

## Resumen

El presente trabajo final de grado trata sobre la fusión de sensores para estimar la orientación de un vehículo autónomo a escala, utilizando el filtro de Kalman. Específicamente se realizó la fusión de sensores (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro) con el fin de obtener estimaciones precisas de la orientación para la correcta navegación del vehículo, que se utilizó para una competencia. Se implementaron métodos de calibración (para el acelerómetro y giroscopio) con un enfoque práctico, para que pueda ser implementado antes del inicio de la carrera en tiempo real. Se simuló el filtro de Kalman para determinar la influencia de la variación de los parámetros que intervienen en las ecuaciones del filtro de Kalman. Se mejoró la respuesta de la instrumentación a las perturbaciones, lo que lleva a una estimación adecuada de la orientación.

## Introducción

Los algoritmos de navegación para vehículos autónomos requieren datos precisos de posición y orientación, para conseguir esto, se deben usar sensores de alta calidad, que generalmente son costosos y de difícil acceso. Una alternativa para lograr la precisión requerida es la fusión de distintos sensores de bajo costo.

La fusión de sensores combina lecturas de diferentes fuentes para obtener información con menos incertidumbre que la obtenida por cada sensor individual. Esto permite aumentar la supresión de ruido y la precisión del sistema de medición.

## Objetivo

Fusionar datos de sensores para estimar la orientación de un vehículo autónomo a escala, mediante el filtro de Kalman.

## Materiales y Métodos

Los datos que son fusionados, provienen de tres sensores (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro), estos son procesados en un dispositivo embebido (myrio) y el software utilizado es el LabVIEWW.

El algoritmo de fusión de datos seleccionado es el filtro de Kalman, que es un algoritmo recursivo que “estima” el estado interno de un sistema dinámico lineal, mediante el uso de medidas relacionadas linealmente con el estado, pero corrompidas por el ruido blanco.

El esquema utilizado para la fusión de datos es el siguiente:

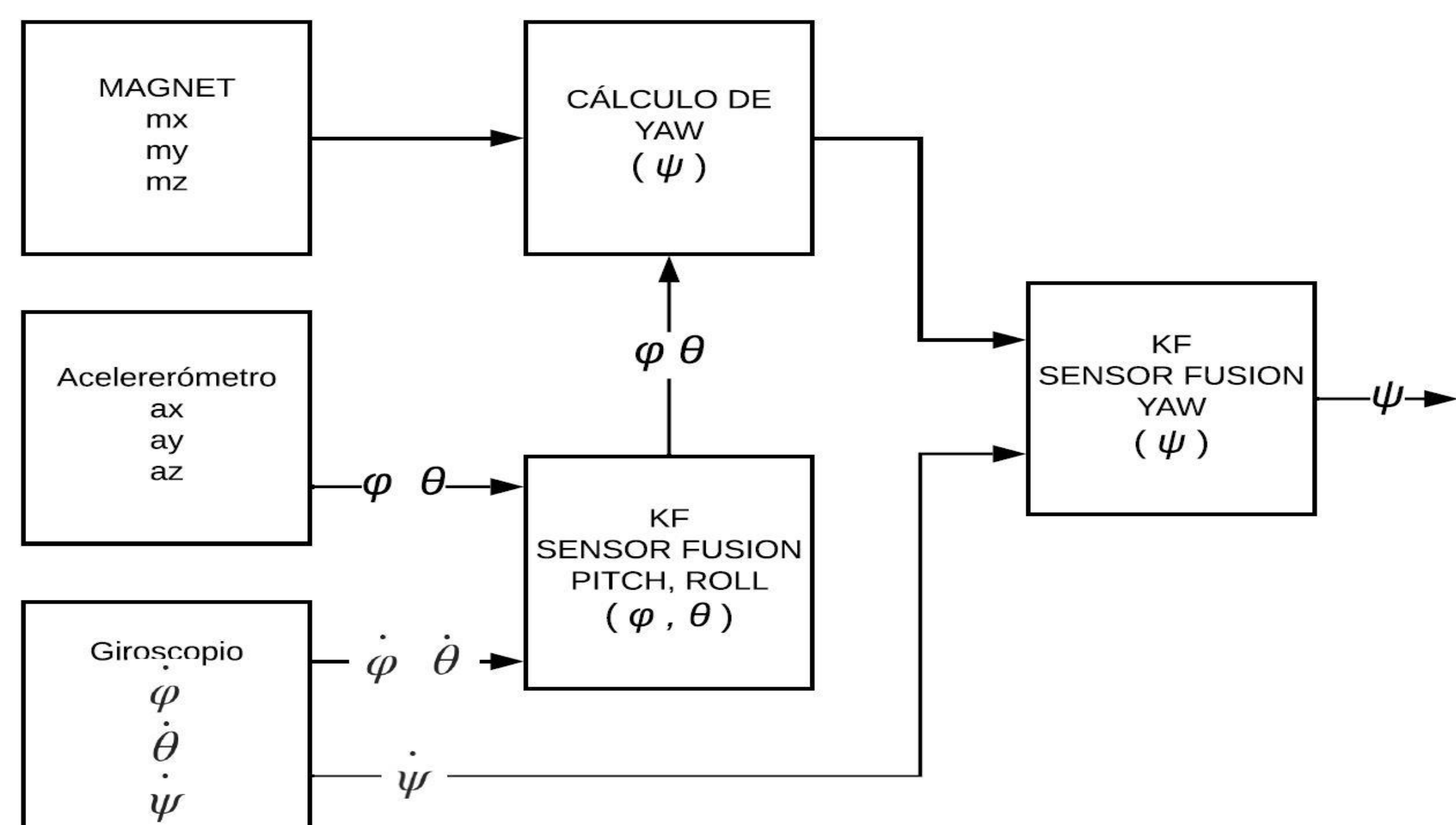


Figura 1: Estructura de fusión de datos.

Los datos provenientes del acelerómetro y giroscopio son fusionados para obtener estimaciones más precisas de la inclinación del vehículo (ángulos Pitch  $\varphi$  y Roll  $\theta$ ). Estos ángulos son utilizados para cambiar los datos del magnetómetro y del giroscopio del sistema de referencia del vehículo al sistema de referencia utilizado para la navegación, luego son fusionados para obtener la orientación (ángulo Yaw  $\psi$ ).

## Resultados y Discusión

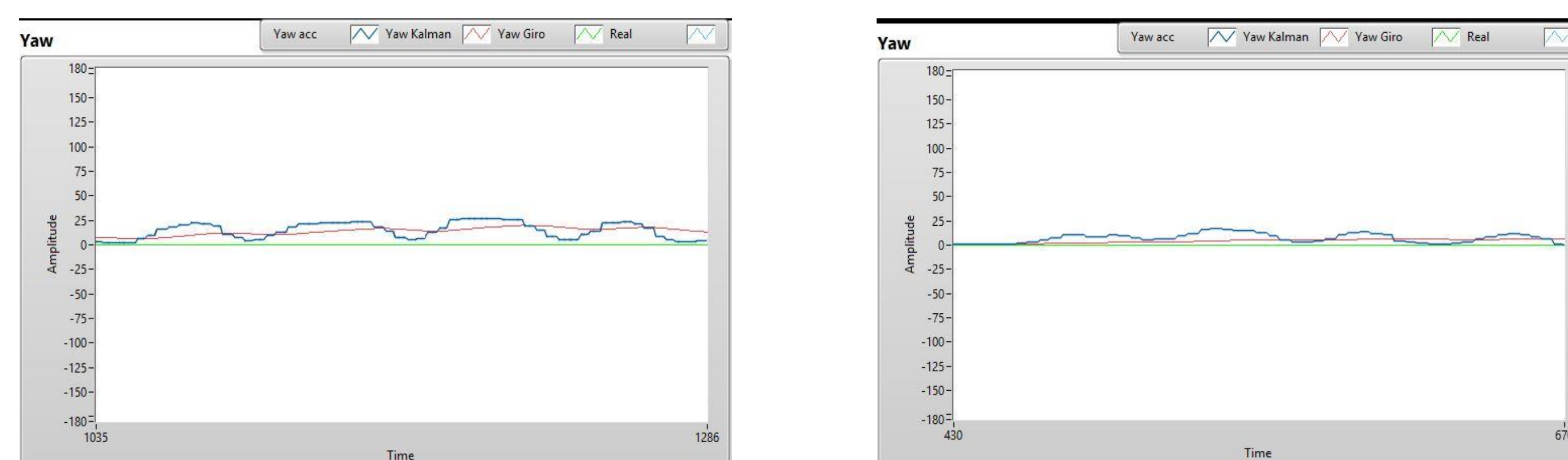


Figura 2: Respuesta de la fusión Yaw”.

Se puede observar en la Figura 2 la mejoría que introduce el giroscopio, suavizando la curva, y la componente del magnetómetro contribuye a que no haya errores acumulativos (propias del giroscopio).

Se procede a hacer pruebas con distintos valores de los parámetros que intervienen en las ecuaciones del filtro de Kalman, específicamente, se somete el sensor a distorsiones magnéticas durante el cálculo de la matriz de covarianza de las mediciones, esto, para conseguir que el resultado de la fusión sea robusta ante perturbaciones magnéticas.

Los resultados con distintos valores de los parámetros se pueden observar en las siguientes figuras:



(a)

(b)

Figura 3: Respuesta de la fusión con distintas matrices de covarianza. (a) Susceptible a perturbaciones y (b) robusta ante perturbaciones magnéticas.

Los errores RMS de la fusión de datos mostrados en la Figura 3 se muestran en la Tabla 1:

$\psi$	Error RMS
Magnetómetro	260.36643
Giroscopio	0.0170
Fusión	190.5

(a)

$\psi$	Error RMS
Magnetómetro	250.822902
Giroscopio	0.02036
Fusión	4.065

(b)

Tabla 1: Errores RMS (a) de la Figura 3 (a), (b) de la Figura 3 (b).

Aunque las estimaciones del ángulo Yaw a partir de la fusión resulta con mayor error respecto al ángulo obtenido a partir del giroscopio, este se presenta más robusto ante aceleraciones horizontales y no tiene errores acumulativos, propias del giroscopio, producto de integrar su salida para obtener el ángulo Yaw.

## Conclusiones

Como resultado de la presente investigación se pudo fusionar los sensores (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro) de manera correcta y se obtuvo datos que fueron más robustos a perturbaciones externas, que permitió extraer la información más relevante y exacta posible, a partir de esto se pudo planificar y ejecutar acciones para hacer posible la navegación de un vehículo autónomo.