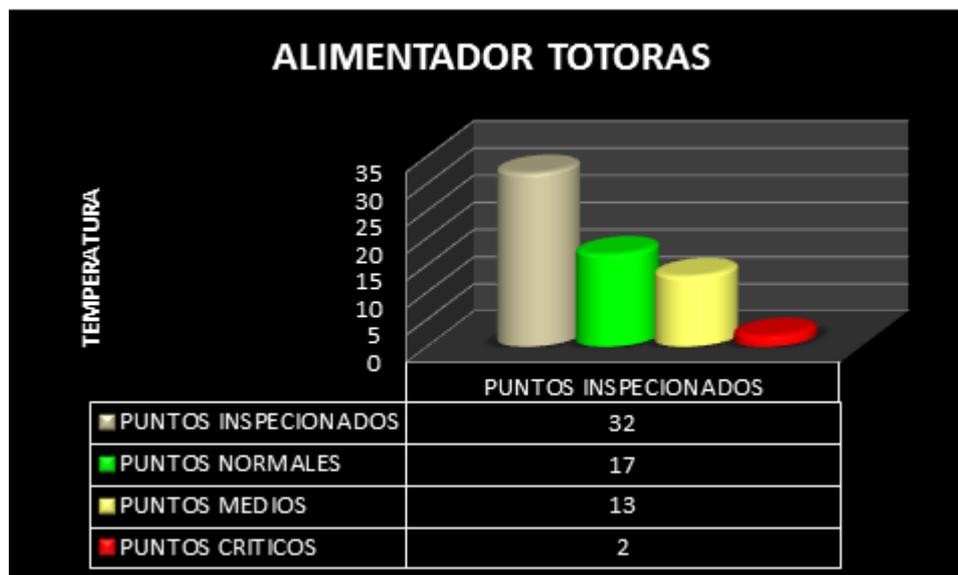
Tabla 106. Informe de síntesis del primario de media tensión Totoras

ÍTEM	# POSTE	SECCIONAMIENTO	RELEVANCIA	ACCIÓN	$\Delta T(^{\circ}C)$	VOLTAJE
1	34196	1498	Critica	Correctiva urgente	26,4	13,8Kv
2	73624	2901	Media	Seguimiento	12,4	13,8Kv
3	87101	2902	Media	Seguimiento	5,2	13,8Kv
4	142540	1497	Media	Seguimiento	10	13,8Kv
5	72643	2320	Normal	Ninguna	2,7	13,8Kv
6	112322	1466	Normal	Ninguna	2,9	13,8Kv
7	112339	1462	Normal	Ninguna	1,7	13,8Kv
8	81184	2325	Media	Seguimiento	4,4	13,8Kv
9	76753	1463	Media	Seguimiento	4,4	13,8Kv
10	143900	1460	Normal	Ninguna	0,9	13,8Kv
11	112345	1456	Normal	Ninguna	1,9	13,8Kv
12	142604	2301	Media	Seguimiento	7,2	13,8Kv
13	89244	2302	Normal	Ninguna	2,2	13,8Kv
14	138827	PUENTES 3 ϕ	Media	Seguimiento	5,4	13,8Kv
15	190651	3913	Normal	Ninguna	2,2	13,8Kv
16	112343	1472	Critica	Correctiva urgente	17	13,8Kv
17	87165	PUENTES 3 ϕ	Media	Seguimiento	6,7	13,8Kv
18	86347	-	Normal	Ninguna	-0,7	13,8Kv
19	104642	2294	Normal	Ninguna	3,5	13,8Kv
20	122198	2850	Normal	Ninguna	3,8	13,8Kv
21	122199	3863	Normal	Ninguna	4,4	13,8Kv
22	87137	1420	Media	Seguimiento	11,1	13,8Kv
23	39644	1344	Normal	Ninguna	-2,5	13,8Kv

24	92612	2542	Normal	Ninguna	-0,3	13,8Kv
25	112815	2296	Media	Seguimiento	6,6	13,8Kv
26	142128	1408	Normal	Ninguna	1,4	13,8Kv
27	112732	2297	Media	Seguimiento	4,5	13,8Kv
28	112698	2298	Normal	Ninguna	3,3	13,8Kv
29	112666	2299	Normal	Ninguna	2,2	13,8Kv
30	112831	1490	Media	Seguimiento	5,9	13,8Kv
31	60116	1325	Normal	Ninguna	2	13,8Kv
32	63722	3416	Normal	Ninguna	1,7	13,8Kv

Fuente: Autores

Figura 161. Resumen del estado del alimentador Totoras



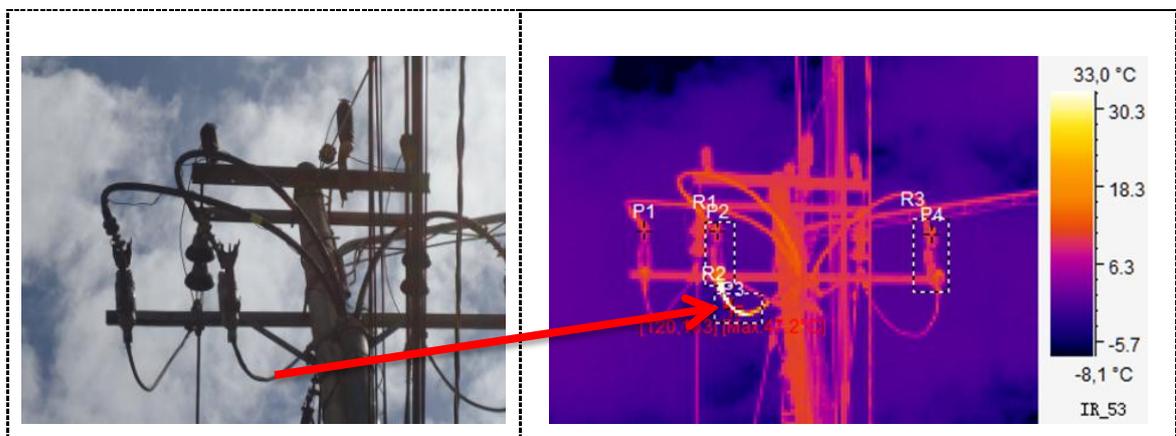
Fuente: Autores

En el primario de media tensión se encontraron 2 puntos críticos con el 6,25 %, 17 puntos normales con el 53,12 %, 13 puntos medios con el 40,62% que corresponden al total de puntos inspeccionados. Estadísticamente se define que el alimentador se encuentra en buen estado, se recomienda acciones correctivas inmediatas en los puntos críticos y un seguimiento a los puntos medios encontrados.

4.2.2 Reinspección de los puntos calientes encontrados en el alimentador Totoras.- El barrido termográfico se realizó en horario nocturno el 07 de febrero del 2013, considerando los siguientes parámetros: distancia de 9m, emisividad de 0,95, humedad relativa de 80% y temperatura ambiente de 12 °C.

1. Ubicación: P 34196 y S 1498 – salida subterránea.
 Información: EEASA – red de distribución – primario totoras 13.8 KV.
 Dirección: Salida subterránea Totoras de la subestación Oriente

Figura 162. Seccionador 1498.



Fuente: Autores

Tabla 107. Seccionador 1498

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-11,0 °C	
Max Temp	47,2 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:40:55 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	9,1 °C	
P2:Max	9,4 °C	
P3:Max	47,2 °C	
P4:Max	10,4 °C	
R1:Max Temp	36,3 °C	27,2 °C
R2:Max Temp	47,2 °C	38,1 °C
R3:Max Temp	14,7 °C	5,6 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R3 posee una temperatura de 5,6 °C con un nivel de severidad media, el área R1 y R2 se ubica en una severidad crítica la temperatura máxima se establece en 38,1 °C según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por pernos flojos.

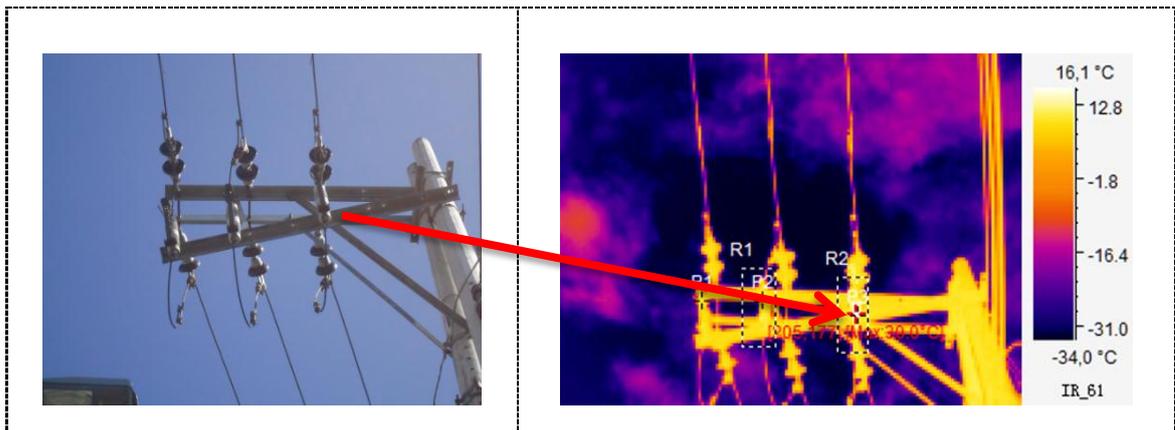
➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación correctiva del punto de falla de manera urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

2. Ubicación: P 112343 y S 1472.

Información: EEASA – red de distribución – primario Totoras 13.8 KV.

Figura 163. Seccionador 1472.



Fuente: Autores

Tabla 108. Seccionador 1472

INFORMACIÓN IMAGEN	VALOR	$\Delta T = T_{max} - T_{ref}$
Min Temp	-34,0 °C	
Max Temp	30,0 °C	
Fecha y hora	2/7/2013 9:54:18 PM	
Herramienta	Valor	
P1:Max(Tref)	10,3 °C	
P2:Max	10,5 °C	
P3:Max	30,0 °C	
R1:Max Temp	12,1 °C	1,8 °C
R2:Max Temp	30,0 °C	19,7 °C

➤ **Observaciones:**

El ΔT en el área R1 posee una temperatura de 1,8 °C con un nivel de severidad baja, el área R2 con 19,7 se ubica en una severidad crítica según la norma NETA-NETA MTS-2001.

➤ **Diagnóstico:**

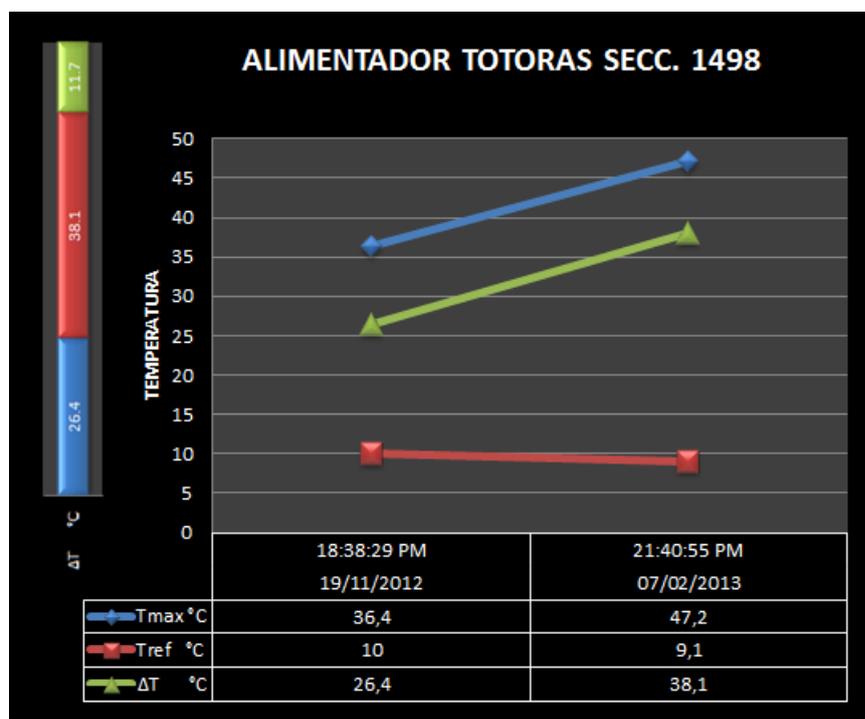
Existe un sobrecalentamiento en el seccionador, causado por pernos flojos.

➤ **Acción a seguir:**

Realizar la reparación correctiva del punto de falla de manera urgente, se plantea en primer plano el ajuste y limpieza en los contactos del seccionador, después del ajuste y limpieza realizar inspecciones termográficas semanalmente si el problema permanece se recomienda su cambio.

4.2.1 *Comparación de imágenes termográficas de los puntos críticos encontrados en el primario de media tensión Totoras en diferentes fechas.*- En este análisis se realizara un estudio del porque el incremento de temperatura y sus posibles causas, en diferentes fechas en horario nocturno. Para ello se desarrollara gráficas para observar en forma directa el comportamiento de las temperaturas en los seccionadores, tomando en cuenta factores como: temperatura ambiente y la demanda máxima de energía eléctrica en el instante del barrido termográfico. Al momento de realizar las inspecciones termográficas del alimentador se definió una emisividad de 0,95, humedad relativa de 80% y una distancia de 9m. Se trabajó con una temperatura ambiente de 12 °C.

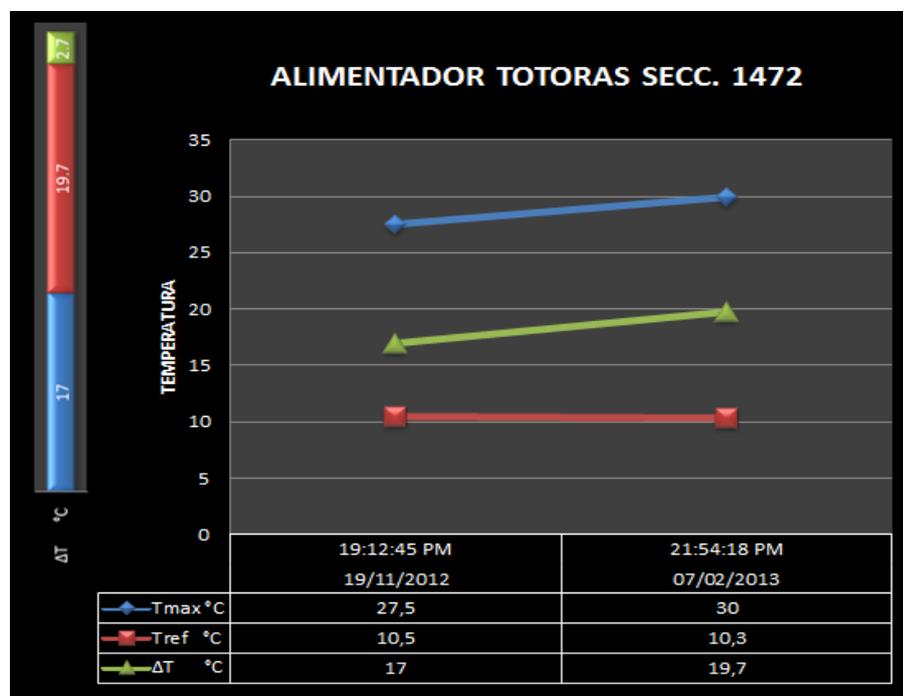
Figura 164. Alimentador Totoras seccionador 1498



Fuente: Autores

En el seccionador 1498 inspeccionado el 19 de noviembre del 2012 la demanda máxima de energía eléctrica fue de 2.893,96 Kw, mientras que el 07 de febrero del 2013 la demanda máxima fue de 2.214,55 Kw. Se observa un ΔT superior de 38,1 °C en la inspección termográfica realizada el 07 de febrero del 2013. Es decir, el ΔT se incrementó en 11,7 °C en solo tres meses, debido a que las altas temperaturas en los puntos críticos se mantuvieron a lo largo de mucho tiempo, recalentando y afectando considerablemente las propiedades físicas y químicas de los elementos, permitiendo que el ΔT se incremente cada vez más.

Figura 165. Alimentador Totoras seccionador 1472



Fuente: Autores

En el seccionador 1472 inspeccionado el 19 de noviembre del 2012 la demanda máxima de energía eléctrica fue de 3.038,69 Kw, mientras que el 07 de febrero del 2013 la demanda máxima fue de 2.161,86 Kw. Se observa un ΔT superior de 19,7 °C en la inspección termográfica realizada el 07 de febrero del 2013. Es decir, el ΔT se incrementó en 2,7 °C en solo tres meses, debido a que las altas temperaturas en los puntos críticos se mantuvieron a lo largo de mucho tiempo, recalentando y afectando considerablemente las propiedades físicas y químicas de los elementos, permitiendo que el ΔT se incremente cada vez más.

4.3 Propuesta a la EEASA

Con los resultados obtenidos en los análisis termográficos se propone a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S A., corregir urgentemente los puntos críticos encontrados en el tiempo recomendado, siguiendo el nivel de severidad de los reportes, esto es de vital importancia, debido a que si no se corrige las fallas detectadas, en los plazos definidos, se corre el riesgo de que la subestación tenga interrupciones no deseadas, afectando a los sectores residenciales, comerciales e industriales de la ciudad de Ambato.

Realizar la reparación de los puntos calientes asegurando el buen contacto entre barra y terminales de los seccionadores, ya que la mayor parte de fallas se localizaron en estos elementos, estos trabajos se deben ejecutar con el personal de subestación en los equipos, componentes y líneas de distribución eléctrica, en horas de menor demanda de consumo energético. Por lo general se estima de 2am a 6am para no perjudicar a los consumidores.

Archivar todos los informes generados en una base de datos donde se puedan realizar un análisis estadístico de las anomalías térmicas encontradas, para predecir lo que puede estar sucediendo en nuevas anomalías térmicas que se detecten en la subestación y alimentador.

Mejorar la programación de mantenimiento predictivo mediante termografía con frecuencias periódicas trimestrales y semestrales que favorecen a la detección de anomalías térmicas en etapas iniciales.

Con nuestro estudio se pretende encaminar a los jefes departamentales con la idea de que el mantenimiento predictivo no es un gasto innecesario sino una buena inversión. Por lo tanto se recomienda la adquisición de un equipo termográfico de última tecnología con las características técnicas necesarias para facilitar la detección de anomalías térmicas en subestaciones, líneas de distribución y generación eléctrica.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La cámara termográfica Satir E8-GN por sus características técnicas, permitió evaluar correctamente componentes y líneas de alta tensión. Fue de gran ayuda al momento de realizar inspecciones termográficas facilitando la detección de anomalías térmicas producidas por: efecto corona, soldadura en contactos y fracturas en los elementos que el ojo humano a simple vista no las puede apreciar.

En el estudio termográfico realizado en la Subestación Oriente y Alimentador Totoras, se identificó que el mayor número de anomalías térmicas estuvo localizada en seccionadores de la subestación en el lado de media tensión 13,8 Kv, debido al mal cierre entre el conductor y el terminal del elemento, presencia de corrosión o acumulación de polvo.

El ΔT de la inspección termográfica realizada en horario nocturno de la Subestación Oriente fue superior al ΔT inspeccionado en la tarde, debido a la demanda máxima de energía eléctrica en el instante del barrido termográfico.

En la inspección termográfica efectuada en el primario de media tensión Totoras se localizaron dos puntos calientes los cuales fueron inspeccionados en diferentes fechas, teniendo como resultado un incremento del ΔT en función del tiempo. En el seccionador 1498 el ΔT se incrementó en 11,7 °C y en el seccionador 1472 se incrementó 2,7 °C en tres meses. Es decir, si la temperatura de un punto crítico se mantiene a lo largo de mucho tiempo, el equipo o componente va a estar recalentado afectando considerablemente las propiedades físicas y químicas del elemento, permitiendo que se incremente cada vez más el ΔT .

En la subestación se detectaron 12 puntos críticos con el 30%, 15 puntos medios con el 37,5 % y 13 puntos normales con el 32,5 % que representan el total de los puntos

inspeccionados. Dentro de las anomalías térmicas encontradas en el barrido termográfico el 48 % corresponde a seccionadores.

En el Alimentador Totoras se encontraron 2 puntos críticos con el 6,25 %, 17 puntos normales con el 53,12 %, 13 puntos medios con el 40,62% que corresponden al total de puntos inspeccionados.

La termografía IR en la actualidad es una herramienta muy útil para el mantenimiento predictivo porque se logra anticiparse y predecir la aparición de anomalías térmicas antes de que ocurra el daño evitando grandes pérdidas económicas a la empresa.

Detectando a tiempo las anomalías térmicas en etapa inicial, se aumenta la vida útil de los equipos o componentes permitiendo mejorar la confiabilidad del sistema.

5.2 Recomendaciones

Realizar el barrido termográfico con los equipos energizados y en horas de mayor demanda de consumo energético para obtener resultados reales, por lo general en el área eléctrica la demanda máxima de energía eléctrica es en horario nocturno.

Cuando se detecte una posible anomalía térmica, esta debe ser revisada de diferentes ángulos para descartar lecturas erróneas.

Cuando se realicen inspecciones termográficas se deben tomar en cuenta diversos factores como: emisividad, distancia, humedad relativa, temperatura ambiente, velocidad del viento, en lo posible evitar los días de lluvia para una correcta inspección. Se recomienda un buen cierre en los contactos de los seccionadores para minimizar la aparición de puntos calientes.

Se sugiere realizar un mantenimiento predictivo mediante la técnica de la termografía en la Subestación Oriente.

Utilizar el EPP apropiado y mantener la distancia adecuada con el elemento a ser inspeccionado durante el barrido termográfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FRANK P., Incropera, David P. Dewitt (2002). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-38650-2. Pág. 20-55.
- [2] PAUL G. HEWITT, Física Conceptual Transferencia De Calor. Novena Edición. Pág. 305-320.
- [3] ROSSBERG, Dirk. Optical properties of the integrated infrared sensor. Sensor and actuators A 54 (1996-1993-797). Capítulo 4
- [4] MADRID, Guía de la termografía infrarroja Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética 2011.
- [5] FLUKE, Introducción a los principios de la termografía, Creado en cooperación entre Fluke Corporation y The Snell Group. Pág. 57-60.
- [6] INGA, L. Análisis termográfico nivel I, Ecuador: IVAN BOHMAN C.A, 2011. Pág. 8-125.
- [7] TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA em Subestações de Alta Tensão Desabrigadas, LAERTE DOS SANTOS, Itajubá, 2006. Pág. 117
- [8] SATIR. Guía de termografía para mantenimiento predictivo, catálogo y software, China. 2012. Pág. 3-105.
- [9] MEDINA – SANTIAGO. Tesis, Mantenimiento predictivo de transformadores de potencia según la técnica de mantenimiento centrado en la confiabilidad 2006.
- [10] UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, Elementos y Equipo Eléctricos, Guía para la ejecución de informes de Laboratorio, Ensayos de Seccionadores.
- [11] ARCGIS, Programa Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S A.
- [12] CADAFE Procedimiento de inspección termográfico. Pág. 9-15.
- [13] ORTEGA, A. Análisis técnico y de costo para implementar plan de mantenimiento predictivo mediante termografía. Pág. 75-80.
- [14] NETA. Especificaciones de pruebas aceptadas para sistemas y equipos de distribución de potencia eléctrica. Pág. 119.

BIBLIOGRAFÍA

CADAFE Procedimiento de inspección termográfico.

FLUKE Creado en cooperación entre fluke corporation y the snell group.

FRANK P. Incropera, David P. DeWitt (2002). Fundamentals of heat and mass transfer.

John Wiley & Sons. ISBN 0-471-38650-2. Pág. 20-55.

INGA, L. Análisis termográfico nivel I, Ecuador: IVAN BOHMAN C.A, 2011.

NETA. Especificaciones de pruebas aceptadas para sistemas y equipos de distribución de potencia eléctrica.

ORTEGA, A. Análisis técnico y de costo para implementar plan de mantenimiento predictivo mediante termografía.

PAUL G. HEWITT .Física conceptual transferencia de calor- novena edición.

ROSSBERG, Dirk. Optical properties of the integrated infrared sensor. sensor and actuators A 54 (1996-1993-797).

SATIR. Guía de termografía para mantenimiento predictivo, catálogo y software, China.

LINKOGRAFÍA

CALOR ELÉCTRICO

<http://www.parro.com.ar/definicion-de-calor+el%E9ctrico>
2012-09-06

TEMPERATURA

<http://martinfarfan.blogspot.com/p/para-grado-once.html>
2012-09-14

TRANSMISIÓN DE CALOR

<http://www.monografias.com/trabajos88/calor-conceptos-y-tipos-transferencia-calor/calor-conceptos-y-tipos-transferencia-calor.shtml>
2012-09-21

LEYES DE LA RADIACIÓN DE UN CUERPO

http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_desplazamiento_de_Wien
2012-09-28

CUERPO NEGRO Y GRIS

http://es.wikipedia.org/wiki/Cuerpo_negro
2012-10-01

TERMOGRAFÍA IR

<http://www.textoscientificos.com/node/885>
2012-10-03

APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA IR

<http://www.textoscientificos.com/node/885>
2012-10-04

PARARRAYOS

<http://es.scribd.com/doc/59987986/subestaciones-electricas>
2012-10-08

DISYUNTOR

<http://es.scribd.com/doc/59987986/subestaciones-electricas>

2012-10-16

SECCIONADORES

<http://es.scribd.com/doc/116289507/Elementos-de-Una-Subestacion>

2012-10-19

BARRAS COLECTORAS

<http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2009/09/barras-colectoras-en-132-kv.html>

2012-10-25

BANCO DE CAPACITORES

http://www.artech.com/web/frontoffice/verproducto.aspx?id_prod=118&idioma=1

http://subestacionesdedistribucion.blogspot.com/2012_01_01_archive.html

2012-10-25

AISLADORES

<http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm>

2012-10-27

CONECTORES

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Conectores-Electricos/2990904.html>

2012-11-05

ALIMENTADORES PRIMARIOS DE MEDIA TENSIÓN

<http://html.rincondelvago.com/sistema-electrico-de-potencia.html>

2012-11-06

MANTENIMIENTO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Mantenimiento-a-Subestaciones/3308543.html>

2012-11-19

FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO TERMOGRÁFICO

http://www.flir.com/uploadedfiles/thermography/mmc/brochures/t820264/t820264_es.pdf

2012-11-23

CÁMARAS TERMOGRÁFICAS

http://web.usal.es/~lcal/termografia_documento.pdf

2012-11-30

COMPONENTES DE UNA CÁMARA TERMOGRÁFICA

http://snewetsrisc.com/?page_id=253

2012-12-06

FACTORES QUE INCIDEN EN LAS INSPECCIONES TERMOGRÁFICAS

<http://www.monografias.com/trabajos92/termografia-mantenimiento/termografia-mantenimiento.shtml>

2012-12-14

CERTIFICACIONES PARA TERMOGRÁFISTAS

<http://www.impic.es/noticias/>

2012-12-18

TÉCNICAS DE INSPECCIÓN

<http://content.fluke.com/dashboard/files/eses/import/booklet.pdf>

2012-12-20

VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO TERMOGRÁFICO

<http://www.ing.unlp.edu.ar/sisspot/Libros%202007/libros/le-gro/termogra.htm>

2012-01-10

DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ORIENTE

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4217/1/CD-0926.pdf>

2013-01-16

DESCRIPCIÓN DEL ALIMENTADOR TOTORAS

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4208/1/CD-1337.pdf>

2013-01-25

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

[http://es.scribd.com/doc/83718143/Procedimiento-Termografia-05-11-](http://es.scribd.com/doc/83718143/Procedimiento-Termografia-05-11-07#download)

[07#download](http://es.scribd.com/doc/83718143/Procedimiento-Termografia-05-11-07#download)

2013-02-05

NORMAS NETA

http://ing.utralca.cl/~fespinos/Mario_Ortega_Valenzuela.pdf

<http://juno.unifei.edu.br/bim/0032852.pdf>

2013-02-11

FRECUENCIAS EN SUBESTACIONES

<http://confiabilidad.net/articulos/rutas-y-frecuencias/>

2013-02-14

HISTORIA, ORGANIGRAMA DE EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO

<http://www.eeasa.com.ec/index.php>

2013-02-16