

Desarrollo y control de una gimbal de dos grados de libertad mediante visión artificial para el seguimiento de objetivos

Marco Antonio Aguilar Gallardo

25 de marzo de 2021

Universidad Aeronáutica en Querétaro

Tabla de contenido

Introducción

Desarrollo

Resultados Finales

Cierre

Introducción

Introducción

- La gimbal ha estado presente desde el siglo 3 antes de cristo.
- Utilizada en amplios sectores como el maritimo, aeronautico y entretenimiento.

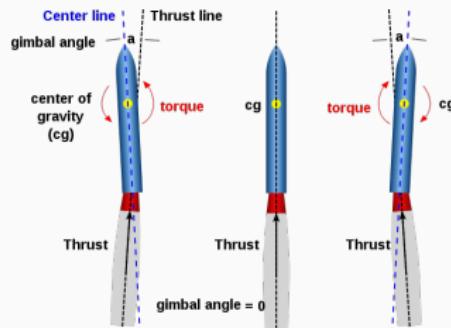


Figura 1: Gimbal para estabilizar motores

Introducción

- 3 grados de libertad
- Acelerometro
- Giroscopio



Figura 2: Gimbal DJI, tomada de dji.com

Objetivo

Diseñar, instrumentar y controlar un dispositivo gimbal que sea capaz de seguir un objeto a través de visión artificial para implementarse en un UAV de categoría pequeña a velocidad baja.

Desarrollo

Sistema General



Visión Artificial

Algorithm 1 Visión

- 1: Calibrar cámara
 - 2: Capturar frames a 60fps
 - 3: Publicar frames en ROS
 - 4: Corrección de brillo y saturación
 - 5: Convertir RGB a HSV
 - 6: Acotar el modelo HSV al color de elección
 - 7: Agregar filtro morfológico
 - 8: Obtener centroide de la figura obtenida en 7
 - 9: Publicar coordenadas del centroide
-

Calibración de cámara

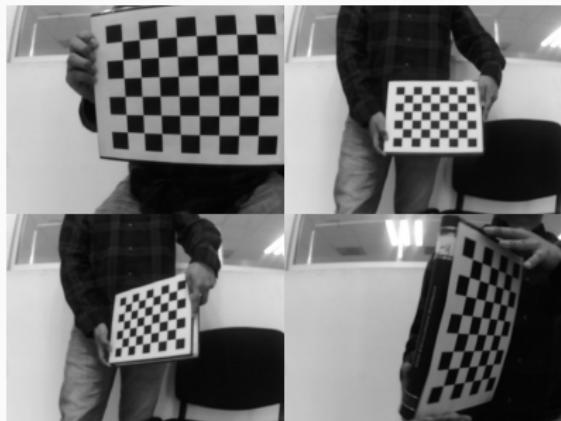


Figura 3: Proceso de calibración

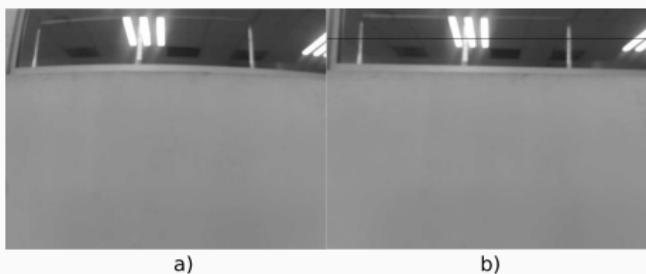
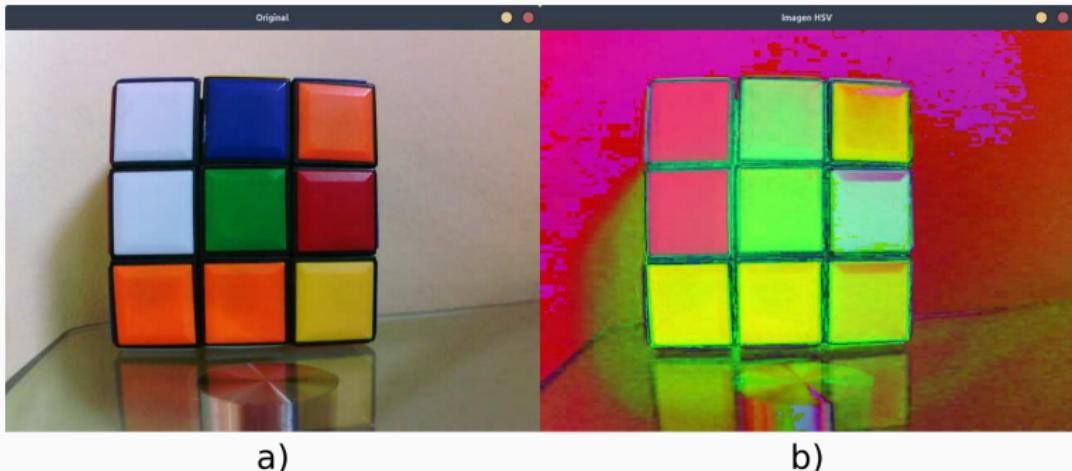


Figura 4: Resultado

Espacio de Color

- Cambio del espacio de color de RGB a HSV



Espacio de color

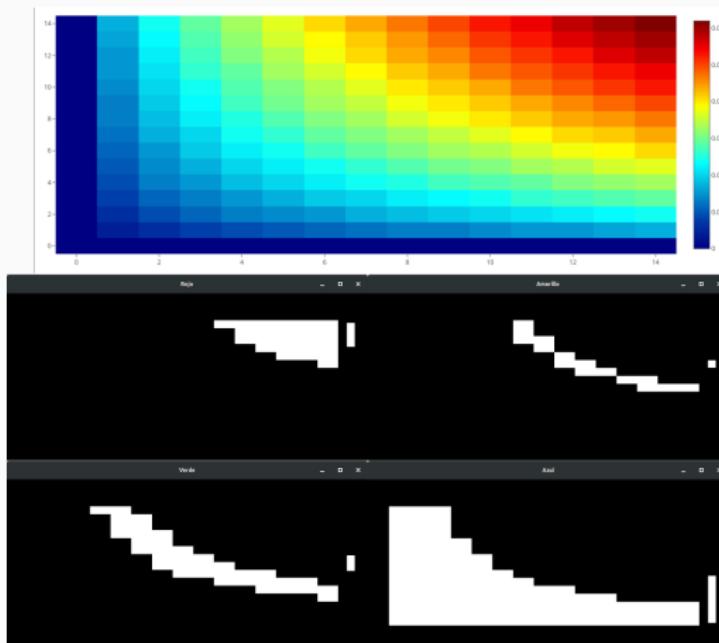


Figura 5: Separación de colores

Espacio de color

	H_{min}	H_{max}	S_{min}	S_{max}	V_{min}	V_{max}
Rojo	0	10	100	255	100	255
Amarillo	25	35	50	255	50	255
Verde	35	75	100	255	100	255
Azul	75	130	55	255	55	255

Cuadro 1: Valores para cada rango de color de la figura 5

Espacio de color

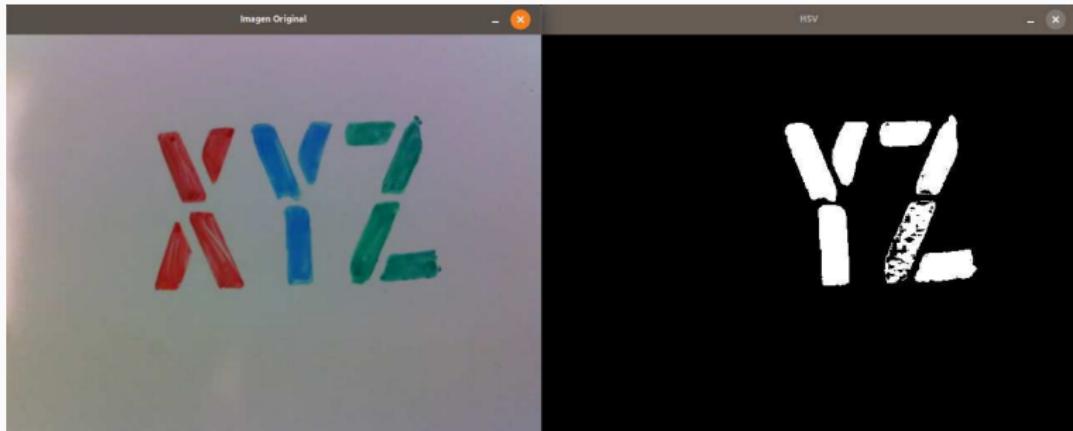


Figura 6: Separación de color azul

Corección de brillo

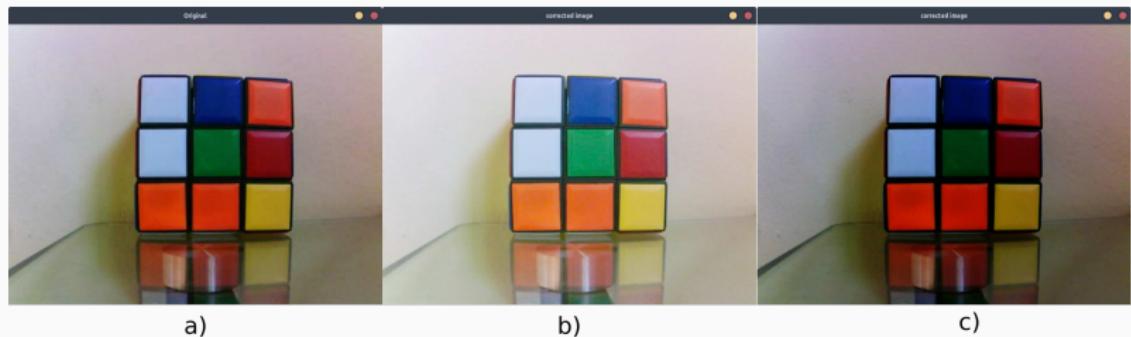


Figura 7: Corrección de brillo

Corección de brillo

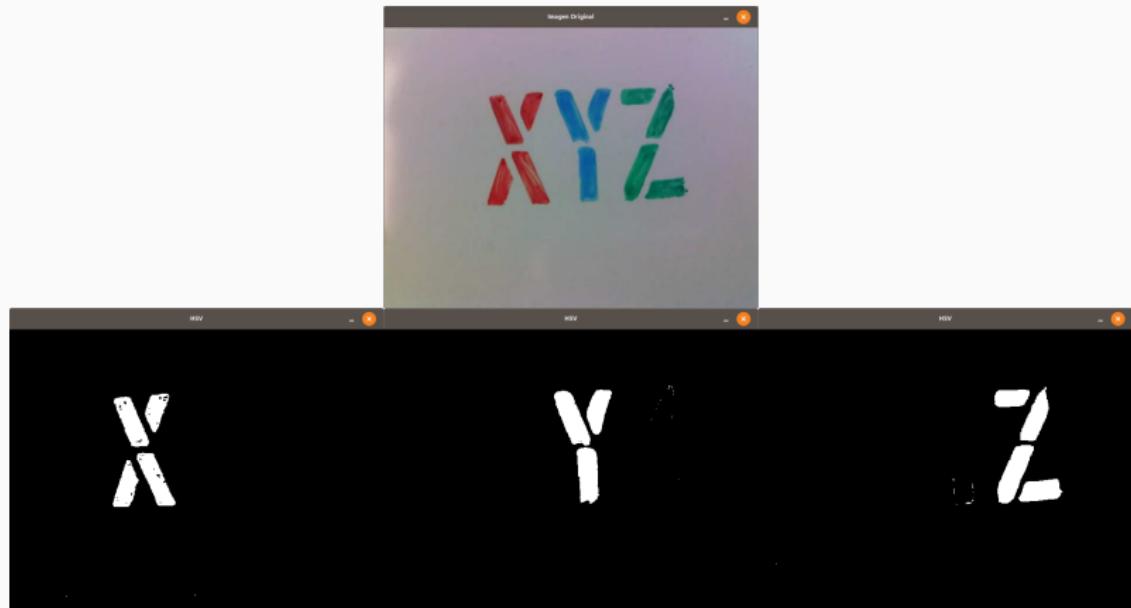


Figura 8: Separación de colores después de corregir brillo

Filtro

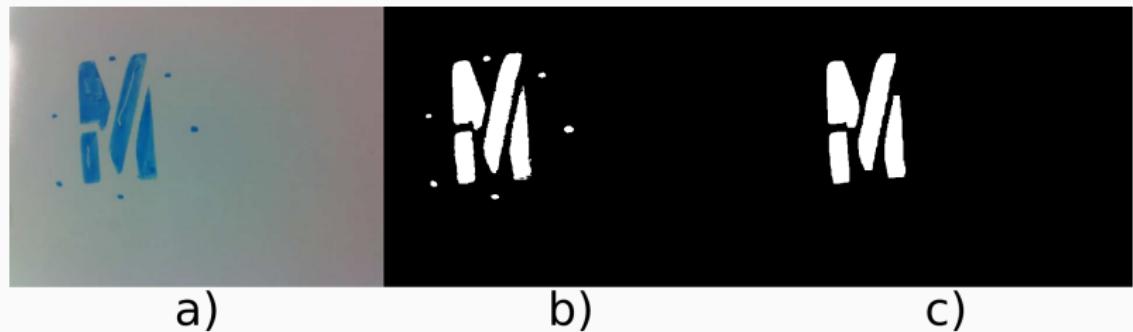


Figura 9: Filtro morfológico

Obtención de centroide

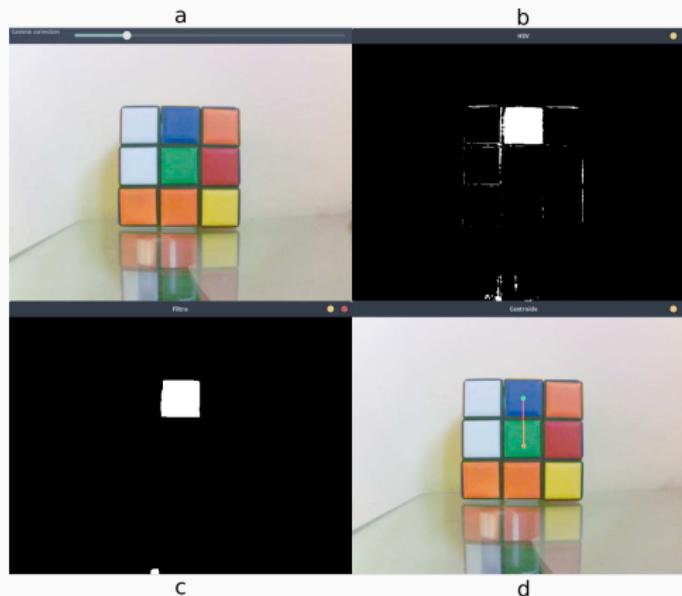


Figura 10: Filtro morfológico

Control

- La idea principal del sistema de control es la de encontrar una función de entrada $u(t)$ tal que la función de salida $x(t)$ siga la salida deseada $x^{des}(t)$

$$e(t) = x^{des}(t) - x(t) \quad (1)$$

$$u(t) = k_i \int e(t) + k_p e(t) \quad (2)$$

- Coordenada Y ->Pitch
- Coordenada X ->Yaw

Diseño de controlador

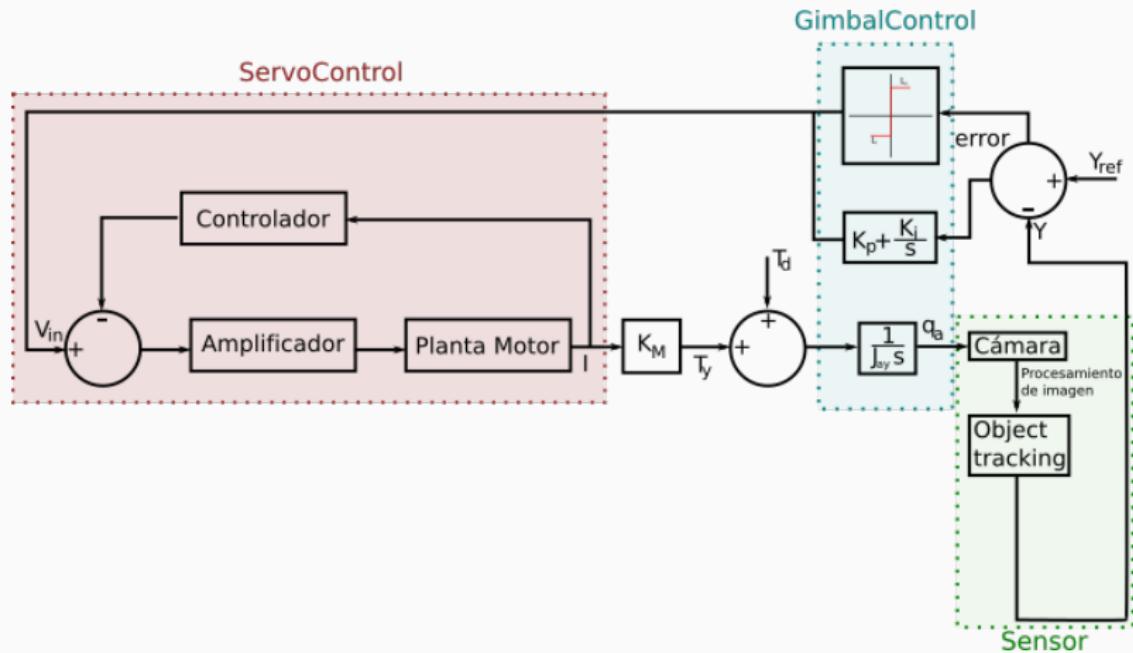
- Pitch

$$J_{ay}\dot{q} = T_y \quad (3)$$

- Yaw

$$J_k\dot{r}_k = T_z \quad (4)$$

Diseño de controlador



Diseño de controlador

- Control Proporcional Integral
- Asignación de Polos

$$G(s) = \frac{1}{0,002s + 1} \quad (5)$$

$$C(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (6)$$

- Aplicando lazo cerrado de (5) y (6), obtenemos la ecuación característica

$$E.C_1 = s^2 + 500K_p s + \frac{500K_p}{T_i} \quad (7)$$

Diseño de controlador

- Tiempo de asentamiento = 0.2s
- Porcentaje de error en 2%
- Pico Máximo menor al 10%

$$G_d(s) = \frac{1086}{s^2 + 60s + 1086} \quad (8)$$

$$E.C_2 = s^2 + 60s + 1086 = s^2 + \alpha_1 s + \alpha_2 \quad (9)$$

- Igualamos $E.C_1$ con $E.C_2$

$$500k_p = \alpha_1 \quad (10)$$

$$\frac{500K_p}{T_i} = \alpha_2 \quad (11)$$

Diseño de controlador

- Control resultante

$$C(s) = 0,118 + \left(1 + \frac{1}{0,054s}\right) \quad (12)$$

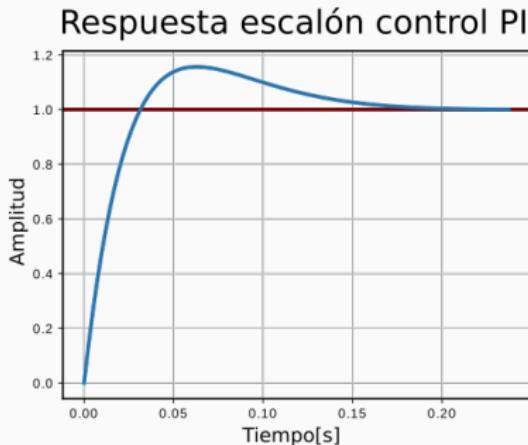


Figura 11: Respuesta a impulso escalón

Diseño de controlador

- Yaw

$$G(s) = \frac{1}{0,008s + 1}$$

$$C(s) = 0,312 + \left(1 + \frac{1}{0,08s}\right)$$

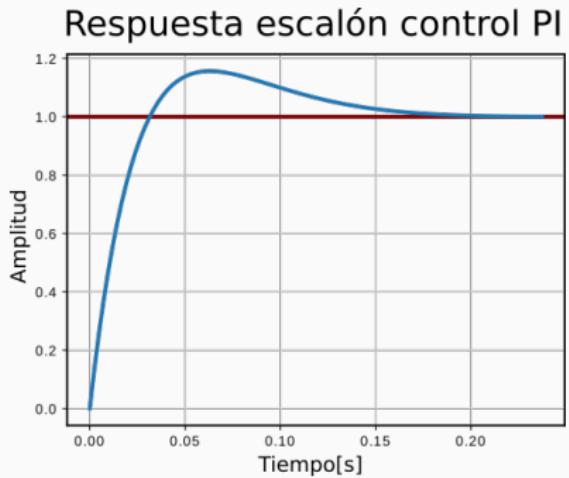


Figura 12: Respuesta a impulso escalón

Arquitectura

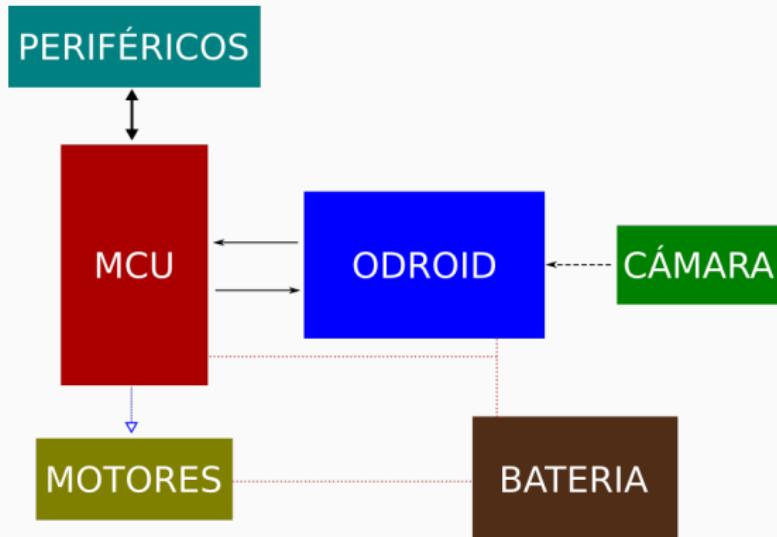


Figura 13: Arquitectura propuesta para el sistema

Sistema Mecánico

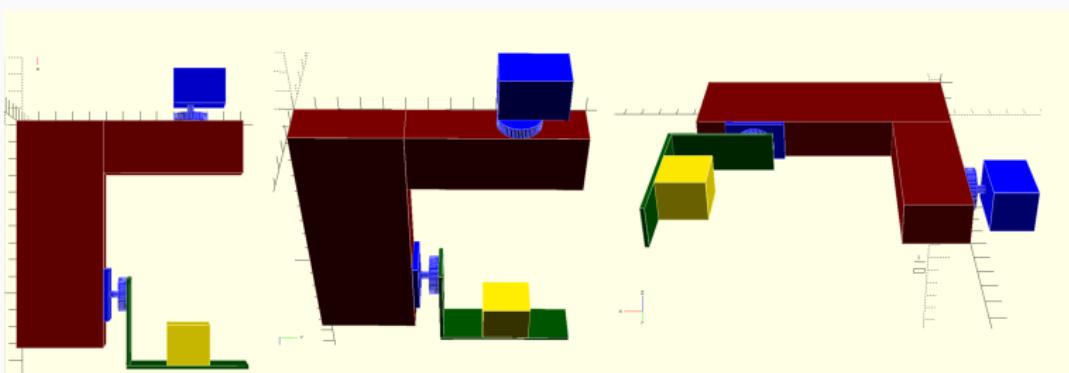


Figura 14: CAD sistema mecánico

Sistema Mecánico

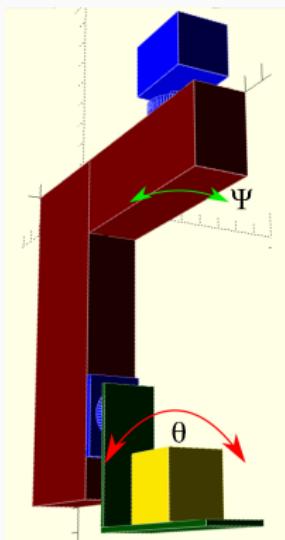


Figura 15: CAD sistema mecánico

Sistema Mecánico

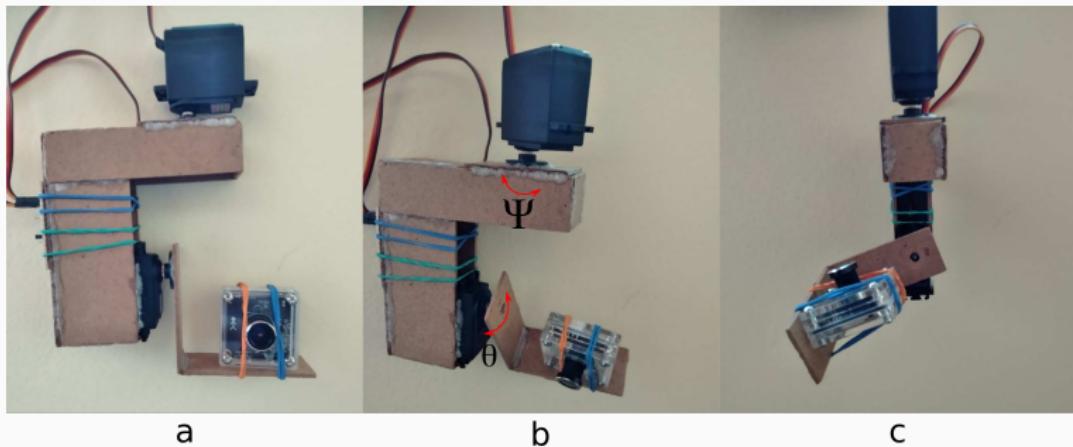
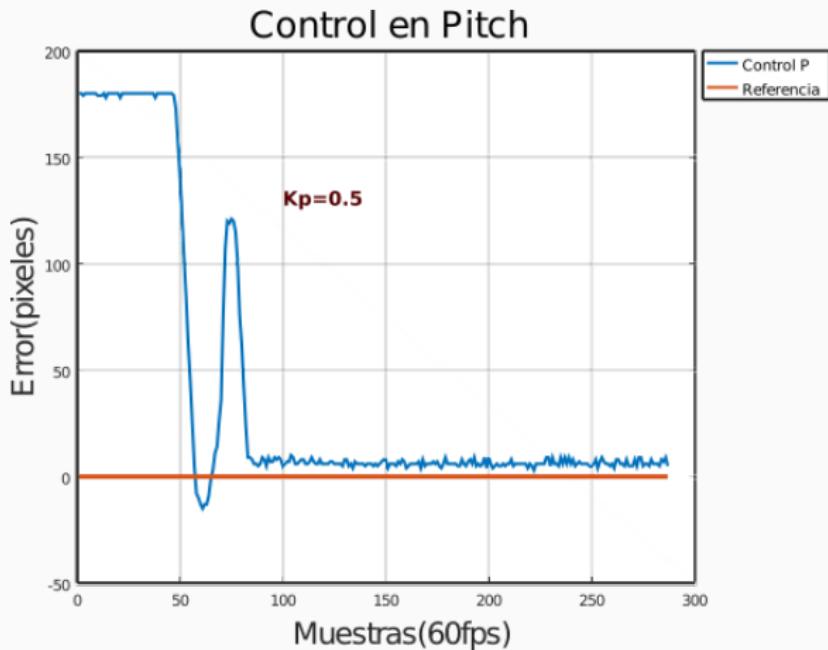


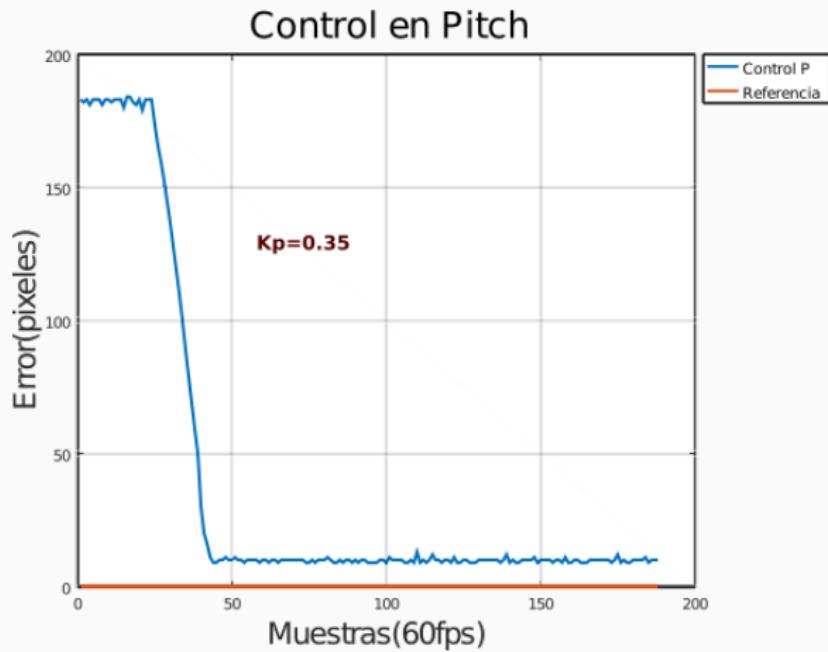
Figura 16: Prototipo

Resultados Finales

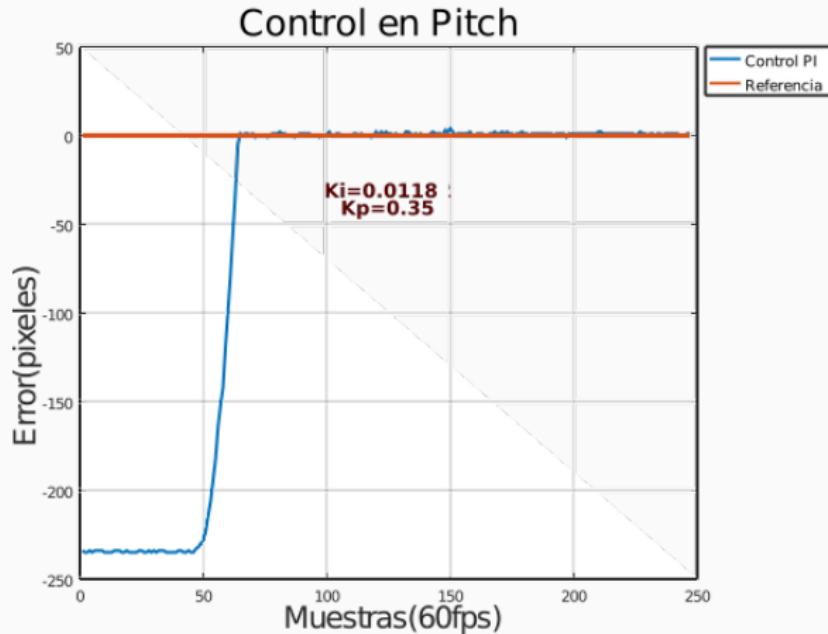
Sintonización Pitch



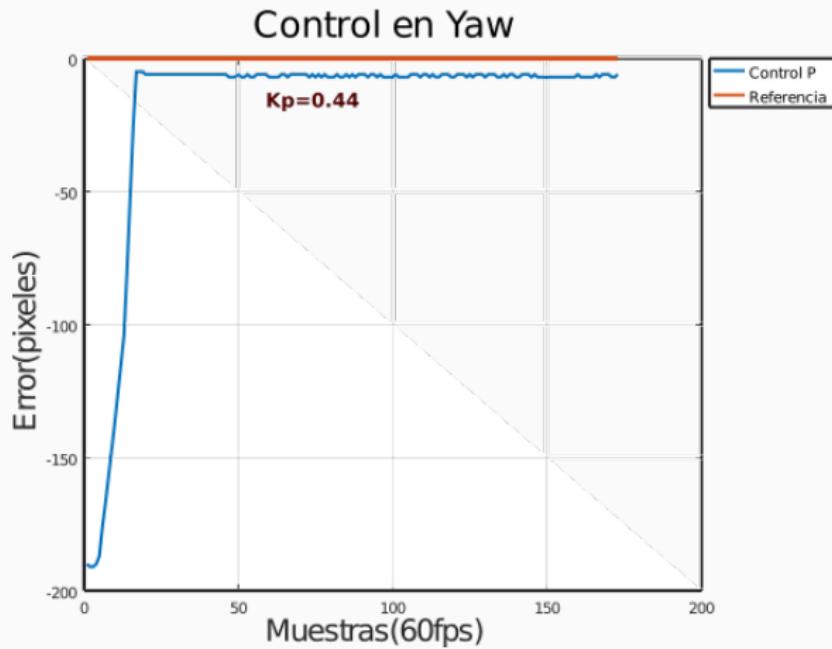
Sintonización Pitch



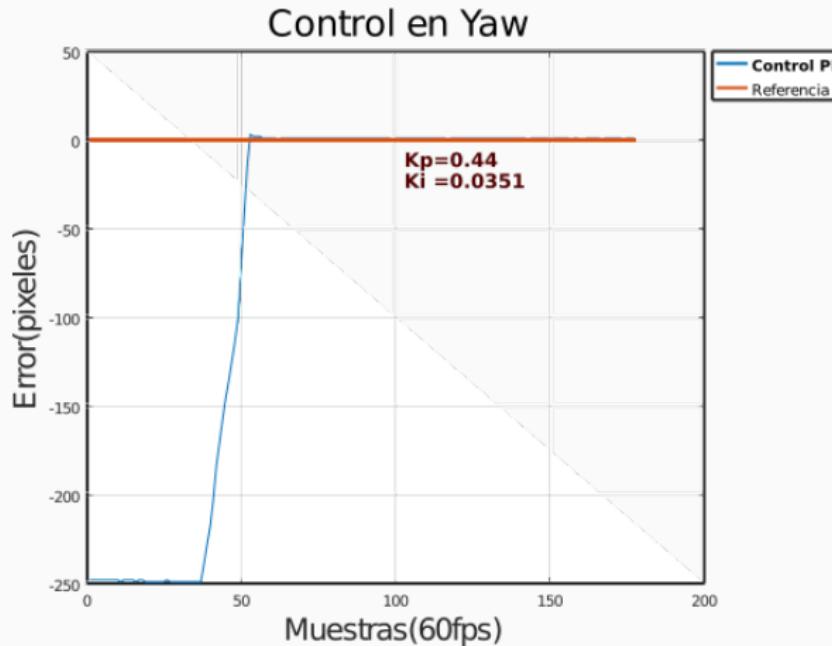
Sintonización Pitch



Sintonización Yaw



Sintonización Yaw



Cierre

Futuros Trabajos

- Implementación en drone.
- Agregar sensor de luminosidad.
- Cambiar a motores brushless.
- Diseñar control de velocidad-posición.
- Mejorar el diseño mecánico.