



**UNIVERSIDAD YACAMBÚ  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**VEHÍCULO PARA PERSONAS CON COMPROMISOS  
MOTRICES BAJO EL MODELO DE PÉNDULO INVERTIDO.**

Autor: Sánchez O. Alexis A.  
Tutor: Saúl E. Moreno S.

Cabudare, Abril 2012



**UNIVERSIDAD YACAMBÚ**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**VEHÍCULO PARA PERSONAS CON COMPROMISOS**  
**MOTRICES BAJO EL MODELO DE PÉNDULO INVERTIDO.**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero en Electrónica Mención Computación

Autor: Sánchez O. Alexis A.  
Tutor: Saúl E. Moreno S.

Cabudare, Abril 2012

## **DEDICATORIA**

## **AGRADECIMIENTO**

## **INDICE GENERAL**

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS	vi
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	ix
ESTUDIOS PREVIOS	x
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	xii
Objetivo General	xii
Objetivos Específicos	xii
Alcances y Limitaciones	xiii
Diagrama de bloques y/o diagrama de procesos.	xiv
Esquemáticos y Módulos	xvi
Alimentación:	xvi
L298 – Puente H Dual	xviii
Arduino	xx
IMU3000&ADXL345	xxii
Conversor de Niveles Lógicos	xxiv
Pruebas y Resultados.	xxvii

Aceleración Angular:  
Diagrama de Flujo

xxxii  
xxxiv

## **INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS**

## **ACTA DE EVALUACIÓN**

## RESUMEN

# INTRODUCCIÓN



## **ESTUDIOS PREVIOS**

Una base importante en el desarrollo de cualquier proyecto son los estudios previos. Se han encontrado trabajos orientados hacia el problema presentado y otros estrechamente relacionados con esta investigación los cuales suministran información que ayudará al desarrollo de este proyecto.

Araujo (2007) en su trabajo “sistema de control para movimientos de una silla de ruedas mediante soplo /aspiración y movimientos del cuello” con una automatización de los movimientos de una silla de ruedas, se intenta facilitar el desplazamiento para personas con cuadriplejia, esto presenta una interesante semejanza al intentar facilitar la locomoción a personas con compromisos físicos que limitan su movimiento. De este trabajo se puede aprender sobre el manejo de motores dc, así como la correcta selección en cuanto al nivel de torque y velocidad para el desplazamiento humano,

También se puede encontrar a Sequera (2008) con el “controlador del péndulo invertido, usando lógica difusa” presenta un desarrollo muy extenso de sistema de control para un péndulo invertido, en este caso para conceptos de laboratorio, usando lógica difusa y controlado desde un ordenador, aunque el péndulo invertido controlado en este trabajo tiene un movimiento limitado, se puede encontrar, durante el desarrollo de este trabajo, con elementos fundamentales como las ecuaciones físicas y modelos

matemáticos que rigen el modelo de estudio. A través del desarrollo de este trabajo se puede aprender sobre el análisis del modelo matemático necesario para el equilibrio de un péndulo invertido así como diferentes técnicas de control.

En este orden Imery (2010), con el trabajo “plataforma robótica de transporte” presenta una solución a todo tipo de personas para la asistencia en la movilidad con una plataforma cuya superficie de movimiento es realmente pequeña, con una gran integración dentro de cualquier entorno, inclusive terreno irregular, su uso de servomotores para la locomoción de su robot poli-articulado, es de gran utilidad para el sistema de seguridad que llevara integrado el desarrollo este trabajo de grado.

Todos estos trabajos de investigación fueron el punto de inicio para la realización de esta investigación, en vista de que poseen lineamientos similares ya que se basan en los fundamentos teóricos y prácticos, así incluso materiales similares necesarios para la realización de esta.

## **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### ***Objetivo General***

Desarrollar un vehículo para personas con compromisos motrices bajo el modelo de péndulo invertido

### ***Objetivos Específicos***

- Estudiar el modelo matemático del Péndulo Invertido como solución a modelos de estabilidad para vehículos personales.
- Desarrollar un Sistema de Control para un Péndulo Invertido que pueda ser implementado desde un Micro Controlador.
- Implementar de una etapa de monitoreo electrónico para los sensores ubicados en el vehículo.
- Desarrollar los modelos de control de una etapa Potencia y Velocidad respuesta para un motor.
- Desarrollar un sistema de seguridad para garantizar la integridad del usuario del vehículo.

## **Alcances y Limitaciones**

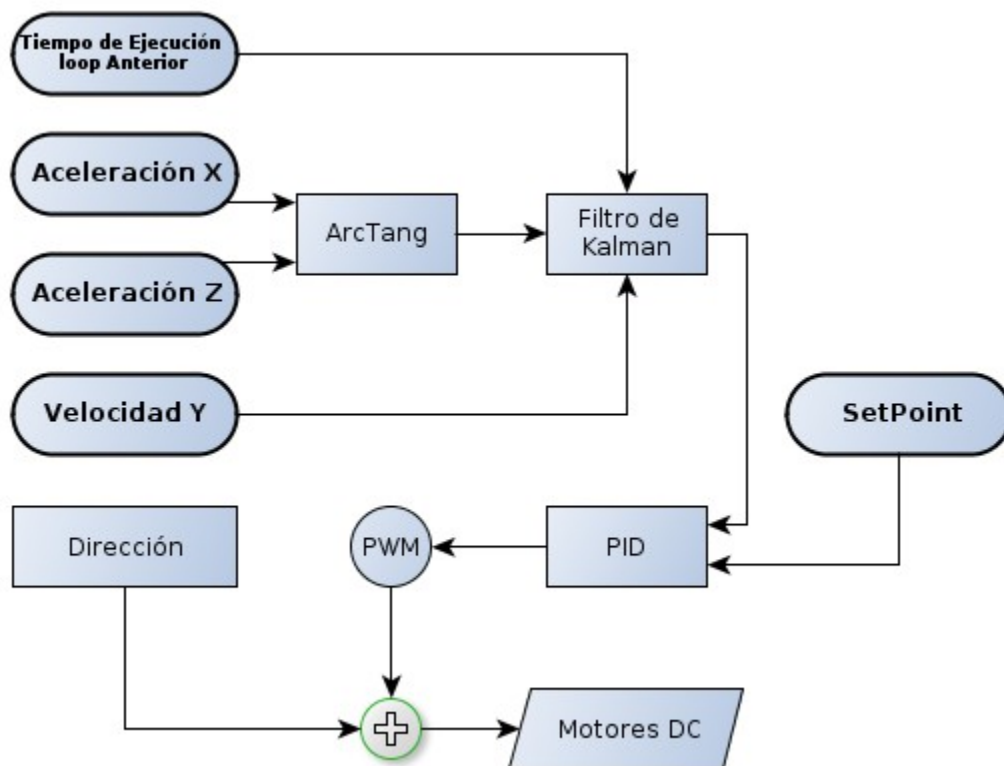
Esta investigación viene a presentar un nuevo modelo de locomoción que viene a sustituir el modelo tradicional de la silla de ruedas que lleva actualmente más de 50 años sin sufrir modificaciones de fondo, y con esto mejorar la integración, movilidad y acoplamiento de usuario dentro su entorno

De la misma manera presentara una guía para aquellos investigadores que desean estudiar modelos matemáticos y sistemas de control, dentro de un Micro Controlador, así como nuevos medios de transporte para personas con alguna discapacidad.

En este sentido, se presentara en un modelo a escala, el cual tendrá todos los dispositivos electrónicos, sensores y actuadores necesarios para un modelo a escala real, siendo solo necesario la sustitución de los motores y su control de potencia para que pueda soportar a una persona promedio.

## Diagrama de bloques y/o diagrama de procesos.

Se presenta un único diagrama de proceso ya que el sistema así lo requiere.



*Ilustración 1: Diagrama de Procesos*

Podemos ver todo como un lazo abierto de control, que esta en constante ejecución comenzando por la lectura de la señales del IMU3000 y el

ADXL345, pasando estas por un proceso de promediar cada lectura a razón de evitar lecturas no deseadas, seguido podemos obtener la razón de aceleración angular, obteniendo el arcotangente entre las señales del eje Z y X del acelerómetro.

Esta señal sera procesada por un filtro de kalman, el cual nos ayuda a evitar vibraciones y ruido en la señal.

Seguido analizaremos las señales finalmente por un control PID, dentro del Microcontrolador, como resultado de esto obtendremos el valor que sera asignado a la señal de PWM que se asignara a los motores DC.

## **Esquemáticos y Módulos**

## Alimentación:

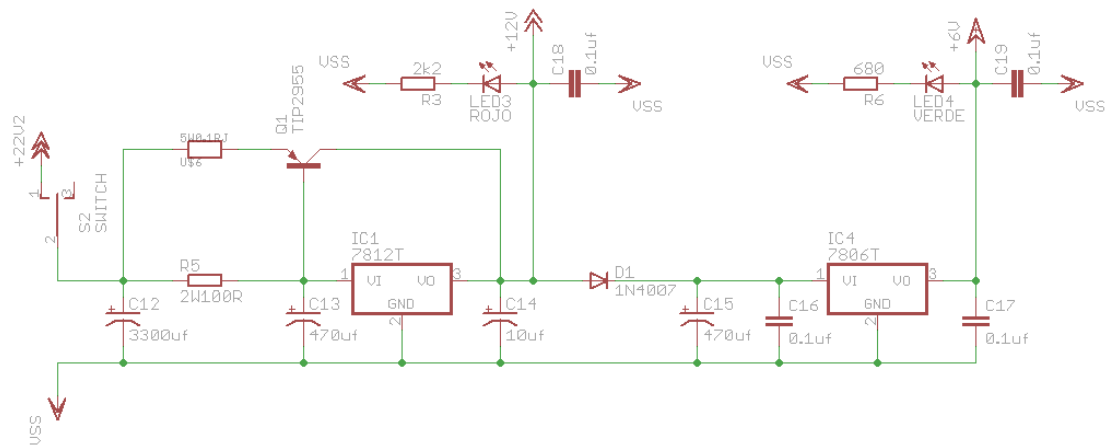


Ilustración 2: Fuente 11voltios y 6voltios

Se debió diseñar una fuente a partir de la conexión en serie de 2 baterías Lipo de 11.1v y 1.5Amp, para la alimentación de los motores DC y Servomotores. Para los motores de DC se regulo la salida a 12v usando un LM7812 y para maximizar la corriente un TIPO2955, para la alimentación de los servomotores se regulo el voltaje usando un LM7806.

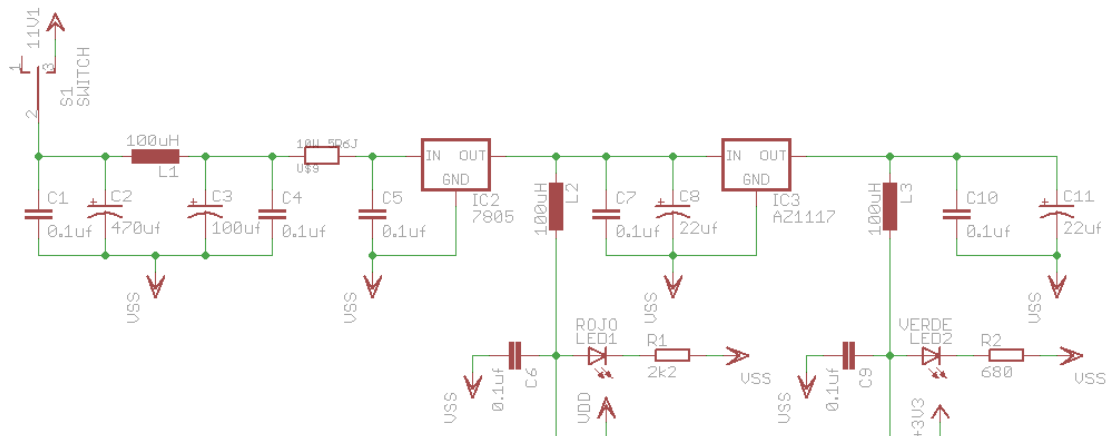
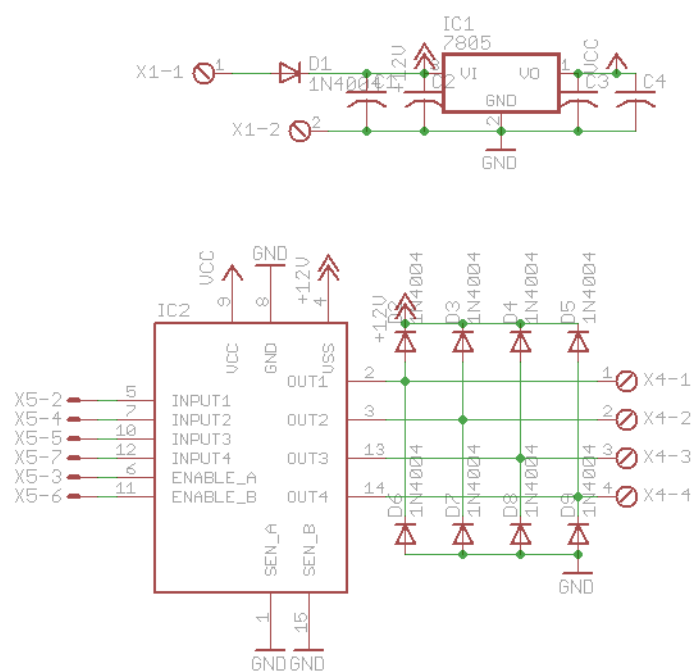


Ilustración 3: Fuente 5voltios y 3.3voltios

Para la alimentación de los dispositivos de control, (Arduino e IMU3000&ADXL345), se construyó una fuente altamente filtrada de ruido, con un LM7805 y LD1117V33 para 5.0 voltios y 3.3 voltios respectivamente.



## ***L298 – Puente H Dual***

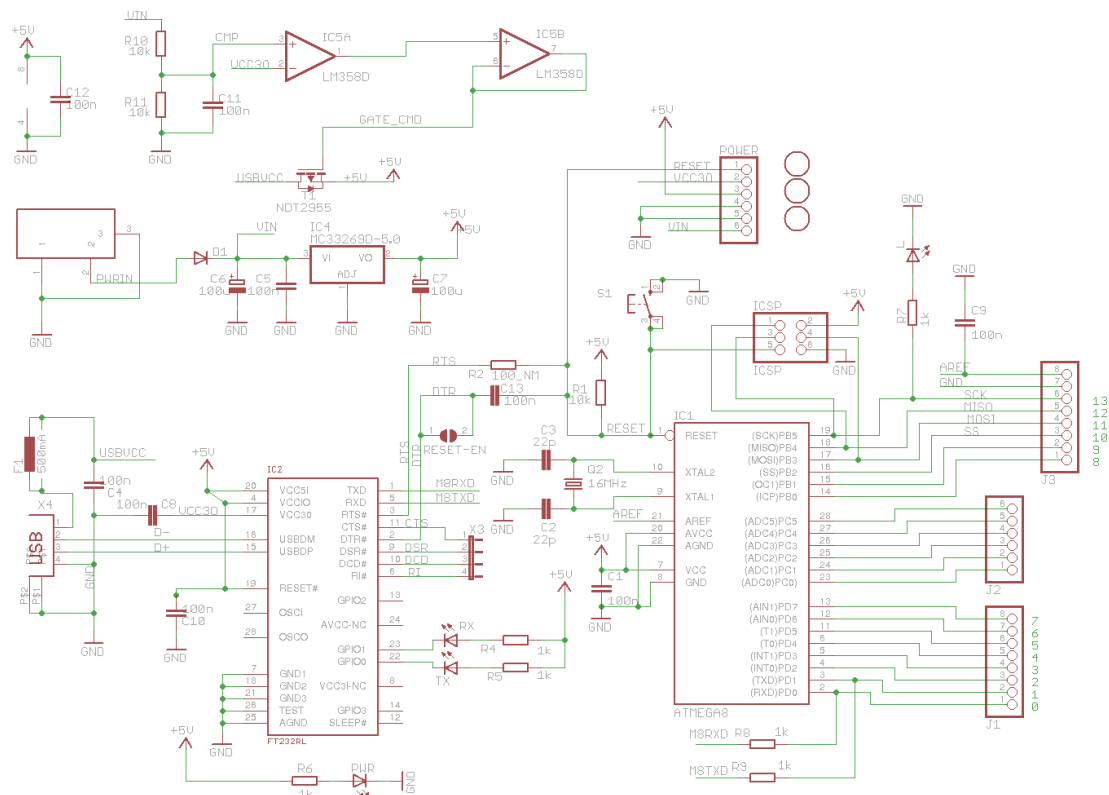


*Ilustración 4: L298*

El circuito le permitirá de manera fácil e independiente el control de dos motores DC de hasta 2A cada uno en ambas direcciones.

Permitiendo también interconectar directamente con el Arduino, mediante sus pines de entrada. El circuito incorpora 4 LEDs de dirección (2 por motor), un disipador de calor, terminales de tornillo, así como ocho diodos Schottky de protección de los CEM, y dos resistencias de alta potencia, que permiten el seguimiento de la corriente consumida en cada motor a través de los canales analógicos del Arduino.

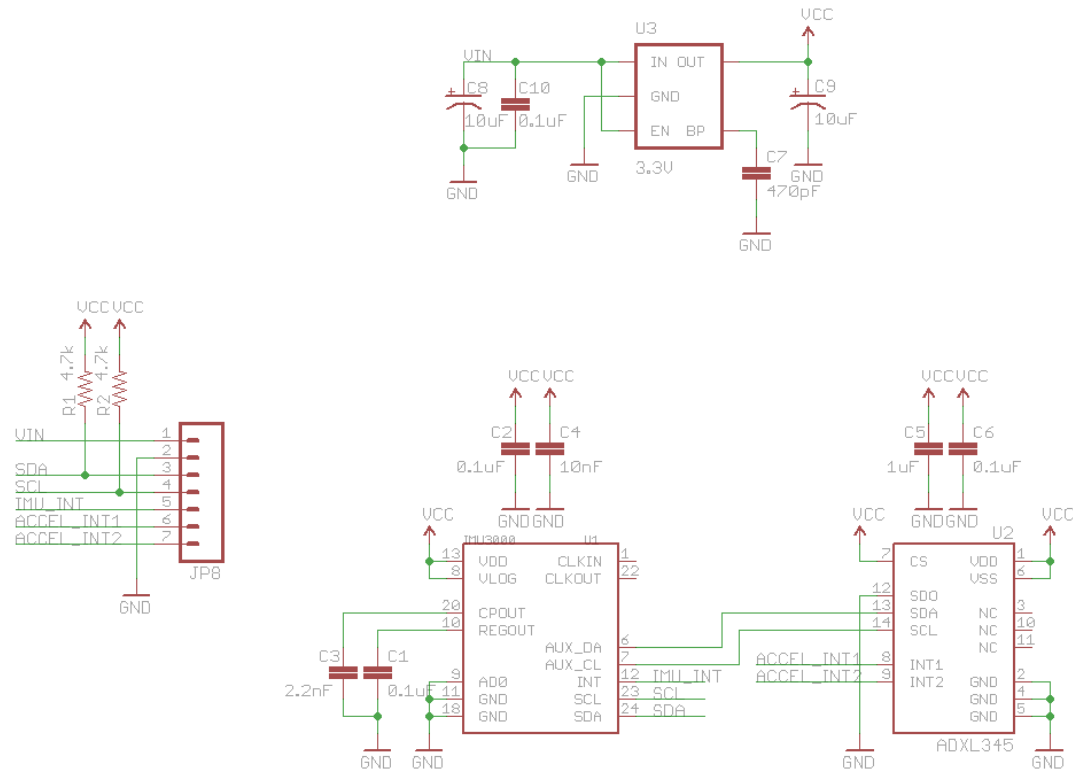
### ***Arduino***



*Ilustración 5: Arduino Duemilanove*

El Arduino Duemilanove es una placa con microcontrolador basada en el ATmega168. Tiene 14 pines con entradas/salidas digitales (6 de las cuales pueden ser usadas como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal oscilador a 16Mhz, conexión USB, entrada de alimentación, una cabecera ISCP, y un botón de reset.

## IMU3000&ADXL345



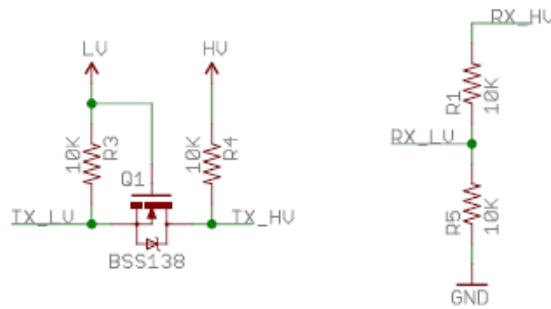
*Ilustración 6: IMU3000&ADXL345*

El IMU 3000 cuenta con un giróscopo de digital de 3 ejes con intervalos programables de 250 a 2000 grados por segundo. Además, tiene un puerto secundario I2C que interactúa con un acelerómetro digital (Adxl345) para proporcionar un completo procesamiento de movimientos en 6-ejes a la salida del sensor por su puerto I2C primario.

Por la naturaleza física de los componentes se adquirió una placa que integra ambos sensores, con los pines necesarios en el IMU 3000 y se

conecta un acelerómetro ADXL345 a la entrada I2C de la IMU 3000. También posee una regulación de voltaje a 3.3v para mayor seguridad de los dispositivos.

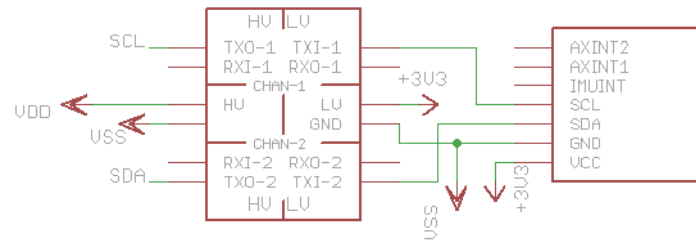
### ***Conversor de Niveles Lógicos***



*Ilustración 7: Conversor Niveles de Tensión*

Debido a la incompatibilidad de los niveles de tensión entre el Arduino y el IMU3000, se requirió una etapa de conversión de niveles de tensión, de 3.3voltios a 5voltios que sea bidireccional, esto también por el medio de comunicación i2c.

Permitiendo así esta conexión para la comunicación exitosa y segura entre imu3000 y Arduino

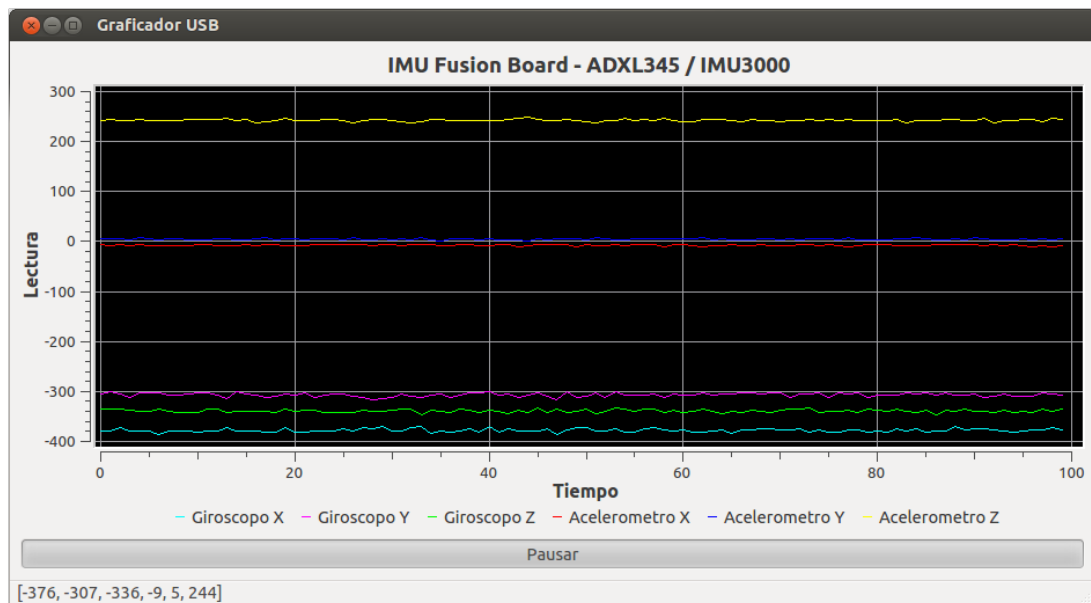


*Ilustración 8: Conexión IMU3000 y Conversión lógico*



## Pruebas y Resultados.

### Comunicación IMU3000 Combo



*Ilustración 9: IMUcombo 0 Grados*

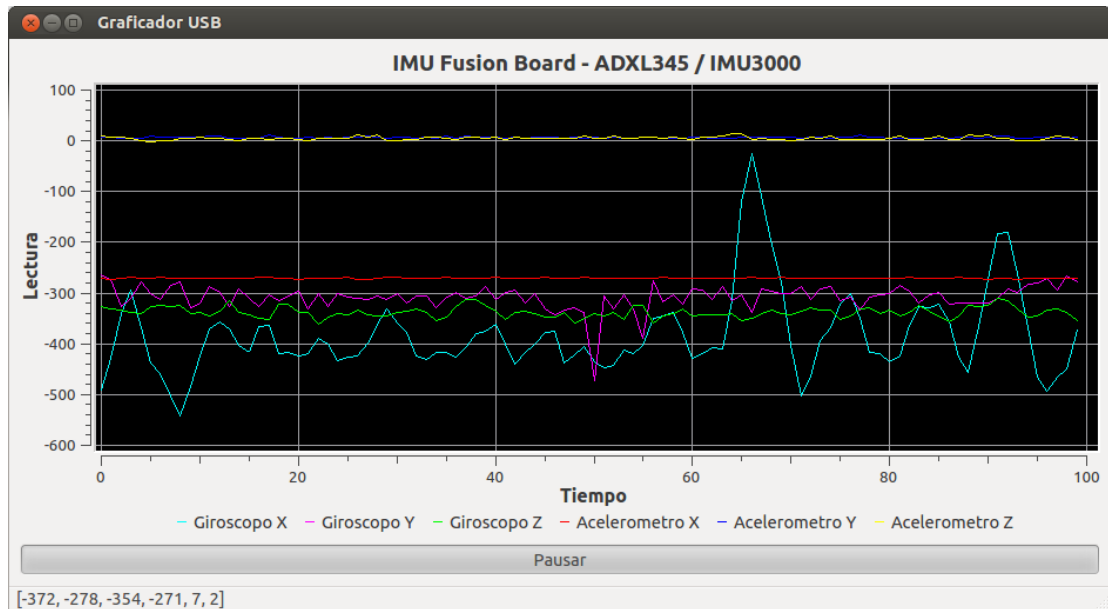


Ilustración 10: IMUcombo 90 Grados

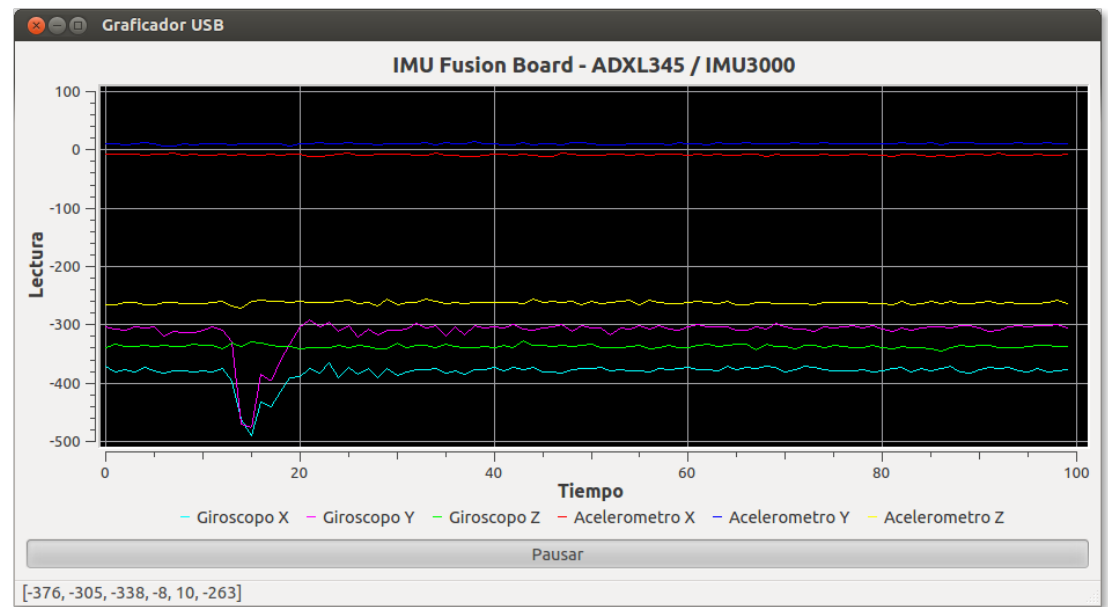
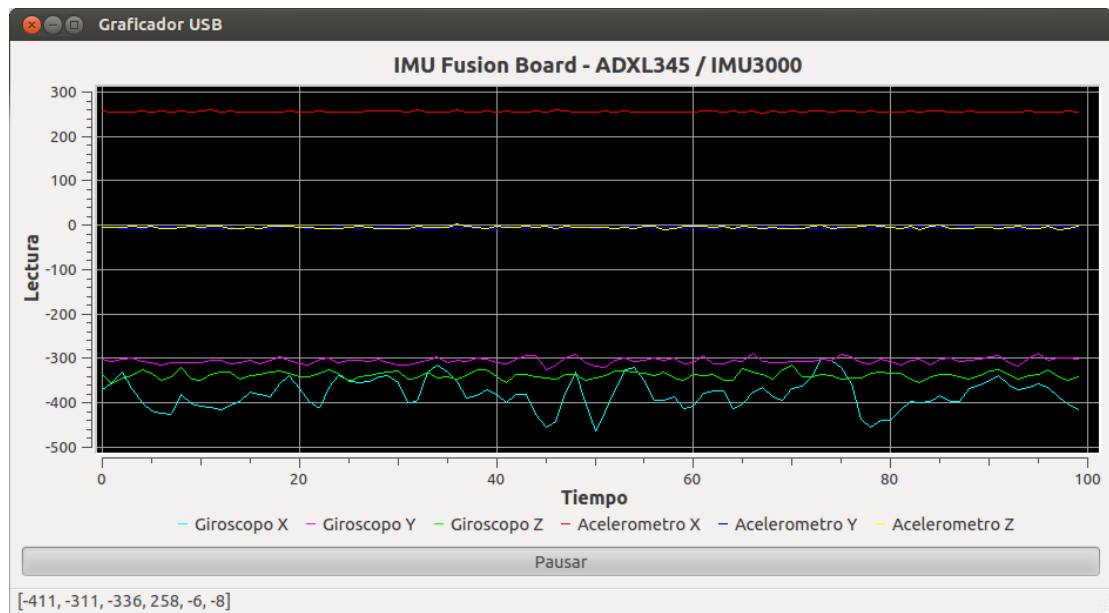
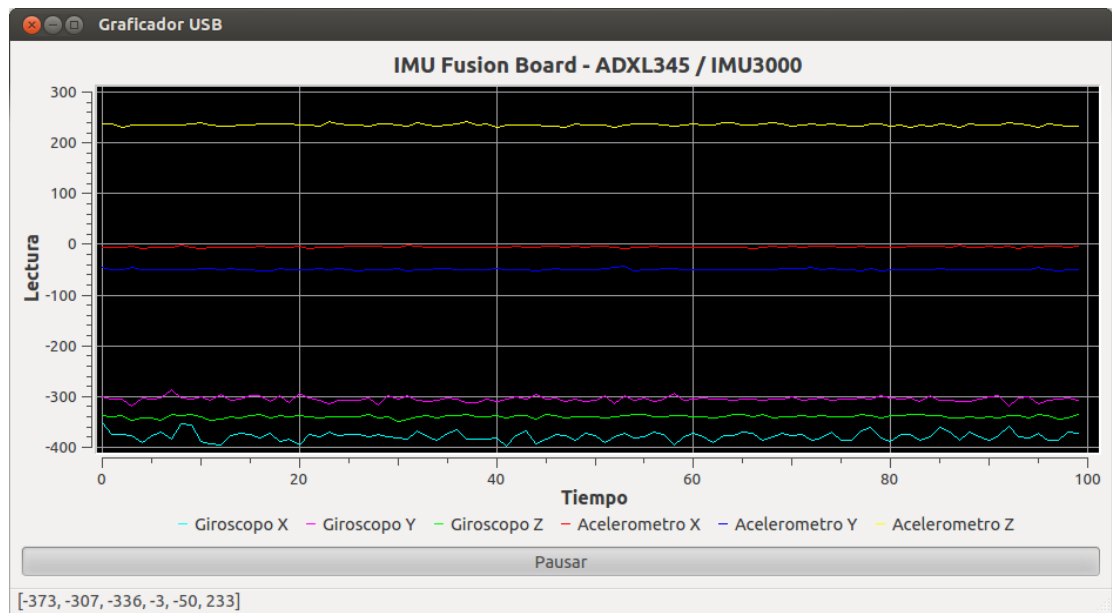


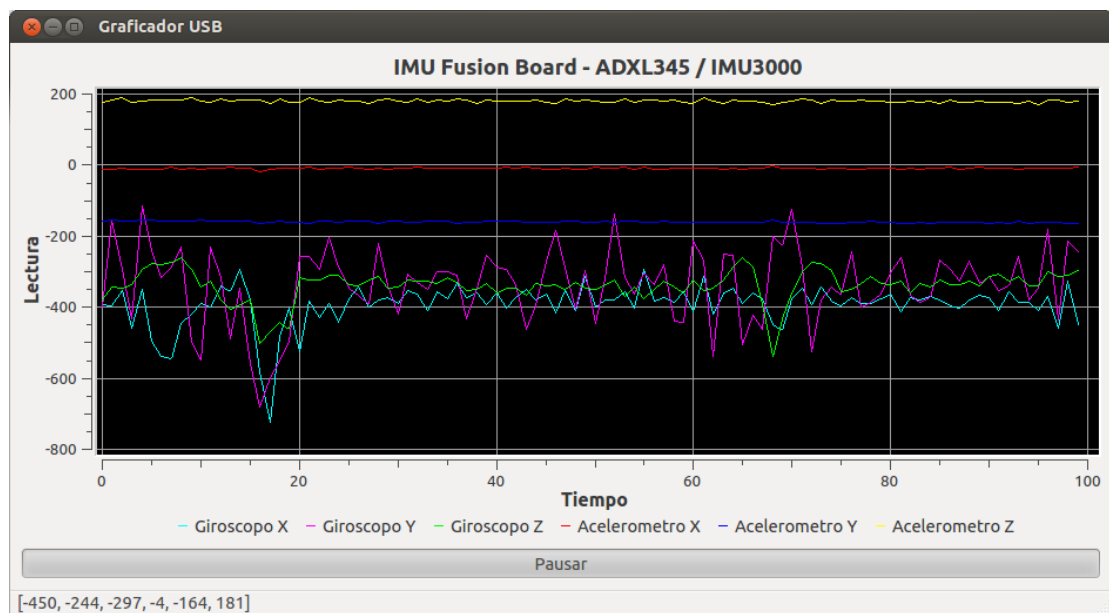
Ilustración 11: IMUcombo 180 Grados



*Ilustración 12: IMUcombo 270 Grados*

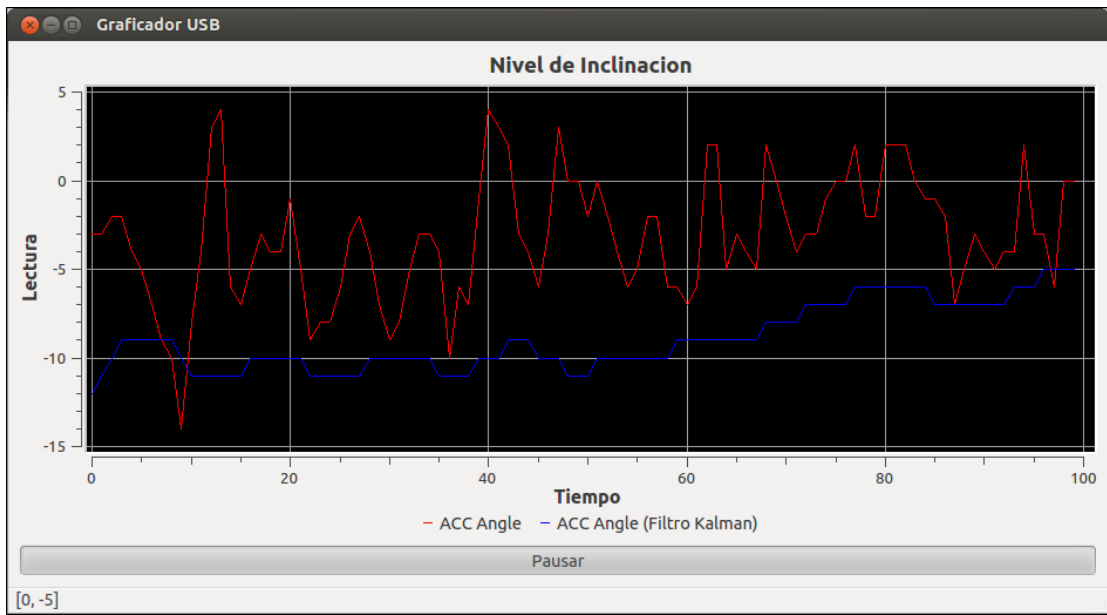


*Ilustración 13: IMUcombo 45 Grados Adelante*



*Ilustración 14: IMUcombo 45 Grados Reversa*

***Aceleración Angular:***



## Diagrama de Flujo

