CAPÍTULO II – Marco Referencial

## Cuadricóptero

## Motor de corriente continua

## Batería de Polimero de Litio (LiPo)

## Sensores

1. **Unidad de Medida Inercial**

Una unidad de medida inercial o IMU es un componente electrónico basado en sensores de aceleración y velocidad angular (acelerómetros y giróscopos respectivamente) la cual reporta el movimiento y orientación (Figura 1) que sufre dicha unidad. Es el componente principal de sistemas de guía inercial usados en vehículos aéreos, espaciales, marinos y aplicaciones robóticas.



Figura 1Figura 1. Orientación proporcionada por una IMU.

Fuente: [Bonastre 2010]

**Componentes de una IMU**

Cualquier unidad de medida inercial está compuesta como mínimo por un acelerómetro y un giróscopo para captar una aceleración y una velocidad angular en concreto. Generalmente, es interesante que las IMUs capten la aceleración y la velocidad angular en los tres ejes de coordenadas para conocer el movimiento exacto del componente.

1. **Acelerómetro**

Instrumento capaz de medir aceleración en uno, dos o tres ejes. Existen varios tipos de acelerómetros, dependiendo de su fabricación y funcionamiento. Las IMUs incorporan acelerómetros integrados en silicio, utilizando la tecnología llamada MEMS6, debido a la necesidad de reducir el tamaño total de la unidad. La mayoría de éstos son capacitivos, y calculan la aceleración mediante el voltaje obtenido entre dos placas una de las cuales varía su posición dependiendo del movimiento del acelerómetro. Se caracterizan por ser muy precisos en situaciones estables y tener un gran error en situaciones vibratorias o movimientos muy inestables. **[Bonastre 2010]**

1. **Giróscopo**

Dispositivo que mide la orientación, basándose en los principios de la conservación del momento angular. Las unidades de medida inercial utilizan giróscopos MEMS, es decir, integrados y de tamaño reducido. La salida de dicho sensor es un voltaje, la variación del cual nos indica en grados por segundo (V/º/s) la velocidad angular sufrida por el sensor. Se caracterizan por tener un error constante y lineal llamado bias el cual debemos tener en cuenta. **[Bonastre 2010]**

1. **Magnetómetro**

Estos dispositivos miden la fuerza i/o dirección de los campos magnéticos que los afectan respecto el campo magnético terrestre. Aunque cabe la posibilidad de que se vean afectados por variación de otros campos magnéticos en algunas zonas.**[Bonastre 2010]**

## Sensor de Ultrasonido

## Filtro complementario

## XBee

## Arduino

Arduino es un proyecto de desarrollo de tarjetas controladoras de hardware libre, de bajo costo y fácil programación, con el fin de acelerar el proceso de protipado y desarrollo de proyectos, y apoyar la educación en electrónica. Consta de una placa con entradas analógicas y digitales, y salidas digitales, y de un entorno integrado de desarrollo que se apoya sobre el lenguaje de programación Processing. Las primeras tarjetas Arduino utilizaban el microcontrolador ATMEL ATmega328, un chip de bajo costo y amplias capacidades de memoria y manejo de entradas y salidas por medio de sus puertos.Conforme ha ido avanzando el tiempo, se han desarrollado tarjetas Arduino con mejores procesadores, como lo son los modelos Arduino Mega2560 (8 bits), Arduino Tre (32 bits, ARM) y Arduino Galileo (32 bits, x86).  **[Banzi 2011]**



Ilustración 1: Imagen cara superior Arduino Nano 3.0

Fuente: <http://arduino.cc/es/Main/ArduinoBoardNano>

La placa Arduino Nano 3.0, la misma que se utilizará para el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, tiene las siguientes características:

|  |  |
| --- | --- |
| **Característica** | **Descripción** |
| Microcontrolador | Atmel ATmega328 |
| Frecuencia | 16 MHz |
| Memoria SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Memoria Flash | 32 KB |
| Entradas analógicas | 8 |
| Entradas/salidas digitales (De los cuales 6 proveen PWM) | 14 |
| Interrupciones | 2 externas, |
| Protocolos de comunicación | USART, , SPI, AREF |
| Tensión de operación | 5V |
| Tensión de entrada (recomendada) | 7-12 V |
| Tensión de entrada (límites) | 6-20 V |
| Corriente máxima por cada pin | 40 mA |
| Dimensiones | 18,5mm x 43,2mm |

Tabla 1: Características del Arduino Nano 3.0

Fuente: <http://arduino.cc/es/Main/ArduinoBoardNano>

## Teoría de Control.

La teoría de control es una teoría matemática que rige la manipulación de los parámetros que afectan el comportamiento de un sistema, para producir un comportamiento deseado u óptimo. **[Zabczyk 1993].**

La teoría de control se ocupa del diseño de algoritmos de regulación de estado, observadores, e identificación de sistemas. Un sistema de control puede definirse como un arreglo de componentes acoplados de tal manera, que el arreglo pueda comandar, dirigir, o regularse a sí mismo o a otro sistema. **[Dulhoste 2011]**. Un sistema de control está constituido por entradas, salidas y estados **[Vidyasagar 2010].**

Se dice que un sistema o planta está en lazo abierto cuando las entradas no son afectadas o modificadas por los valores en las salidas de la planta **[Rodríguez 2013]**. La mayoría de los sistemas de lazo abierto son estables con entradas de referencia limitadas. De lo que normalmente carecen los sistemas de lazo abierto es de velocidad y precisión suficientes para seguir la entrada de referencia aplicada al sistema **[Alciatore 2008].**

Para un preciso control de un sistema es necesario usar retroalimentación de los sensores (por ejemplo, un codificador o un tacómetro). Al restar una señal de retroalimentación de una señal de entrada deseada (llamada valor de referencia de entrada), se tiene una medición del error en la respuesta. Al cambiar continuamente la señal de comando al sistema con base en la señal de error, se puede mejorar la respuesta del sistema. A esto se le llama control por retroalimentación o de lazo cerrado **[Alciatore 2008].**



Ilustración 3: Sistemas de control con y sin realimentación

Fuente: http://ayciaguillo.blogspot.com/2013/02/1-clase.html

## Algoritmo PID

Los controladores generales pueden tomar muchas formas, pero la mayoría de las aplicaciones industriales usan controladores PID o proporcional-integral-derivativo. La forma matemática de un controlador PID, donde la señal de error se expresa como e(t) es la siguiente:

Ecuación 1: Formula matematica del controlador PID

Fuente: **[Alciatore 2008]**

donde *Kp* se refiere como la ganancia proporcional, *Kd* es la ganancia derivativa y *Ki* es la ganancia integral. El control proporcional es el más intuitivo por que la señal de control es proporcional al error. Mientras más grande sea el error, mayor será la acción correctiva. Una enorme ganancia proporcional crea una respuesta rápida, pero puede conducir a exceso y oscilación, en especial si el sistema tiene poco amortiguamiento. La ganancia derivativa responde a la tasa de cambio de la señal de error. Esto permite al controlador anticipar cambios en la respuesta del sistema, que pueden resultar en menos exceso de oscilación amortiguada. La ganancia integral ayuda a eliminar error de estado estacionario al sumar errores a los largo del tiempo. Mientras mas tiempo permanezca el error en un lado de la entrada de referencia deseada, mas grande se vuelve la acción correctiva como resultado de la ganancia integral **[Alciatore 2008].**