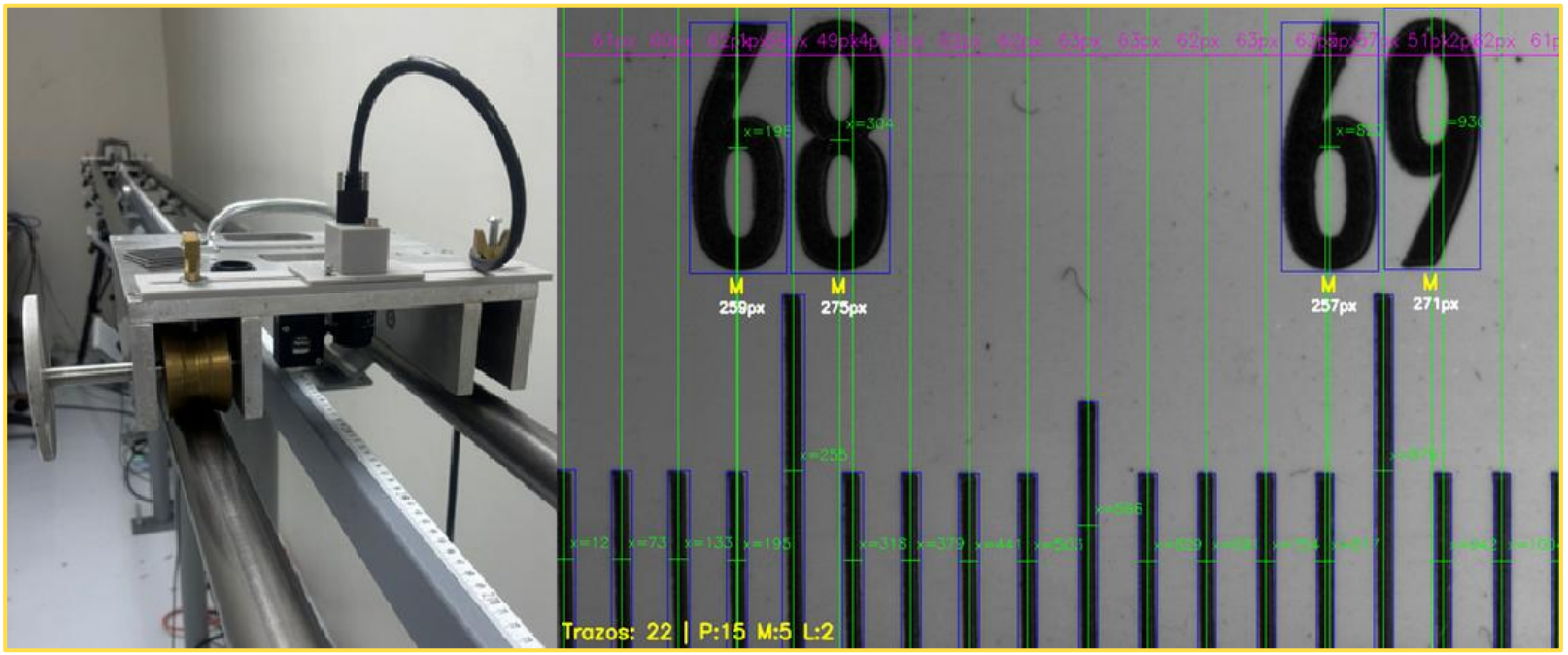
MANUAL DE USUARIO

PROGRAMA TRAZO EXACTO

Versión 1.0 – 2026



SISTEMA DE VISUALIZACIÓN EXACTA EN LA MEDICIÓN DE TRAZOS EN CINTAS MÉTRICAS

CENAMEP AIP
Centro Nacional de Metrología de Panamá AIP

SENACYT
Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

CENAMEP AIP – 2026

Citar este manual como:

González Elia, Quezada Katherine, Manual de usuario: Programa Trazo Exacto, Ciudad de Panamá, 43 páginas, 2026.

Autores, revisión y edición:

Srta. Elia González, Pasante del CENAMEP AIP

Lic. Katherine Quezada, Metróloga III

Revisión técnica:

Dr. Jaime Estrella, Coordinador de I+D+i

Diseño:

Srta. Elia González

Lic. Katherine Quezada

Fotografías:

Srta. Elia González

Lic. Katherine Quezada

Licencia:

Este manual está bajo una Licencia de Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

Manual de usuario: sistema de visualización exacta en la medición de trazos en cintas métricas / Elia González y Katherine Quezada – Panamá: Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP), 2026.

43 páginas
Incluye fotos, tablas y referencias bibliográficas.

Centro Nacional de Metrología de Panamá

ISBN: 978-9962-8557-2-9

AGRADECIMIENTO

El presente manual fue elaborado gracias al respaldo institucional recibido durante el desarrollo del proyecto. Se agradece al director Javier Arias, al subdirector Saúl García, al Dr. Jaime Estrella y a todo el personal de CENAMEP AIP, por su acompañamiento, orientación y disposición. De igual forma, a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), al Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP) y a la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) por su orientación académica.

Este trabajo se enmarca en el Programa de Pasantías Metrológicas en el CENAMEP AIP, ciclo 2025–2026, reglamentada mediante la Resolución Administrativa N.° 001-2016 de 3 de octubre de 2016. Dicho programa cuenta con el cofinanciamiento de la SENACYT, a través del Contrato de Subsidio Económico DDCCT N.° 144-2024 suscrito entre la SENACYT y el CENAMEP AIP, cuyo apoyo fue fundamental para la ejecución del proyecto.

Esta obra describe un programa para computadora desarrollado por Elia González, estudiante de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), bajo la supervisión de Katherine Quezada, metróloga del CENAMEP AIP.

PREFACIO

En los laboratorios de metrología, la correcta identificación y medición del centro de un trazo en los instrumentos de medición analógicos es un aspecto fundamental para garantizar la exactitud de los resultados. En el laboratorio de longitud por interferometría del CENAMEP AIP, este proceso se realizaba tradicionalmente con la vista, lo cual implicaba una mayor susceptibilidad a variaciones asociadas a la apreciación visual y al error humano. Ante esta necesidad, se desarrolló el programa para la visualización exacta del centro del trazo con el objetivo de automatizar la detección y el cálculo de dichos trazos, empleando técnicas de procesamiento digital de imágenes. El programa permite identificar cada trazo y calcular su centro geométrico, reduciendo la intervención humana y mejorando la consistencia del proceso de medición.

El desarrollo de este sistema de visualización exacta surge como respuesta a la necesidad de optimizar los procedimientos metrológicos, aumentar la eficiencia operativa del laboratorio, reducir los tiempos de calibración y mantener la calidad de las mediciones. Este manual tiene como finalidad guiar al usuario en el uso correcto del sistema**,** describiendo sus funciones, parámetros y consideraciones operativas, con el fin de asegurar su adecuada implementación dentro de los procesos de calibración.

El manual está estructurado de forma progresiva, iniciando con una introducción y recomendaciones previas, seguidas de los requisitos del sistema y una descripción general del programa Trazo Exacto junto a su interfaz gráfica. Posteriormente, se presenta el flujo general de operación y los parámetros de procesamiento, así como las limitaciones y la evolución de la interfaz. Finalmente, el manual incluye una sección de solución de problemas comunes y la validación del programa mediante pruebas prácticas, proporcionando una visión completa del funcionamiento y desempeño del sistema.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 7
2. RECOMENDACIONES PREVIAS AL USO DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN EXACTA 8
3. REQUISITOS DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN EXACTA 9
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA TRAZO EXACTO 10
5. ELEMENTOS DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN EL PROGRAMA TRAZO EXACTO 12
6. FLUJO GENERAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN 14
7. MANUAL DE USO PASO A PASO 16
8. PARÁMETROS GENERALES DE PROCESAMIENTO 20
9. LIMITACIONES DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN 33
10. EVOLUCIÓN DE LA INTERFAZ DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN 34
11. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMUNES 36
12. VALIDACIÓN DEL PROGRAMA MEDIANTE PRUEBAS PRÁCTICAS 37
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42
14. SITIOS WEB 42

1. INTRODUCCIÓN

Este manual en su versión 1.0 del año 2026, describe el funcionamiento, configuración y uso del software desarrollado para la detección automática del trazo y la localización del centro geométrico de cada uno, en instrumentos de medición de longitud. Este manual utiliza como ejemplo las cintas métricas y está orientado para su uso en el Laboratorio Secundario de Interferometría del CENAMEP AIP [1], así como en otros laboratorios del país que incursionen en este campo. El sistema utiliza imágenes adquiridas en tiempo real mediante una cámara industrial de la marca *FLIR* y aplica técnicas de procesamiento digital de imágenes para identificar las marcas presentes en el instrumento.

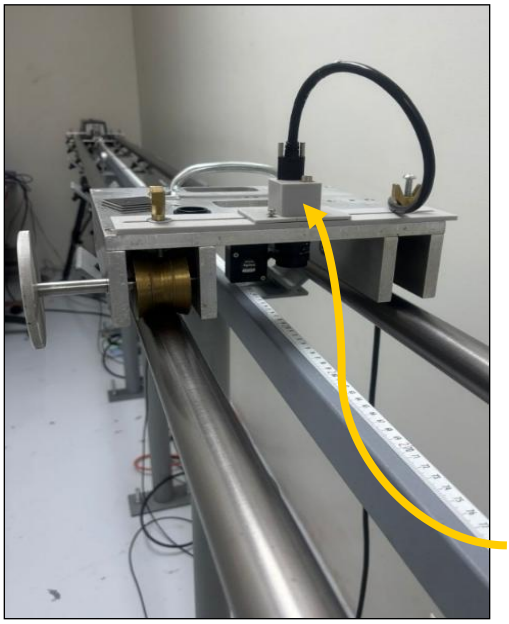
El programa fue diseñado como una herramienta auxiliar a procesos de análisis visual y metrológico, permitiendo al usuario observar, clasificar y medir los trazos de forma asistida, reduciendo la intervención humana y mejorando la repetibilidad de los resultados. La interfaz gráfica proporciona controles intuitivos para ajustar la región de análisis, los parámetros de detección y la visualización de resultados, adaptándose a diferentes condiciones de iluminación, orientación y resolución.

Este manual está dirigido a metrólogos e investigadores, y tiene como objetivo guiar al usuario desde la ejecución del programa Trazo Exacto hasta la correcta interpretación de los resultados mostrados en pantalla.

La implementación de este sistema aporta beneficios significativos a los procesos de calibración, tales como la reducción del tiempo de calibración, la disminución de la dependencia en el criterio visual del metrólogo, y la mejora en la exactitud de las mediciones. Asimismo, contribuye a la automatización de los procedimientos metrológicos en los laboratorios que lo adopten [2].

2. RECOMENDACIONES PREVIAS AL USO DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN EXACTA

Es importante que el usuario verifique lo siguiente:



1. Verifique que la cámara *FLIR* esté conectada correctamente y encendida. En la Figura 1 se observa cómo debe estar montado el sistema.

2. Asegúrese de tener instalado el programa Trazo Exacto.

3. Ejecute el programa.

Figura 1. *La cámara posicionada correctamente sobre el carrito deslizante.*

Al abrirse el programa Trazo Exacto, aparecerá en la ventana principal del programa (Figura 2):

⇒ Visor de video.
⇒ Panel lateral con los controles.
⇒ Barra de herramientas.

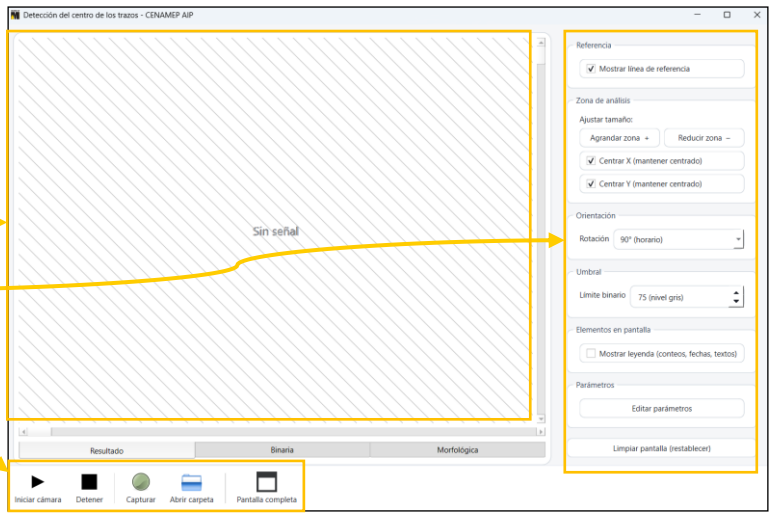


Figura 2. *Ventana principal del programa Trazo Exacto, antes de iniciarse.*

3. REQUISITOS DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN EXACTA

Para la correcta instalación y ejecución del software, el equipo del usuario debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

Requisitos de hardware

- ⇒ Computadora con arquitectura x64.
- ⇒ Cámara digital tipo CCD compatible con el sistema.
- ⇒ Puerto USB para la conexión de la cámara.
- ⇒ Iluminación estable para la adquisición de imágenes.
- ⇒ Espacio de 130 000 KB en el disco duro para el almacenamiento de las capturas de imagen del sistema de visualización.

Requisitos de software

- ⇒ Sistema operativo Windows 10 o superior.
- ⇒ Kit de desarrollo de software (SDK, por sus siglas en inglés) Spinnaker de la cámara *FLIR* debidamente instalado.
- ⇒ Aplicación SpinView instalada (recomendado).

Requisitos de instalación

- ⇒ Descargar archivo ejecutable del programa (.exe) desde el medio de almacenamiento proporcionado (actualmente disponible en una memoria USB).
- ⇒ Permiso de administrador para ejecutar aplicaciones externas.

Nota técnica: el software se distribuye desde un dispositivo USB como un archivo ejecutable independiente. No es necesario que el usuario tenga instalado Python ni librerías adicionales, ya que todos los componentes requeridos para la ejecución del programa se encuentran integrados en el archivo (.exe).

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA TRAZO EXACTO

Este programa opera capturando imágenes en tiempo real desde una cámara CCD (dispositivo de carga acoplada) y procesándolas para detectar los trazos presentes dentro de una región de interés definida por el usuario. A partir de estas detecciones, el sistema calcula el centro geométrico de cada trazo. Posteriormente, muestra el centro de cada trazo y se resaltan, mediante colores, los bordes cada uno de los trazos detectados. Esto puede observarse en la Figura 3.

La interfaz gráfica permite visualizar distintas etapas del procesamiento (imagen original, binaria y morfológica), así como modificar parámetros que influyen directamente en la calidad de la detección. Esto se observa en las Figuras 4 y 5.

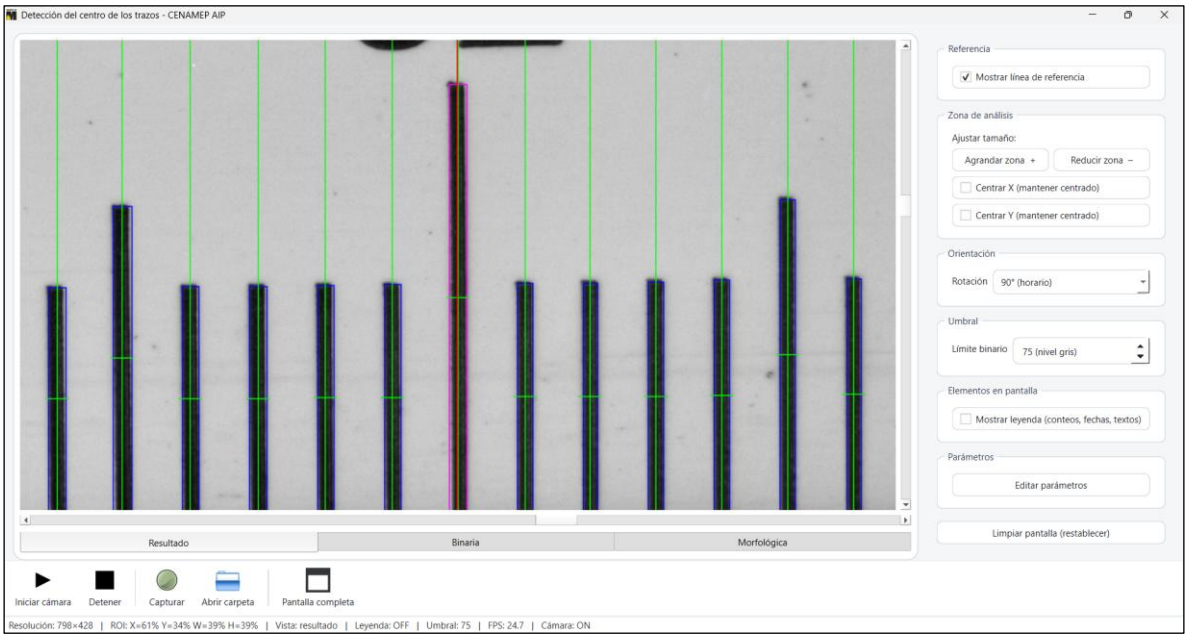


Figura 3. *Programa en funcionamiento.*

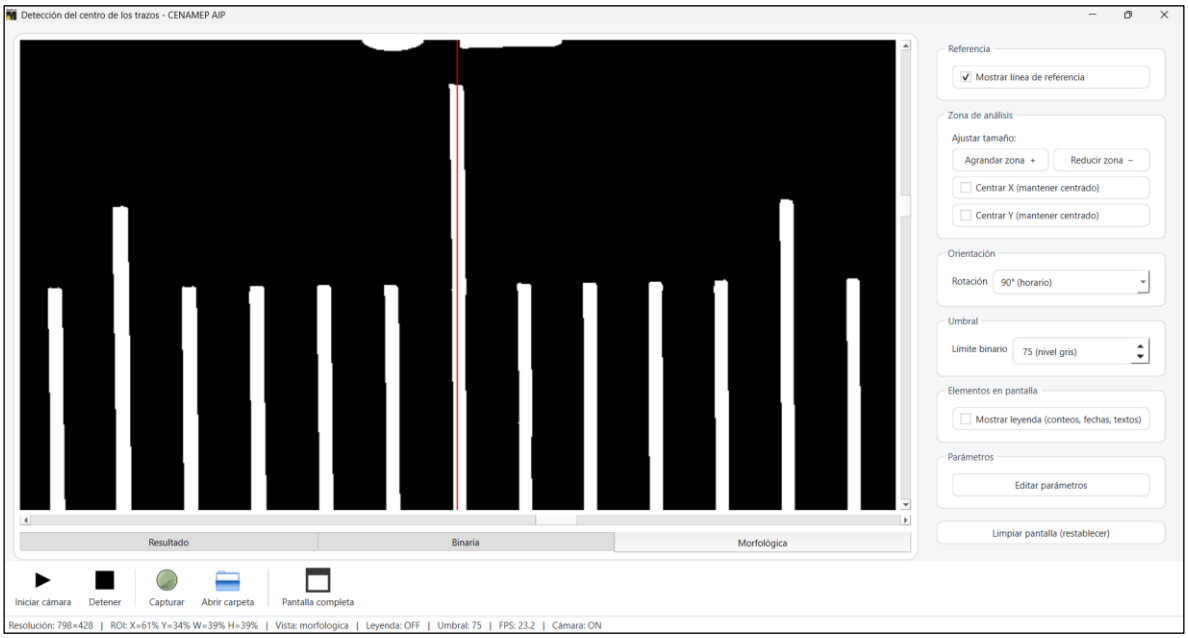


Figura 4. *Imagen binaria.*

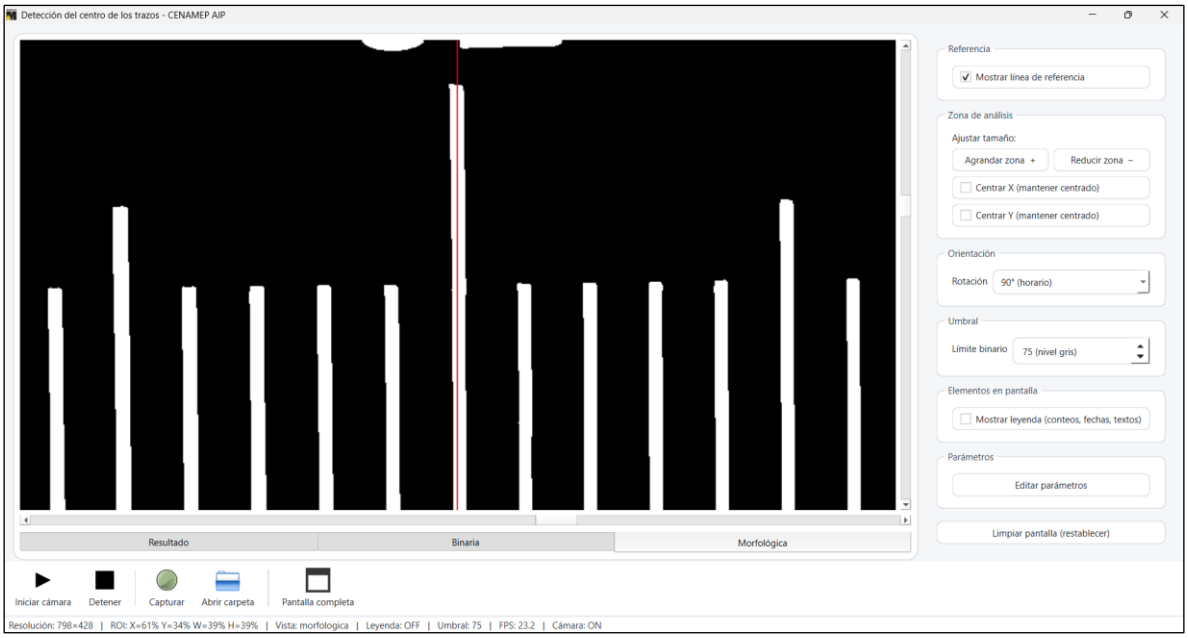


Figura 5. *Imagen morfológica.*

5. ELEMENTOS DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN EL PROGRAMA TRAZO EXACTO

Visor de video

Se trata de la pantalla en la que se puede visualizar la cinta métrica bajo calibración y las detecciones de sus trazos. Debajo de esta pantalla se tiene una barra de pestañas (ver Figura 6) que muestra:

⇒ Resultado: imagen con trazos detectados, centros, cruces y textos.
⇒ Binaria: imagen umbralizada (blanco/negro).
⇒ Morfológica: imagen después del filtro morfológico.

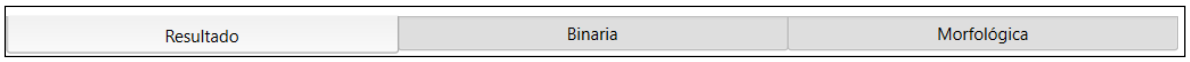


Figura 6. *Barra de pestañas visibles en el visor de la interfaz.*

Panel lateral derecho

Este panel corresponde al presentado anteriormente en las Figuras 2 a 5, donde se pueden observar, por secciones, las distintas herramientas disponibles en el programa.

⇒ **Referencia**

"Mostrar línea de referencia": línea roja vertical en el centro del visor.

⇒ **Zona de análisis**

- *"Agrandar zona +"* y *"Reducir zona –"*: aumentan o reducen el tamaño de la zona de análisis o región de interés (ROI, por sus siglas en inglés).
- *"Centrar X (mantener centrado)"*: mantiene la zona centrada horizontalmente.
- *"Centrar Y (mantener centrado)"*: mantiene la zona centrada verticalmente.
- Barras de desplazamiento (a la derecha y abajo del visor) para mover la zona cuando el centrado está desactivado.

⇒ **Orientación**

"Rotación": permite girar la imagen (0°, 90°, 180° y 270°) para corregir la orientación cuando la cinta métrica se visualiza de lado en la cámara.

⇒ **Umbral**

"Límite binario": controla qué tan oscuro debe ser un trazo para detectarse.

⇒ **Elementos en pantalla**

"Mostrar leyenda (conteos, fechas, textos)": activa los textos de conteos, alturas y distancias en la imagen.

⇒ **Parámetros**

Botón *"Editar parámetros"* abre una ventana con parámetros avanzados del procesamiento.

Nota técnica: esta sección se explica detalladamente más adelante en este manual, ver página 20.

⇒ **Limpiar pantalla (restablecer)**

Botón para restablecer los valores editados a los valores por defecto (ver Figura 7).



Figura 7. *Botón para restablecer a valores por defecto.*

Barra inferior

Barra de herramientas y acceso a sus funciones mediante atajos de teclado (ver Figura 8).

⇒ Iniciar cámara: Ctrl+R
⇒ Detener: Ctrl+E
⇒ Capturar: barra espaciadora
⇒ Abrir carpeta: Ctrl+S
⇒ Pantalla completa: F11



Figura 8. *Barra inferior de herramientas para visualización.*

6. FLUJO GENERAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

El programa opera siguiendo un flujo lógico y secuencial que permite al usuario configurar el sistema de manera progresiva desde la inicialización de la cámara hasta el cierre del programa. Este flujo general de operación se resume en los siguientes ocho pasos:

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
Iniciar la cámara El usuario inicia la visualización de la cámara pulsando el botón “Iniciar cámara” o utilizando el atajo Ctrl+R. Si la inicialización es correcta, la imagen de la cámara se muestra en tiempo real en el visor de video.	**Ajustar la orientación de la imagen** Una vez visible la imagen, el usuario ajusta su orientación seleccionando el ángulo de rotación adecuado en “Orientación”, asegurando que la cinta métrica quede correctamente alineada dentro del visor de video.	**Definir la zona de análisis** El usuario configura la región de interés donde el sistema realizará la detección de trazos. Mediante los controles de tamaño, centrado y desplazamiento, se ajusta la posición y dimensiones del área de interés para concentrar el procesamiento únicamente en la región relevante de la imagen.	**Ajustar el umbral de detección** El usuario modifica el valor del límite binario para separar los trazos del fondo. Este ajuste permite optimizar la detección y puede verificarse visualmente mediante las pestañas de visualización binaria, morfológica y de resultado final.

Paso 5	Paso 6	Paso 7	Paso 8
Mostrar u ocultar la leyenda El usuario puede activar o desactivar la leyenda de información en pantalla. Al activarla, se muestran las clasificaciones de los trazos, sus dimensiones, las distancias entre centros y los conteos correspondientes.	**Ajustar parámetros avanzados** Si es necesario mejorar la visualización o la detección de los centros, el usuario accede a la ventana de parámetros avanzados, donde puede modificar opciones como filtros, tamaños mínimos de marca, tolerancias, unidades de medida y escala de conversión.	**Captura y guardado de imágenes** Una vez obtenidos los resultados deseados, el usuario puede capturar la imagen mostrada en el visor y se guarda automáticamente en formato PNG con fecha y hora, dentro de la carpeta de capturas del programa.	**Detener la cámara y cerrar el programa** Finalmente, el usuario detiene la visualización de la cámara y cierra el programa de forma normal, finalizando correctamente la operación del sistema.

7. MANUAL DE USO PASO A PASO

Paso 1: iniciar la cámara

1. Con la cámara conectada, pulse el botón “Iniciar cámara” en la barra de herramientas inferior o use el atajo Ctrl+R.
2. Si la cámara se inicializa correctamente, empezará a verse la imagen en el visor.

Nota técnica: en caso de error o de que la cámara esté desconectada, aparecerá el mensaje: “No se detectaron cámaras FLIR”. En la Figura 9 se puede observar el mensaje debajo del botón “Iniciar cámara”.

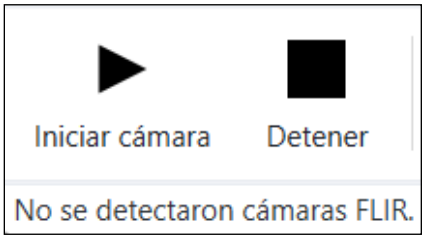


Figura 9. *Mensaje que se imprime en caso de error o desconexión de la cámara.*

Paso 2: ajustar la orientación de la imagen

En el panel lateral, en el grupo “Orientación”, abra la lista “Rotación”. Seleccione:

⇒ *0° (sin rotar)* si la cinta métrica ya se ve correctamente.
⇒ *90° (horario)*, *180°* o *270° (antihorario)* hasta que la cinta métrica quede horizontal respecto al visor.

Paso 3: definir la zona de análisis

La “zona de análisis” es la parte de la imagen donde el programa busca trazos.

En la sección “Zona de análisis”:

⇒ Use “Agrandar zona +” para cubrir un área más grande de la cinta métrica.
⇒ Use “Reducir zona –” para concentrarse en una parte más pequeña de la cinta métrica.

Si las casillas “Centrar X” y “Centrar Y” están activadas, la zona de interés se mantiene centrada.

En caso de que desactive alguna de ellas puede mover la zona con las barras de desplazamiento:

⇒ Barra vertical (a la derecha del visor): desplaza la zona hacia arriba/abajo.
⇒ Barra horizontal (debajo del visor): desplaza la zona hacia izquierda/derecha.

Nota técnica: observe en la barra de estado, ubicada en la parte inferior, los porcentajes de X, Y, ancho y alto de la región de interés.

Paso 4: ajustar el umbral de detección

En el grupo “Umbral”, modifique el valor de “Límite binario”:

⇒ Valores más bajos = se detectan más zonas oscuras.
⇒ Valores más altos = se detectan solo las zonas más oscuras.

Para revisar cómo afecta lo anterior:

⇒ Cambie a la pestaña “Binaria” para ver la imagen en blanco y negro.
⇒ Cambie a “Morfológica” para ver el resultado después de la limpieza.
⇒ Regrese a “Resultado” para ver las detecciones finales (rectángulos, cruces y textos).

Paso 5: mostrar u ocultar la leyenda

En “Elementos en pantalla”, marque o desmarque “Mostrar leyenda (conteos, fechas, textos)”:

⇒ Desactivado: solo se ven rectángulos y cruces de los centros.
⇒ Activado: se muestran:
    - Letras P/M/L según el tamaño de cada trazo (P = trazo pequeño, M = trazo mediano y L = trazo largo).
    - Altura de cada trazo, en px o mm.
    - Flechas y textos con las distancias entre centros.
    - Conteo total de trazos y cuántos son P, M y L.

Paso 6: ajustar los parámetros para la visualización

Pulse el botón “Editar parámetros” en la sección “Parámetros”. En la ventana que se abre puede modificar:

- Nivel de suavizado de imagen.
- Tamaño del filtro morfológico.
- Tamaños mínimos de las marcas.
- Tolerancia de alineación.
- Grosor de las líneas y tamaño de la cruz.
- Unidad de medida (px / mm).
- Escala píxeles por milímetro (px/mm), para convertir distancias a mm.

Pulse “Aceptar cambios” para aplicarlos, o bien “Cancelar” para salir sin guardar.

El botón “Restablecer” vuelve a los valores originales de fábrica.

Paso 7: captura y guardado de imágenes

En caso de que requiera guardar la imagen que muestra el visor, pulse el botón “Capturar” en la barra inferior o presione la tecla Espacio.

⇒ El programa guardará una imagen en formato .png con fecha y hora en la carpeta capturas. Esta carpeta se creará automáticamente en la misma ruta donde está el archivo del programa.
⇒ Puede ver la ubicación exacta del último archivo capturado en la barra de estado.
⇒ Para abrir la carpeta de capturas, use el botón “Abrir carpeta” en la barra inferior o el atajo Ctrl+S.

Nota técnica: en caso de que no se muestre nada en el visor de la interfaz, saldrá el mensaje: “No hay imagen para capturar” (ver Figura 10).

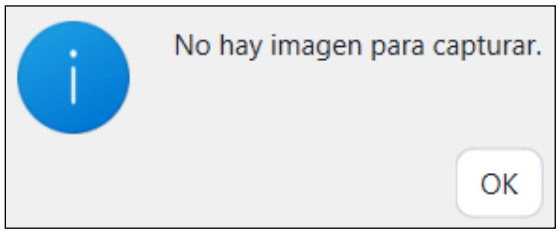


Figura 10. *Mensaje que indica que no hay una imagen en la pantalla.*

Paso 8: detener la cámara y cerrar el programa

Para detener la visualización de la cámara, pulse el botón “Detener” o use el atajo Ctrl+E. En caso de salir del programa, cierre la ventana normalmente.

Nota técnica: el programa detiene la cámara automáticamente antes de cerrarse**.**

Cada uno de los pasos aquí descritos puede observarse en la Figura 11. En dicha figura, las secciones mencionadas se encuentran resaltadas en color amarillo, con el fin de facilitar la identificación del paso a paso y el uso correcto del programa.



Figura 11. *Diagrama con cada uno de los pasos para el correcto uso del programa.*

8. PARÁMETROS GENERALES DE PROCESAMIENTO

A continuación, se presentan de forma detallada los parámetros disponibles en el programa Trazo Exacto que permiten un análisis adecuado de la imagen obtenida de la cinta métrica.

Además, se muestran cada una de las secciones tal como aparece en el programa. En cada sección, se presenta la funcionalidad, valor por defecto, el rango, entre otros. Esto se realiza con el fin de que el usuario conozca la información importante sobre cada ítem o botón disponible.

Referencia

⇒ **Mostrar línea de referencia**

Descripción: casilla de verificación que activa o desactiva la línea roja vertical dibujada en el centro del visor (ver Figura 3 y 12).
Función: permite comparar la alineación de cada trazo con el centro óptico.
Valor por defecto: activado (ON).
Rango: ON / OFF.

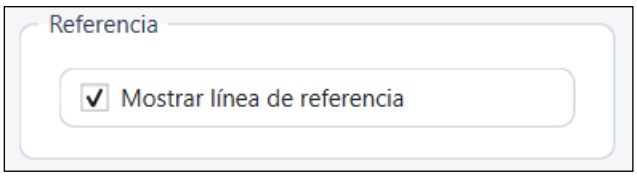


Figura 12. *Botón de mostrar la línea de referencia.*

Zona de análisis

⇒ **Ajustar tamaño**

Descripción: ajusta el tamaño de la región de interés (ver Figura 13).
Función: permite modificar el área de la imagen que es procesada por el sistema.
Valor por defecto: 100% de la imagen inicial.

Agrandar zona (+): la región de interés aumenta; se observarán más trazos visibles y mayor ruido en la zona.
Reducir zona (–): la región de interés se reduce; habrá menos trazos visibles y un análisis más preciso alrededor del centro.
Rango: entre 10% y 100% del tamaño original.

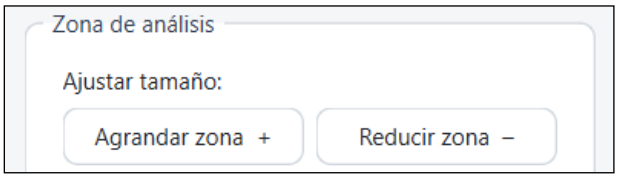


Figura 13. *Botón de Zona de análisis.*

⇒ **Centrar X (mantener centrado)**

Descripción: fija horizontalmente la región de interés en el centro del eje x (ver Figura 14).
Función: evita que el usuario desplace accidentalmente la imagen mostrada en el visor.
Valor por defecto: ON.
Rango:

ON: bloquea movimiento horizontal.
OFF: habilita la barra de desplazamiento inferior.

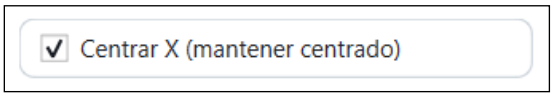


Figura 14. *Botón de centrar en el eje X.*

⇒ **Centrar Y (mantener centrado)**

Descripción: fija verticalmente la región de interés en el centro del eje y (ver Figura 15).
Función: evita que el usuario desplace accidentalmente la imagen mostrada en el visor.
Valor por defecto: ON.
Rango:

ON: bloquea movimiento vertical.
OFF: habilita la barra de desplazamiento lateral.

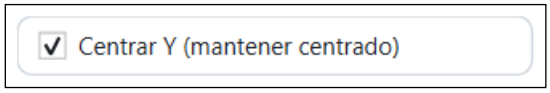


Figura 15. *Botón de centrar en el eje Y.*

Orientación

⇒ **Rotación**

Descripción: rota la imagen antes del procesamiento (ver Figura 16).
Función: corrige la orientación de la imagen cuando la cámara está montada en distintas posiciones.
Valor por defecto: 90°.
Rango:

0° → imagen tal como es capturada por la cámara.
90° (horario) → gira la imagen en sentido horario.
180° → imagen invertida.
270° (antihorario) → gira la imagen en sentido antihorario.

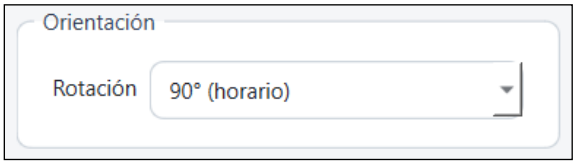


Figura 16. *Botón de rotación de la imagen.*

Umbral

⇒ **Límite binario**

Descripción: valor del umbral utilizado para la binarización (*cv2.threshold*, invertido) (ver Figura 17).
Función: determina el nivel de oscuridad necesario para que un elemento sea considerado un "trazo".
Valor por defecto: 75.
Rango: 0 – 255. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor (75 → 150): criterio más estricto; se reduce el ruido, pero pueden perderse trazos.
Disminuir el valor: se detectan más trazos, pero aumenta el ruido y la presencia de manchas.



Figura 17. *Botón de umbral.*

Elementos en pantalla

⇒ **Mostrar leyenda (conteos, fechas, textos)**

Descripción: muestra el texto de clasificación, distancias, flechas y conteos (ver Figura 18).
Función: permite la inspección visual de los resultados y la visualización de la clasificación de alturas P/M/L.
Valor por defecto: OFF.
Rango: ON / OFF.

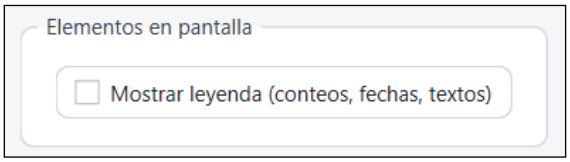


Figura 18. *Botón de mostrar leyenda.*

Parámetros

⇒ **Editar parámetros**

Descripción: abre la ventana de parámetros avanzados (ver Figura 19).

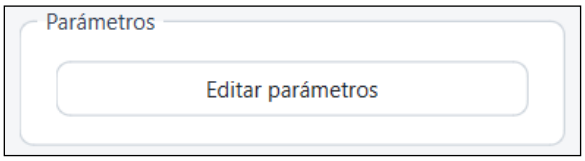


Figura 19. *Botón de editar parámetros.*

Al abrir la ventana de parámetros, se despliegan las distintas opciones disponibles del programa, las cuales se detallan a continuación:

- **Nivel de suavizado de imagen**

Descripción: tamaño del *kernel* del filtro gaussiano (ver Figura 20).
Función: permite reducir el ruido fino antes de la binarización.
Valor por defecto: 3 px.
Rango: 3, 5, 7, 9 (solo impares). A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: la imagen se vuelve más lisa, se reduce el ruido, pero pueden borrarse trazos delgados.
Disminuir el valor: la imagen se vuelve más nítida, pero aumenta el ruido.

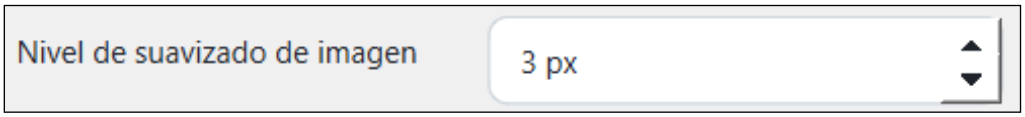


Figura 20. *Botón de Nivel de suavizado de imagen.*

- **Intensidad de suavizado**

Descripción: valor de *sigmaX* del filtro gaussiano (ver Figura 21).
Función: permite un control fino del nivel de desenfoque.
Valor por defecto: 0.00.
Rango: 0.00 – 3.00. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: mayor difuminado; pueden perderse detalles.
Disminuir el valor: menor suavizado; el ruido se vuelve más visible.

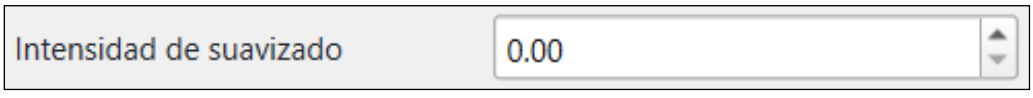


Figura 21. *Botón de intensidad de suavizado.*

- **Filtro de limpieza (ancho/alto)**

Descripción: tamaño del *kernel* del filtro morfológico CLOSE (ver Figura 22).
Función: permite unir manchas, cerrar huecos y compactar trazos.
Valor por defecto: ancho 5 px; alto 30 px.
Rango: ancho 3 – 15 px y alto 15 – 60 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: une más zonas; pueden fusionarse trazos cercanos.
Disminuir el valor: menor limpieza; pueden quedar trazos partidos.



Figura 22. *Botón de filtro de limpieza.*

- **Tamaño mínimo de marca (alto)**

Descripción: altura mínima de un trazo para ser aceptado (ver Figura 23).
Función: filtra las detecciones, aceptando únicamente trazos cuya altura supere un valor mínimo.
Valor por defecto: 30 px.
Rango: 20 – 400 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: se reducen los falsos positivos, pero pueden perderse trazos bajos.
Disminuir el valor: se detectan trazos pequeños, pero aumenta el ruido.

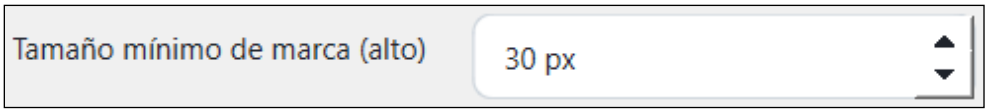


Figura 23. *Botón de tamaño mínimo de marca (alto).*

- **Tamaño mínimo de marca (ancho)**

Descripción: anchura mínima de un trazo (ver Figura 24).
Función: filtra las detecciones, aceptando únicamente trazos con anchura suficiente.
Valor por defecto: 5 px.
Rango: 3 – 20 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: se filtran defectos y líneas finas.
Disminuir el valor: se aceptan marcas delgadas, pero también aumenta el ruido.

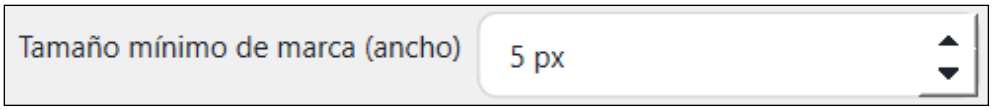


Figura 24. *Botón de tamaño mínimo de marca (ancho).*

- **Límite para marcas pequeñas**

Descripción: umbral de altura utilizado para diferenciar los tamaños pequeño (P) y mediano (M) (ver Figura 25).
Función: establece el valor de altura utilizado para clasificar un trazo como P o M en función de su tamaño vertical.
Valor por defecto: 250 px.
Rango: 140 – 250 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: más trazos serán clasificados como P.
Disminuir el valor: más trazos serán clasificados como M.



Figura 25. *Botón de límite para marcas pequeñas.*

- **Límite para marcas medianas**

Descripción: umbral de altura que separa los tamaños: mediano (M) y largo (L) (ver Figura 26).
Función: establece el umbral de altura utilizado para clasificar un trazo como M o L en función de su tamaño vertical.
Valor por defecto: 300 px.
Rango: 210 – 310 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: más trazos serán clasificados como M y menos como L.
Disminuir el valor: más trazos serán clasificados como L.



Figura 26. *Botón de límite de marcas medianas.*

- **Margen de alineación**

Descripción: tolerancia utilizada para decidir si un trazo está alineado con la línea de referencia (ver Figura 27).
Función: determina la tolerancia máxima permitida para considerar un trazo como alineado con la línea de referencia.
Valor por defecto: 1 px.
Rango: 0 – 10 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: alineación más permisiva.
Disminuir el valor: requiere mayor precisión (menos tolerancia).



Figura 27. *Botón de margen de alineación.*

- **Grosor de líneas dibujadas**

Descripción: grosor de rectángulos, cruces y líneas verdes y azules (ver Figura 28).
Función: controla el espesor de los elementos gráficos superpuestos en la imagen, como rectángulos, líneas, cruces y la línea de referencia.
Valor por defecto: 1 px.
Rango: 1 – 3 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: las líneas se vuelven más visibles.
Disminuir el valor: los elementos gráficos se vuelven más finos y discretos.

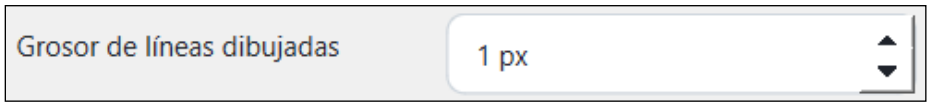


Figura 28. *Botón de grosor de líneas dibujadas.*

- **Tamaño de la cruz de centro**

Descripción: longitud de los brazos de la cruz verde (ver Figura 29).
Función: ajusta la longitud de la cruz utilizada para representar visualmente el centro geométrico de cada trazo.
Valor por defecto: 10 px.
Rango: 6 – 20 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: la cruz se vuelve más grande y visible.
Disminuir el valor: la cruz se vuelve más pequeña y menos invasiva.

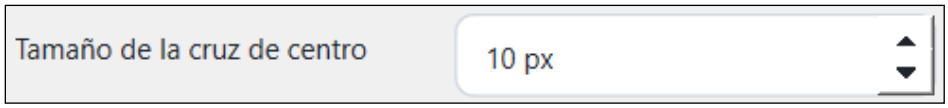


Figura 29. *Botón de filtro de limpieza.*

- **Altura del texto en pantalla**

Descripción: posición vertical de los textos de distancia (ver Figura 30).
Función: define la posición vertical de los textos superpuestos en pantalla.
Valor por defecto: 40 px.
Rango: 20 – 500 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: los textos se desplazan hacia abajo.
Disminuir el valor: los textos se desplazan hacia arriba.

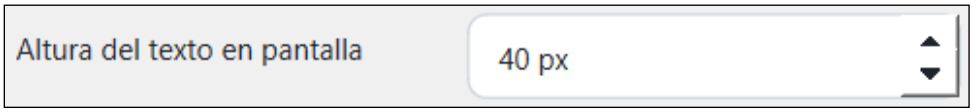


Figura 30. *Botón de altura del texto en pantalla.*

- **Tamaño de flechas de distancia**

Descripción: grosor de las flechas magenta (ver Figura 31).
Función: ajusta el tamaño de las flechas que indican las distancias entre los centros de los trazos.
Valor por defecto: 0.020.
Rango: 0.010 – 0.200. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: flechas con puntas más grandes.
Disminuir el valor: flechas con puntas más pequeñas.



Figura 31. *Botón de tamaño de flechas de distancia.*

- **Tamaño de letra en pantalla**

Descripción: escala del texto de *OpenCV* (ver Figura 32).
Función: ajusta el tamaño del texto mostrado sobre la imagen para mejorar su legibilidad.
Valor por defecto: 0.6.
Rango: 0.40 – 1.20. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: los textos se vuelven más grandes y legibles.
Disminuir el valor: los textos se vuelven más pequeños.



Figura 32. *Botón de tamaño de letra en pantalla.*

- **Ancho de la ventana de análisis**

Descripción: ancho del recorte interno utilizado para el procesamiento (ver Figura 33).
Función: define el ancho de la región de interés empleada para el procesamiento y análisis de la imagen.
Valor por defecto: 800 px.
Rango: 400 – 1600 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: se analiza una zona horizontal más amplia.
Disminuir el valor: se obtiene una zona más estrecha y enfocada.



Figura 33. *Botón de ancho de la ventana de análisis.*

- **Alto de la ventana de análisis**

Descripción: alto del recorte interno utilizado para el procesamiento (ver Figura 34).
Función: define la altura de la región de interés empleada para el procesamiento y análisis de la imagen.
Valor por defecto: 350 px.
Rango: 200 – 600 px. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: se analiza una zona vertical más amplia.
Disminuir el valor: se obtiene una zona más reducida y centrada.



Figura 34. *Botón de alto de la ventana de análisis.*

- **Tiempo de espera de la cámara**

Descripción: tiempo de espera *(timeout)* para la lectura de imagen en *PySpin* (ver Figura 35).
Función: especifica el tiempo máximo que el sistema espera para recibir una imagen desde la cámara.
Valor por defecto: 1000 ms.
Rango: 100 – 2000 ms. A continuación, se indica información relevante sobre el uso de este parámetro:

Aumentar el valor: mayor tolerancia cuando la cámara presenta tiempos de espera más lentos.
Disminuir el valor: mayor rapidez de respuesta, pero con riesgo de *timeout*.



Figura 35. *Botón de tiempo de espera de la cámara.*

- **Unidad de medida (px/mm)**

Descripción: selección de la unidad de medida utilizada para mostrar las distancias (Figura 36).
Función: permite seleccionar la unidad en la que se muestran las distancias y medidas calculadas por el sistema.
Valor por defecto: px.
Rango: px / mm.

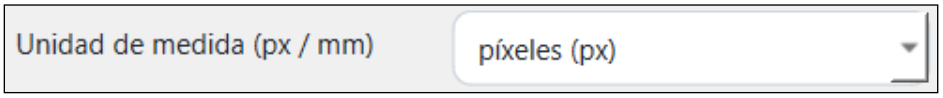


Figura 36. *Botón de unidad de medida.*

- **Escala píxeles por milímetro**

Descripción: factor de conversión *px_per_mm* para convertir distancias de píxeles a milímetros (ver Figura 37).
Función: permite convertir las distancias medidas en píxeles a unidades físicas de milímetros mediante un factor de escala.
Valor por defecto: 100.000000 px/mm.
Ajuste: modificar el valor según la relación de px/mm de la cámara.



Figura 37. *Botón de escala para ajustar valor de px/mm.*

9. LIMITACIONES DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

El desempeño del software puede verse afectado por ciertas condiciones externas y limitaciones inherentes al proceso de análisis de imágenes. Entre las principales limitaciones se encuentran:

Iluminación inadecuada

Iluminación deficiente o excesiva que reduzca el contraste entre los trazos y el fondo.

Reflejos en la superficie

Reflejos o brillos sobre la superficie del instrumento de medición.

Trazos deteriorados

Trazos muy desgastados, borrosos o parcialmente dañados.

Elementos externos en la zona de análisis

Presencia de suciedad, texto o marcas sobre la superficie de la cinta métrica.

Vibraciones de la cámara

Vibraciones generadas por el sistema de medición durante la visualización.

10. EVOLUCIÓN DE LA INTERFAZ DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

El programa de visualización ha experimentado una evolución progresiva desde versiones iniciales de análisis básico hasta la versión 1.0 año 2026 con interfaz gráfica avanzada.

Desarrollo del sistema

⇒ Etapas iniciales

El sistema se enfocaba en la detección de trazos en imágenes estáticas y con parámetros fijos.

⇒ Mejoras intermedias

Posteriormente, se incorporó la capacidad de procesamiento de video en tiempo real, así como controles para definir la región de interés.

⇒ Versión actual – 1.0 (2026)

La interfaz fue mejorada para incluir pestañas de visualización e integrar herramientas de ajuste avanzado, controles por teclado, opciones de captura y una presentación visual más clara, mejorando la usabilidad en entornos de laboratorio. Esto se puede observar en las Figuras 38, 39 y 40.

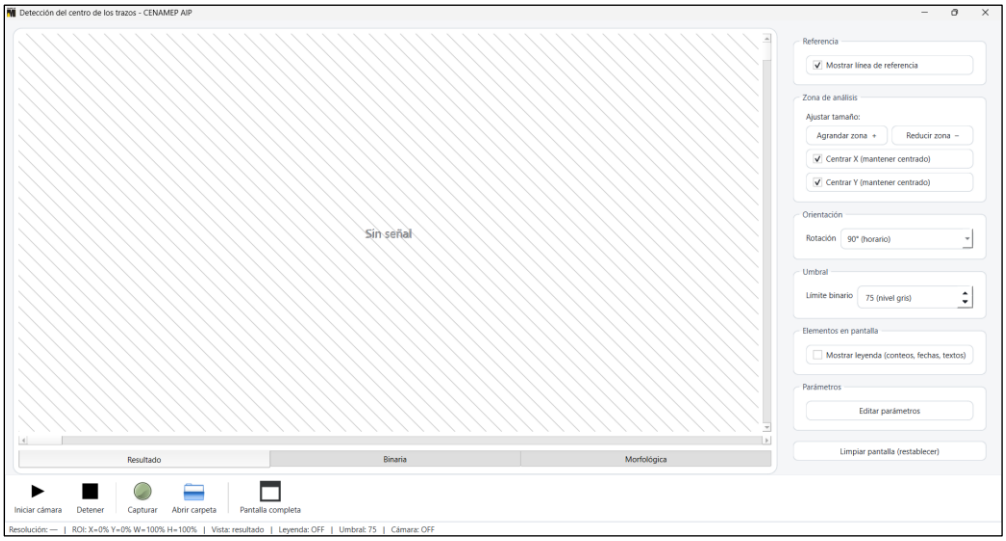


Figura 38. *Interfaz del programa con la cámara apagada.*

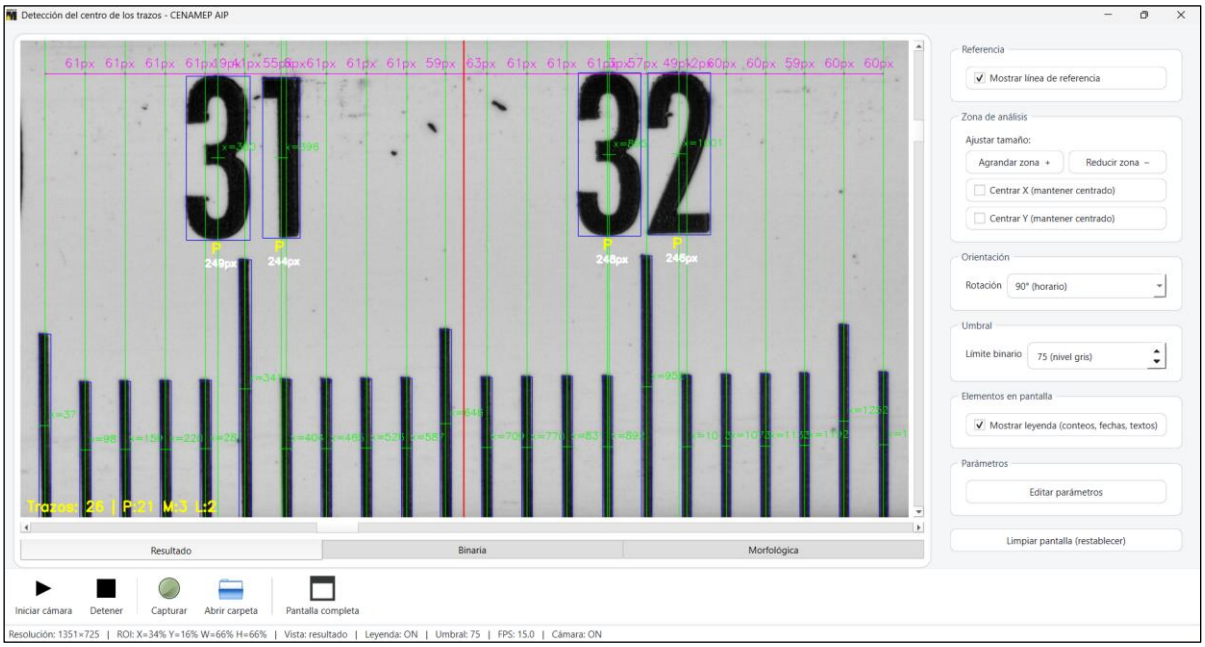


Figura 39. *Interfaz del programa con la cámara encendida y la leyenda.*

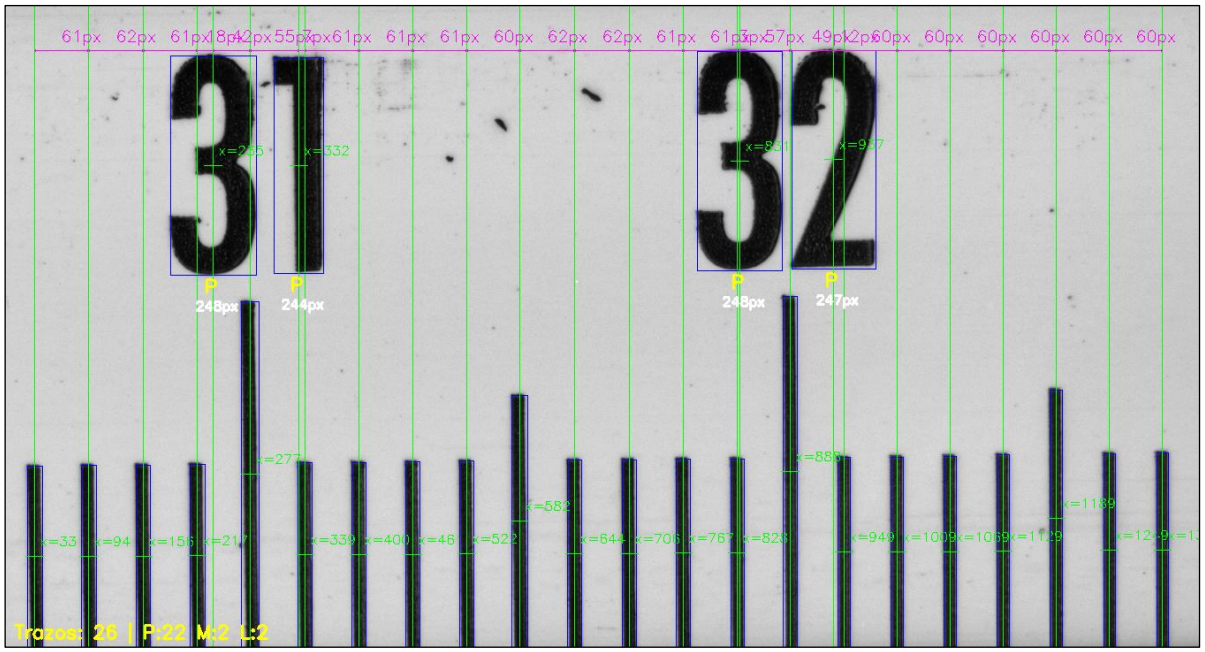


Figura 40. *Imagen generada al realizar la captura.*

11. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMUNES

A continuación, se presentan algunos problemas que pueden ocurrir cuando se usa el sistema de visualización exacta y sus posibles soluciones:

El programa no detecta la cámara:

- ⇒ Verificar que la cámara esté conectada y encendida.
- ⇒ Verificar que el *SDK Spinnaker* esté instalado correctamente en la computadora.
- ⇒ Probar previamente la cámara con la aplicación *SpinView*, disponible en el sitio web oficial de la marca *FLIR*.

No se detectan trazos en la imagen:

- ⇒ Ajustar el valor del umbral.
- ⇒ Verificar la iluminación del laboratorio.
- ⇒ Revisar el valor mínimo de tamaño de los trazos en los parámetros de configuración.

Se detecta demasiado ruido en la imagen:

- ⇒ Aumentar el valor del umbral.
- ⇒ Incrementar el nivel de suavizado o del filtro.
- ⇒ Reducir la zona de análisis.

Los centros se muestran desplazados:

- ⇒ Verificar la alineación de la cinta métrica.
- ⇒ Comprobar la orientación de la imagen.

Las distancias en milímetros no son correctas:

- ⇒ Ajustar el valor de píxeles por milímetro.
- ⇒ Verificar que la unidad de medida seleccionada sea mm.

12. VALIDACIÓN DEL PROGRAMA MEDIANTE PRUEBAS PRÁCTICAS

Proceso de calibración

La calibración de cintas métricas se realiza utilizando un interferómetro láser, un equipo que permite medir distancias con muy alta exactitud. Durante el proceso, la cinta se coloca extendida sobre un banco de calibración y se le aplica una tensión controlada para mantenerla en la posición correcta durante la medición.



Figura 41. *El banco de calibración utilizado para las mediciones.*

Luego, un sistema móvil se desplaza a lo largo de la cinta hasta las marcas que se desean verificar (ver Figuras 1 y 41). El interferómetro mide la distancia real entre los puntos de referencia y estos valores se comparan con las marcas indicadas en la cinta para identificar posibles errores de medición [3], [4], [5]. Las mediciones se realizan teniendo en cuenta las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad, para asegurar que los resultados sean confiables.

Pruebas de calibración

Con el fin de evaluar el desempeño del programa desarrollado se realizaron dos pruebas de calibración utilizando el software. En cada prueba se efectuaron tomas de datos independientes, en las cuales se analizaron los errores de medición, el error de enrase, la incertidumbre asociada y la repetibilidad del sistema.

Análisis de resultados

Para el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas experimentales se emplearon fórmulas estadísticas básicas para evaluar la tendencia y la dispersión de las mediciones. Se utilizó el promedio aritmético y la desviación estándar, parámetros básicos en la evaluación de la repetibilidad en sistemas de medición metrológicos.

Promedio aritmético

El promedio aritmético representa el valor central de un conjunto de mediciones y se obtiene sumando todas las lecturas individuales y dividiendo el resultado entre el número total de mediciones, se obtiene de la Ecuación 1.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{1}$$

donde
$\bar{x}$: Promedio aritmético de las mediciones
n: Número total de mediciones
x_i: Valor de cada medición

Desviación estándar

La desviación estándar (s) es una medida estadística que cuantifica la dispersión de las mediciones respecto al promedio. En metrología, este parámetro es utilizado para evaluar la repetibilidad del sistema, ya que indica qué tan cercanas se encuentran las mediciones entre sí bajo condiciones similares y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \dot{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Análisis de la primera prueba

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos durante la primera prueba experimental, donde se evaluaron distintos valores nominales desde 0 mm hasta 10 000 mm. Para cada punto se calcularon el error de medición, el error de enrase y la incertidumbre.

Tabla 1. *Datos obtenidos por la pasante durante la primera prueba.*

Valor nominal (mm)	Error (mm)	Error de enrase (mm)	Incertidumbre (mm)
0.000	0.000	0.0017	0.116
1000	-0.180	0.0806	0.141
2000	-0.003	0.0352	0.150
3000	0.089	0.0420	0.183
4000	0.068	0.0550	0.222
5000	0.214	0.0622	0.262
6000	0.403	0.0496	0.302
7000	0.338	0.0645	0.346
8000	0.530	0.0862	0.392
9000	0.781	0.1396	0.445
10000	0.336	0.5857	0.674

⇒ Análisis de los resultados

A partir de estos resultados se observa que, conforme aumenta el valor nominal, el error de medición y la incertidumbre tienden a incrementarse. Este comportamiento es consistente con lo esperado en sistemas de medición de longitud, donde pequeñas desviaciones pueden reflejarse con mayor magnitud en puntos más alejados del origen.

El error de enrase presenta valores variables a lo largo del rango, lo cual sugiere que esta variación se debe a la influencia de factores asociados a la alineación y posicionamiento durante la medición.

⇒ Evaluación de repetibilidad

La Tabla 2 presenta los resultados de la evaluación de la repetibilidad de la primera prueba, realizada en un punto nominal de 5 000 mm. La desviación estándar obtenida fue de 0.173 mm, lo cual representa la dispersión de las mediciones bajo condiciones similares de operación.

Tabla 2. *Datos de repetibilidad obtenidos durante la primera prueba.*

Evaluación de la repetibilidad		
Punto de evaluación (mm)	**Promedio de lecturas del patrón (mm)**	**Desviación estándar (mm)**
5 000.00	4 999.907 4 999.933 4 999.921 4 999.926 4 999.923 4 999.892 4 999.910 4 999.370 4 999.909 4 999.930	0.173

Análisis de la segunda prueba

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos durante la segunda prueba experimental. Al comparar estos valores con los obtenidos en la primera prueba, se observa una mejora en el error de medición para la mayoría de los puntos evaluados.

Tabla 3. *Datos obtenidos de repetirlo durante la segunda prueba.*

Valor nominal (mm)	**Error (mm)**	**Error de enrase (mm)**	**Incertidumbre (mm)**
0	0.000	0.0009	0.050
1000	-0.197	0.0173	0.069
2000	-0.032	0.0497	0.112
3000	0.057	0.0818	0.161
4000	0.053	0.0758	0.200
5000	0.178	0.2905	0.334

⇒ Análisis de los resultados

En cuanto al error de enrase, se observa una disminución en los primeros dos puntos evaluados (0 mm y 1 000 mm). No obstante, para los valores posteriores se evidencia un aumento de este parámetro. Este comportamiento podría estar asociado a la presencia de errores sistemáticos o características propias del proceso de adquisición de imágenes. En función de los resultados obtenidos, el sistema presenta un comportamiento consistente; no obstante, se considera conveniente realizar pruebas adicionales para profundizar en el análisis.

⇒ Evaluación de repetibilidad

La Tabla 4 presenta los resultados de la evaluación de la repetibilidad durante la segunda prueba, realizada en un punto nominal de 2 500 mm. En este caso, la desviación estándar obtenida fue de 0.074 mm, lo que representa una mejora considerable en la repetibilidad del sistema en comparación con la primera prueba.

Tabla 4. *Datos obtenidos de repetibilidad durante la segunda prueba.*

Evaluación de la repetibilidad		
Punto de evaluación (mm)	**Promedio de lecturas del patrón (mm)**	**Desviación estándar (mm)**
2 500.00	2 500.240 2 500.174 2 500.055 2 500.176 2 500.228 2 500.125 2 500.239 2 500.118 2 500.258 2 500.293	0.074

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Centro Nacional de Metrología de Panamá AIP, "Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP)," Ciudad de Panamá, Panamá. [En línea]. Disponible en: https://cenamep.org.pa/.

[2] C. Galván y H. González, "Sistema interferométrico para la calibración de reglas graduadas mediante un sistema de visión," en *Simposio de Metrología*, Querétaro, México, oct. 2004.

[3] P. J. de Groot, "A review of selected topics in interferometric optical metrology," *Rep. Prog. Phys.*, vol. 82, no. 5, p. 056101, abr. 2019.

[4] J. García-Márquez, N. Alcalá, M. Montoya, C. Pérez, M. Gutiérrez, y J. Moya, "Calibración de un interferómetro Fizeau: cálculo de incertidumbres," *Revista Mexicana de Física*, vol. 51, no. 1, pp. 114–120, feb. 2005.

[5] G. Silva Pineda y L. Ferrer Argote, "Interferometría láser y análisis de incertidumbres aplicados en vibraciones mecánicas," en *VI Congreso Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica*, Colima, México, oct. 2000.

14. SITIOS WEB

1. Aplicación Spinview. https://softwareservices.flir.com/spinnaker/latest/_spin_view_guide.html.
2. Paquete de software (SDK) de la cámara FLIR. https://www.teledynevisionsolutions.com/es-es/products/spinnaker-sdk/?model=Spinnaker%20SDK&vertical=machine%20vision&segment=iis.
3. Python. https://www.python.org/downloads/.

Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP)

Coordinación de Magnitudes Mecánicas

Laboratorio de Longitud por Interferometría



Ciudad del Saber, Edificio 206

Teléfono: (+507) 517-3100

www.cenamep.org.pa

ISBN: 978-9962-8557-2-9