

Sensor Fusion

Generalidades - Introducción a IMU

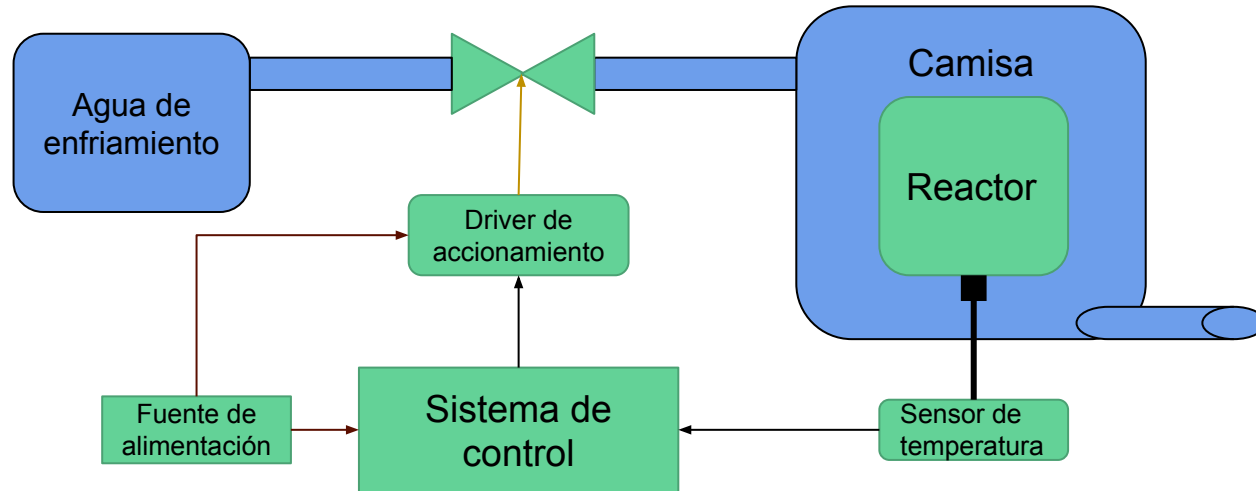
Sensor Fusion

Combina la lectura de 2 o más dispositivos de manera de generar datos con la finalidad de obtener:

- mayor grado de exactitud,
- mayor estabilidad en el tiempo,
- mayor cobertura,
- mayor robustez en el sistema,
- estimación indirecta de una variable,
- etcétera.

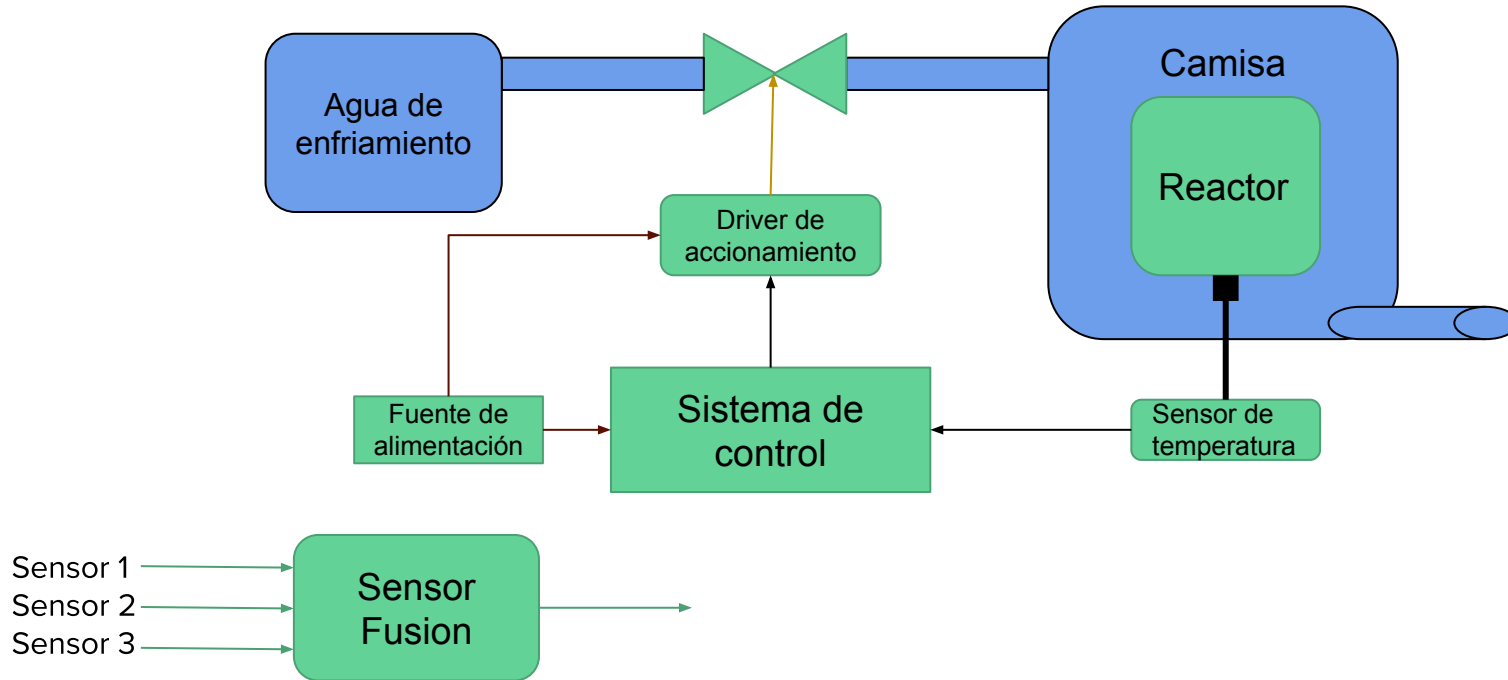
Sensor Fusion

Sensado de temperatura de una central nuclear



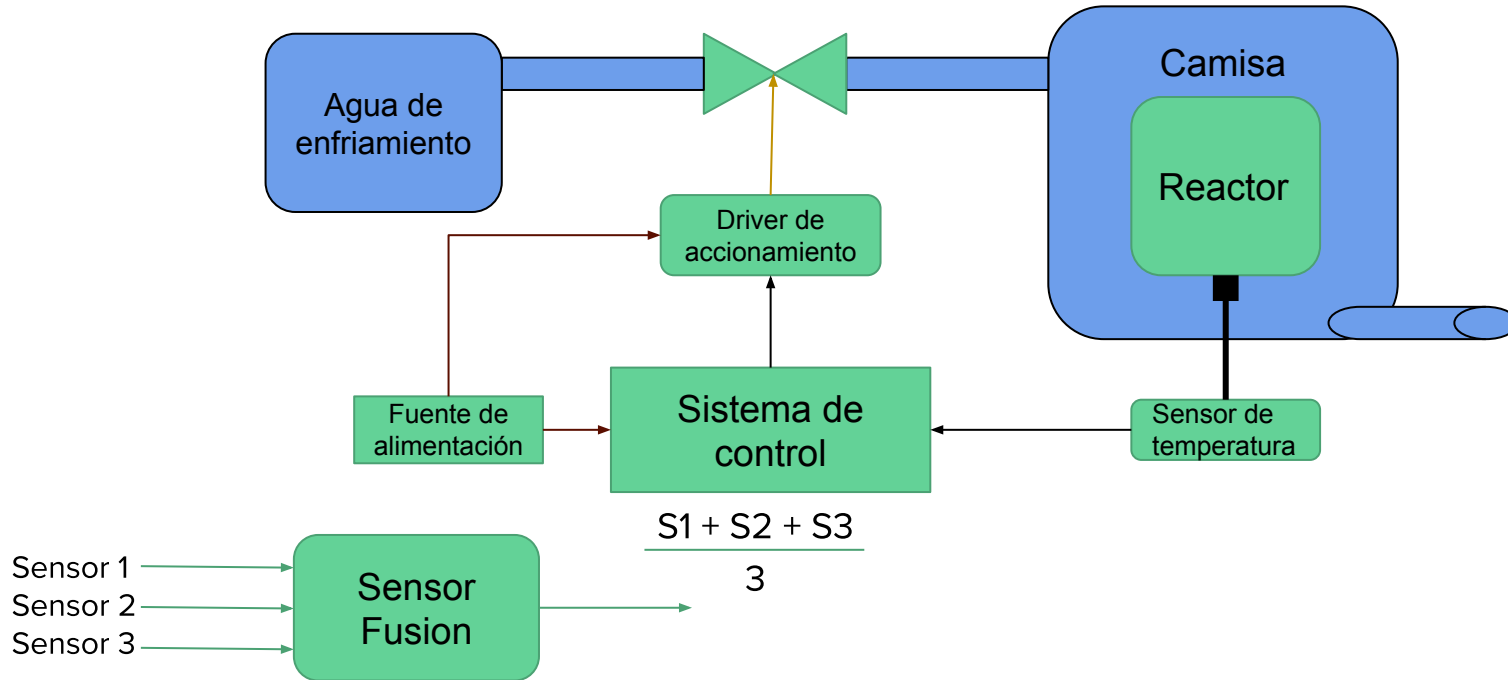
Sensor Fusion

Sensado de temperatura de una central nuclear



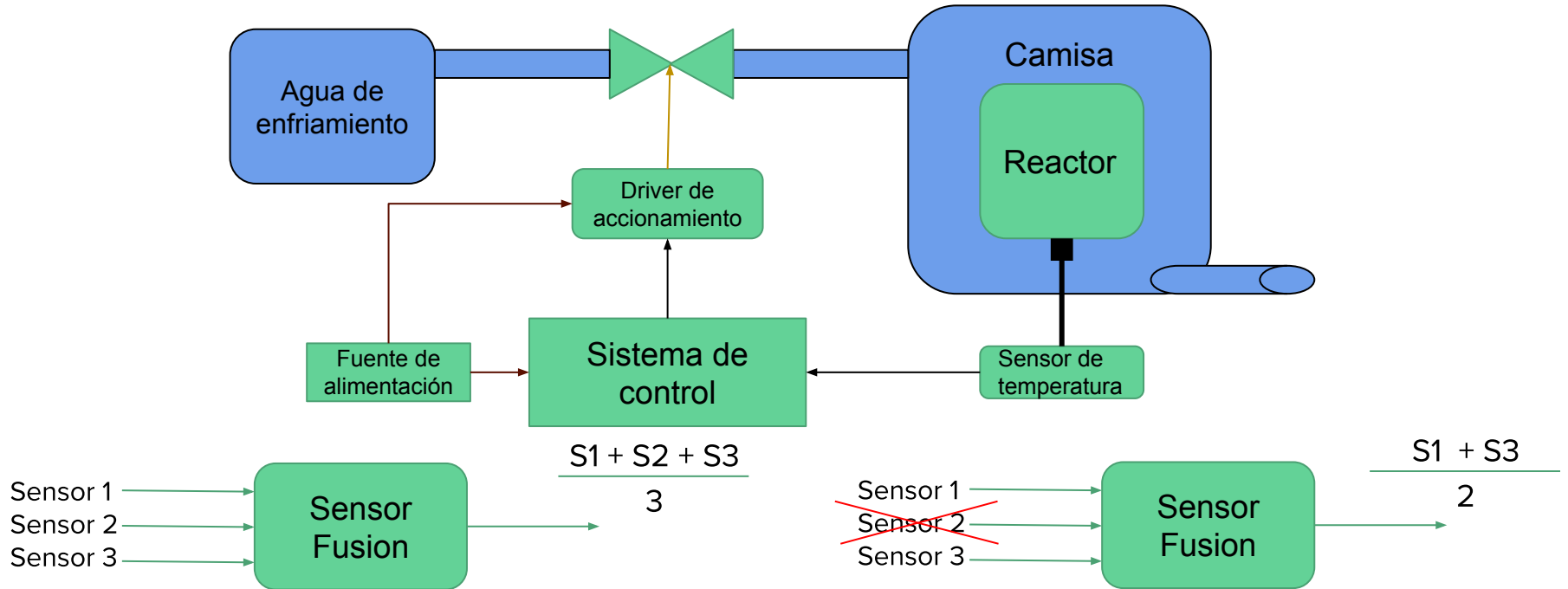
Sensor Fusion

Sensado de temperatura de una central nuclear



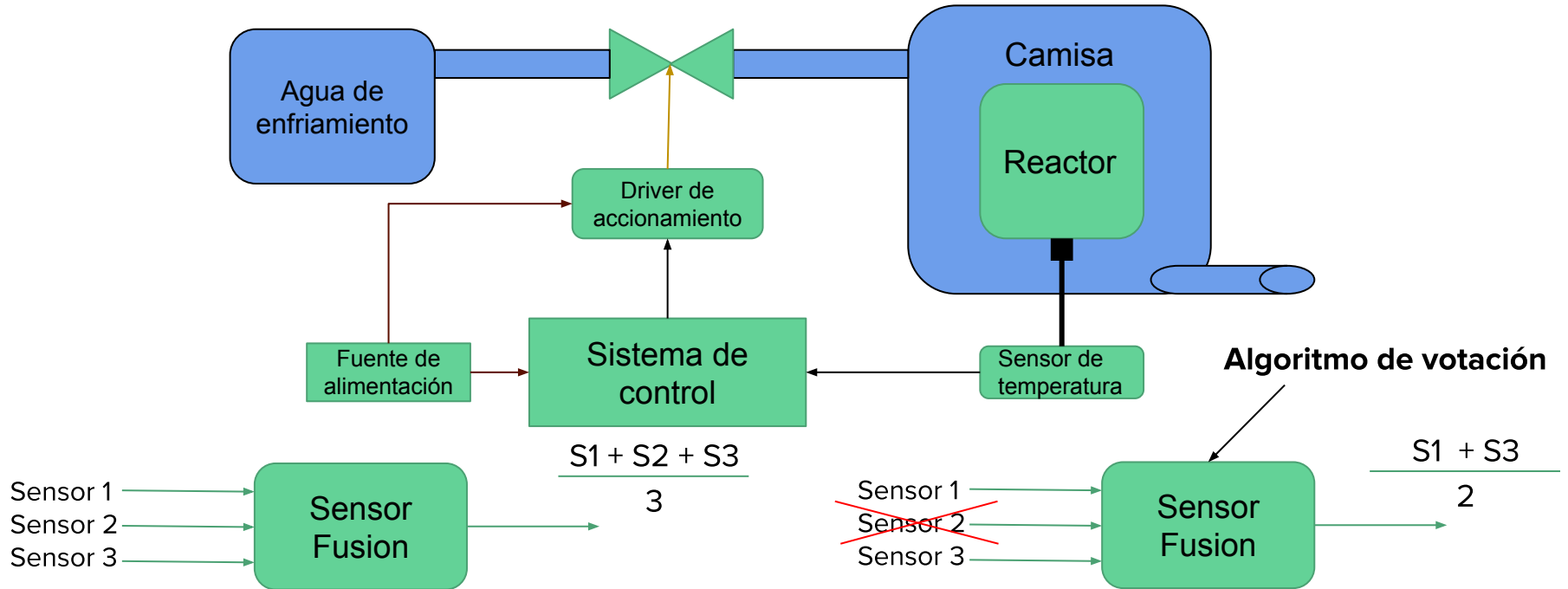
Sensor Fusion

Sensado de temperatura de una central nuclear



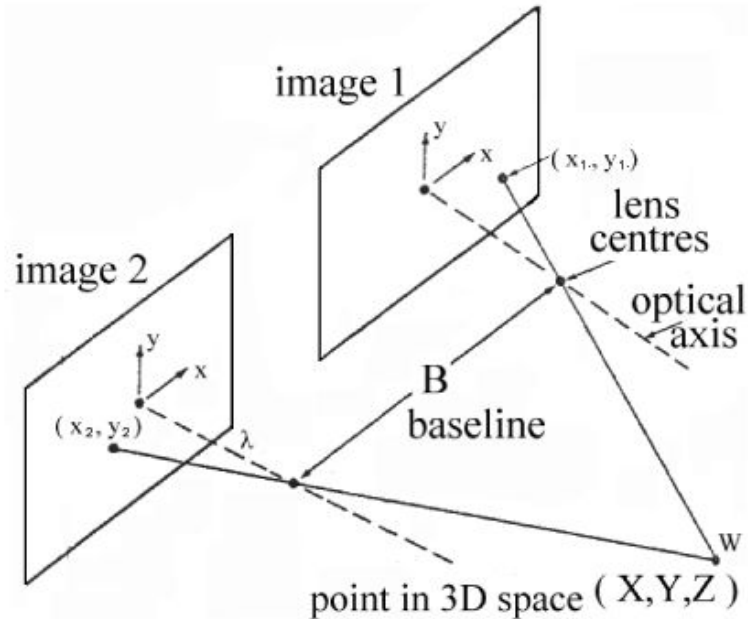
Sensor Fusion

Sensado de temperatura de una central nuclear

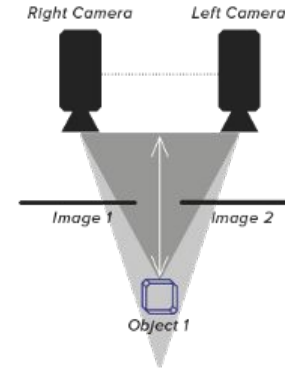


Estimación de distancias

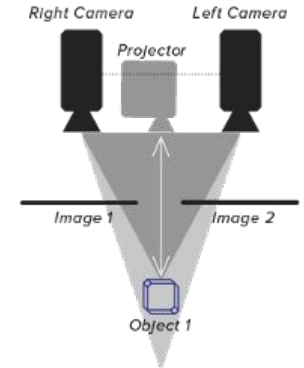
Estimación indirecta de la distancia



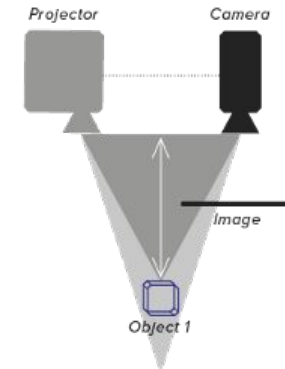
PASSIVE STEREO



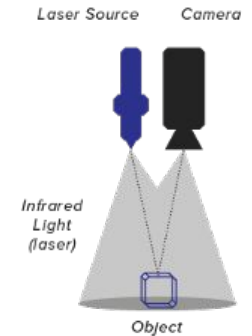
ACTIVE STEREO



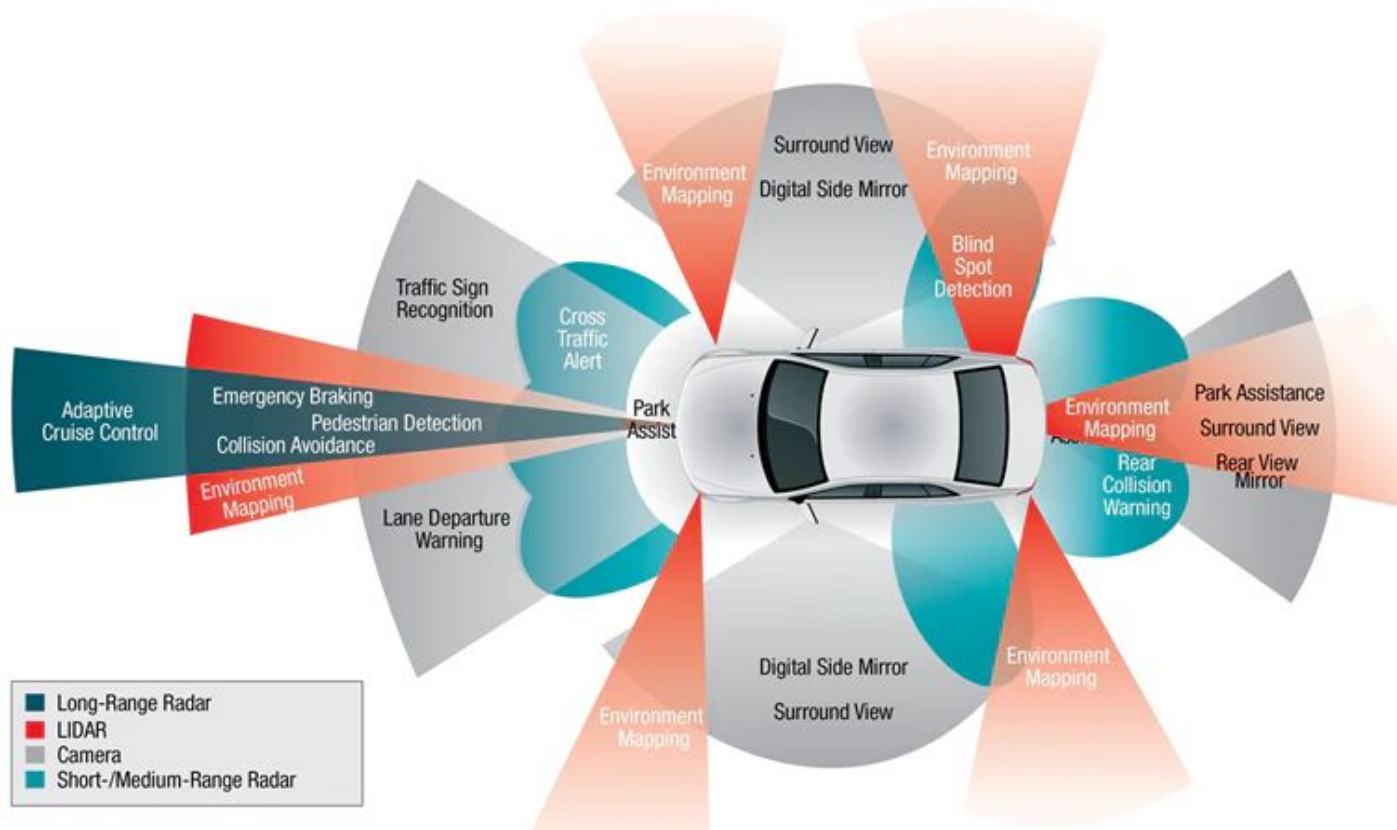
STRUCTURED LIGHT



TIME OF FLIGHT

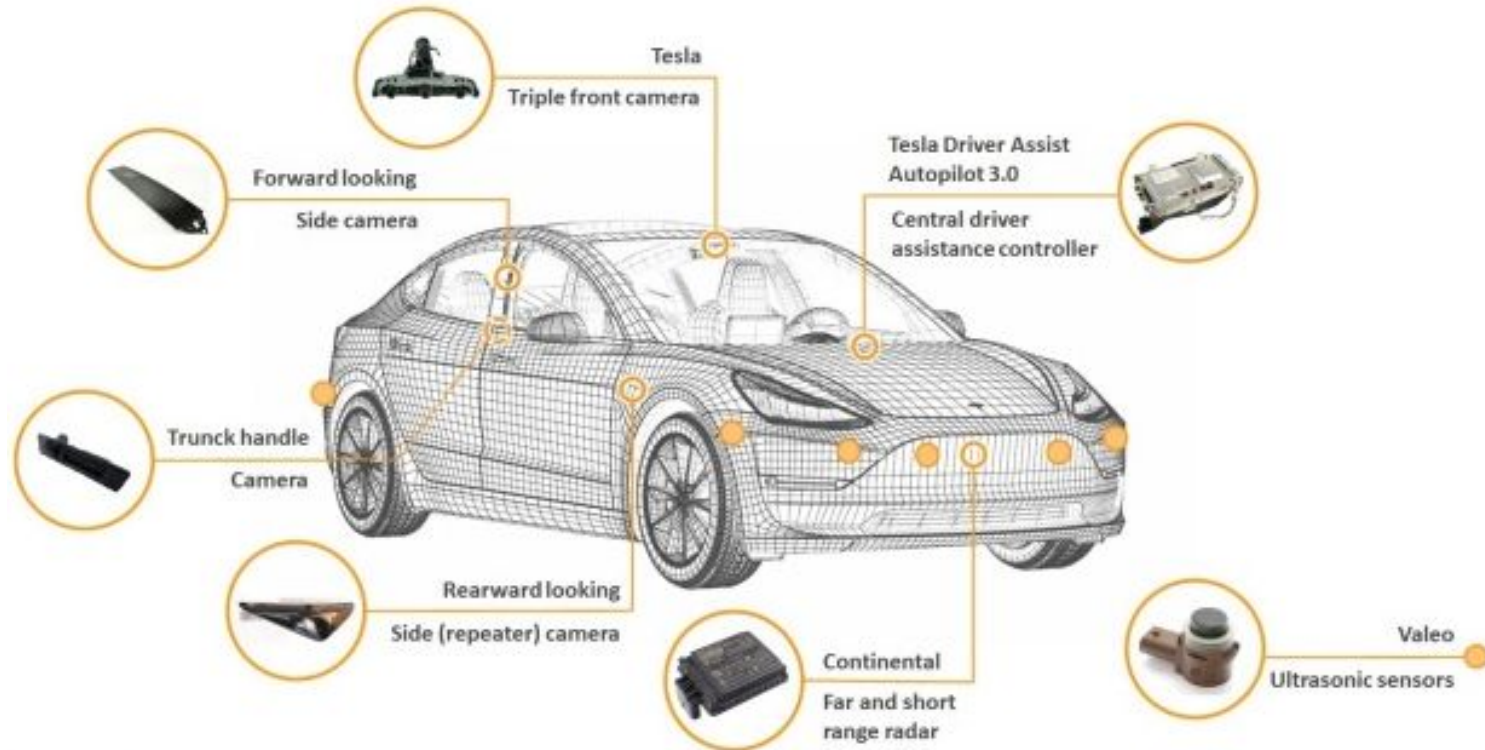


Sistemas Autónomos

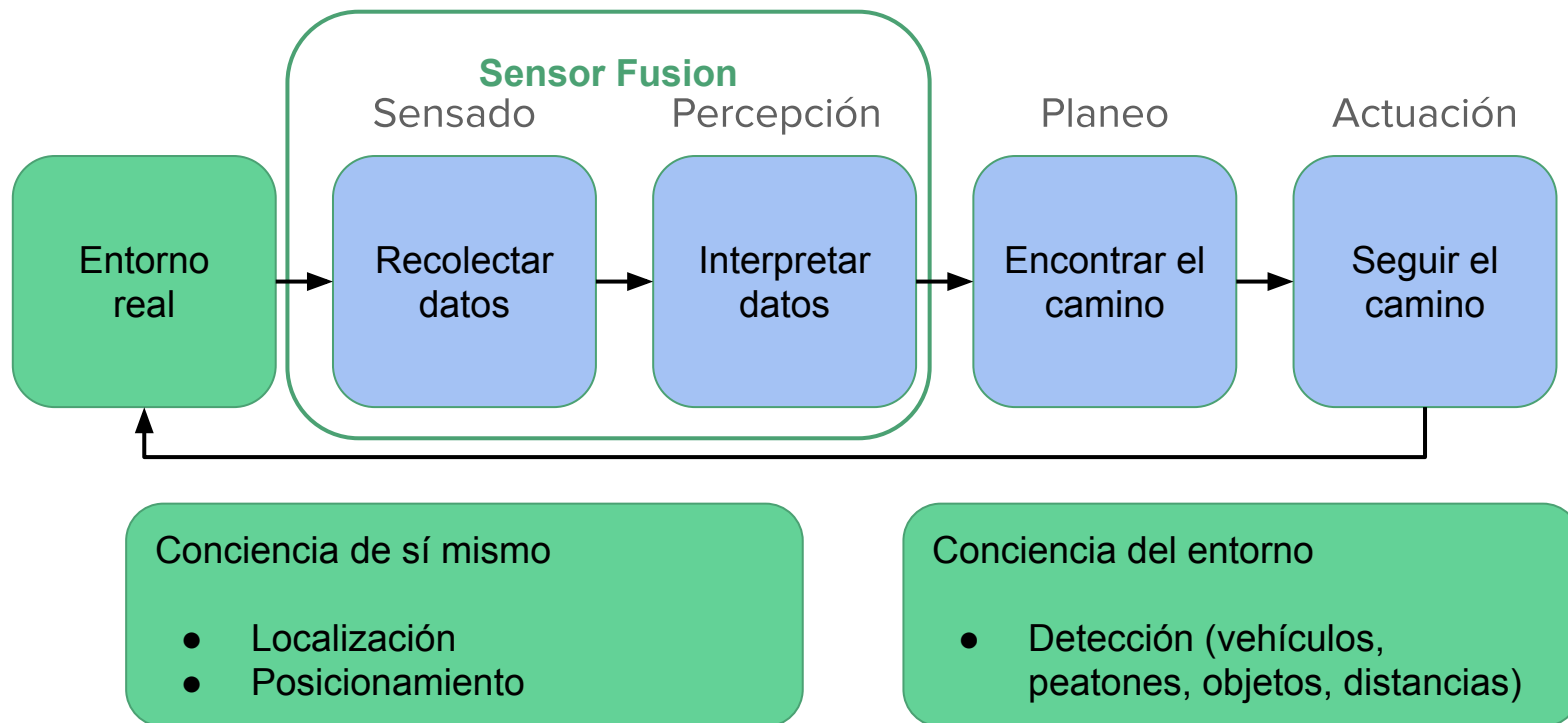


Sistemas Autónomos

Source: Automotive Teardown Tracks, 2020




Sistemas Autónomos



¿Qué hace un IMU?

IMU - Inertial Measurement Units

- El giroscopio mide velocidad angular en grados/seg. 
- El acelerómetro mide aceleración lineal en m/s^2 .
- El magnetómetro mide la intensidad del campo magnético en μT
(1 Gauss = 100 μT)

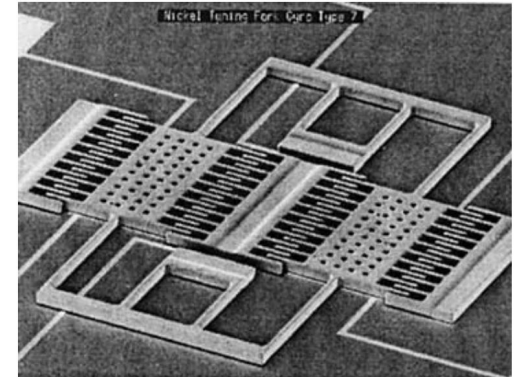
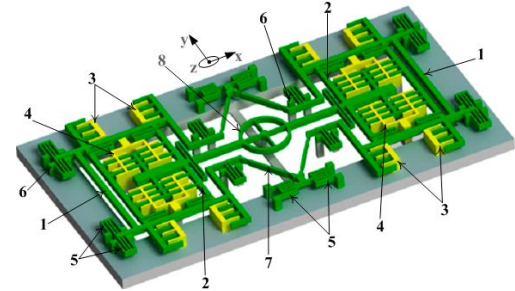
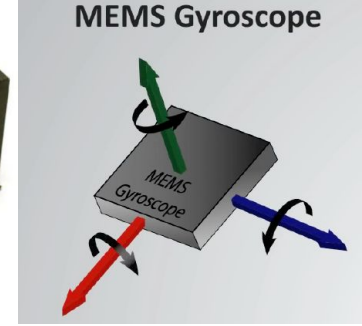
Giroscopio

Producto del avance de la tecnología, los giroscopios pueden ser encontrados en un chip de silicio con partes móviles denominado MEMS (MicroElectroMechanical Systems).

Modelo: $\tilde{\omega} = \omega + \text{bias} + \eta \rightarrow \eta \sim N(0, \sigma^2)$ AGN

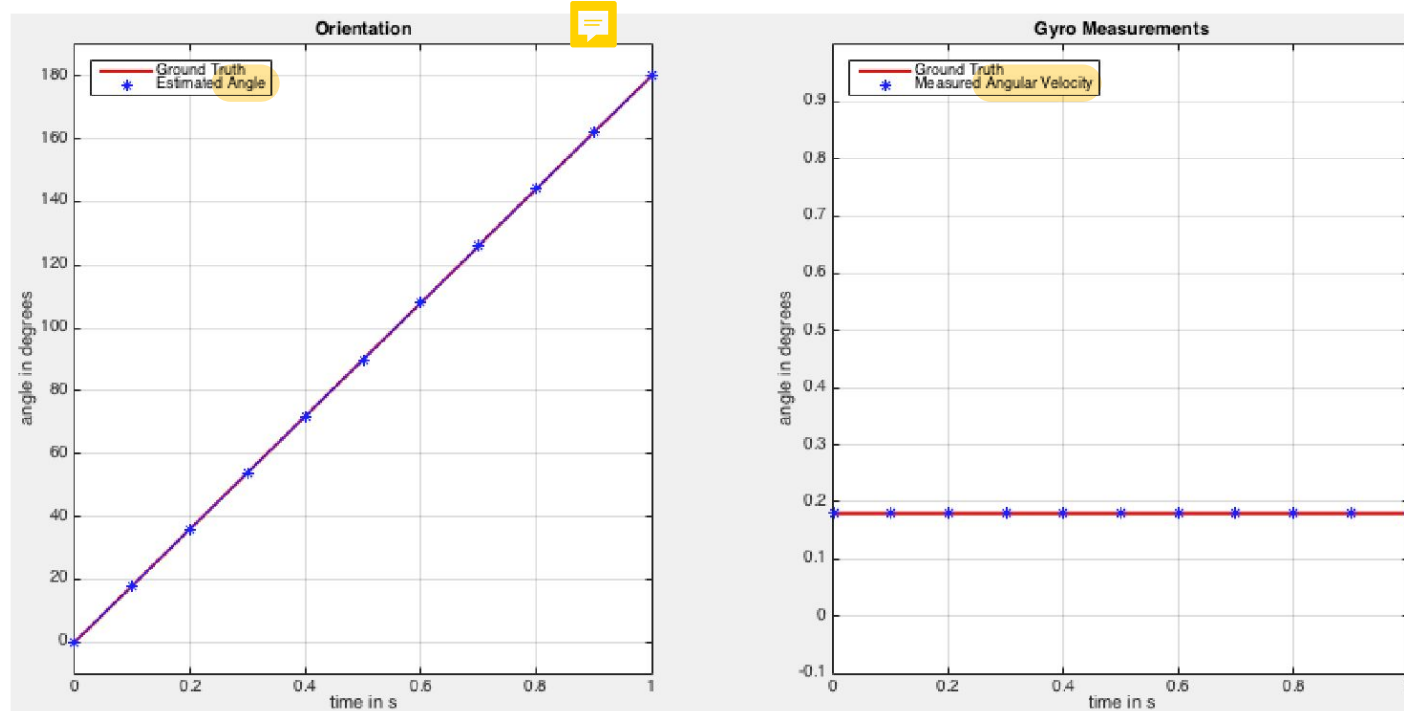


- El bias (polarización) depende de la temperatura y puede cambiar a lo largo del tiempo.
- η : Ruido gaussiano aditivo con media cero y desvío estándar al cuadrado.



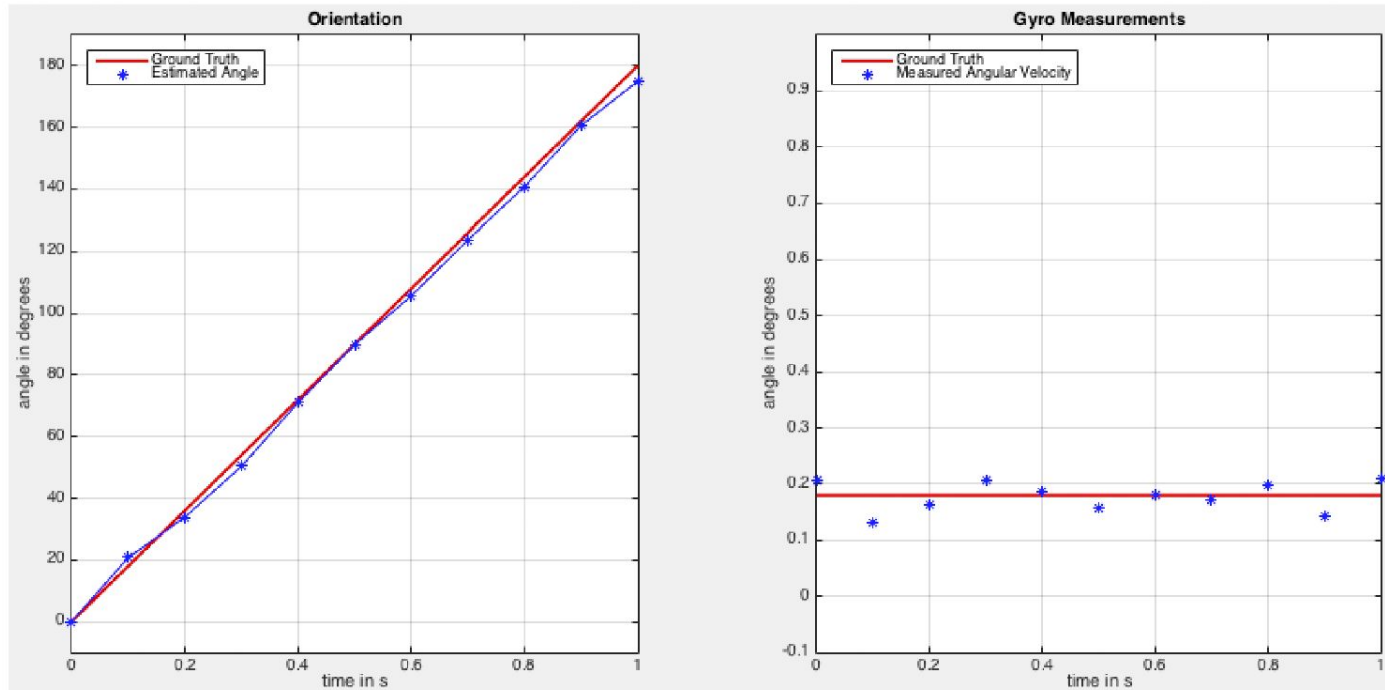
Integración del giroscopio

Movimiento lineal, sin ruido, sin polarización.



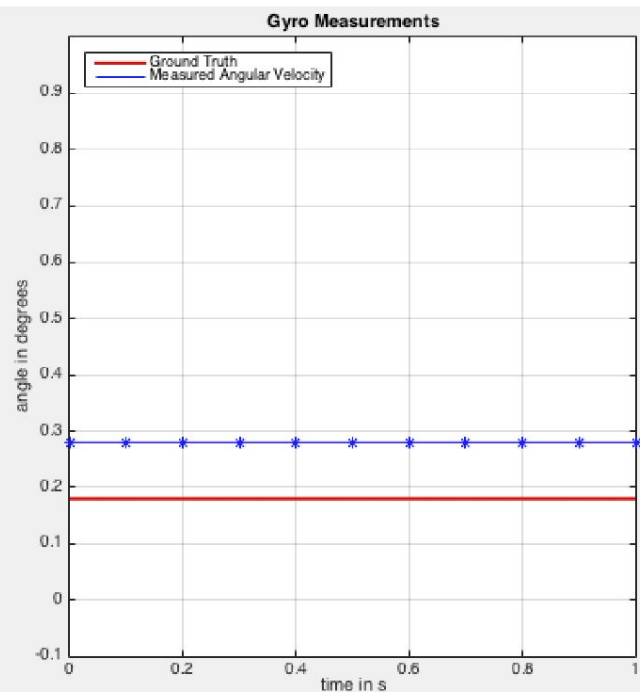
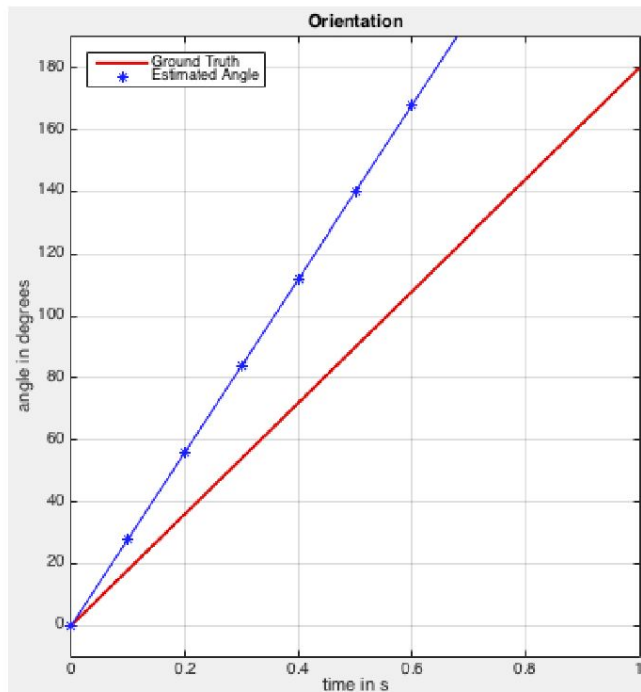
Integración del giroscopio

Movimiento lineal, **con ruido**, sin polarización.



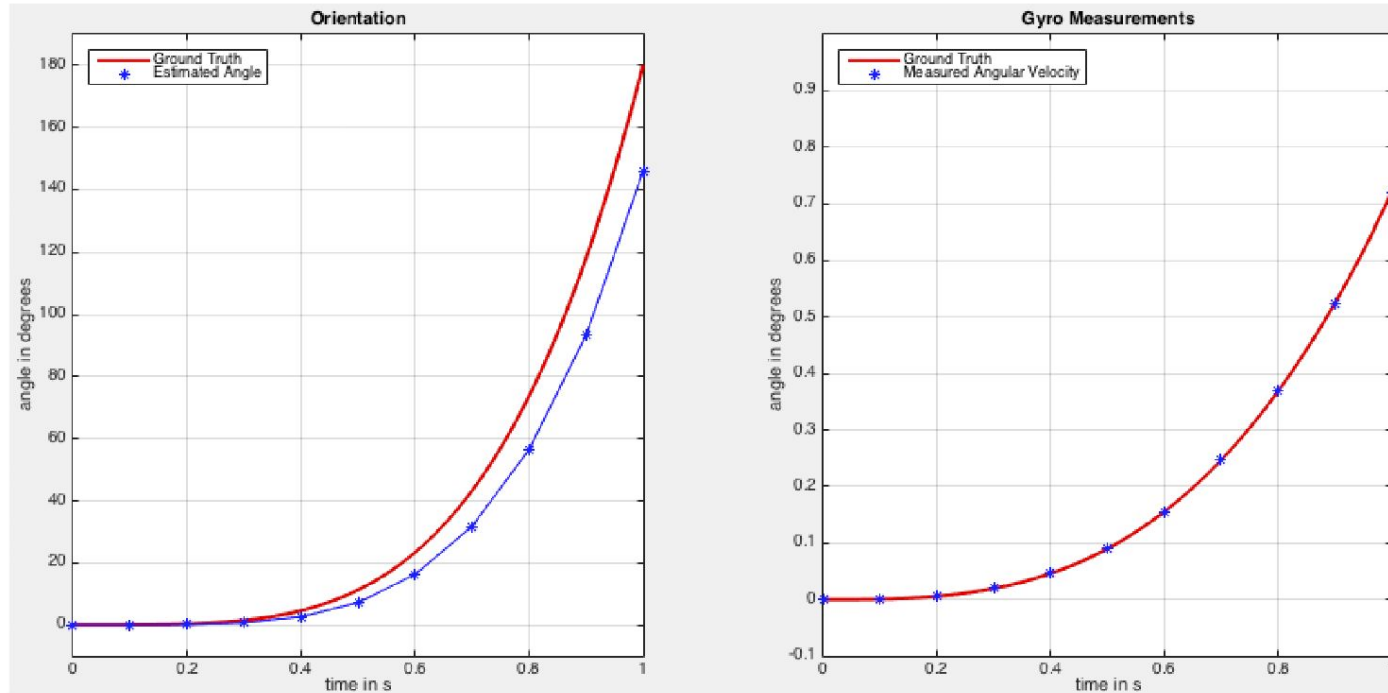
Integración del giroscopio

Movimiento lineal, sin ruido, **con polarización**.



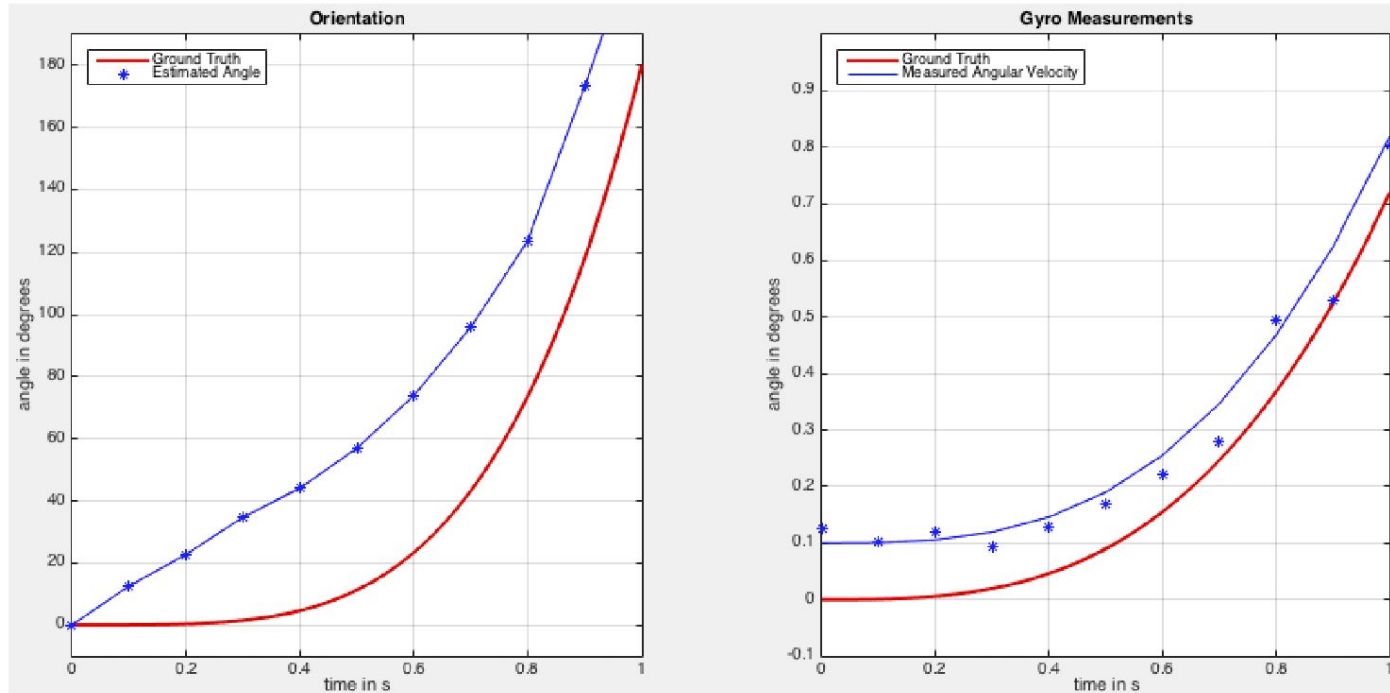
Integración del giroscopio

Movimiento no lineal, sin ruido, sin polarización.




Integración del giroscopio

Movimiento no lineal, con ruido, con polarización.



Giroscopio

- Incluso conociendo el valor de la polarización y el ruido es cero al integrar tenemos deriva. 
- Sin embargo, la polarización y la varianza el ruido puede ser estimada, con ayuda de otros sensores podemos corregir la deriva (Sensor Fusion).


Es preciso en el corto plazo pero no en el largo plazo debido a la deriva.

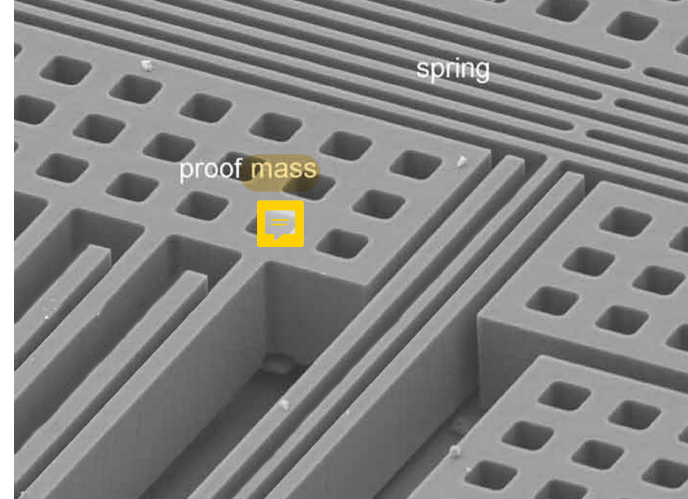
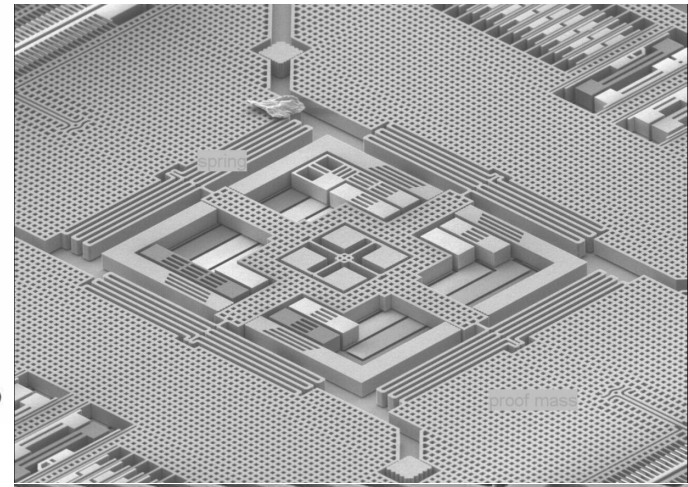
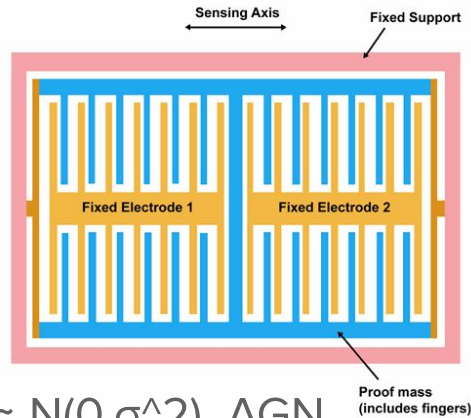
Acelerómetro

Miden la aceleración lineal

Modelo: $a = a(g) + a(l) + \eta \rightarrow \eta \sim N(0, \sigma^2)$ AGN

- $a(g)$ corresponde a la aceleración de la gravedad ($9.81 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ g}$).
- $a(l)$ corresponde a aceleraciones externas.
- η : Ruido gaussiano aditivo con media cero y desvío estándar al cuadrado.

Sin movimiento, $a(l)$ es cero, por lo tanto el acelerómetro apunta hacia arriba. 



Acelerómetro

Ventajas:


- Apunta en promedio hacia arriba con un valor de 1g.
- Preciso a largo plazo debido a que no posee deriva y el centro de gravedad de la tierra “no se mueve”.

Desventajas

- Posee mucho ruido en la medición.
- Poco confiable a corto plazo debido al movimiento (y al ruido)

Solución → Complementarlo con un giroscopio. 

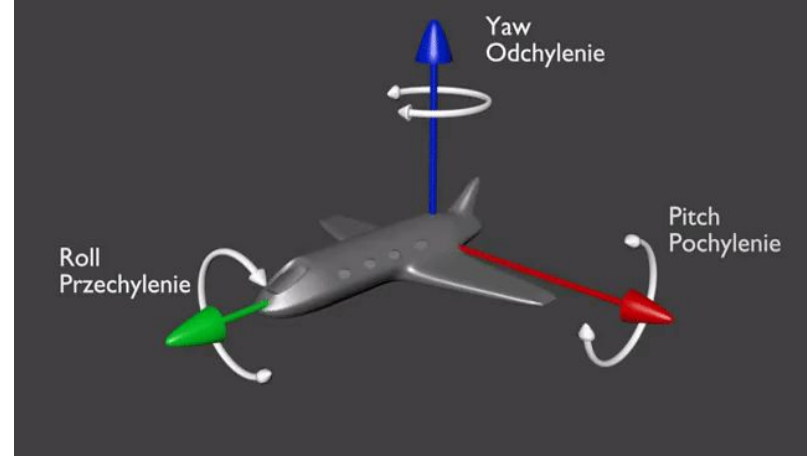
Giróscopo - Acelerómetro

Fusionando el acelerómetro y el giroscopio tenemos un sensor de 6 DOF. 

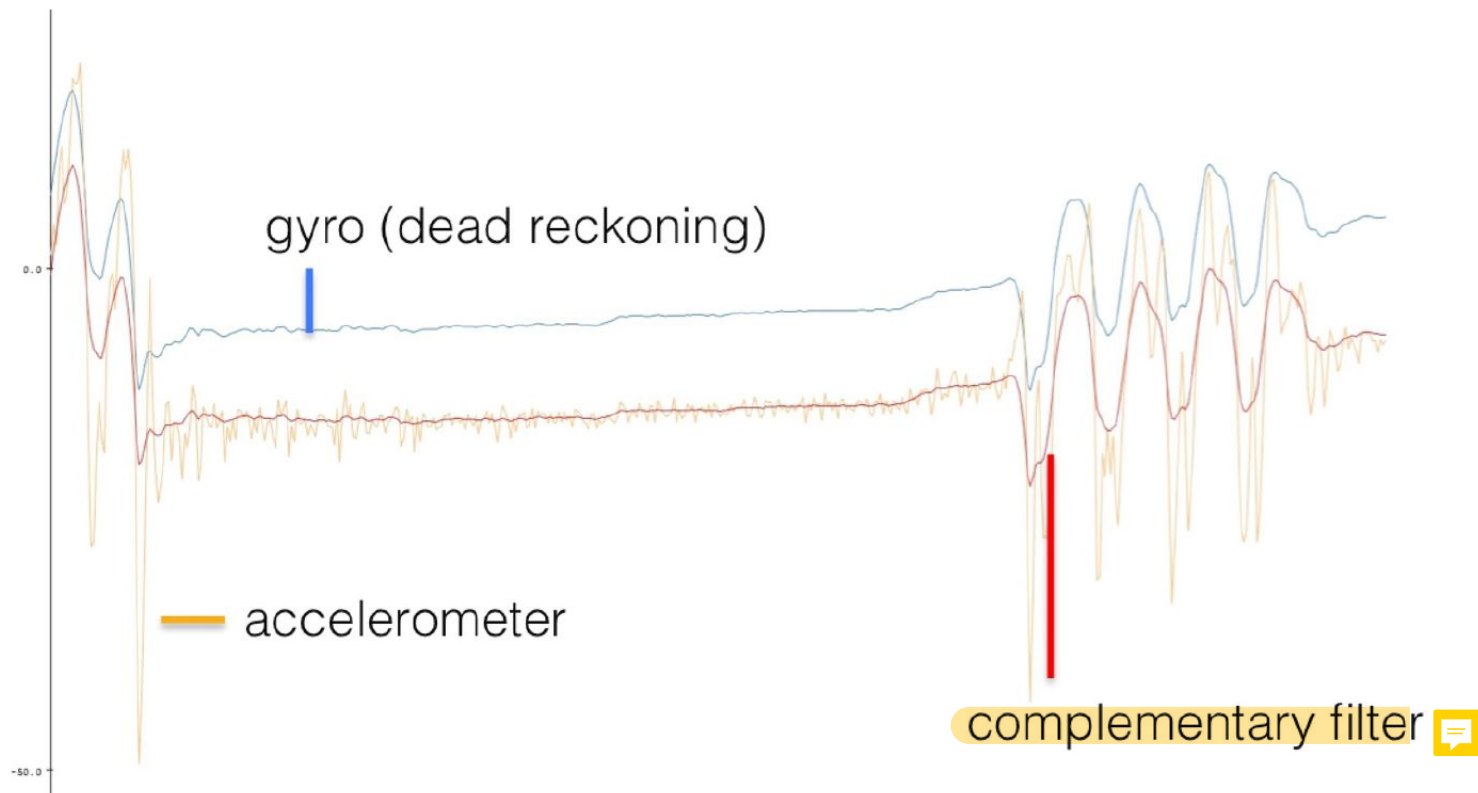
Podemos corregir las mediciones de inclinación del dispositivo sea pitch y/o roll pero el acelerómetro no brinda información de yaw para poder ajustar la medición.

Esta combinación de 6DOF se puede realizar mediante:

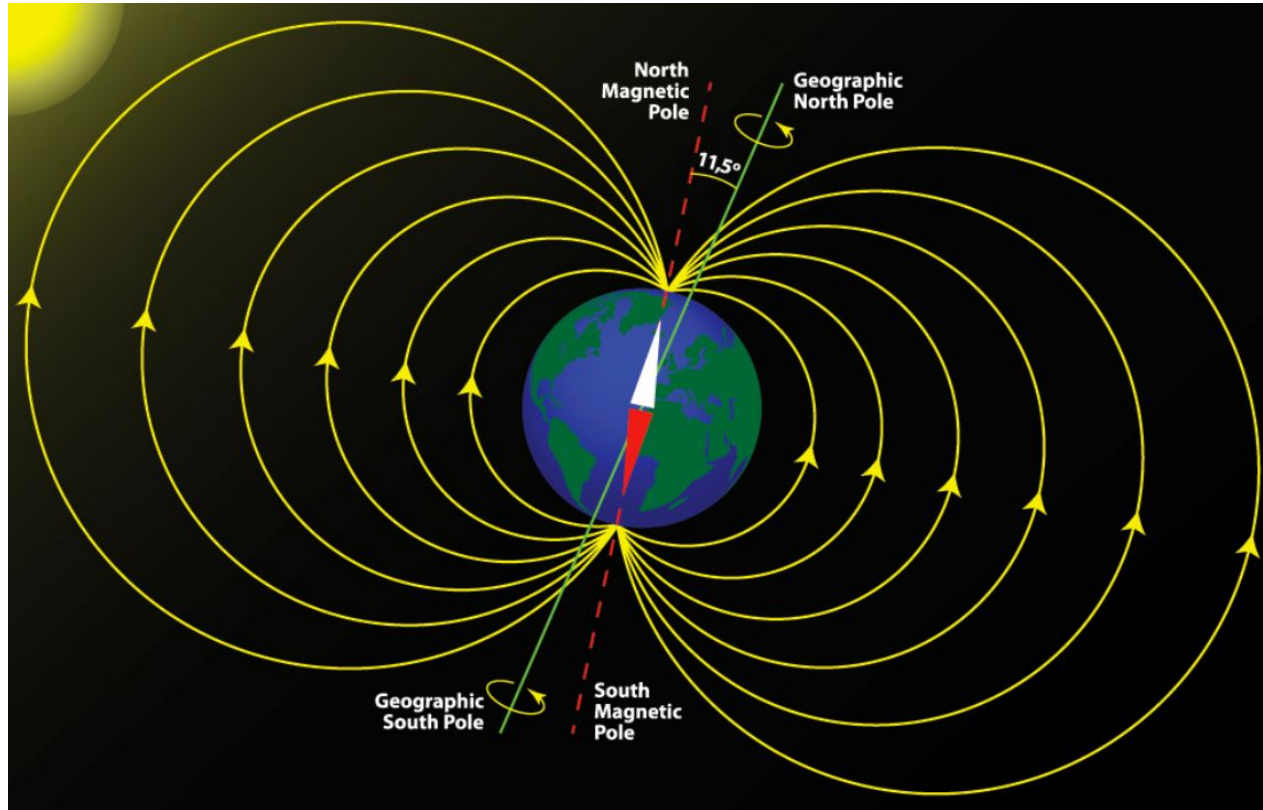
- Giroscopio → Remover la deriva mediante un filtro pasa altos.
- Acelerómetro → Remover el ruido mediante un filtro pasa bajos.



Giróscopo - Acelerómetro



Magnetómetro



Magnetómetro

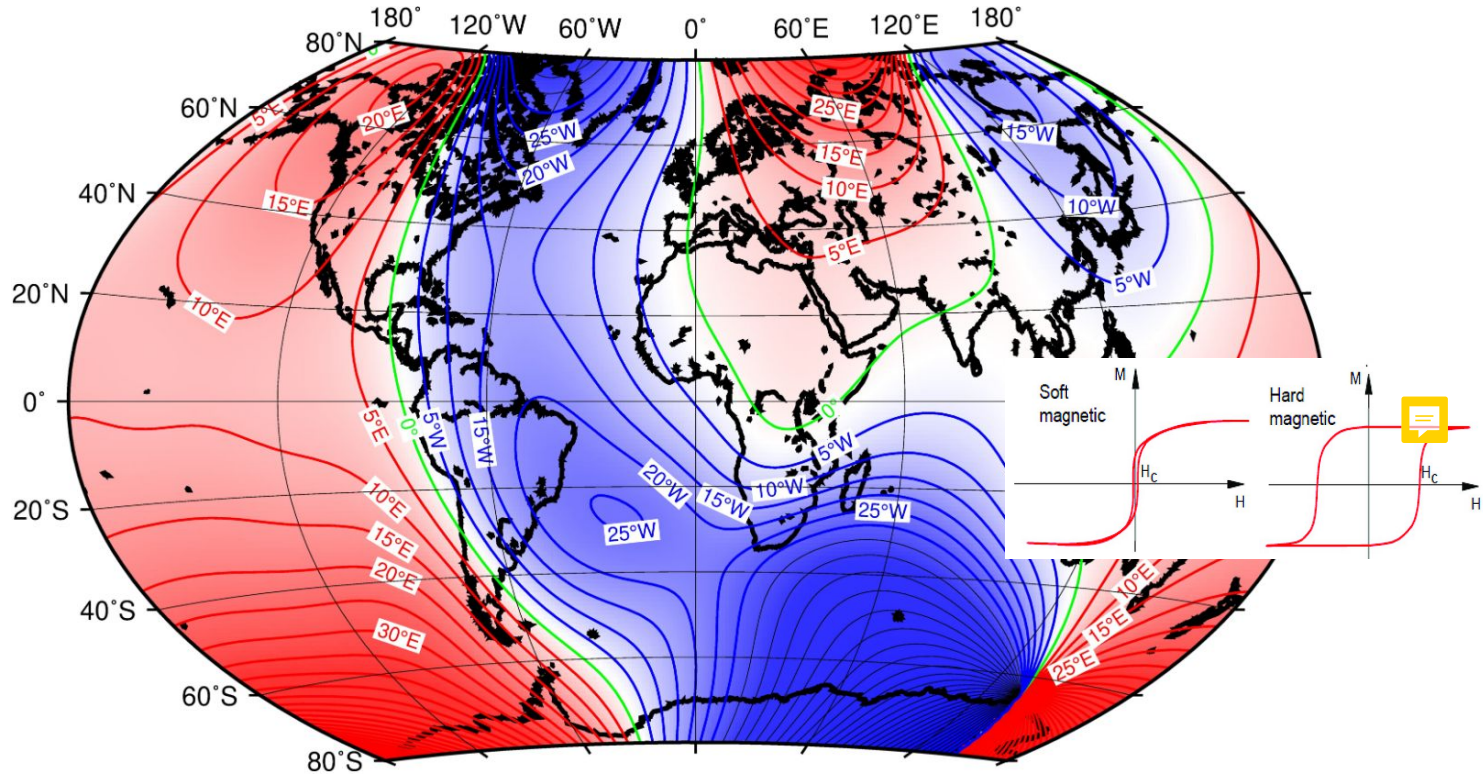
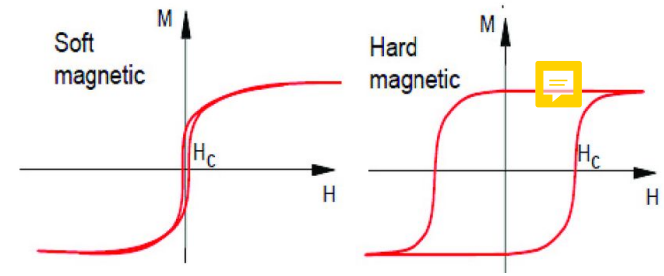



Figure 2: Map of declination (degrees East or West of true north) at 2020.0

Magnetómetro



- Mide la intensidad del campo magnético en Gauss o μT . 
- Posee tres ejes ortogonales.
- La dirección actual depende de la latitud y la longitud en donde estemos.
- Produce distorsiones debidas a metales o objetos electrónicos que produzcan campos magnéticos.
- Deben ser calibrados para que los resultados sean útiles.

Magnetómetro

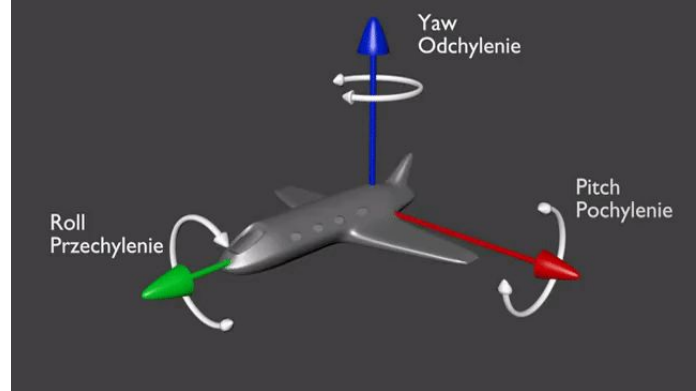
Ventajas:

- Complementario al acelerómetro - aporta Yaw.



Desventajas:

- Es afectado fuertemente por elementos magnéticos circundantes como metales, imanes, bobinados ...
- Es necesario conocer la localización geográfica incluso cuando es calibrado.



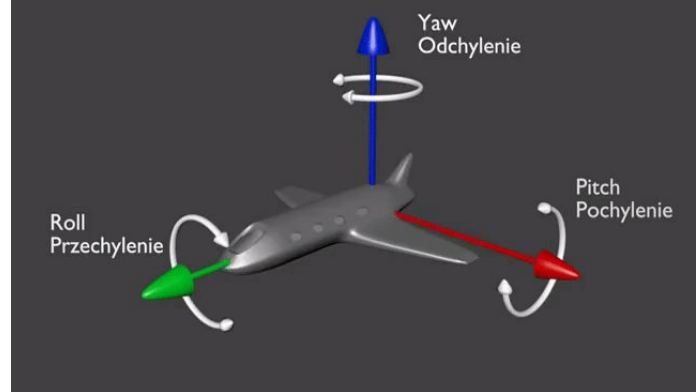
Magnetómetro

Ventajas:

- Complementario al acelerómetro - aporta Yaw.

Desventajas:

- Es afectado fuertemente por elementos magnéticos circundantes como metales, imanes, bobinados ...
- Es necesario conocer la localización geográfica incluso cuando es calibrado.



GPS →



Referencias



- [Google Tech Talks](#)
- [Matlab Tech Talks](#)
- [Autonomous Car Sensors](#)
- [Voting Approach](#)
- [Deep Estimation](#)

- [MPU 9250](#) - Datasheet
- [MPU 9250](#) - Register Map
- [Madgwick Algorithm](#)

