

SISTEMA DE VALORACIÓN BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS PARA LA EVALUACIÓN DE INTERRUPTORES SECCIONADORES DE MEDIO VOLTAJE

AUTOR: ERNESTO ABRIL CHAFLA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

Contenido

- ▶ Objetivos.
- ▶ Artículo de investigación desarrollado.
- ▶ Descripción del Sistema de valoración.
- ▶ Desarrollo del proyecto.
- ▶ Análisis de resultados.
- ▶ Conclusiones y recomendaciones.

Objetivos:

General:

- ▶ Diseñar e implementar un sistema de valoración basado en el procesamiento de imágenes termográficas para la evaluación de interruptores seccionadores de medio voltaje.

Específicos:

- ▶ Investigar los distintos tipos de software y formatos para el procesamiento y tratamiento de imágenes termográficas.
- ▶ Investigar acerca de las directrices típicas para aplicaciones eléctricas en instalaciones de distribución aérea.
- ▶ Investigar acerca de las técnicas para el análisis y procesado de imágenes.

Objetivos:

Específicos:

- ▶ Desarrollar el algoritmo para establecer la región de interés.
- ▶ Desarrollar el algoritmo a usar en la evaluación de los interruptores seccionadores.
- ▶ Realizar pruebas experimentales del sistema trabajando con seccionadores de medio voltaje energizados.
- ▶ Implementar el sistema de valoración basado en el procesamiento de imágenes termográficas para la evaluación de interruptores seccionadores de medio voltaje.

Artículo de investigación desarrollado

Conferencia	Titulo	Indexación
2017 International Conference on Consumer Electronics and Devices (ICCED 2017) London, England.	Determination of the temperature in the half-voltage disconnect switches, through polynomial functions obtained from thermographic images, for the development of intelligent maintenance systems.	IEEE Conference Proceedings, Ei Compendex y SCOPUS.

Descripción del Sistema de valoración.

Sistema de Valoración de Interruptores Seccionadores

Archivo Ayuda

Elementos con una temperatura superior a 14,4 °[C] en color blanco



Temperatura máxima °[C] En espera!
Temperatura promedio °[C] En espera!
Temperatura mínima °[C] En espera!

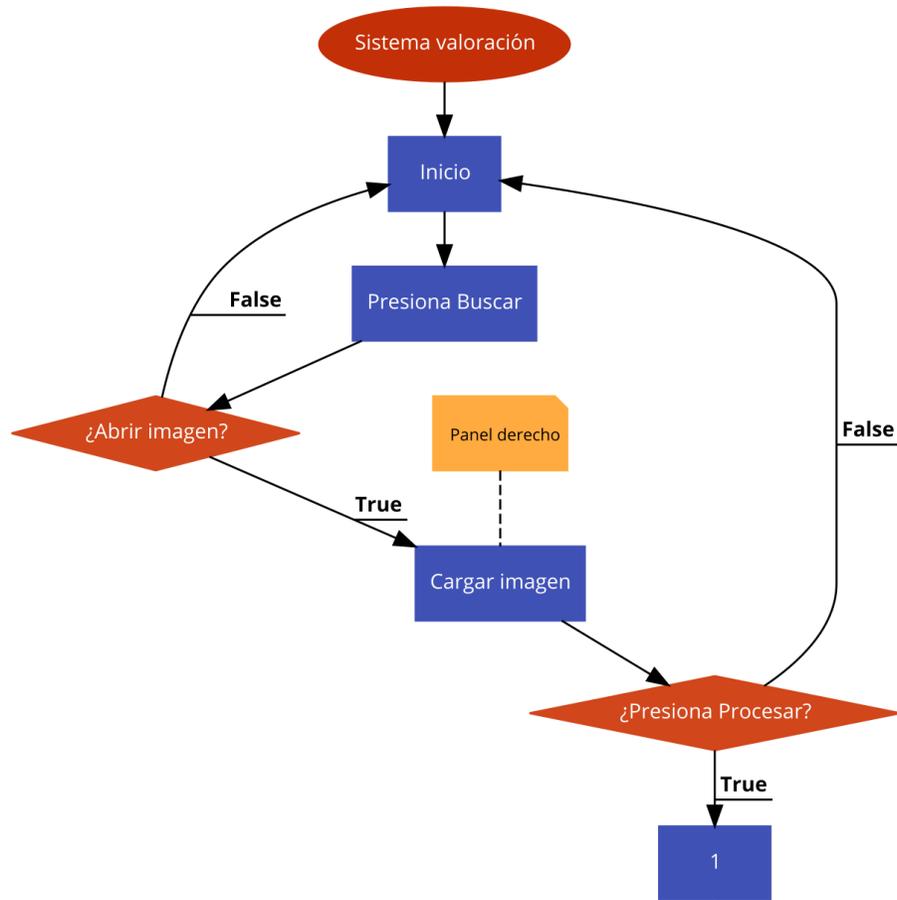
Valoración del área seleccionada:
Diagnóstico de la región de interes

Prioridad 0

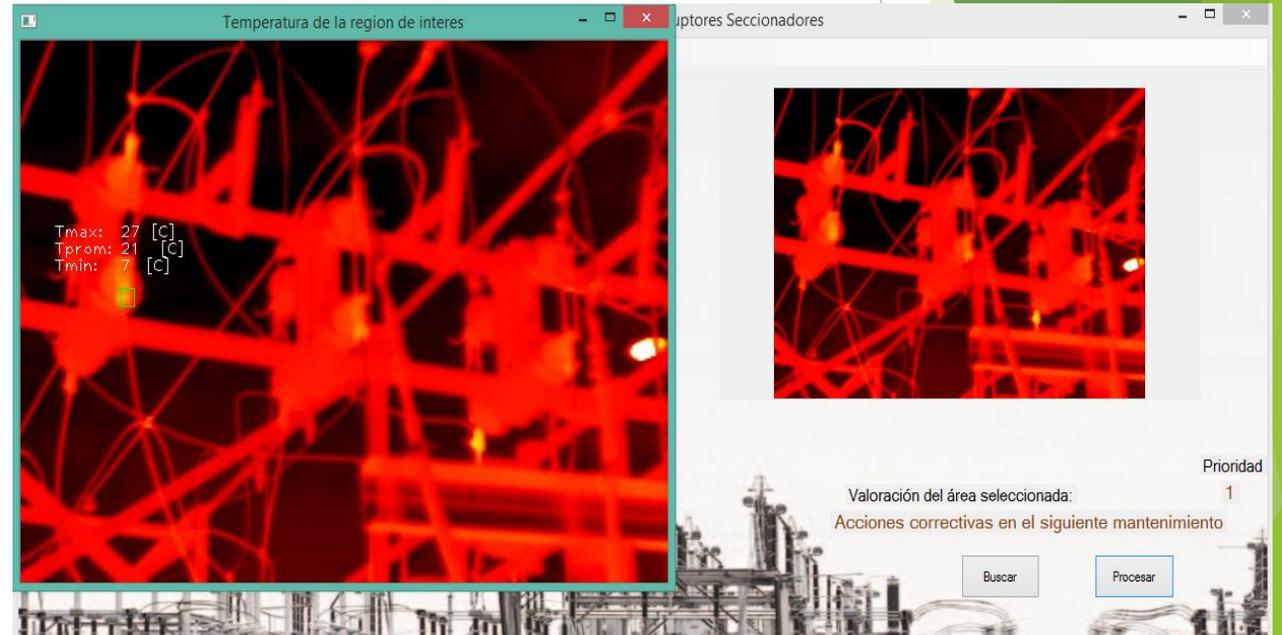
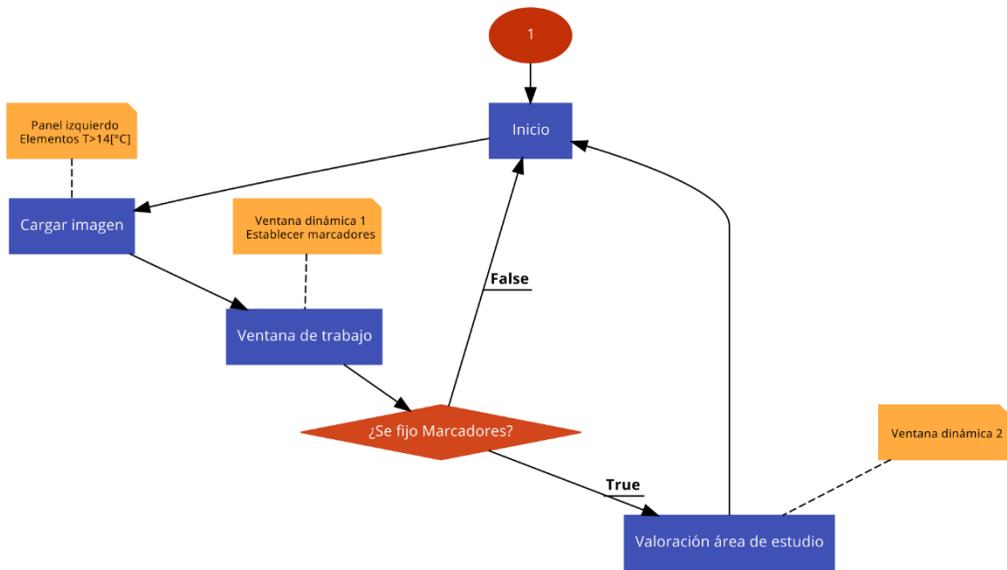
Buscar Procesar



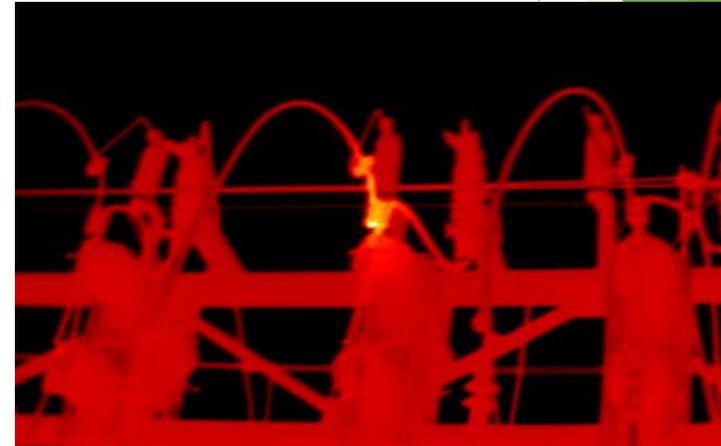
Descripción del Sistema de valoración.



Descripción del Sistema de valoración.

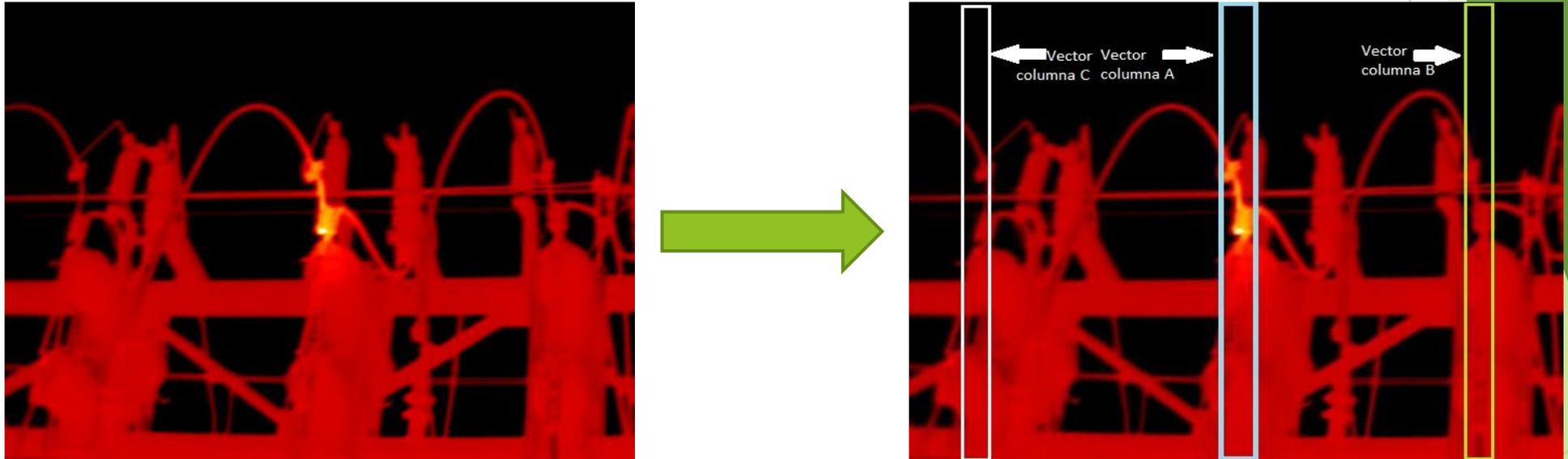


Desarrollo del proyecto



Adquisición de las imágenes termográficas
19:00 - 20:00h

Desarrollo del proyecto.



Análisis cualitativo de la imagen
Identificación de los puntos calientes

Desarrollo del proyecto.



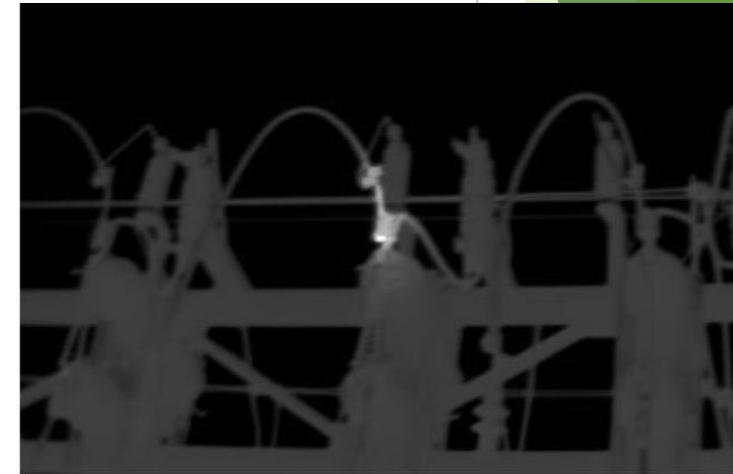
IR15: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Todas las temperaturas en °C.

C:\Users\Alejandro Abril\Desktop\Tesis\Imágenes finales\Ori
La tabla se gira para que quepa en 256 columnas.

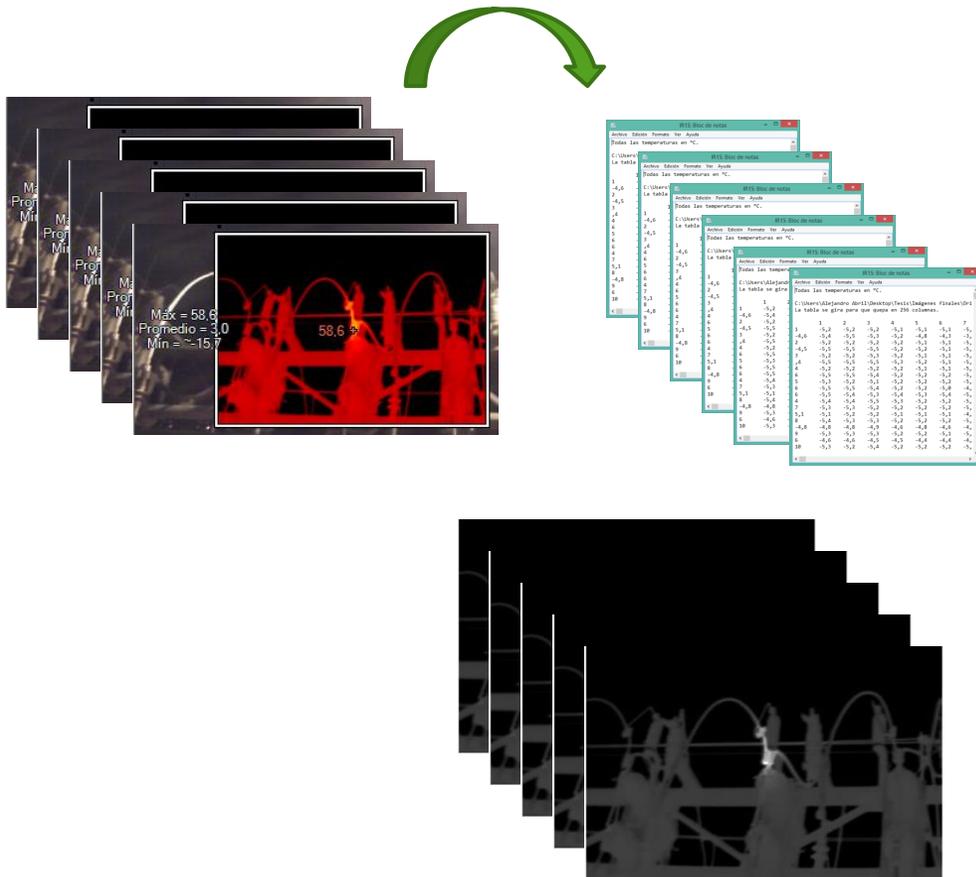
	1	2	3	4	5	6	7
1	-5,2	-5,2	-5,2	-5,1	-5,1	-5,1	-5,
4,6	-5,4	-5,5	-5,3	-5,2	-4,8	-4,3	-3,
2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,1	-5,1	-5,
4,5	-5,5	-5,5	-5,5	-5,2	-5,2	-5,1	-5,
3	-5,2	-5,2	-5,3	-5,2	-5,1	-5,1	-5,
4	-5,5	-5,5	-5,5	-5,3	-5,2	-5,1	-5,
4	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,1	-5,1	-5,
6	-5,5	-5,5	-5,4	-5,2	-5,2	-5,2	-5,
5	-5,3	-5,2	-5,1	-5,2	-5,2	-5,2	-5,
6	-5,5	-5,5	-5,4	-5,2	-5,2	-5,0	-4,
6	-5,5	-5,4	-5,3	-5,4	-5,3	-5,4	-5,
4	-5,4	-5,4	-5,5	-5,3	-5,2	-5,2	-5,
7	-5,3	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,
5,1	-5,1	-5,2	-5,2	-5,1	-5,1	-5,1	-4,
8	-5,4	-5,3	-5,3	-5,2	-5,2	-5,2	-5,
4,8	-4,8	-4,8	-4,9	-4,6	-4,8	-4,6	-4,
9	-5,3	-5,3	-5,3	-5,2	-5,2	-5,1	-5,
6	-4,6	-4,6	-4,5	-4,5	-4,4	-4,4	-4,
10	-5,3	-5,2	-5,4	-5,2	-5,2	-5,2	-5,



Identificación de los puntos más cálidos
Exportación de la matriz térmica.
SmartView

Conversión a escala de grises
Matriz de 240x320
Matlab

Desarrollo del proyecto.

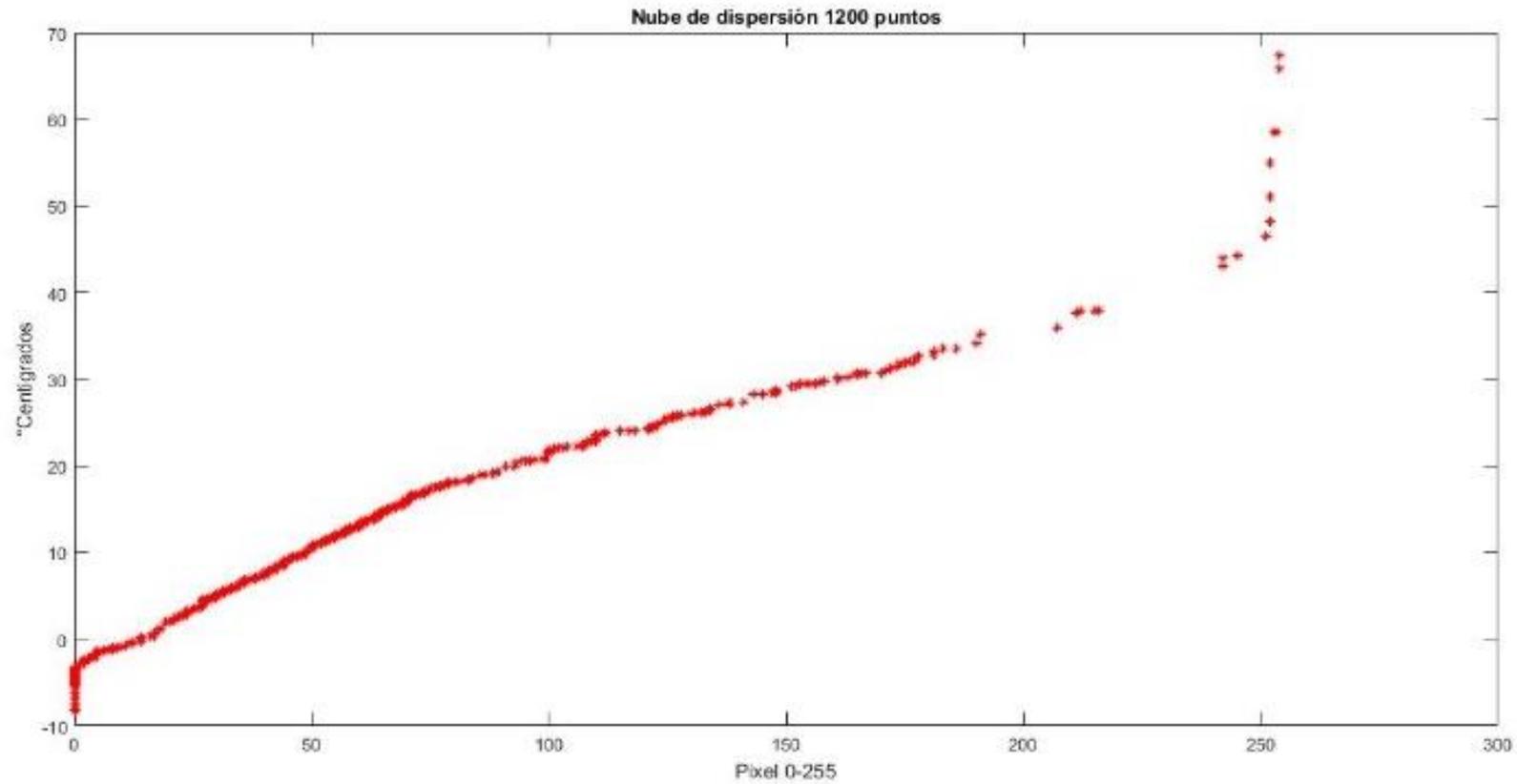


→ $t = \text{[[Vector térmico]]}_{1200 \times 1}$

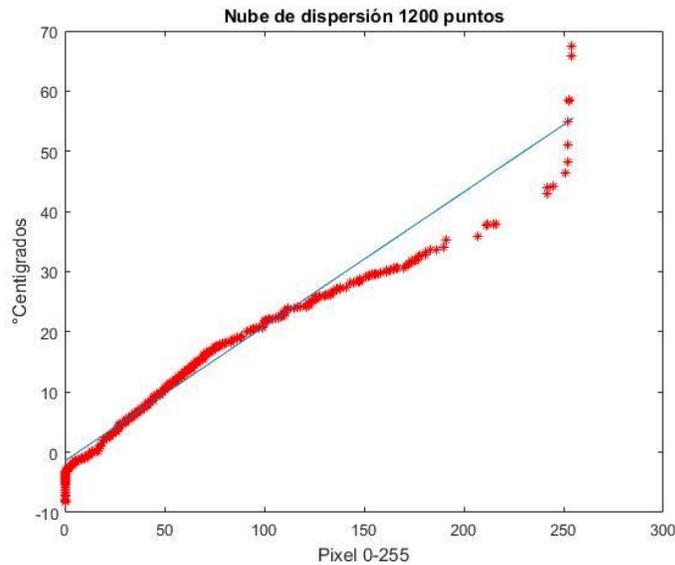
→ $p = \text{[[Vector pixel]]}_{1200 \times 1}$

$$f(p) = t$$

Desarrollo del proyecto.

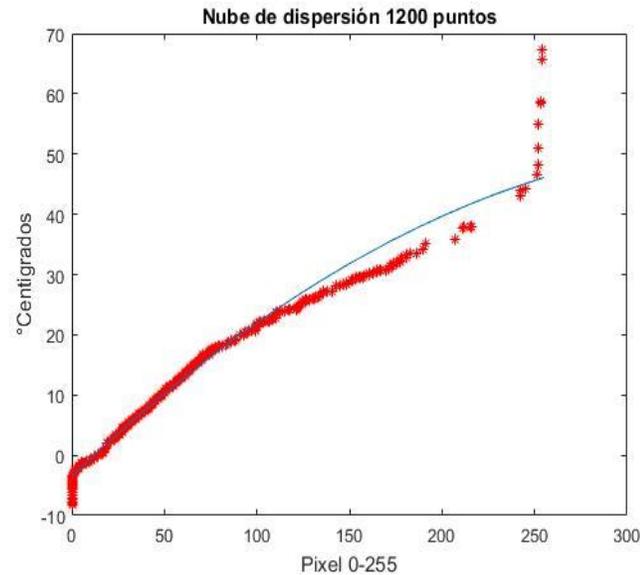


Desarrollo del proyecto.



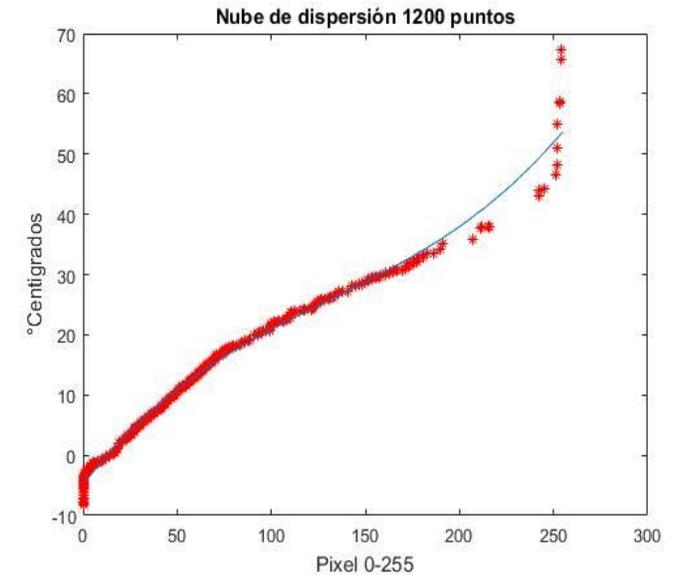
$$\text{EMC} = 2,0023$$

$$f(x_i) = 0.1161x_i + 7.2180$$



$$\text{EMC} = 1,4705$$

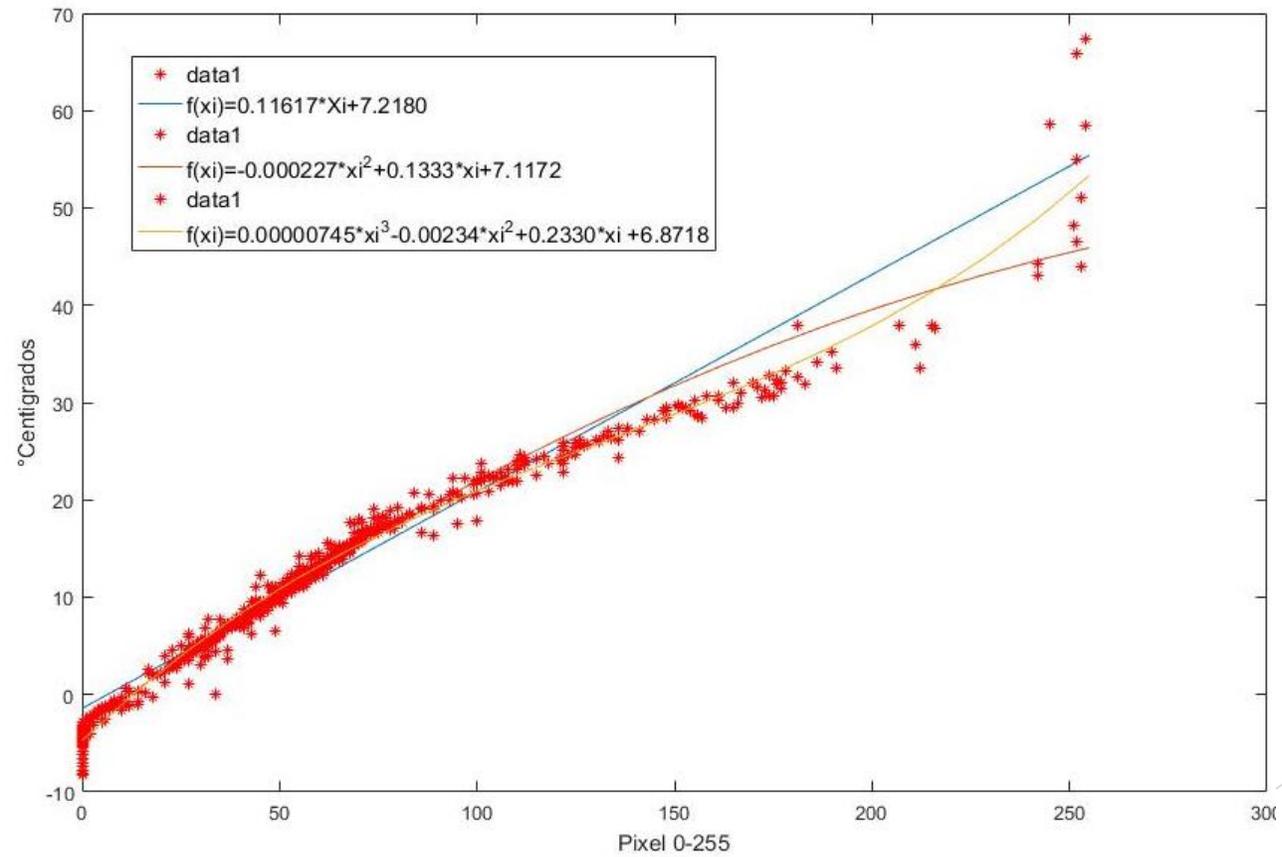
$$f(x_i) = -0.000227x_i^2 + 0.1333x_i + 7.1172$$



$$\text{EMC} = 0,9371$$

$$f(x) = 0.00000745x^3 - 0.00234x^2 + 0.2330x + 6.8718$$

Desarrollo del proyecto.



Desarrollo del proyecto.



Selección del área de interés por medio del mouse en la imagen de estudio.
El área de interés se convierte a escala de grises y se obtiene el pixelamiento promedio.

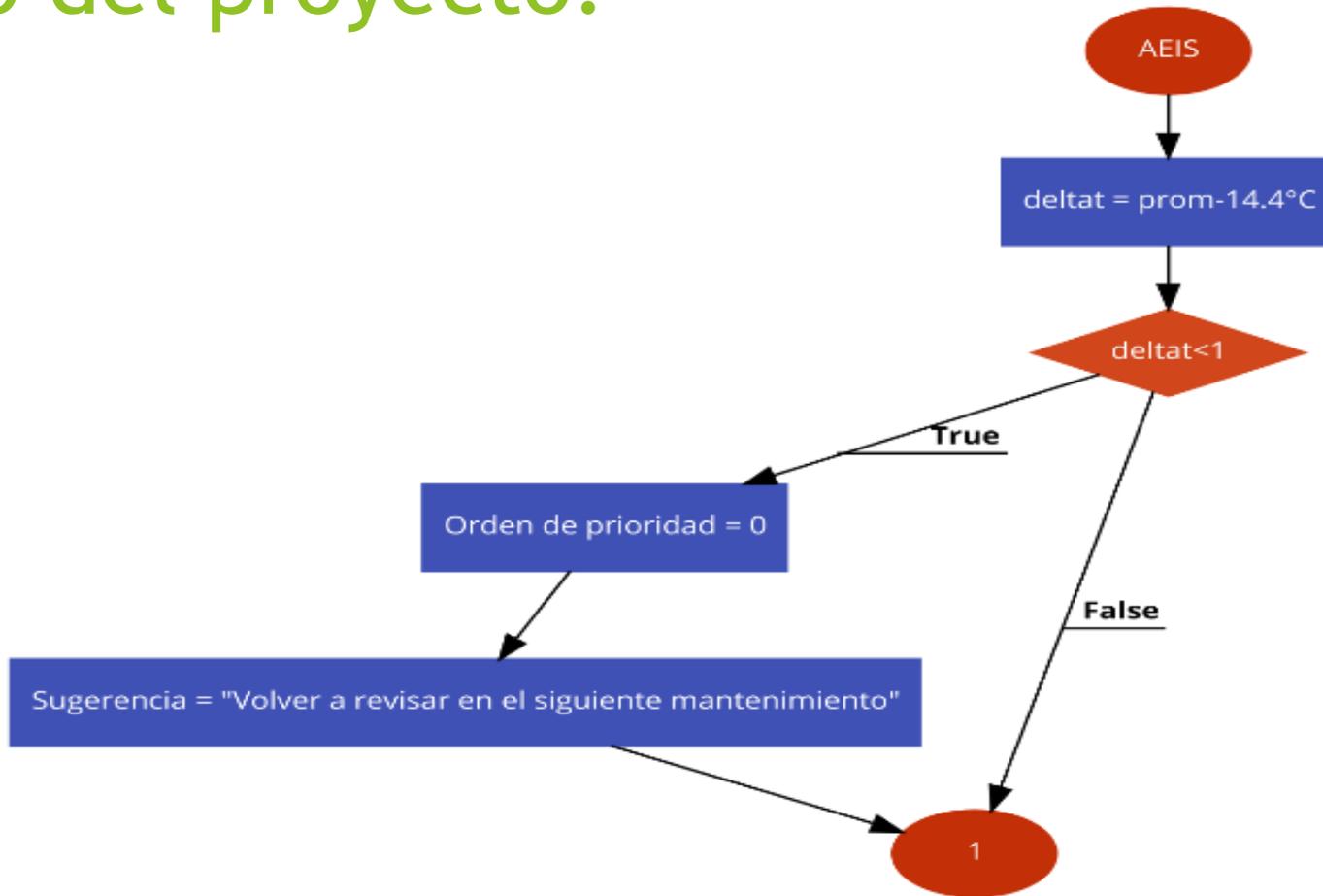
Desarrollo del proyecto.

Directrices típicas para la evaluación de instalaciones eléctricas de distribución

Prioridad	Delta-T/°C	Acción recomendada
1	>40	Acciones correctivas Se requiere inmediatamente
2	20-40	Acciones correctivas tan pronto como sea posible
3	10-20	Acciones correctivas bajo previa programación
4	1-10	Acciones correctivas en el siguiente mantenimiento.

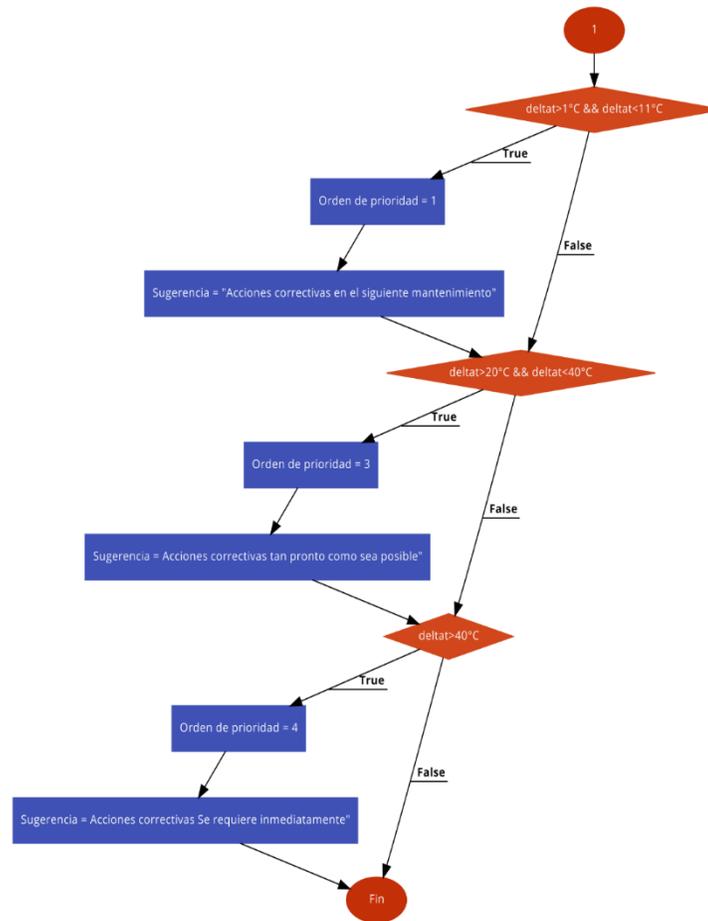
Fuente: (I.Infraspccion 2008)

Desarrollo del proyecto.



Algoritmo para la evaluación de los interruptores seccionadores

Desarrollo del proyecto.



Algoritmo para la evaluación de los interruptores seccionadores

Análisis de resultados.

Indicadores de la precisión de cada uno de los modelos al medir la temperatura en 69 bornes de conexión

$f(x_i) = 0.1161x_i + 7.2180$		$f(x_i) = -0.000227x_i^2 + 0.1333x_i + 7.1172$		$f(x) = 0.00000745x^3 - 0.00234x^2 + 0.2330x + 6.8718$	
$\bar{\epsilon}_r$	0,1829	$\bar{\epsilon}_r$	0,1607	$\bar{\epsilon}_r$	0,1076
$\bar{\epsilon}_r \%$	18,29	$\bar{\epsilon}_r \%$	16,07	$\bar{\epsilon}_r \%$	10,76

Indicadores de la adaptación de cada uno de los modelos al medir la temperatura en 69 bornes de conexión

$f(x_i) = 0.1161x_i + 7.2180$		$f(x_i) = -0.000227x_i^2 + 0.1333x_i + 7.1172$		$f(x) = 0.00000745x^3 - 0.00234x^2 + 0.2330x + 6.8718$	
$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	626,57	$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	534,77	$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	247,17
S_e	4,5404	S_e	3,8751	S_e	1,7911
R	0,8683	R	0,8093	R	0,9188
R^2	0,7539	R^2	0,6550	R^2	0,8442

Comprobación de la hipótesis mediante Chi-cuadrado.

	10-20[C]	20-40[C]	>40[C]
Evalúa	47	4	2
No Evalúa	19	0	0
$\frac{(F_{esp.}-F_{obs})^2}{F_{esp.}}$	16,68	4	2
	$\sum \frac{(F_{esp.}-F_{obs})^2}{F_{esp.}}$		22,68
	df=(f-1)(c-1)		2
	a=0.05		5,99

Se comprueba hipótesis ya que la sumatoria de Chi-cuadrado para 2 grados de libertad es 22,68 y a su vez mayor que 5,99 valor que fue obtenido mediante la tabla de Chi-cuadrado para 2 dos grados de libertad y un nivel de significación de 0,05.

Conclusiones

- ▶ El Sistema de valoración consiguió estimar y valorar la temperatura por medio de una imagen térmica en formato .JGPEG estableciendo parámetros de precisión del 89% cercanos a los que tendría un sistema comercial, propio de un equipo termográfico sin mencionar que estos últimos requieren de archivos tipo .is2 para realizar la misma tarea.
- ▶ El Sistema de valoración no es tipo propietario debido a que el sistema basa su funcionamiento en el procesamiento de imágenes y sólo requerirá de las mismas para que el operario analice diferentes interruptores seccionadores, sin que se tome en cuenta la marca del equipo que origino la imagen termográfica.

Conclusiones

- ▶ El desarrollo del Sistema de valoración basado en el procesamiento de imágenes termográficas usando las librerías de software libre OpenCV, permitió la implementación de un algoritmo para establecer las regiones de interés por medio de la actividad del mouse, de manera que al área seleccionada se le pueda aplicar una función polinómica para la medición de la temperatura.
- ▶ La plataforma UI en la cual se creó la interfaz para el usuario permite conjugar, el uso de eventos mostrados en ventanas estáticas y también el uso de ventanas dinámicas, siendo éstas últimas las más transparentes al usuario y en las cuales se puede realizar el proceso de selección de las áreas de interés.

Conclusiones

- ▶ El diseñador al sólo hacer uso de ventanas estáticas, limitará al usuario de su sistema el ubicar las mismas en otra posición, ya que estas estarán contenidas en la interfaz sin opción de desplazamiento a comodidad o peor aún en caso de ser necesario maximizarla o minimizarla.
- ▶ De las 69 evaluaciones de temperatura obtenidas por el Sistema de valoración usando el polinomio de tercer grado se pudo constatar que de los tres polinomios obtenidos, el de tercer grado es el que posee un mayor coeficiente de determinación $R 0,84$ y un menor error de estimación $Se 1,7911$.

Conclusiones

- ▶ El Sistema de valoración al realizar más de 60 evaluaciones de bornes de conexión en imágenes captadas a distancias comprendidas entre los 4 y 13,8 [m] tendrá una precisión del 89,24% en las mediciones de temperatura.
- ▶ El Sistema de valoración entregará las evaluaciones de temperatura de los bornes de conexión de los interruptores seccionadores unipolares tipo cuchilla con un error relativo menor al 4%, al procesar las imágenes captadas a una distancia de 4[m] obtenidas de un equipo de gama media.

Recomendaciones

- ▶ Para posteriores desarrollos es recomendable hacer de uso de un equipo de gama alta para la adquisición de las imágenes termográficas, de manera que se consiga un mejor detalle de cada imagen consiguiendo mejorar la precisión en las valoraciones de temperatura.
- ▶ La adquisición de las imágenes se las deberá realizar en las horas de la noche y con máxima carga, de esta forma se evita lecturas en falso que podrían dar las superficies metálicas bajo efectos de la luz solar.
- ▶ Ante la presencia de los puntos calientes en los bornes de conexión de los interruptores seccionadores es necesario realizar los ajustes necesarios con el equipo adecuado fijando la presión establecida por los fabricantes.

Bibliografía

- ▶ I.Infraspection. (2008). Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment. *Infraspection Institute*, 96.

GRACIAS POR LA ATENCIÓN PRESTADA!!