

# MOVIMIENTO PARA UN VANT

Robolnges

Alan Iván Flores Juárez | A01736001

Alejandro Gómez Bautista | A01736171

Abraham Ortiz Castro | A01736196

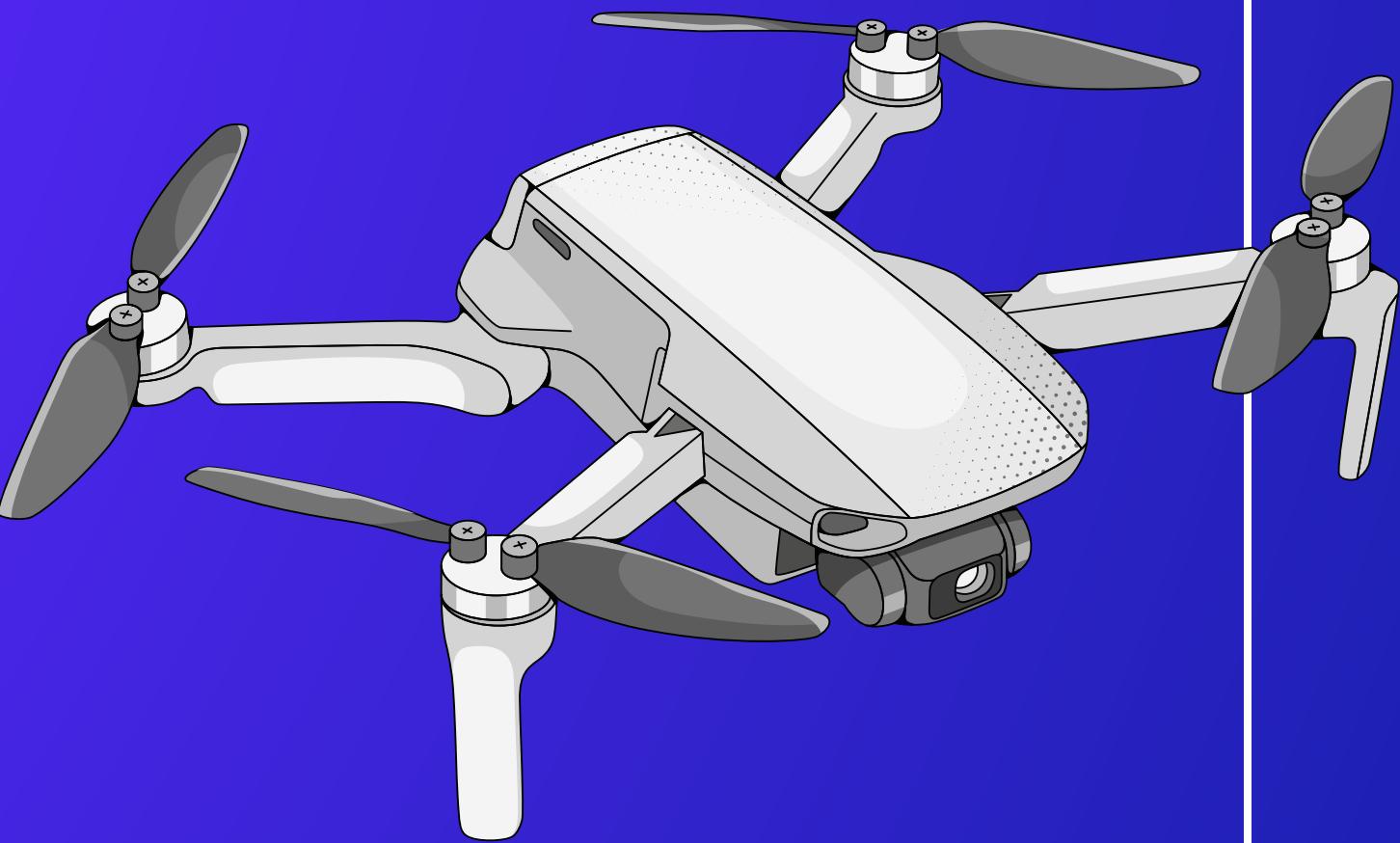
Ulises Hernández Hernández | A01735823





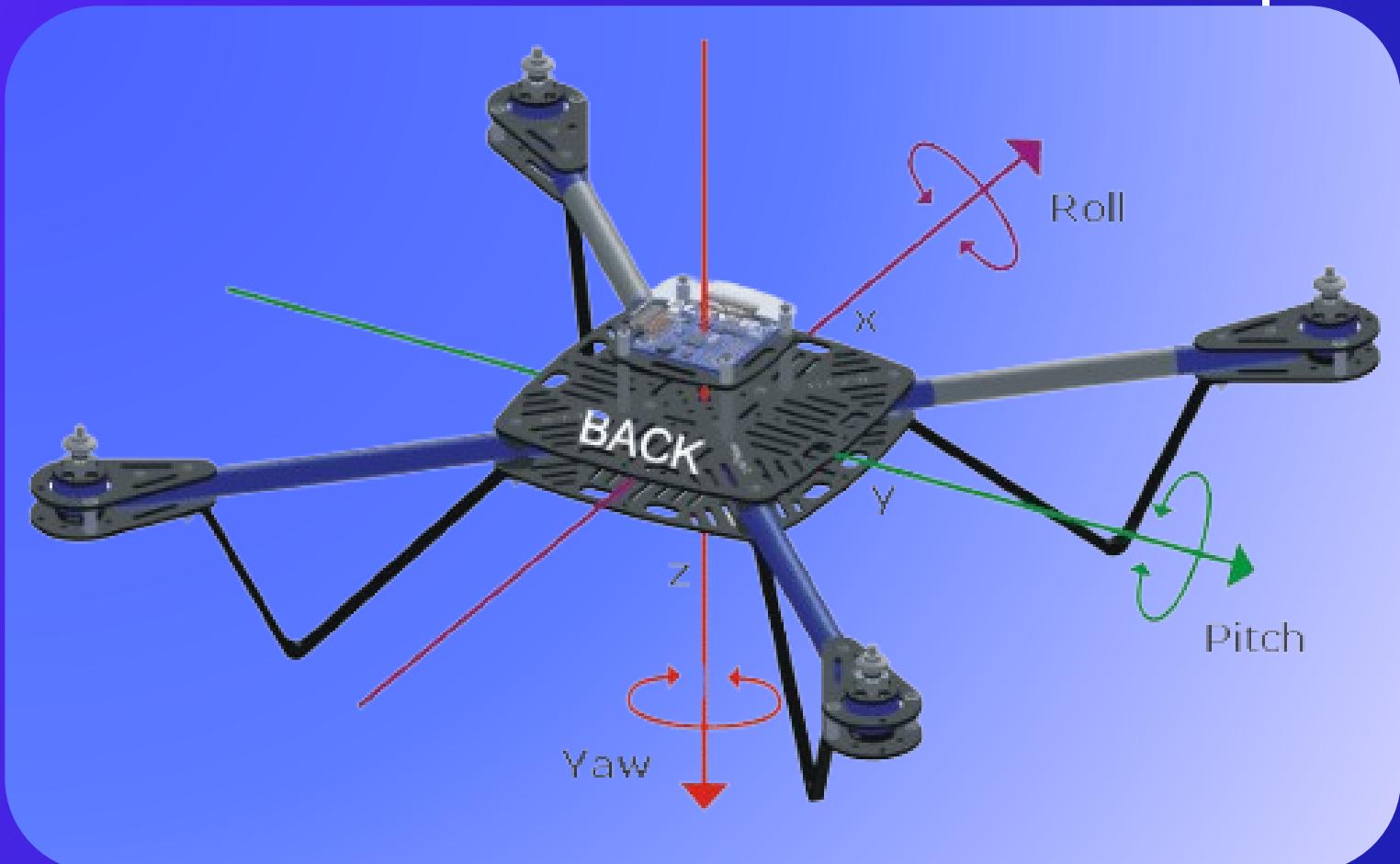
# PRINCIPIOS DE VUELO

- Los drones multi-rotores, como los cuadricópteros, utilizan varios rotores para generar sustentación y controlar el movimiento.  
Ejemplos son:
  - Quadcopter, configuración de 4 hélices (más común).
  - Hexacopter, configuración de 6 hélices.
  - Octocopter, configuración de 8 hélices.
- Cada rotor genera una fuerza de empuje que puede ser ajustada variando la velocidad de rotación de los motores.



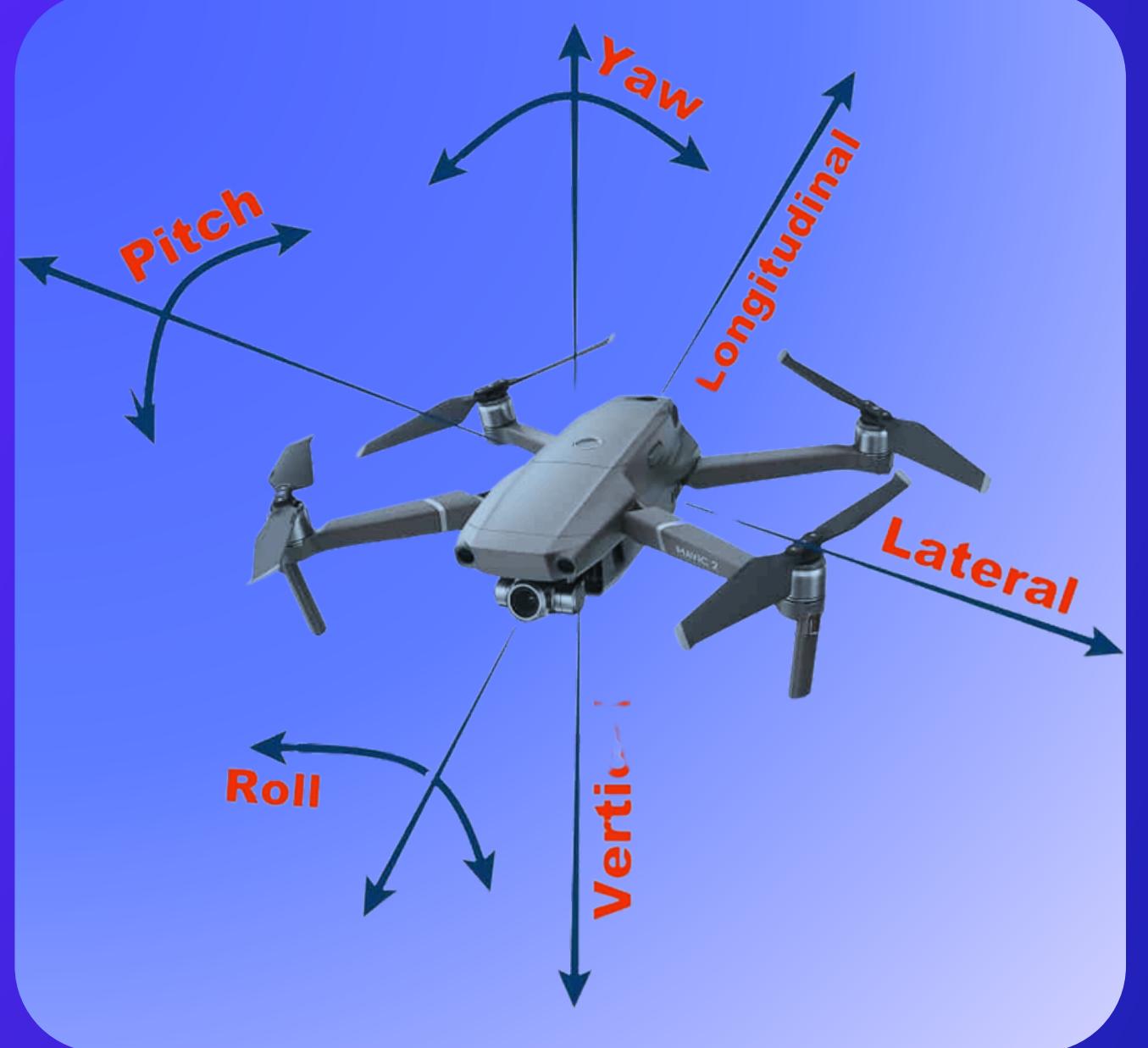
# PRINCIPIOS DE VUELO

- Los rotores de un dron están dispuestos de manera que la mitad giran en sentido horario y la otra mitad en sentido antihorario. Esto balancea los torques y evita que el dron gire sin control.
- Al ajustar individualmente la velocidad de cada rotor, el dron puede inclinarse en diferentes direcciones (roll, pitch) y rotar sobre su eje vertical (yaw), permitiendo maniobras precisas.



# GRADOS DE LIBERTAD

- Existen seis grados de libertad en un Dron multi-rotor:
  - Tres grados de libertad translacional
    - X, Y y Z
  - Tres grados de libertad rotacional
    - **Roll** ( $\phi$ ): Eje X.
    - **Pitch** ( $\theta$ ): Eje Y.
    - **Yaw** ( $\psi$ ): Eje Z.



# CINEMÁTICA ECUACIONES

## Ecuaciones de Translación

Las ecuaciones de translación describen el movimiento del dron en las direcciones X, Y y Z son:

$$\ddot{x} = \frac{(\cos\phi \operatorname{sen}\theta \cos\phi + \operatorname{sen}\phi \operatorname{sen}\theta)U_1}{m}$$

$$\ddot{y} = \frac{(\operatorname{sen}\phi \operatorname{sen}\theta \cos\phi + \cos\phi \operatorname{sen}\theta)U_1}{m}$$

$$\ddot{z} = [(cos\theta \cos\phi - mg)]U_1/m$$

Donde:

- **m** es la masa del dron
- **g** es la aceleración debida a la gravedad
- **U1** es la fuerza total de empuje generada por los rotores
- **φ** (roll), **θ** (pitch) y **ψ** (yaw) son los ángulos de rotación alrededor de los ejes **X**, **Y** y **Z** respectivamente.

## Ecuaciones de Rotación

Las ecuaciones de Newton-Euler describen el movimiento angular del dron:

$$\ddot{\phi} = \frac{[(I_{yy} - I_{zz})\dot{\psi}\dot{\phi} + \tau_\phi]}{I_{xx}} + \dot{\psi}\dot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} = \frac{[(I_{zz} - I_{xx})\dot{\phi}\dot{\theta} + \tau_\theta]}{I_{yy}} - \dot{\psi}\dot{\phi}$$

$$\ddot{\psi} = \frac{[(I_{xx} - I_{yy})\dot{\phi}\dot{\theta} + \tau_\psi]}{I_{zz}} + \dot{\phi}\dot{\theta}$$

Donde:

- **Ix**, **Ly** y **Iz** son los momentos de inercia alrededor de los ejes **X**, **Y** y **Z**.
- **τφ**, **τθ**, **τψ** son los torques generados por los rotores en cada uno de los ejes.

# CONTROL Y NAVEGACIÓN

Para garantizar un vuelo seguro y estable es crucial implementar sistemas de control automático y estabilización de vuelo. Estos sistemas aseguran que el dron pueda mantener su posición, orientación y seguir trayectorias deseadas, incluso en presencia de perturbaciones externas como el viento.

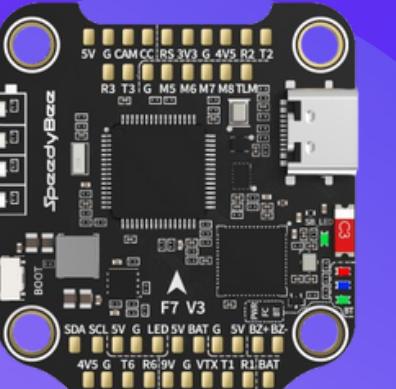


## Sistemas de control automático y estabilización de vuelo



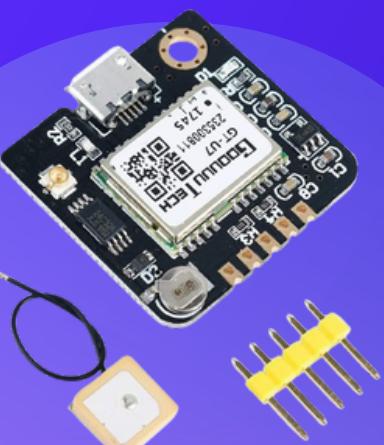
### Unidad de Medición Inercial (IMU):

- Contiene acelerómetros, giroscopios y magnetómetros.
- Mide la aceleración y la velocidad angular del dron en los tres ejes.
- Proporciona datos críticos para el control de orientación y estabilización.



### Controladores de Vuelo (FC):

- Computadora central que procesa los datos de la IMU y otros sensores.
- Ejecuta algoritmos de control (PID, etc.) para ajustar la velocidad de los motores.
- Responsable de mantener la estabilidad y realizar maniobras de vuelo.



### Sensores de Posicionamiento

- GPS: Proporciona datos de posición global, crucial para vuelos de larga distancia y navegación autónoma.
- Barómetro: Mide la altitud basada en la presión atmosférica.
- Ultrasonido/LIDAR: Utilizados para la detección de proximidad y altitud precisa a baja altura.

## Proceso de Control y Estabilización

1. Recopilación de Datos: Los sensores recopilan datos de la aceleración, velocidad angular, posición y orientación del dron.
2. Procesamiento de Datos: El controlador de vuelo utiliza algoritmos para fusionar los datos y estimar el estado actual del dron.
3. Cálculo de Comandos de Control: Basado en la estimación del estado y los objetivos de vuelo, el controlador calcula los ajustes necesarios en la velocidad de los motores.
4. Aplicación de Comandos: Los ESCs ajustan la velocidad de los motores según los comandos del controlador de vuelo.
5. Feedback Loop: El proceso se repite en un ciclo continuo, ajustando los comandos en tiempo real para mantener la estabilidad y seguir la trayectoria deseada.

# TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN



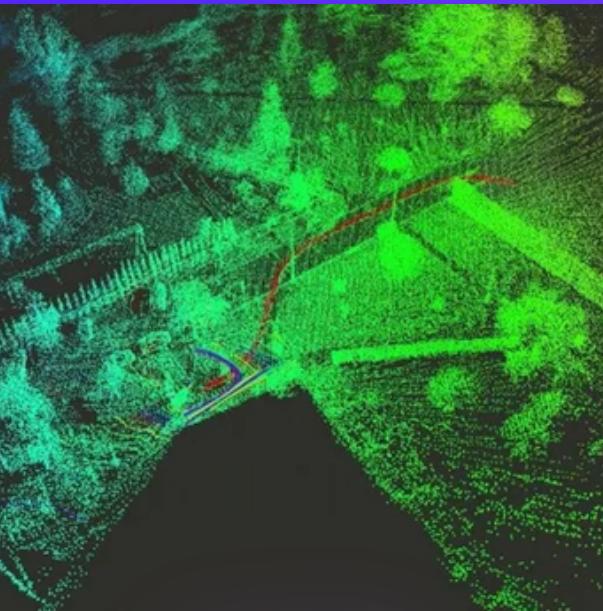
## GPS

Proporciona datos de posición precisos utilizando una red de satélites. Es esencial para la navegación en exteriores y permite al dron determinar su ubicación global con precisión.



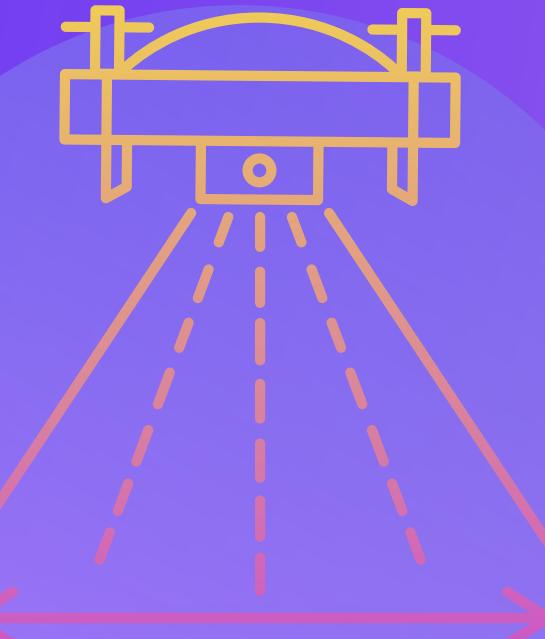
## RTK (CINEMÁTICA EN TIEMPO REAL)

Mejora la precisión del GPS utilizando una estación base que envía correcciones diferenciales al dron. Esta técnica puede reducir los errores de posición a nivel centimétrico, lo que es crucial para aplicaciones que requieren alta precisión.



## SLAM

Utiliza sensores como cámaras y LIDAR para crear un mapa del entorno mientras simultáneamente se localiza en ese mapa. Es especialmente útil en entornos interiores o donde la señal GPS no es fiable.



## SENSORES

Utilizan ultrasonidos, LiDAR, y cámaras para detectar obstáculos cercanos y ajustar la trayectoria del dron para evitarlos. Estos sensores permiten la navegación autónoma en entornos complejos y dinámicos.

# PLANIFICACIÓN DE TRAYECTORIAS Y EVASIÓN DE OBSTÁCULOS



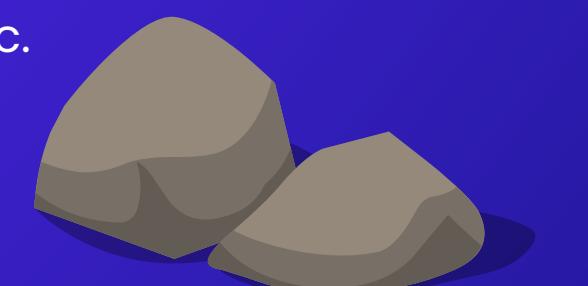
1. Uso de sensores exteroceptivos como LIDAR, cámaras etc.
2. Mapeo SLAM para generar un mapa del entorno en el que se encuentra.



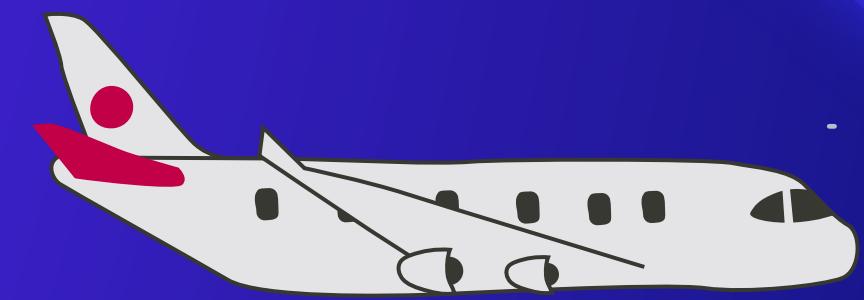
1. Planificación de rutas con algoritmos como A\*, D\* o RRT (Rapidly-exploring Random Tree) para encontrar rutas óptimas.
2. Trayectorias suaves, algoritmos como Spline tercer orden o curvas de Bézier.



1. Detección en tiempo real (sensores exteroceptivos)
2. Uso de algoritmos reactivos y predictivos como el MPC (Model Predictive Control), siendo muy versátiles ya que mide variables como consumo, calidad de estimaciones, perdida de datos etc.



Para la planificación y evasión de obstáculos, un dron multirotor necesita integrar sistemas avanzados de mapeo y percepción del entorno, utilizando sensores de detección y algoritmos para la interpretación y uso óptimo de los datos recolectados.



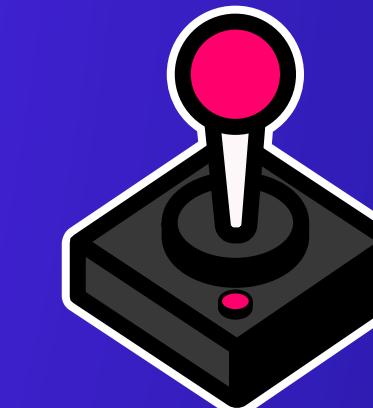
Uso del controlador de vuelo para mantener estabilidad en el seguimiento de la trayectoria, permite realizar los ajustes necesarios a los motores según sea necesario.

# PLANIFICACIÓN DE TRAYECTORIAS Y EVASIÓN DE OBSTÁCULOS

## Model Predictive Control (MPC)

### PREDICTIVO

Contiene un modelo interno del sistema a controlar, logrando así obtener una estimación de una respuesta futura para cada acción de control a realizar.



### HORIZONTE DE PREDICCIÓN Y ACTUACIÓN

Búsqueda de una serie de múltiples referencias en distintos instantes de tiempo que gracias al modelo interno, se calculan las acciones de control a lo largo del horizonte de actuación para que el estado en el horizonte de predicción se parezca lo máximo posible a las puntos buscados.



### OPTIMIZACIÓN

Optimización matemática que garantiza que la solución sea la óptima global, pudiendo obtener una serie de acciones óptimas con ayuda del modelo del sistema para ser aplicadas en cada instante de tiempo.

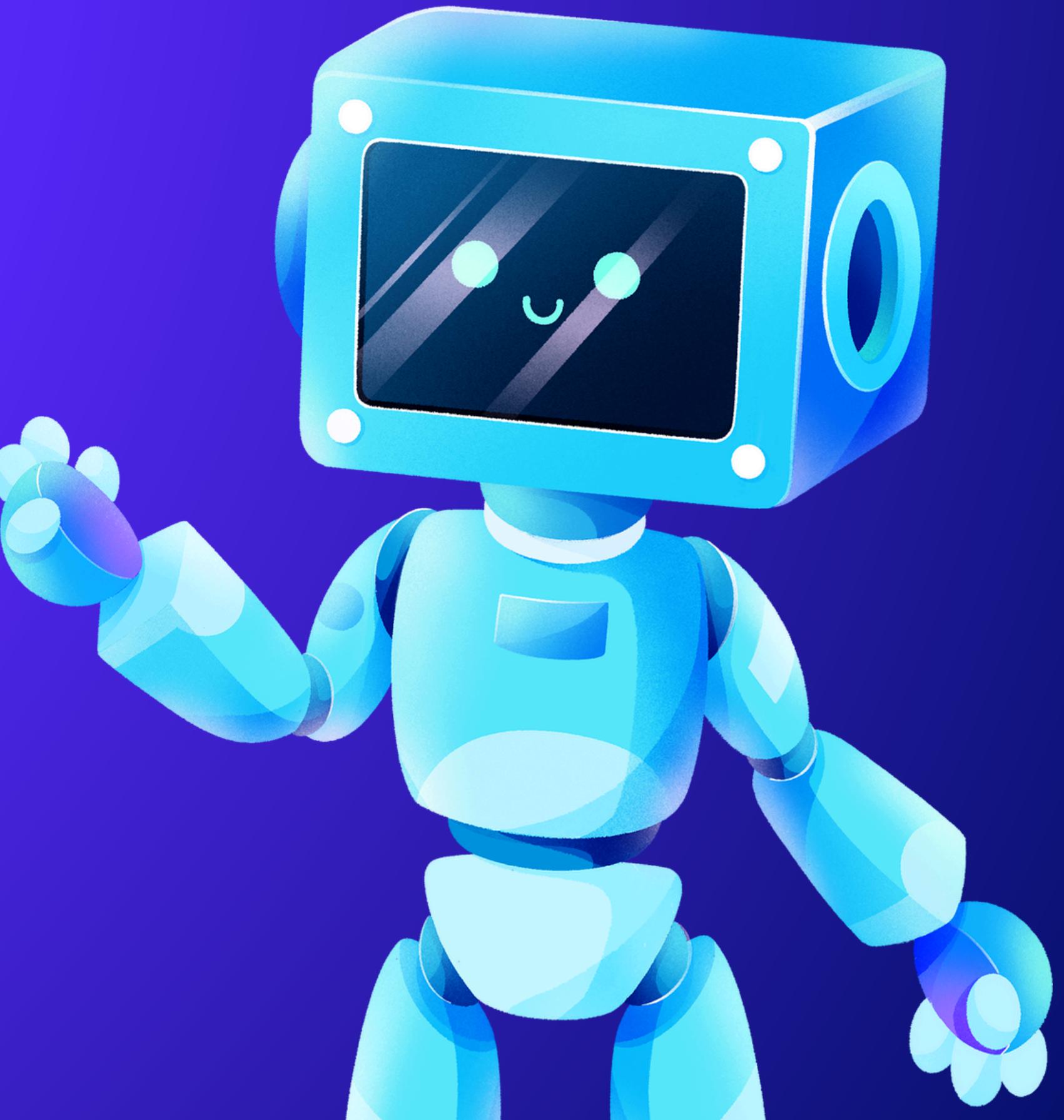


### USO DE RESTRICCIONES

Incorpora fácilmente restricciones complejas y no lineales, como límites de velocidad, zonas prohibidas y condiciones de seguridad.



MUCHAS  
GRACIAS!!



# REFERENCIAS

1. López, P. L. T. (s. f.). Implementación de algoritmos predictivos de control de vuelo en UAVs. fundacionayesa.org. Recuperado 2 de junio de 2024, de [https://www.fundacionayesa.org/wp-content/uploads/2017/03/algoritmos\\_predictivos\\_de\\_control\\_en\\_vuelo.pdf](https://www.fundacionayesa.org/wp-content/uploads/2017/03/algoritmos_predictivos_de_control_en_vuelo.pdf)
2. Pérez, H. P. L., & Maza, J. I. M. A. (2018). Generación y seguimiento de trayectorias para un vehículo aéreo multi-rotor. biblus.us.es. Recuperado 2 de junio de 2024, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproj/71112/fichero/TFM-1112-MAZA.pdf>
3. Vista de Desarrollo de un modelo matemático, cinemático y dinámico con la aplicación de software, para modificar el funcionamiento de un dron, para que este realice monitoreo automático | RECIMUNDO. (s. f.).  
<https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/814/1323#:~:text=Se%20considera%20al%20cuerpo%20central,ejes%20principales%20se%20considera%20despreciable.>