



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
**LA MOLINA**

# ThermiCAL

Aplicativo Web para el procesamiento y Corrección Radiométrica



Manual de usuario

Versión 1.0 – Año 2025

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
**LA MOLINA**

## **MANUAL DE USUARIO**

### **ThermiCAL: Aplicativo Web para el Procesamiento y Corrección Radiométrica**

Versión 1.0. Año 2025

#### **2025. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)**

Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.

Teléfono: (51-1) 6147800

Correo electrónico: [dtppi@lamolina.edu.pe](mailto:dtppi@lamolina.edu.pe)

Sitio web: [www.lamolina.edu.pe](http://www.lamolina.edu.pe)

#### **Facultad de Ingeniería Agrícola (FIA) – Área Experimental de Riego (AER)**

Autores:

**Dra. Lía Ramos Fernández**

**Ing. José Luis Huanuqueño Murillo**

**Ing. David Junior Quispe Tito**

#### **Créditos Técnicos:**

Lenguaje de programación: Python 3

Interfaz de visualización: Streamlit

Procesamiento de imágenes térmicas: rasterio, numpy

Gráficos y visualización térmica: matplotlib

#### **Agradecimientos:**

Programa Nacional de Investigación Científica y de Estudios Avanzados (PROCIENCIA) de Concytec–Perú, Contrato No. **PE501086540-2024**.

# Contenido

<b>1. Presentación .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Glosario de términos y abreviaturas .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Aplicaciones prácticas .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Requisitos .....</b>	<b>3</b>
<b>5. Flujograma de procesos .....</b>	<b>3</b>
Paso 1: Acceso a la aplicación.....	4
Paso 2: Selección de zona geográfica y hora de monitoreo .....	5
Paso 3: Subir la imagen térmica sin calibrar en formato TIF.....	5
Paso 4: Visualización de la imagen original.....	6
Paso 5: Calibración automática .....	7
Paso 6: Descarga del resultado.....	7
<b>6. Soporte y contacto .....</b>	<b>8</b>

# 1. Presentación

ThermiCAL es una aplicación web interactiva desarrollada en Python y desplegada mediante Streamlit, diseñada específicamente para calibrar ortomosaicos térmicos capturados con drones equipados con cámaras DJI Zenmuse H20T. Su código fuente se encuentra disponible en GitHub y fue desarrollado como parte del proyecto financiado por el proyecto "*Nuevas herramientas tecnológicas de precisión con sensores remotos para un sistema de producción sostenible en arroz, con menor consumo de agua, menor emisión de gases y mayor rendimiento, en beneficio de los agricultores de Lambayeque*", Contrato No. **PE501086540-2024-PROCIENCIA**.

La aplicación ha sido diseñada para facilitar el procesamiento eficiente de datos térmicos en el contexto de la agricultura de precisión. Permite cargar imágenes térmicas de cobertura vegetal, en formato GeoTIFF, aplicar ecuaciones de calibración específicas según la zona geográfica y la hora de captura, visualizar comparativamente la imagen térmica original y la imagen corregida, y finalmente descargar la versión calibrada.

Las ecuaciones de calibración empleadas han sido desarrolladas a partir de mediciones obtenidas con un radiómetro Apogee MI-210, aplicado sobre distintas superficies de referencia en campo, como hojas verdes, hojas secas, aluminio, y suelo desnudo. Este enfoque garantiza una corrección precisa de la temperatura superficial, ajustada a las condiciones reales del entorno agrícola.

La presente versión del aplicativo está basada en parámetros agroclimáticos validados para las regiones de Lambayeque y Lima, por lo que sus resultados han sido optimizados para estas condiciones. Esta herramienta representa un avance significativo en la aplicación de sensores remotos en el manejo eficiente del agua y el monitoreo del estrés térmico en cultivos.

## 2. Glosario de términos y abreviaturas

- **Agricultura de precisión:** Conjunto de técnicas que utilizan sensores, datos y herramientas digitales para optimizar el uso de recursos en los cultivos, como el agua y los fertilizantes, mejorando la productividad y reduciendo el impacto ambiental.
- **Apogee MI-210:** Instrumento llamado radiómetro infrarrojo, utilizado para medir la temperatura superficial de objetos sin contacto físico, útil para validar imágenes térmicas.
- **Calibración térmica:** Proceso de ajustar los valores de temperatura registrados por una cámara térmica para que se correspondan con temperaturas reales medidas en el campo.
- **DJI Zenmuse H20T:** Cámara multispectral utilizada en drones, que combina imagen térmica, visual (RGB), láser (LiDAR) y sensor de rango, común en agricultura y monitoreo ambiental.
- **Dron:** Vehículo aéreo no tripulado que permite capturar imágenes y datos del terreno desde el aire, útil en agricultura, geografía, topografía y vigilancia.
- **GeoTIFF (.tif / .tiff):** Formato de archivo de imagen georreferenciada que almacena información espacial (como coordenadas) junto con los datos de imagen, comúnmente usado en imágenes satelitales y térmicas.
- **GitHub:** Plataforma de desarrollo colaborativo que permite almacenar, compartir y mantener el código fuente de proyectos de software.
- **Ortomosaico térmico:** Imagen compuesta creada a partir de muchas fotos térmicas tomadas por un dron, unidas para formar una sola imagen georreferenciada y corregida.
- **Python 3.13:** Lenguaje de programación de código abierto, ampliamente usado en ciencia de datos, procesamiento de imágenes, inteligencia artificial y aplicaciones web.
- **Recorte estadístico:** Técnica que elimina valores extremos en una imagen o conjunto de datos para mejorar su interpretación visual o análisis numérico.
- **SIG (Sistemas de Información Geográfica):** Tecnología que permite analizar, visualizar y manipular datos geoespaciales, como mapas, coordenadas, zonas agrícolas, etc.
- **Streamlit:** Biblioteca de Python que permite crear aplicaciones web interactivas de manera sencilla, ideal para visualizar análisis científicos en la web.
- **Temperatura superficial:** Temperatura en la superficie de un objeto (como el suelo o una planta), medida mediante sensores térmicos.

### 3. Aplicaciones prácticas

ThermiCAL ha sido diseñada con un enfoque técnico y práctico para facilitar el análisis de imágenes térmicas de superficies agrícolas capturadas mediante drones en diversos entornos. Su utilidad se extiende a múltiples campos, destacando principalmente en la **agricultura de precisión**, donde permite evaluar el estrés hídrico de los cultivos, determinar la eficiencia del riego y apoyar en la toma de decisiones agronómicas mediante información térmica precisa. También se aplica en el ámbito de la **investigación ambiental**, ya que facilita estudios sobre temperatura superficial en zonas agrícolas, forestales y ecosistemas vulnerables. Asimismo, constituye una herramienta de valor para el **análisis técnico** en proyectos de modelamiento climático, hidrológico o energético, donde la corrección radiométrica de las imágenes térmicas es crucial para asegurar resultados confiables y comparables.

### 4. Requisitos

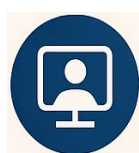
Para utilizar correctamente esta aplicación, el usuario debe contar con ciertos requerimientos mínimos. Es indispensable el uso de un **navegador web actualizado** como Google Chrome, Microsoft Edge o Mozilla Firefox, que permita ejecutar correctamente aplicaciones desarrolladas en Streamlit. Además, se debe disponer de una **imagen térmica georreferenciada en formato .tif o .tiff**, generada por drones equipados con cámaras térmicas (específicamente DJI Zenmuse H20T). La imagen no debe superar los 200 MB de peso. Por último, se requiere una **conexión estable a internet**, ya que el procesamiento se realiza en la nube mediante la plataforma Streamlit Cloud.

### 5. Flujograma de procesos

El proceso de uso de ThermiCAL se estructura en seis etapas consecutivas, diseñadas para guiar al usuario desde el acceso inicial hasta la obtención de la imagen térmica calibrada. A continuación, se describe el flujograma operativo representado en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Flujograma del modo de uso de la aplicación ThermiCAL



### Paso 1: Acceso a la aplicación

El usuario debe acceder a la aplicación a través del enlace web: [ThermiCAL · Streamlit](#) [Figura 2].



**Figura 2.** Acceso a la aplicación ThermiCAL





## Paso 2: Selección de zona geográfica y hora de monitoreo

Una vez en la interfaz, se visualizarán diferentes campos a partir de los cuales se debe seleccionar la ubicación geográfica y la hora aproximada en la que fue capturada la imagen térmica. Se habilitan menús desplegables para elegir región (Lambayeque o Lima), provincia, distrito, zona específica y la hora de monitoreo (entre las 9:00 a. m. y 3:00 p. m.) [Figura 3].

**Selección de zona y hora de monitoreo**

**Selección de zona**

Seleccionar Región: Lambayeque

Seleccionar Provincia: Ferreñafe

Seleccionar Zona: Capote

Zona seleccionada: Capote

**Selección hora del monitoreo**

Hora del monitoreo (9:00 AM a 3:00 PM): 09:00:00

Hora seleccionada: 09:00:00

Figura 3. Selección de zona y hora de monitoreo.

En función de estas selecciones, la aplicación carga automáticamente los coeficientes de calibración térmica ajustados para las condiciones agroclimáticas locales, previamente validados en campo.



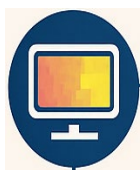
## Paso 3: Subir la imagen térmica sin calibrar en formato TIF

El usuario debe cargar una imagen térmica sin calibrar en formato **GeoTIFF**. El sistema valida que el archivo contenga metadatos y datos térmicos compatibles. El tamaño máximo permitido es de 200 MB [Figura 4].





Figura 4. Subir imagen térmica.



#### Paso 4: Visualización de la imagen original

Una vez cargada, se muestra la imagen térmica original con una paleta de colores representando temperaturas en un rango estimado de 0 °C a 70 °C. Para mejorar la visualización, se aplica un **recorte estadístico por percentiles** (generalmente entre los percentiles 2 y 98), eliminando valores extremos que distorsionan el contraste térmico. Esto permite resaltar mejor las diferencias de temperatura relevantes en el área de estudio [Figura 5].

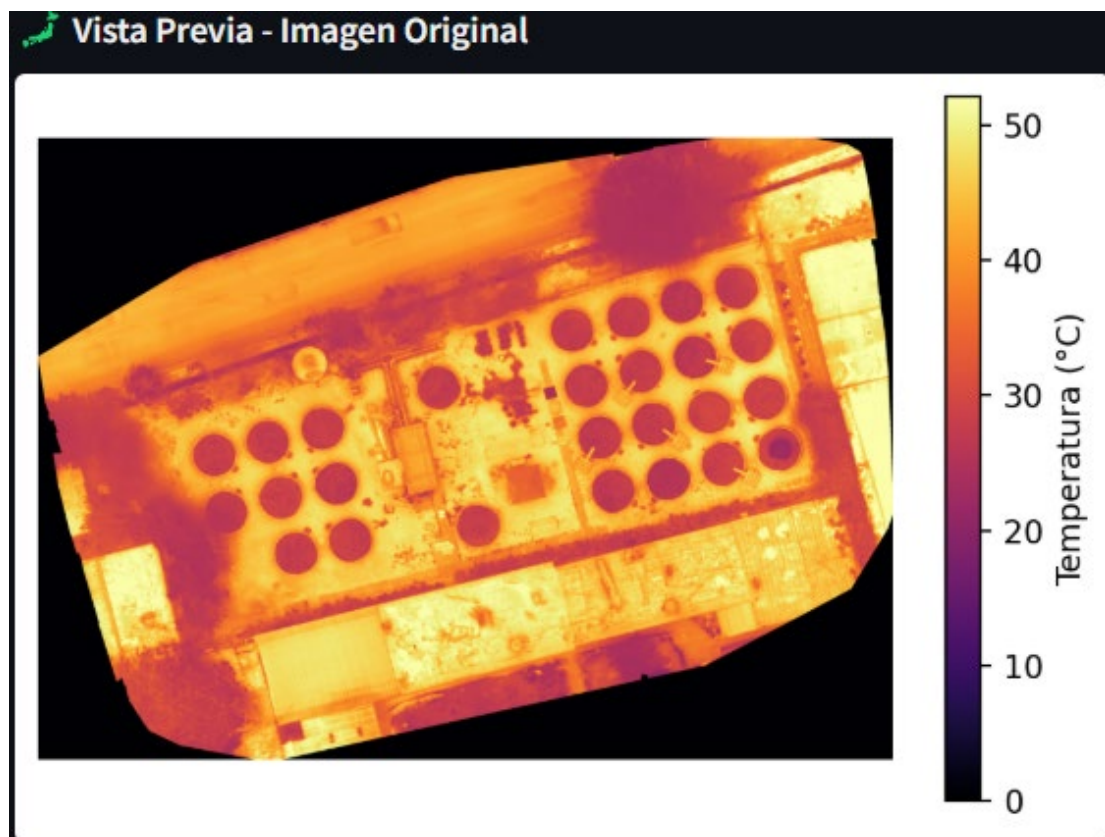


Figura 5. Visualización de la imagen original.



### Paso 5: Calibración automática

La aplicación ejecuta automáticamente la corrección radiométrica mediante la fórmula:

$$T_{calibrada} = A \times T_{original} + B$$

Donde A y B son los coeficientes obtenidos experimentalmente según zona y hora. La imagen resultante muestra una representación térmica precisa, alineada con mediciones reales de campo [Figura 6].

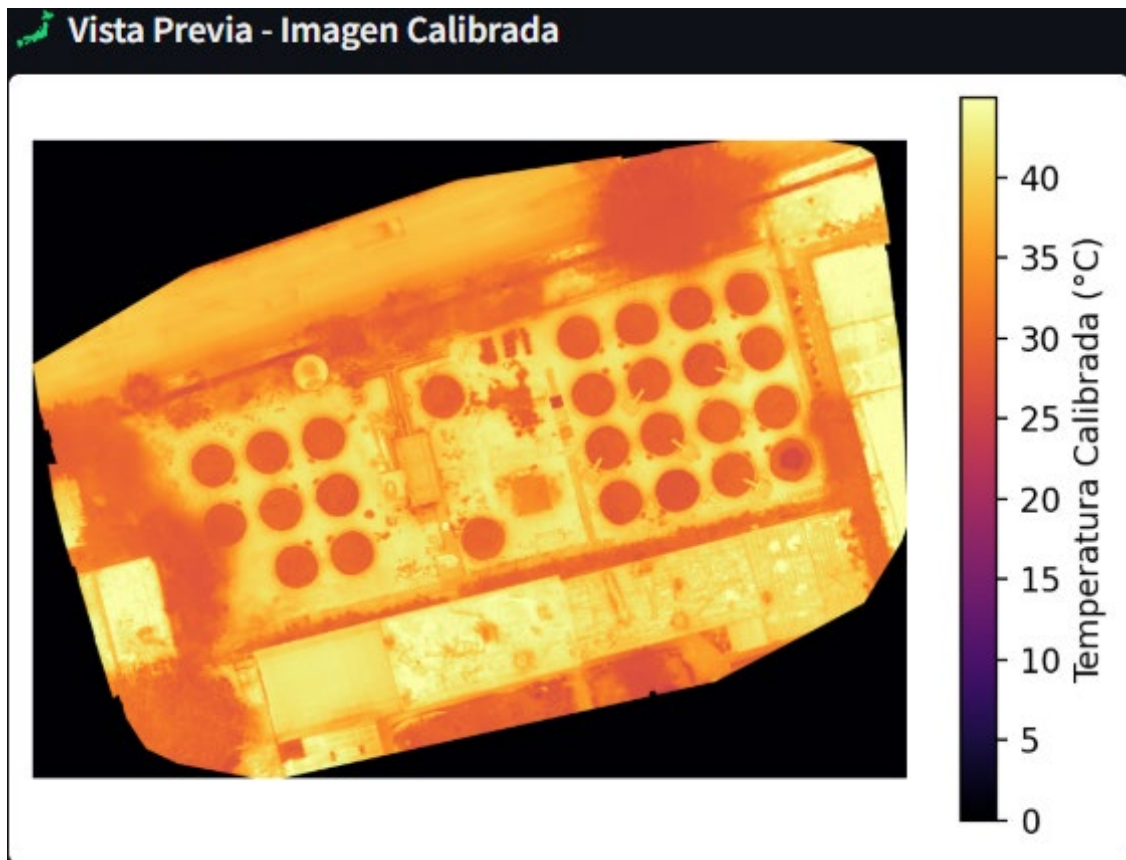


Figura 6. Imagen calibrada.



### Paso 6: Descarga del resultado

Finalmente, el usuario puede descargar el resultado en formato GeoTIFF. El nombre del archivo generado sigue la estructura {zona}\_{hora}\_calibrada.tif para facilitar su identificación posterior [Figura 7].

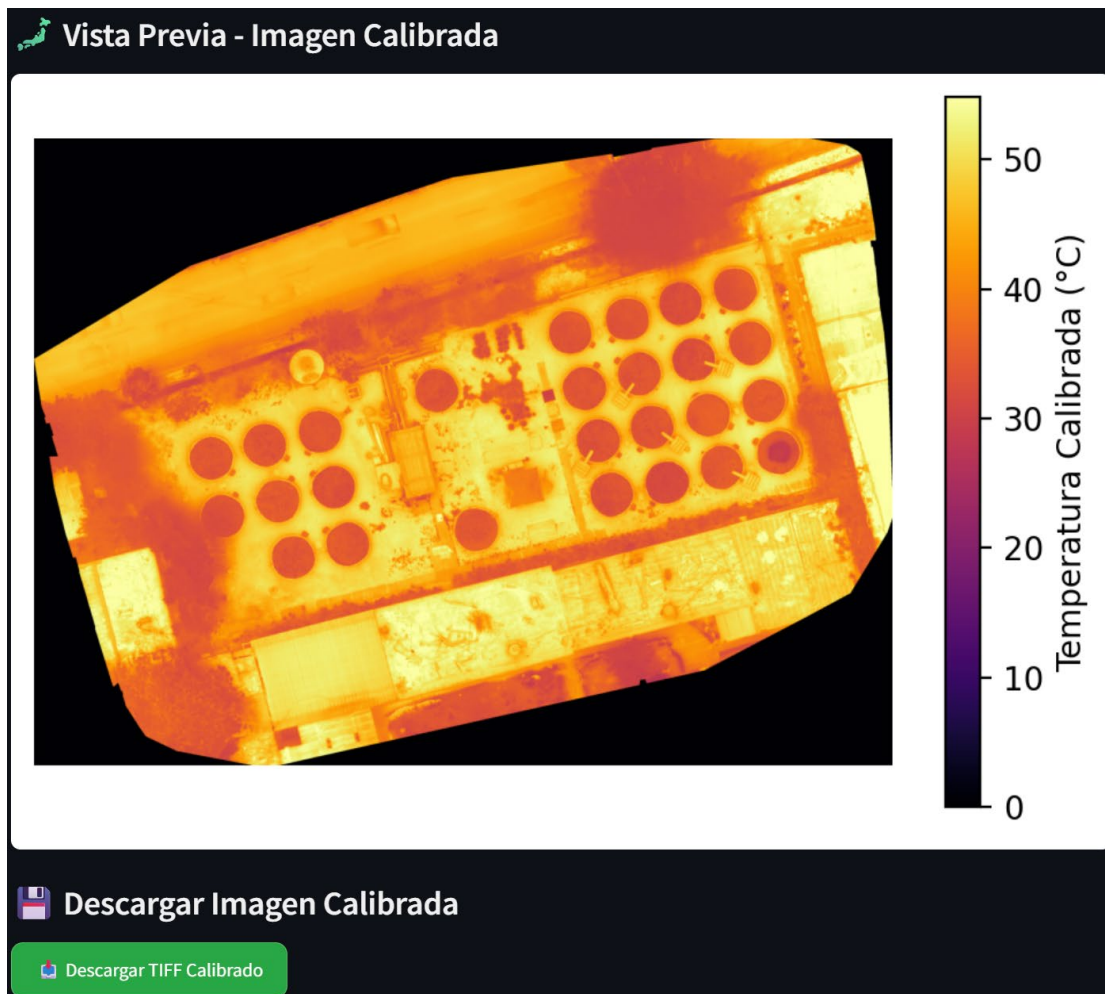




Figura 7. Descarga de imagen calibrada.


## 6. Soporte y contacto

Para consultas técnicas, soporte o sugerencias sobre el aplicativo ThermiCAL, comuníquese con el Área Experimental de Riego de la Facultad de Ingeniería Agrícola (FIA) – UNALM a través de:

 **Teléfono:** +51 970 000 080

 **Correo electrónico:** [liarf@lamolina.edu.pe](mailto:liarf@lamolina.edu.pe)

También puede comunicarse directamente al número de soporte técnico del proyecto:

 **+51 999 201 164** (horario de atención: lunes a viernes de 9:00 a.m. a 5:00 p.m.)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
**LA MOLINA**