

TRAZADO ASISTIDO POR VISIÓN ARTIFICIAL

Autora: María Goicoechea Elío – Director: Asier Marzo Pérez
Trabajo de fin de grado E.T.S.I.I.T., Universidad Pública de Navarra

Introducción y motivación

- Apasionada por el **dibujo** desde pequeña como forma de expresión y creatividad.
- Interés en la combinación de **arte y tecnología**: cómo las máquinas pueden asistir procesos creativos.
- Inspiración: escena de **“Yo, Robot” (2004)** donde un robot dibuja automáticamente con un bolígrafo.



Objetivos

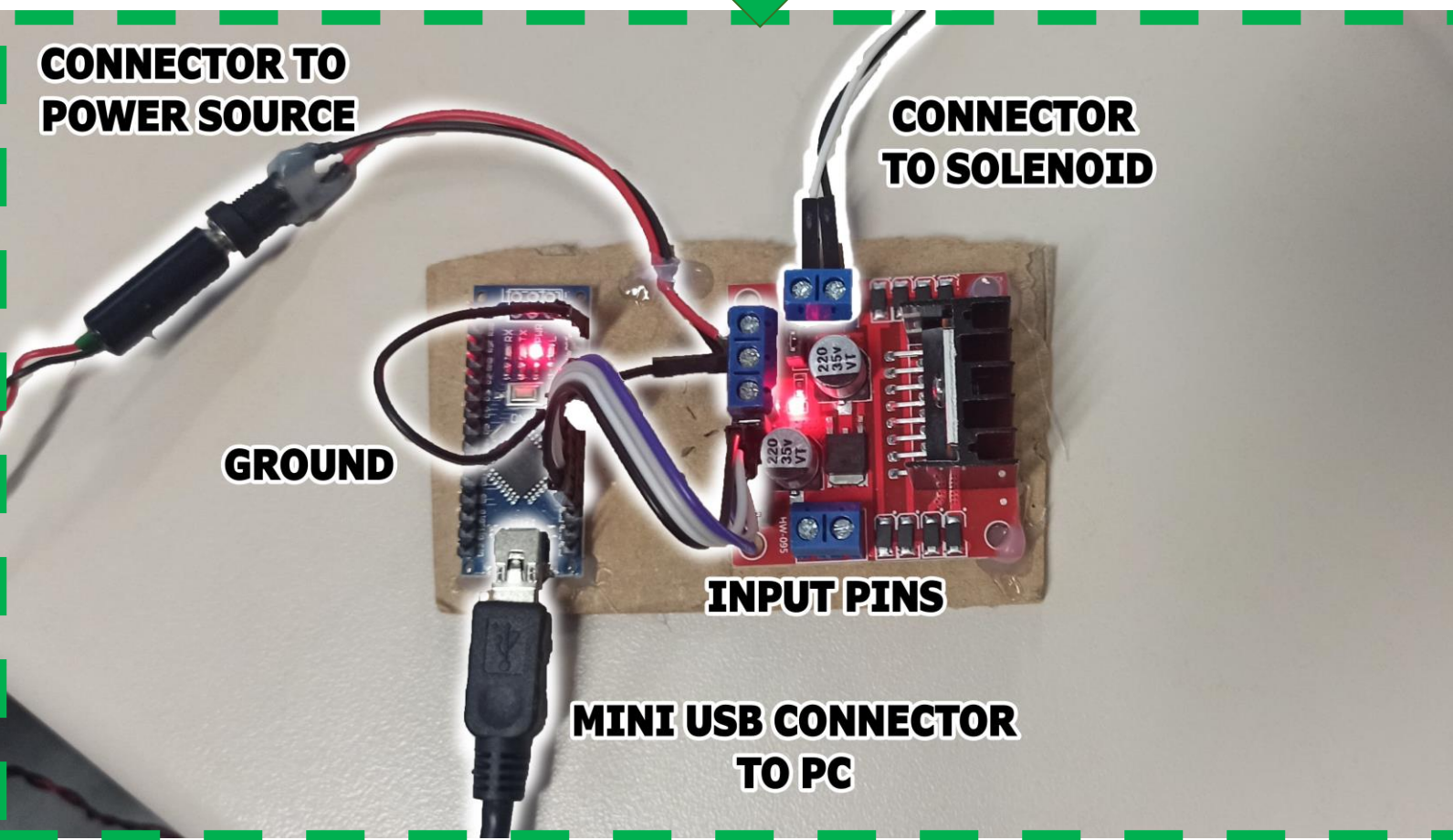
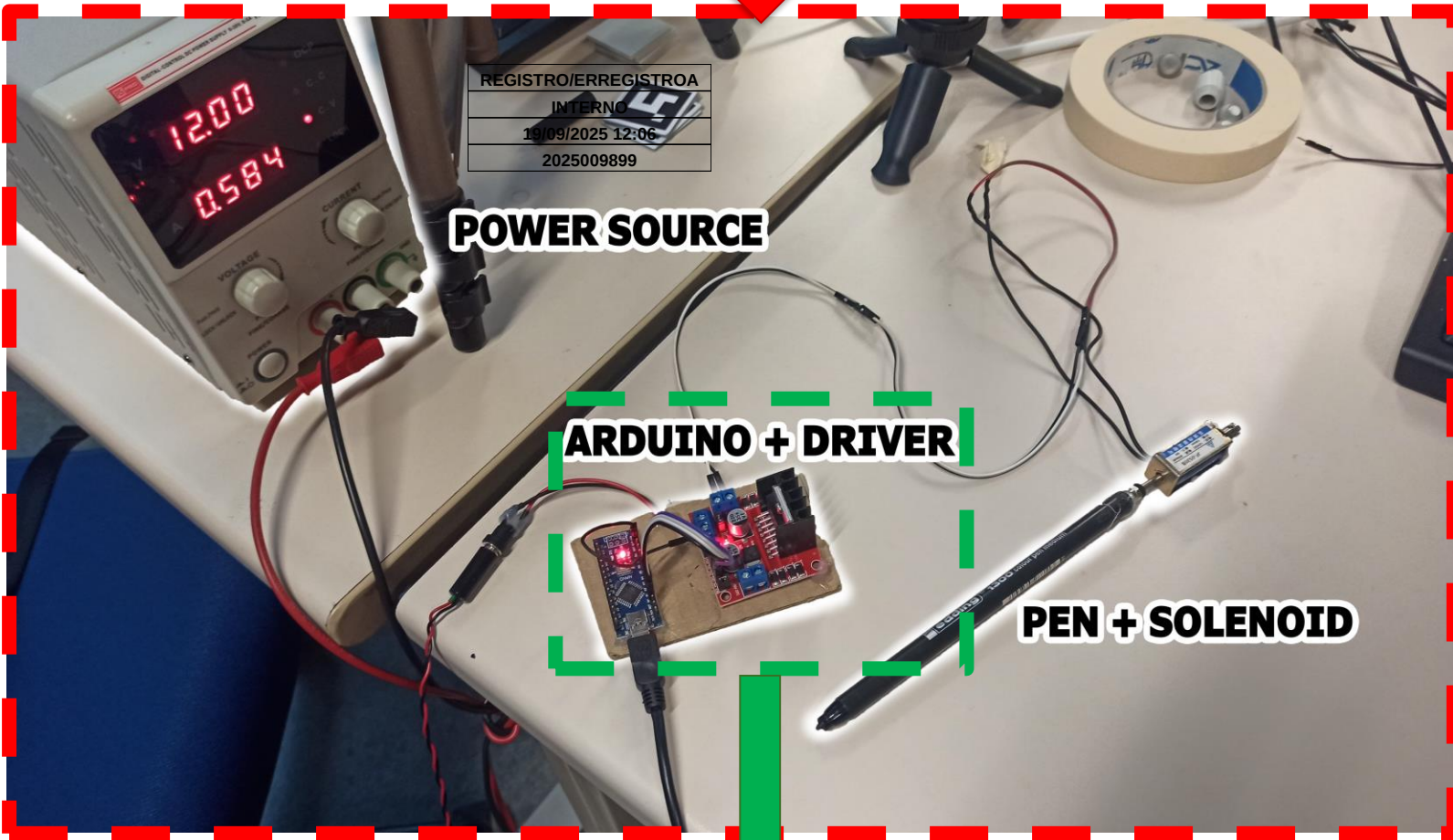
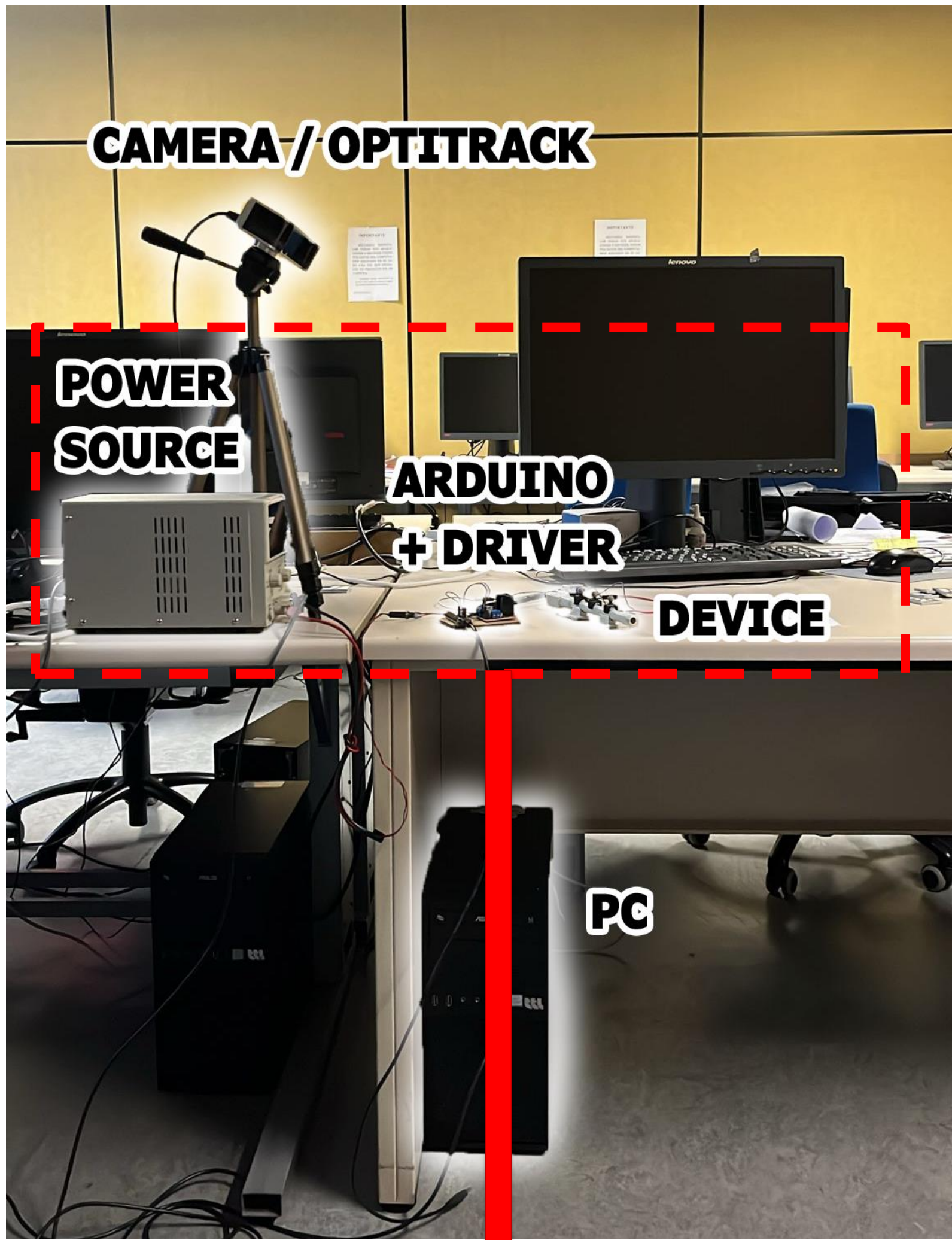
El proyecto busca desarrollar un bolígrafo que:

- Detecte su **posición** respecto al papel para aplicar tinta correctamente.
- Permita al usuario **dibujar libremente**, mientras el sistema **transfiere** con precisión el **diseño digital al papel**.
- Ofrezca una **experiencia creativa** innovadora, donde la tecnología asista sin reemplazar la interacción humana.

Este sistema está pensado para cualquier amante del arte, permitiendo ver diseños digitales cobrar vida **simplemente moviendo la mano sobre el papel**.

Estructura del proyecto

PARTES



PIEZAS IMPRESAS EN 3D

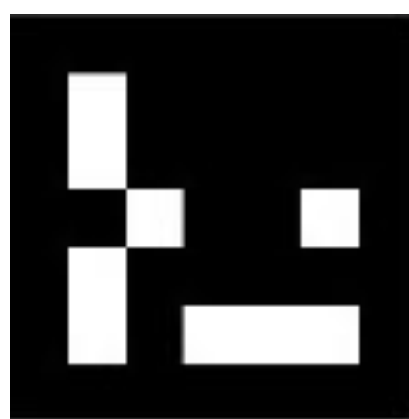


Funcionamiento

- Seguimiento:** ¿Cuál es la posición del lápiz?
- Procesado:** ¿A qué pixel de mi imagen corresponde dicha posición?
- Pixel:** ¿Es un pixel blanco o negro?
- Arduino:** ¿Pinto o no pinto?

DETALLES DEL SEGUIMIENTO

Se hace una comparación entre 2 métodos diferentes en funcionamiento y precio.



ArUcos

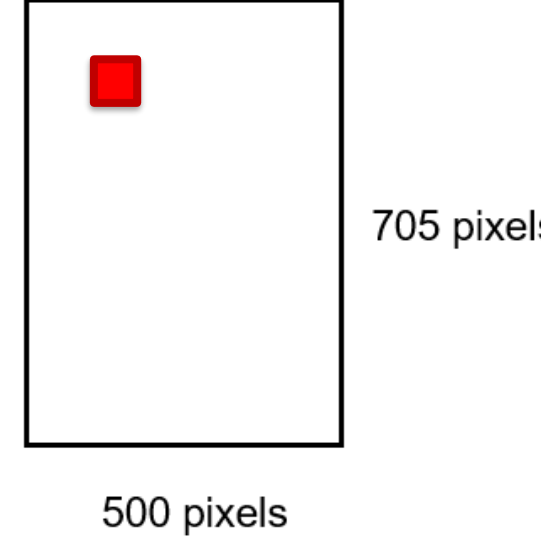
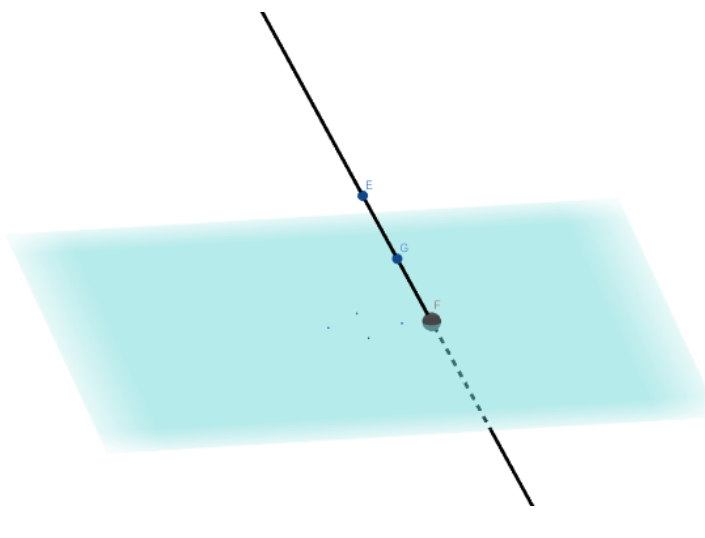
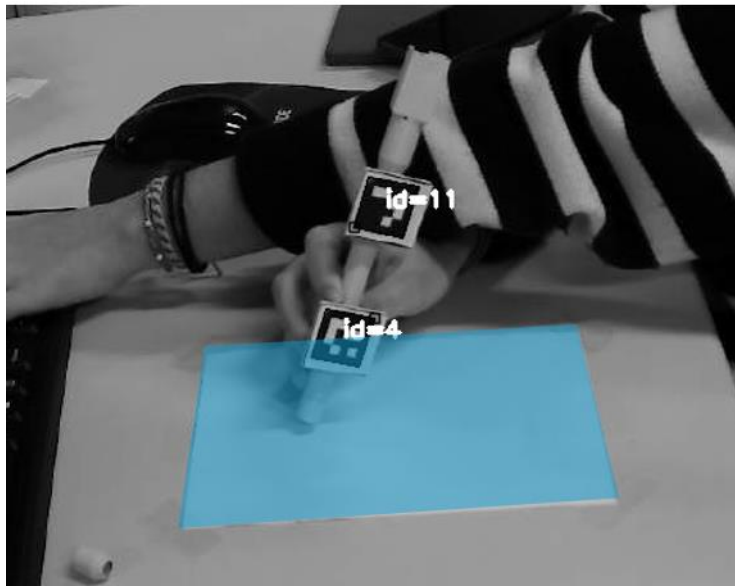
Marcador sintético que facilita la **detección rápida** mediante codificación binaria para su identificación y funciona con una **cámara normal** (~\$7).



OptiTrack

Sistema de captura de movimiento de alta precisión que utiliza **cámaras infrarrojas** y **marcadores reflectantes**. Su precio ronda es de (~\$2999).

DETALLES DEL PROCESADO



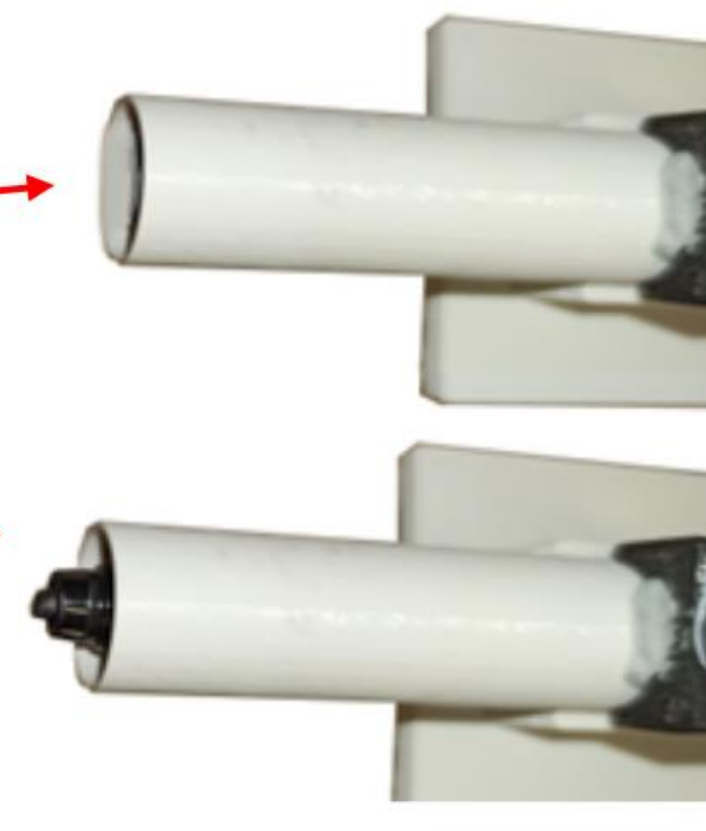
Cámara detecta marcadores dentro del papel

Se calcula la posición matemáticamente

Obtenemos el pixel equivalente

DETALLES DEL PIXEL + ARDUINO

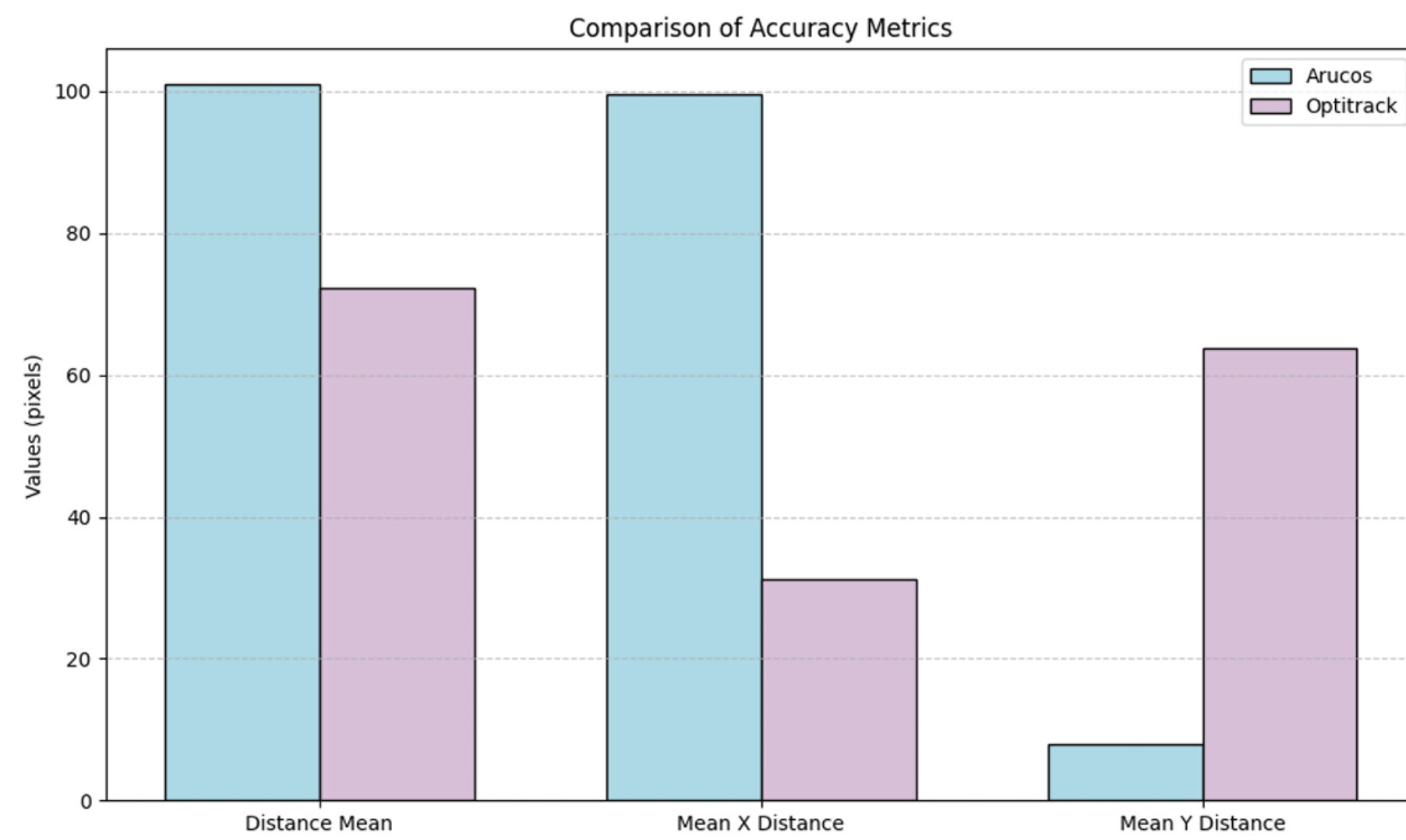
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0



Cada pixel se traduce en blanco o negro y el Arduino activa el solenoide para bajar o subir el bolígrafo según corresponda.

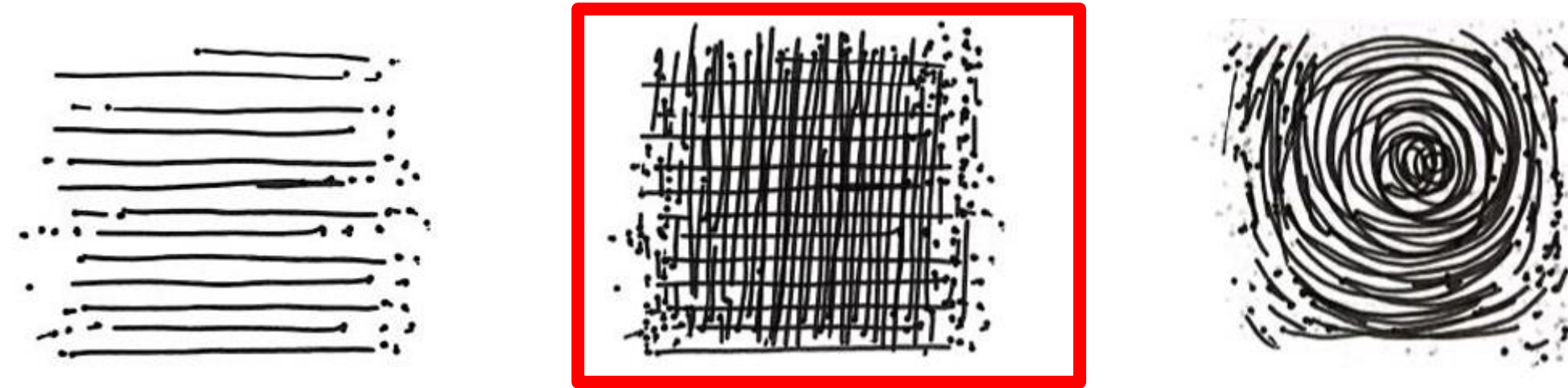
Pruebas de precisión

Se realizaron pruebas de repetibilidad midiendo siempre el **mismo punto en el centro del papel**. Cada método (ArUcos y OptiTrack) registró la **posición detectada** en píxeles, y se calculó la **distancia al punto ideal**. La gráfica muestra la media de la desviación de estas mediciones en cada eje: valores **más bajos indican mayor precisión** y menor dispersión.



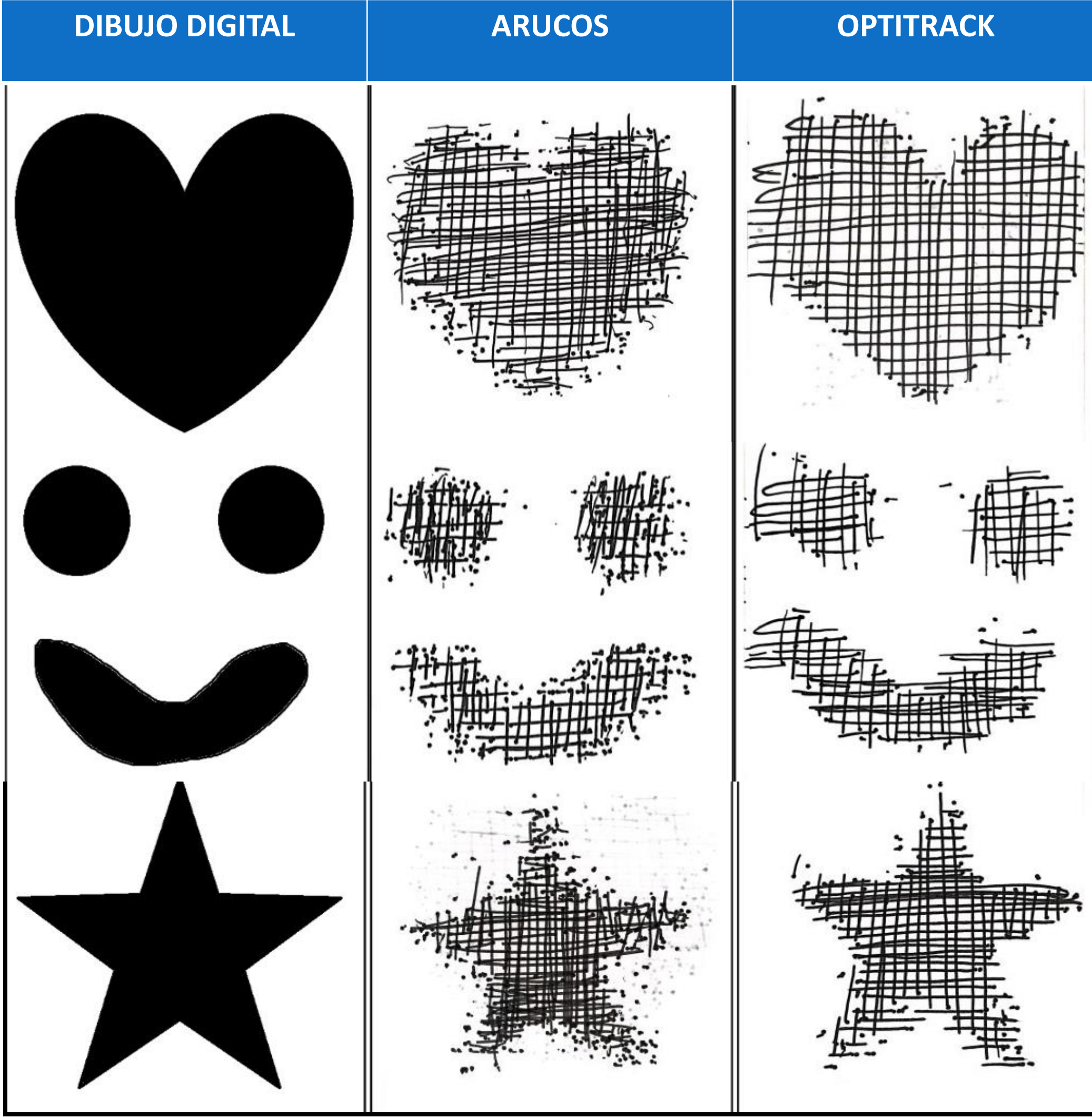
Resultados

TIPOS DE TRAZADO



Los mejores resultados se obtienen haciendo **2 pasadas** con el bolígrafo: Una **vertical** y otra **horizontal**. Así se obtiene más resolución en el dibujo.

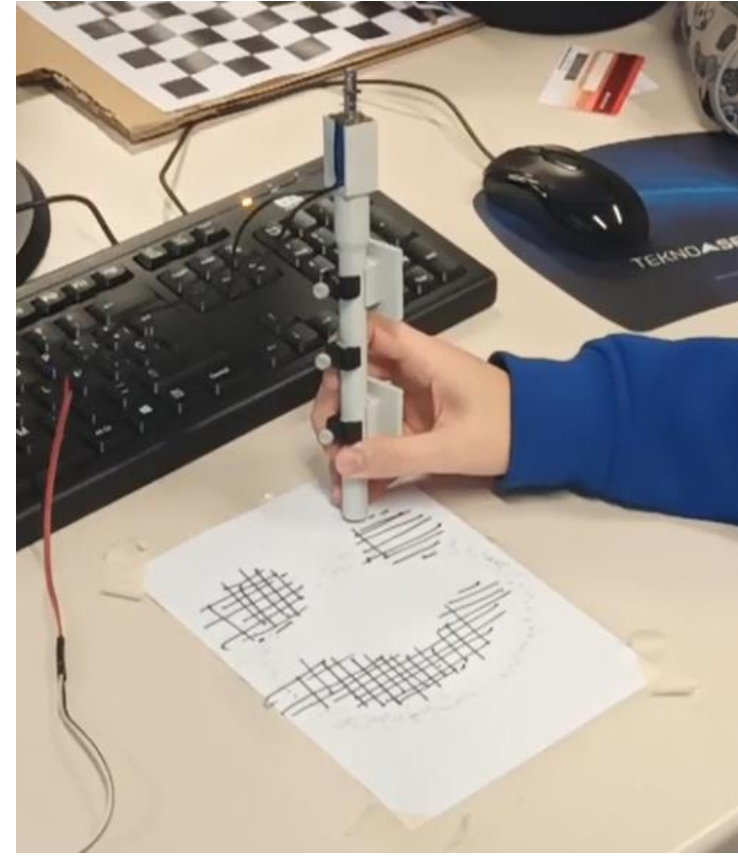
PRUEBAS CON DIBUJOS



Mientras que **OptiTrack** (~\$2999) destaca por su precisión y consistencia, **ArUcos** (~\$7) se presenta como una **alternativa asequible** que ofrece resultados razonablemente buenos, convirtiéndolo en una **opción válida** para la mayoría de aplicaciones sin comprometer demasiado la calidad.

Conclusiones

- El **sistema fue más lento** que la idea original.
- Replicó con éxito** el **comportamiento esperado**.
- Se analizaron **dos alternativas de seguimiento**.



Trabajo futuro

- OptiTrack / ArUco:** modificar disposición de marcadores o **considerar offset** conocido para mejorar la precisión.
- Acelerómetros:** alternativa **portátil** a las cámaras, reducen dependencia de hardware externo.
- Murales:** posible **adaptación** para espray o marcadores acrílicos en **escalas grandes**.