 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

CARACTERIZACION ACELEROMETROS

Luis Carlos Alzate Arias

Ingeniería Electrónica

Juan Sebastián Botero Valencia

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2016

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En el siguiente informe se caracterizan los acelerómetros ADXL345, MPU6050, MMA73 Y MMA72, de los cuales se sacan sus datos con el fin de definir experimentalmente la precisión, ancho de banda y la naturaleza de ruido; por medio de un sistema de adquisición de datos en la plataforma Arduino, y graficas en Matlab, con los cuales se determina cual es el mejor uso para cada uno de los sensores según unas posiciones fijas predefinidas.

Palabras clave: Acelerómetro, I2C, Adquisición

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	MARCO TEÓRICO.....	6
3.	METODOLOGÍA	11
3.1	Adquisición de datos:	11
3.1.1.	ADXL345:	11
3.1.2.	MPU6050:.....	12
3.1.3.	MMA73XX:.....	13
3.1.4.	MMA72XX:.....	13
3.2.	Toma de datos:.....	13
3.3.	Procesamiento en MATLAB.....	18
3.3.1.	Histogramas para 0 grados:.....	18
3.3.2.	Histogramas para 10 grados:.....	21
3.3.3.	Histogramas para 20 grados:.....	23
3.3.4.	Histogramas para 30 grados:.....	25
3.3.5.	Histogramas para 40 grados:.....	27
3.3.6.	Histogramas para 45 grados:.....	29
3.3.7.	Histograma para 50 grados:	31
3.3.8.	Histograma para 60 grados:	33
3.3.9.	Histogramas para 90 grados:	35
3.4.	Desviación:	37
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1.	Desviación por eje:	39
4.1.1.	Desviaciones a 0 grados:	39
4.1.2.	Desviaciones a 10 grados:	41
4.1.3.	Desviación a 20 grados:	43
4.1.4.	Desviación a 30 grados:	45
4.1.5.	Desviación a 40 grados:	47
4.1.6.	Desviación para 45 grados:	48

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.1.7. Desviación para 50 grados:	50
4.1.8. Desviación para 60 grados:	52
4.1.9. Desviación para 90 grados:	53
4.2. En resumen:	55
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	58
REFERENCIAS.....	59

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se estudian los acelerómetros ADXL345, MPU6050, MMA73 Y MMA72, donde se busca caracterizar cada uno de estos, determinando así de manera experimental la precisión, el ancho de banda y la sensibilidad al ruido, por medio de gráficas para cada uno de los ejes en los acelerómetros, permitiendo así visualizar el histograma con el cual se hallará la aproximación GAUSSEANA para analizar cada una de las características mencionadas.

El informe contará con un marco teórico en el cual se describirá cada uno de los conceptos necesarios para el desarrollo de la tesis, una metodología donde se especifica cómo fue la realización de la practica en cada una de sus etapas, unos resultados y discusiones donde se plasmará todo lo recaudado durante el desarrollo y unas conclusiones y recomendaciones que tendrán el resultado final.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Acelerómetro:

Los acelerómetros o sensores de aceleración, están pensados para realizar una medida de aceleración o vibración, proporcionando una señal eléctrica según la variación física, en este caso la variación física es la aceleración o la vibración. A continuación, puede ver diferentes modelos combinando las diferentes tecnologías existentes, principalmente acelerómetros piezoresistivos, acelerómetros piezoeléctricos y acelerómetros capacitivos.

Los rangos de medida son diversos, desde 1 g, hasta los miles de g's. Respecto al rango de frecuencia disponible, hay acelerómetros que parten de 0 Hz, para medida de bajas frecuencias, acelerómetros que llegan hasta los miles de Hz para altas frecuencias de vibración, otros modelos de muy alta sensibilidad con bajo rango de frecuencia, etc.

Lo mismo ocurre con los formatos, existen variados formatos según la aplicación de los acelerómetros, en aluminio, titanio, acero inoxidable, etc. con montaje de tornillos, magnético, pegado, etc. ("Acelerómetros-Sensores," n.d.).

Fuerza G:

La fuerza G es una medida de aceleración de un objeto expresado en G's. Es proporcional a la fuerza de reacción que un objeto experimenta como resultado de esta aceleración o, más correctamente, como resultado del efecto neto de esta aceleración y la aceleración impartida por la gravedad natural.

La fuerza G no es una medida absoluta de la fuerza y el término está mal considerado por algunos.

La fuerza G tampoco es una unidad del Sistema Internacional igual que la aceleración nominal de la gravedad terrestre a nivel del mar (gravedad estándar), que está definida en

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

9,80665 m/s al cuadrado. Esta gravedad se escribe en minúsculas y en cursiva, para distinguirla del símbolo G y del gramo.

El análisis de las fuerzas G son importante en varios campos científicos e ingenieros, especialmente en ciencias planetarias, astrofísica, ingeniería espacial, y la ingeniería de distintas máquinas, como aviones de combate, coches de carrera y grandes motores. (“Fuerza G,” n.d.).

Protocolo I2C:

I2C es un protocolo de comunicación serie diseñado por Philips que se utiliza esencialmente entre dispositivos que pertenecen al mismo circuito, por ejemplo, sensores con un microcontrolador.

Características del protocolo:

- Velocidad standard de 100Kbit/s (100kbaudios). Se puede cambiar al modo de alta velocidad (400Kbit/s)
- Configuración maestro/esclavo. La dirección del esclavo se configura con software
Solo se necesitan dos líneas:
 - *SDA (Serial Data Line): Línea de datos.
 - *SCL/CLK (Serial Clock Line): Línea de reloj, será el que marque el tiempo de RW (Lectura/Escritura)
- La comunicación siempre tiene la estructura siguiente:
 - *Transmisor: Byte de datos (8 Bits)
 - *Receptor: Bit llamado ACK de confirmación.

Las líneas SDA y SCL están independientemente conectadas a dos resistores Pull-Up que se encargaran de que el valor lógico siempre sea alto a no ser que un dispositivo lo ponga a valor lógico bajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

¿Qué tipo de comunicación es?

Es una comunicación de tipo half duplex. Comunicación bidireccional por la misma línea, pero no simultáneamente bidireccional.

¿Cuál es la estructura de la comunicación?

La estructura de la comunicación básica es la siguiente:

1. START condition (Master).
2. 7 Bits de dirección de esclavo (Master).
3. Bit de RW, 0 es Leer y 1 Escribir. (Master).
4. Bit de Acknowledge (Slave).
5. Byte de dirección de memoria (Master).
6. 1 Bit de Acknowledge (Slave).
7. Byte de datos (Master/Slave (Escritura/Lectura)).
8. 1 Bit de Acknowledge (Slave/Master (Escritura/Lectura)).
9. STOP condition (Master).

(Martinez David, Rubio Gomez Manuel, n.d.).

Puerto Serie:

En tecnologías básicas, un puerto serie es una interfaz física de comunicación en serie a través de la cual se transfiere información mandando o recibiendo un bit. A lo largo de la mayor parte de la historia de las computadoras, la transferencia de datos a través de los puertos de serie ha sido generalizada. Se ha usado y sigue usándose para conectar las computadoras a dispositivos como terminales o módems. Los ratones, teclados, y otros periféricos también se conectaban de esta forma.

Mientras que otras interfaces (como Ethernet, FireWire, y USB) mandaban datos como un flujo en serie, el término "puerto serie" normalmente identifica el hardware más o menos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

conforme al estándar RS-232, diseñado para interactuar con un módem o con un dispositivo de comunicación similar.

En la mayoría de los periféricos en serie, la interfaz USB ha reemplazado al puerto serie por ser más rápida. La mayor parte de las computadoras están conectados a dispositivos externos a través de USB y, a menudo, ni siquiera llegan a tener un puerto serie.

El puerto serie se elimina para reducir los costes y se considera que es un puerto heredado y obsoleto. Sin embargo, los puertos serie todavía se encuentran en sistemas de automatización industrial y algunos productos industriales y de consumo.

Los dispositivos de redes, como enrutadores (routers) y conmutadores (switches), a menudo tienen puertos serie para modificar su configuración. Los puertos serie se usan frecuentemente en estas áreas porque son sencillos, baratos y permiten la interoperabilidad entre dispositivos. La desventaja es que la configuración de las conexiones serie requiere, en la mayoría de los casos, un conocimiento avanzado por parte del usuario y el uso de comandos complejos si la implementación no es adecuada.

Puerto serie asíncrono:

A través de este tipo de puerto la comunicación se establece usando un protocolo de transmisión asíncrono. En este caso, se envía en primer lugar una señal inicial anterior al primer bit de cada byte, carácter o palabra codificada. Una vez enviado el código correspondiente, se envía inmediatamente una señal de parada (stop) después de cada palabra codificada.

La señal de inicio (start) sirve para preparar al mecanismo de recepción o receptor, la llegada y registro de un símbolo, mientras que la señal de stop sirve para predisponer al

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mecanismo de recepción para que tome un descanso y se prepare para la recepción del nuevo símbolo.

La típica transmisión start-stop es la que se usa en la transmisión de códigos ASCII a través del puerto RS-232, como la que se establece en las operaciones con teletipos.

Puerto serie Rs232.png

El puerto serie RS-232 (también conocido como COM) es del tipo asincrónico, utiliza cableado simple desde 3 hilos hasta 25 y conecta computadoras o microcontroladores a todo tipo de periféricos, desde terminales a impresoras y módems pasando por mouses.

La interfaz entre el RS-232 y el microprocesador generalmente se realiza mediante el chip UART 8250 (computadoras de 8 y 16 bits, PC XT) o el 16550 (IBM Personal Computer/AT y posteriores).

El RS-232 original tenía un conector tipo D-sub DB-25, sin embargo, la mayoría de dichos pines no se utilizaban, por lo que IBM estandarizó con su gama IBM Personal System/2 el uso del conector DB-9 (ya introducido en el AT) que se usaba, de manera mayoritaria en computadoras. Sin embargo, a excepción del mouse, el resto de periféricos solían presentar el DB-25.

La norma RS-422, similar al RS-232, es un estándar utilizado en el ámbito industrial. (Webopedia & Webopedia, 2003)

3. METODOLOGÍA

3.1 Adquisición de datos:

Para el desarrollo del proyecto, se tomaron los acelerómetros ADXL345, MPU6050, MMA73 Y MMA72, y a cada uno se le hizo un sistema de adquisición de datos por medio de comunicación serial con el Arduino MEGA.

3.1.1. ADXL345:

Este es un sensor digital, se comunica por protocolo I2C, tiene una resolución de 10 bits (1024), tomando como base el programa desarrollado por (Brynilsen Jens Chr, n.d.) para Arduino, se modifica para obtener los valores por medio de comunicación serial usando las direcciones adjuntas como se muestra en la tabla 1. (Mmaq, 2011)

Tabla 1 Direcciones ADXL345.

Hex	Dec	Name	Type	Reset Value	Description
0x32	50	DATA0	R	00000000	X-Axis Data 0
0x33	51	DATA1	R	00000000	X-Axis Data 1
0x34	52	DATAY0	R	00000000	Y-Axis Data 0
0x35	53	DATAY1	R	00000000	Y-Axis Data 1
0x36	54	DATAZ0	R	00000000	Z-Axis Data 0
0x37	55	DATAZ1	R	00000000	Z-Axis Data 1

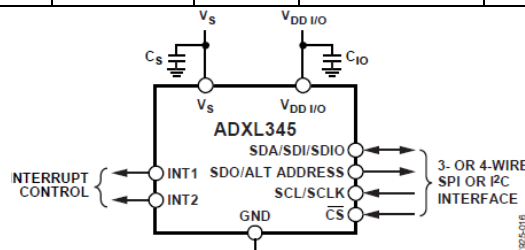


Imagen 1 Esquema ADXL345.

3.1.2. MPU6050:

Este es un sensor digital que hace de acelerómetro y giroscopio, para el desarrollo de este trabajo solo se usara la parte del acelerómetro, se comunica por protocolo I2C, tiene una resolución de 16 bits (65,536), para el sistema de adquisición en Arduino, se usa la librería de (Rowberg Jeff, 2012) como base para el desarrollo de la adquisición, donde se toman solamente las líneas de código del acelerómetro y se usan las direcciones de la tabla 2 (Inc., 2013).

Tabla 2 Direcciones MPU6050.

ddr (Hex)	Addr (Dec.)	Register	Name Serial I/F	BIT
3B	59	ACCEL_XOUT_H	R	ACCEL_XOUT[15:8]
3C	60	ACCEL_XOUT_L	R	ACCEL_XOUT[7:0]
3D	61	ACCEL_YOUT_H	R	ACCEL_YOUT[15:8]
3E	62	ACCEL_YOUT_L	R	ACCEL_YOUT[7:0]
3F	63	ACCEL_ZOUT_H	R	ACCEL_ZOUT[15:8]
40	64	ACCEL_ZOUT_L	R	ACCEL_ZOUT[7:0]

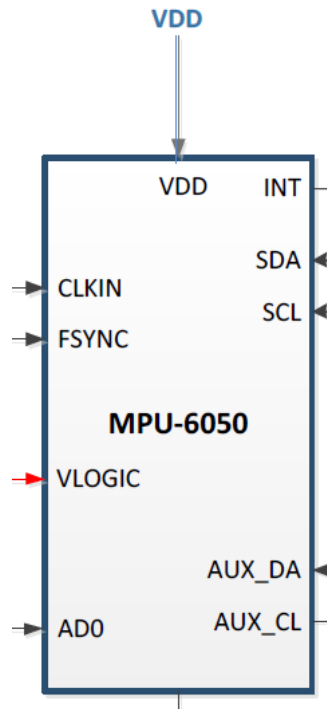


Imagen 2 Esquema MPU6050.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.1.3. MMA73XX:

Este es un sensor análogo, Maneja un voltaje de referencia de 3V, para el sistema de adquisición se usa una entrada análoga del Arduino Mega. (Freescale Semiconductor, 2008).

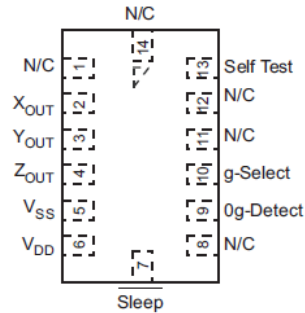


Imagen 3 Esquema MMA73xx.

3.1.4. MMA72XX:

Este es un sensor análogo, Maneja un voltaje de referencia de 3V, para el sistema de adquisición se usa una entrada análoga del Arduino Mega. (Semiconductor & Data, 2006).

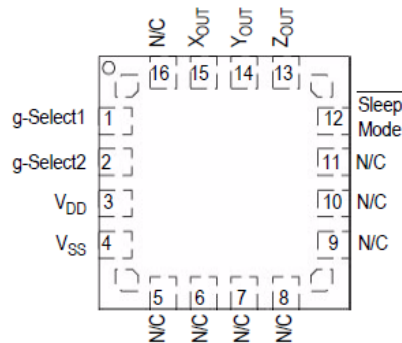


Imagen 4 Esquema MMA72xx.

3.2. Toma de datos:

Para la toma de datos, se posicionaron los 4 acelerómetros en una protoboard, con el mismo plano de referencia, donde se designaron distintas posiciones tomando 400 datos de cada acelerómetro en cada posición, cambiando las posiciones con un plano inclinado

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

proporcionado por el laboratorio de física mecánica en la sede fraternidad, todos los datos se guardan con Hyperterminal en un archivo de texto plano.

En la imagen 5, se observan los acelerómetros posicionados todos en el mismo plano a 0 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos están en el anexo (0grados.TXT).

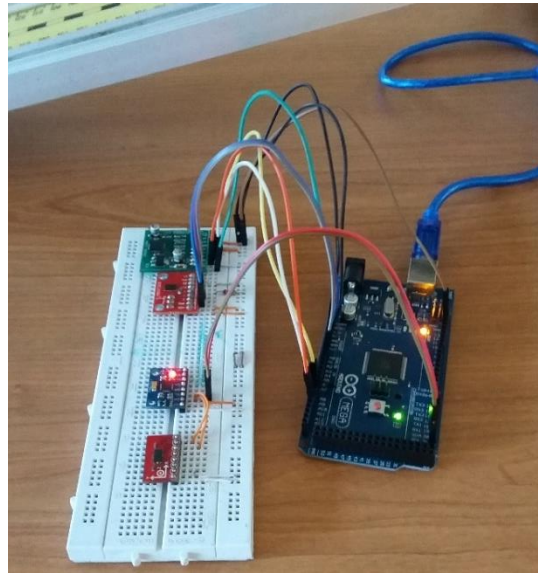


Imagen 5 Datos a 0 grados.

En la imagen 6, se observan los acelerómetros posicionados a 10 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos se pueden visualizar en el anexo (10grados.TXT).

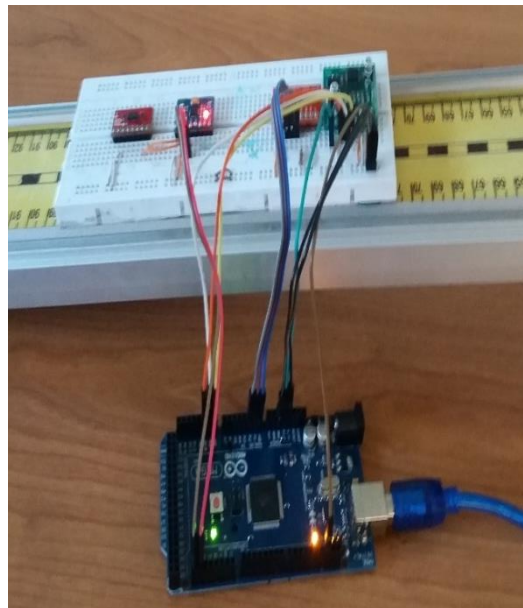


Imagen 6 Datos a 10 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 7, se observan los acelerómetros posicionados a 20 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos en esta posición se pueden observar en el anexo (20grados.TXT).

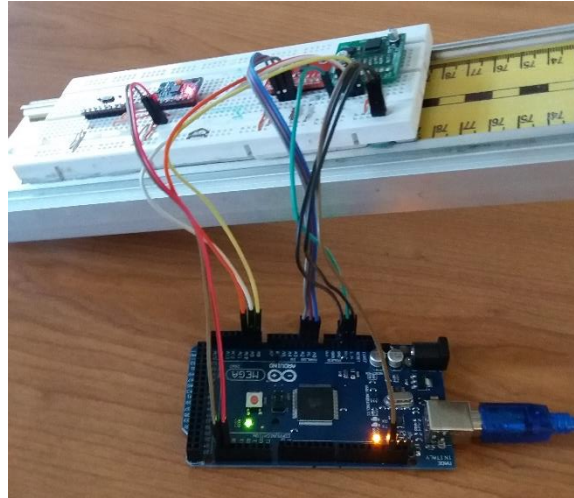


Imagen 7 Datos a 20 grados.

En la imagen 8, se observan los acelerómetros posicionados a 30 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos en esta posición se pueden observar en el anexo (30grados.TXT).

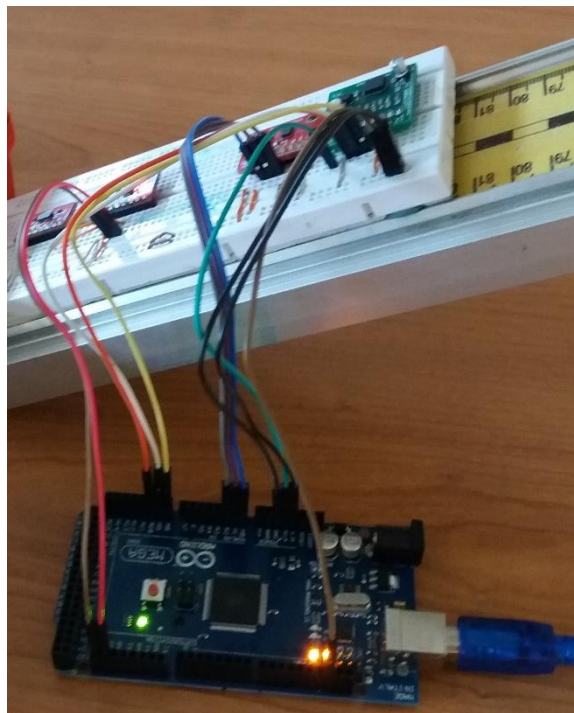


Imagen 8 Datos a 30 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 9, se observan los acelerómetros posicionados a 40 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos en esta posición se pueden observar en el anexo (40grados.TXT).

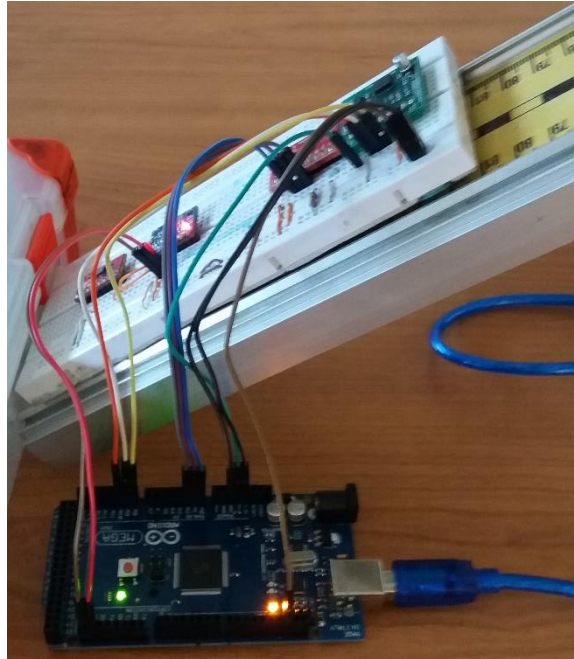


Imagen 9 Datos a 40 grados.

En la imagen 10, se observan los acelerómetros posicionados a 45 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos en esta posición se pueden observar en el anexo (45grados.TXT).

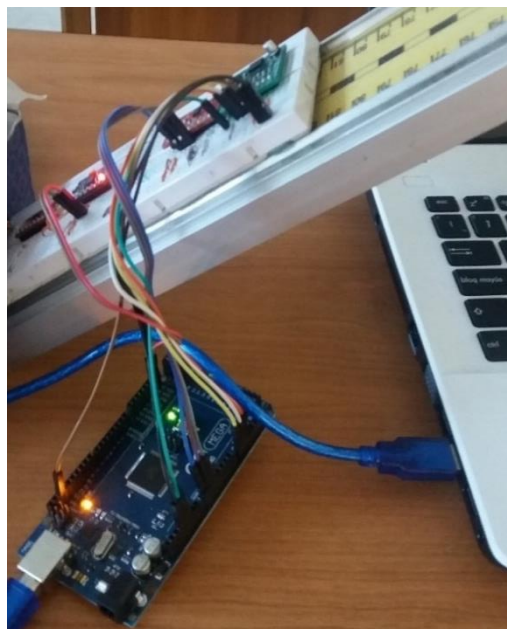


Imagen 10 Datos a 45 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 11, se observan los acelerómetros posicionados a 50 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos en esta posición se pueden observar en el anexo (50grados.TXT).

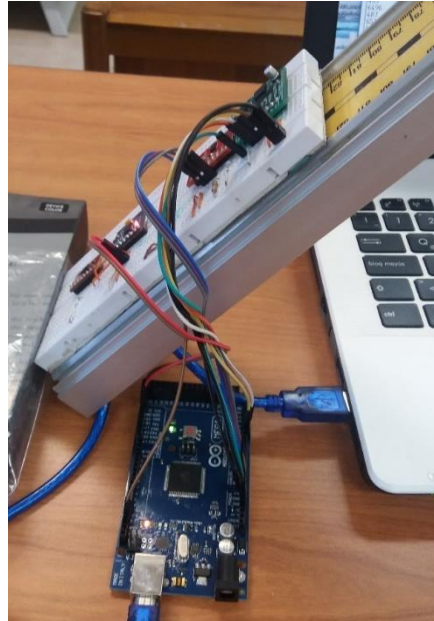


Imagen 11 Datos a 50 grados.

En la imagen 12, se observan los acelerómetros posicionados a 60 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos en esta posición se pueden observar en el anexo (60grados.TXT).



Imagen 12 Datos a 60 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 13, se observan los acelerómetros posicionados a 90 grados con respecto a la mesa, los datos adquiridos en esta posición se pueden observar en el anexo (90grados.TXT).

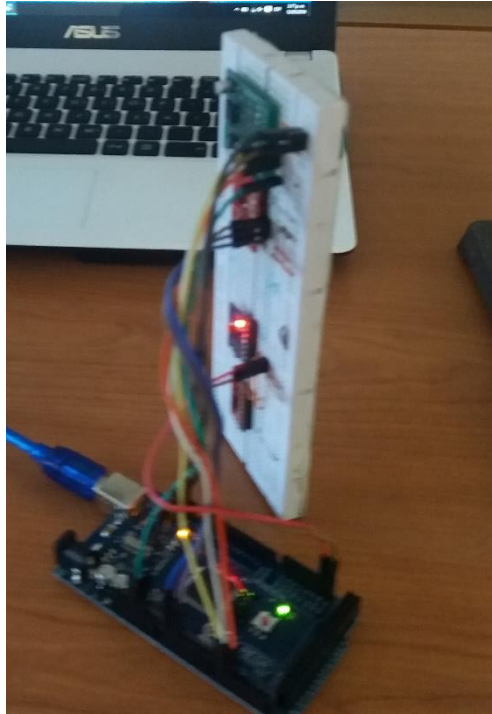


Imagen 13 Datos a 90 grados.

3.3. Procesamiento en MATLAB.

Los datos tomados en las diferentes posiciones, fueron procesados en el software de Matlab y a cada uno se le hizo un histograma y una aproximación gaussiana, para cada eje de cada sensor.

3.3.1. Histogramas para 0 grados:

En la imagen 14 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor ADXL345 para un ángulo de cero grados con respecto a la referencia, donde se ve que el sistema tiene poco comportamiento gaussiano en el eje x y y, pero en z tiene un comportamiento más aproximado.

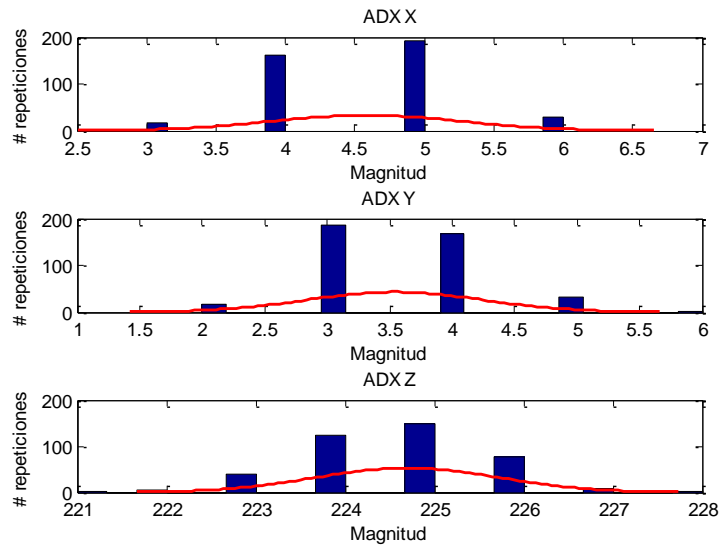


Imagen 14 Histograma sensor ADXL345 0 grados.

En la imagen 15 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MPU6050 para un ángulo de 0 grados, donde se ve que en los tres ejes tiene un comportamiento gaussiano.

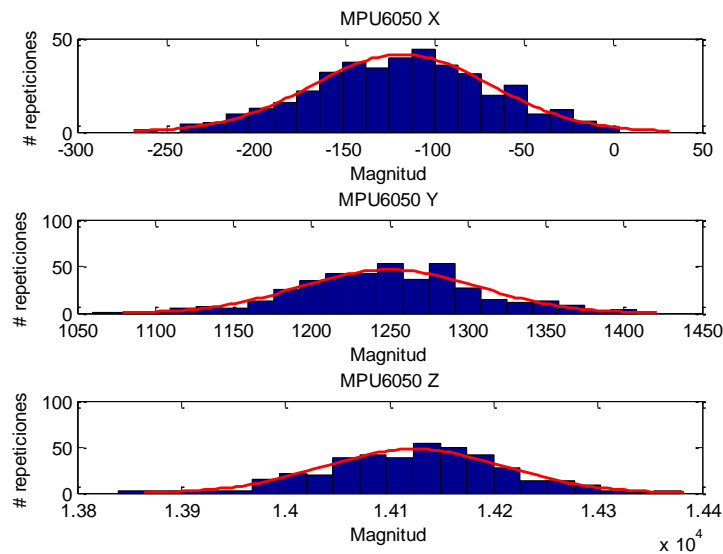


Imagen 15 Histograma sensor MPU6050 0 grados.

En la imagen 16 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA73 para un ángulo de 0 grados, donde en el eje x y z el comportamiento gaussiano es regular, pero en el eje y es más aproximado.

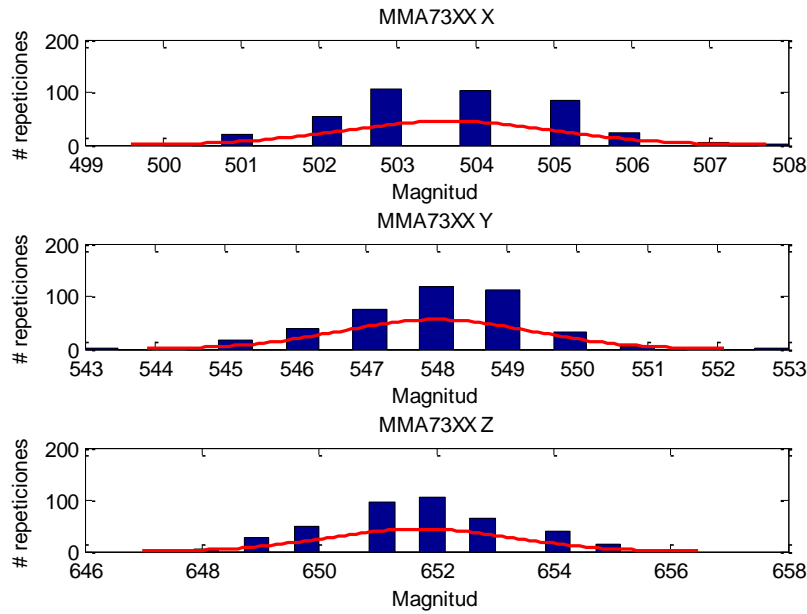


Imagen 16 Histograma sensor MMA73 0 grados.

En la imagen 17 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA72 para un ángulo de 0 grados, donde la gráfica a pesar de estar por encima de la curva gaussiana, su comportamiento es aproximado.

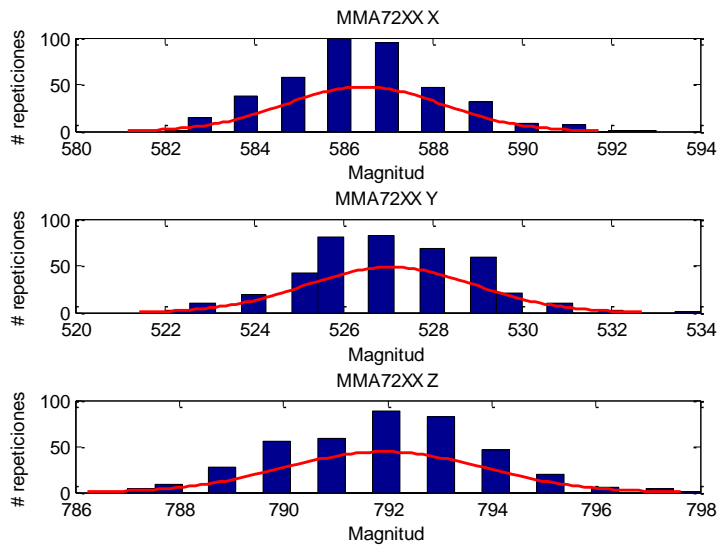


Imagen 17 Histograma sensor MMA72 0 grados.

3.3.2. Histogramas para 10 grados:

En la imagen 18 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor ADXL345 para un ángulo de 10 grados, donde en ninguno de los tres ejes la gráfica toma una aproximación gaussiana decente.

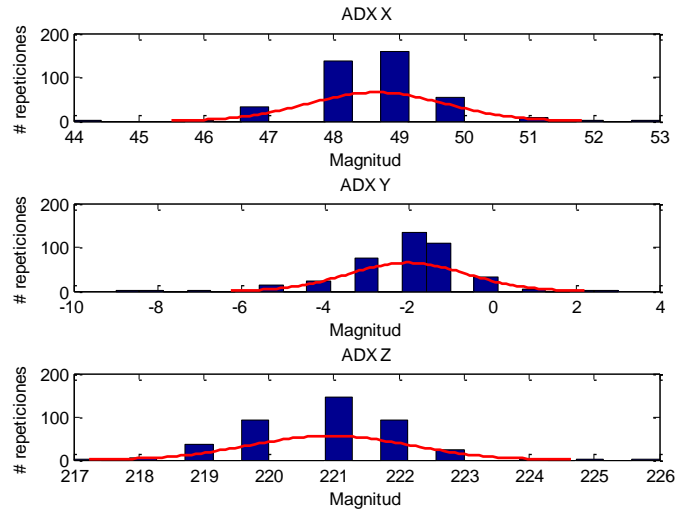


Imagen 18 Histograma sensor ADXL345 10 grados.

En la imagen 19 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MPU6050 para un ángulo de 10 grados, donde los tres ejes tomas una buena aproximación gaussiana.

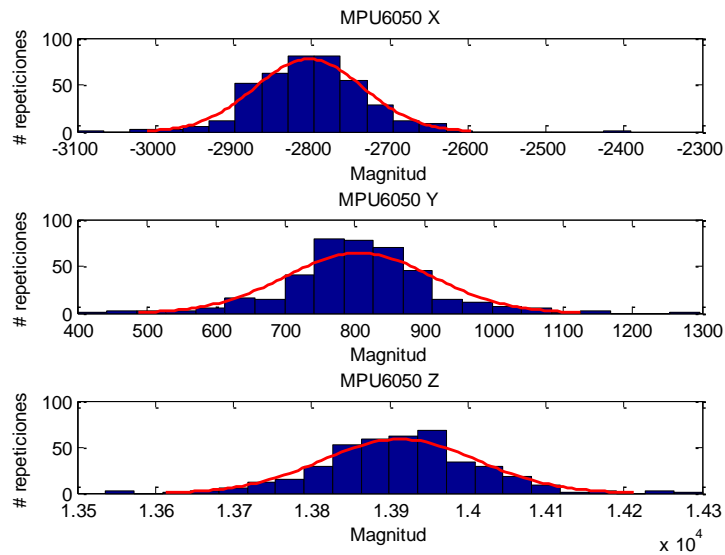


Imagen 19 Histograma sensor MPU6050 10 grados.

En la imagen 220 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA73 para un ángulo de 10 grados, donde a pesar del histograma no estar por debajo de la campana de gauss, su comportamiento sigue siendo gaussiano.

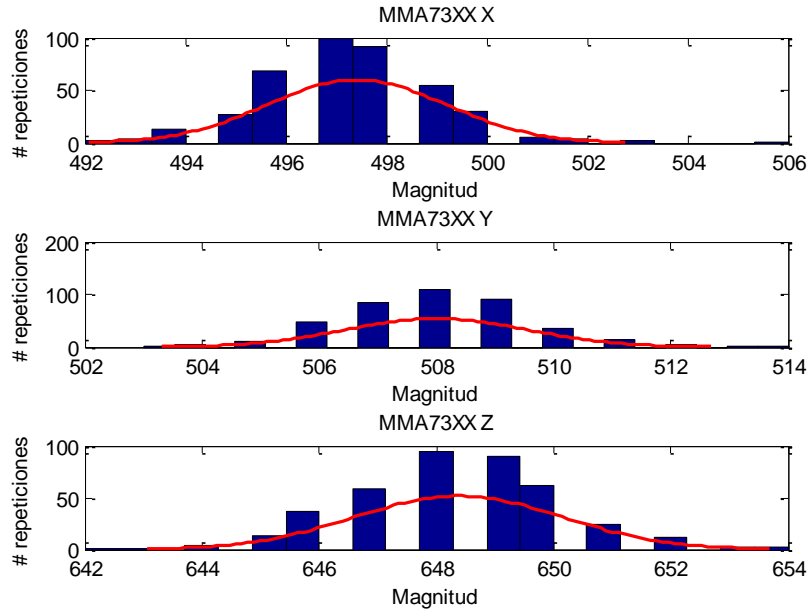


Imagen 20 Histograma sensor MMA73 10 grados.

En la imagen 21 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA72 para un ángulo de 10 grados, donde el eje y no tiene un buen comportamiento gaussiano, a diferencia del eje x y z.

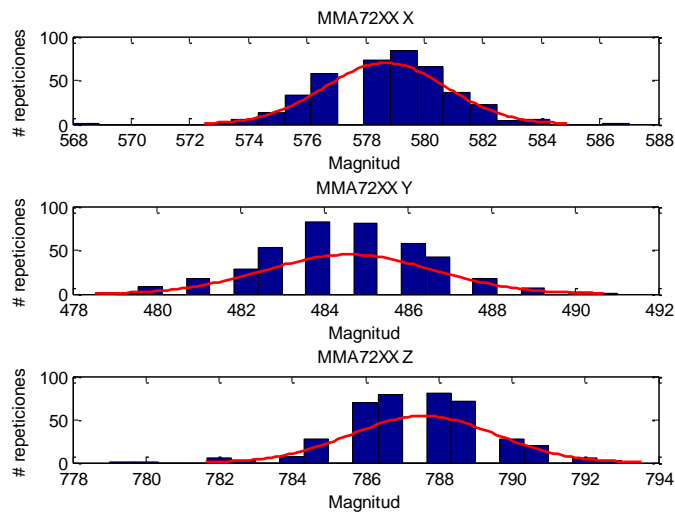


Imagen 21 Histograma sensor MMA72 10 grados.

3.3.3. Histogramas para 20 grados:

En la imagen 22 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor ADXL345 para un ángulo de 20 grados, donde el eje x no tiene una muy buena aproximación gaussiana, a diferencia del eje z.

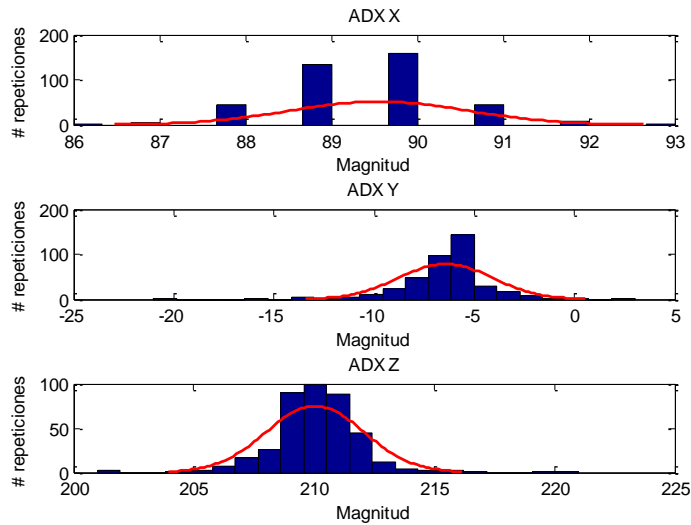


Imagen 22 Histograma sensor ADXL345 20 grados.

En la imagen 23 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MPU6050 para un ángulo de 20 grados, donde los tres ejes tienen una muy buena aproximación gaussiana.

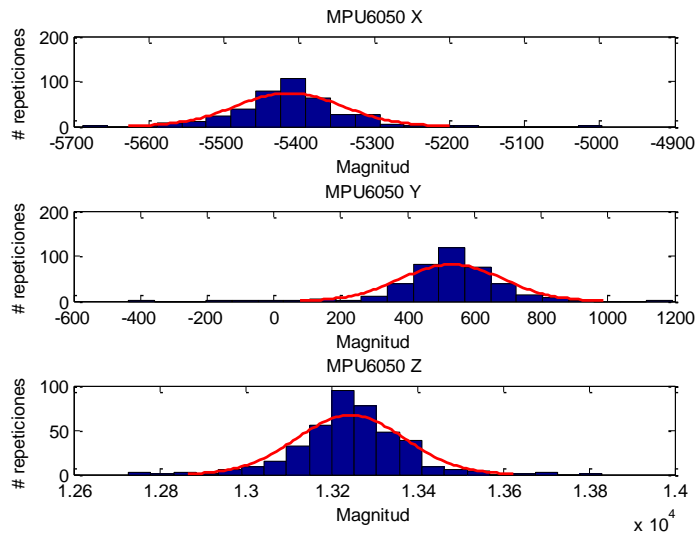


Imagen 23 Histograma sensor MPU6050 20 grados.

En la imagen 24 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA73 para un ángulo de 20 grados, donde el eje y tiene una aproximación gaussiana regular, pero en x y z es bastante buena.

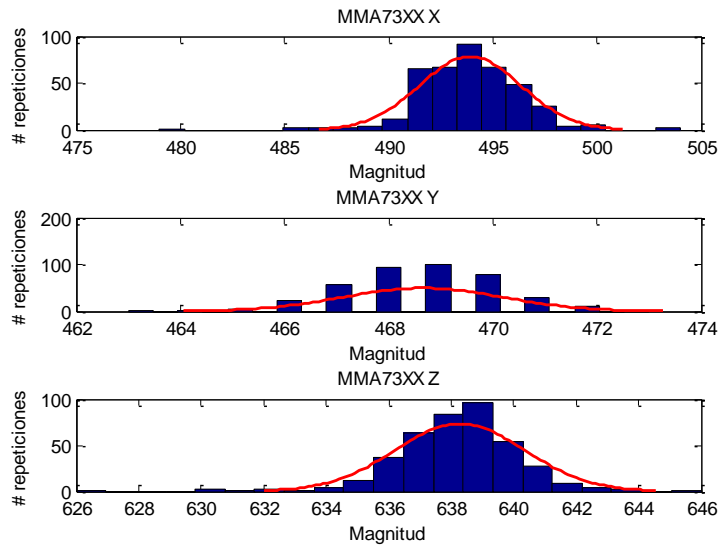


Imagen 24 Histograma sensor MMA73 20 grados.

En la imagen 25 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA72 para un ángulo de 20 grados, donde todos los ejes tienen una muy buena aproximación gaussiana.

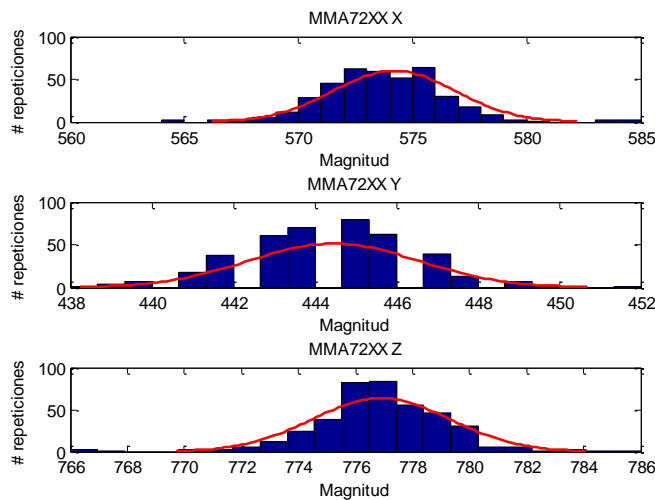


Imagen 25 Histograma sensor MMA72 20 grados

3.3.4. Histogramas para 30 grados:

En la imagen 26 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor ADXL345 para un ángulo de 30 grados, donde ninguno de los ejes tiene una buena aproximación gaussiana.

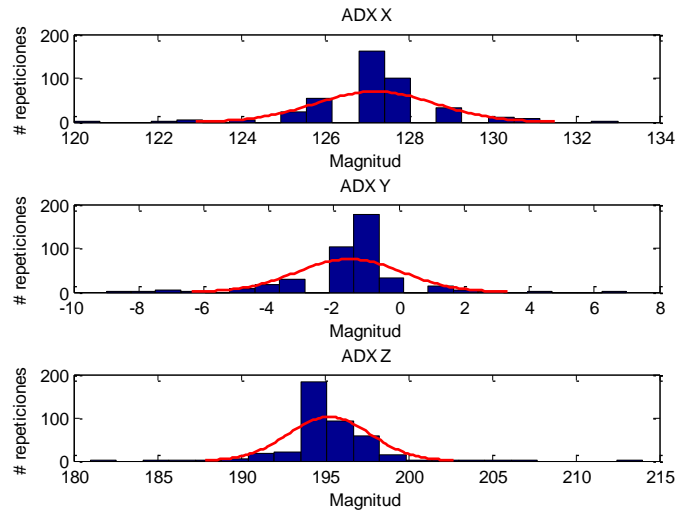


Imagen 26 Histograma sensor ADXL345 30 grados.

En la imagen 27 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MPU6050 para un ángulo de 30 grados, donde todos los ejes tienen una buena aproximación gaussiana.

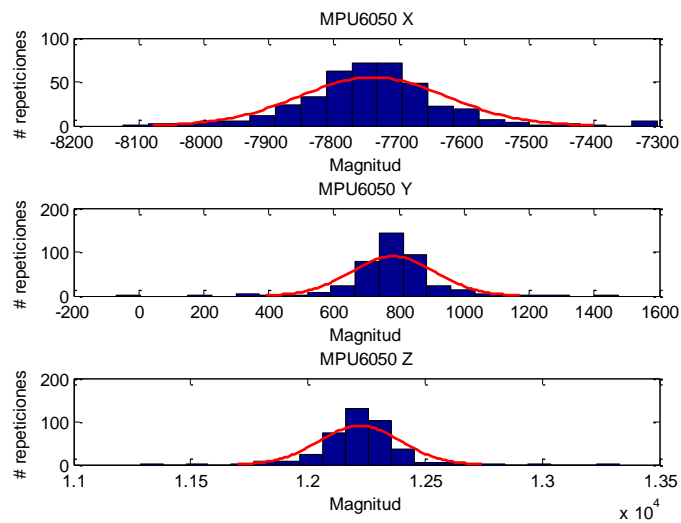


Imagen 27 Histograma sensor MPU6050 30 grados.

En la imagen 28 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA73 para un ángulo de 30 grados, donde ninguno de los ejes obtuvo una buena aproximación gaussiana.

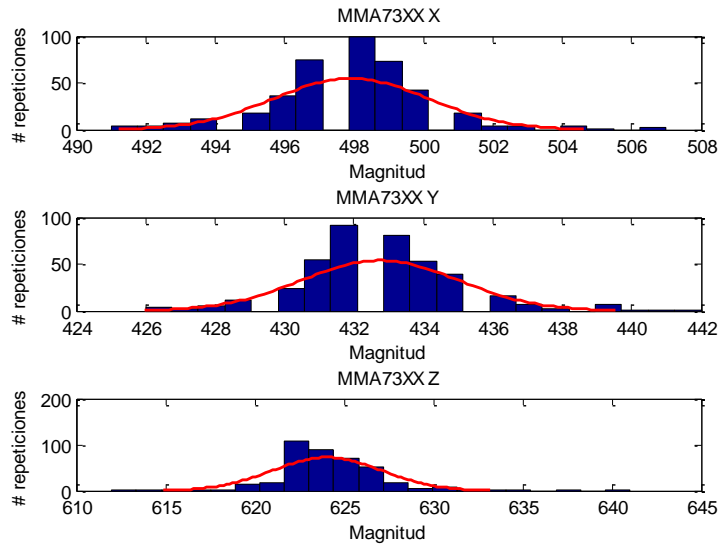


Imagen 28 Histograma sensor MMA73 30 grados.

En la imagen 29 se observa el histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA72 para un ángulo de 30 grados, donde todos los ejes muestran una buena aproximación gaussiana.

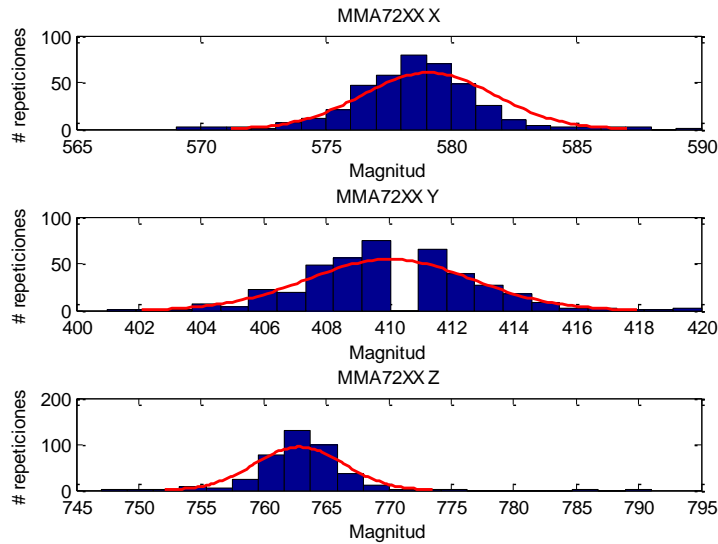


Imagen 29 Histograma sensor MMA72 30 grados.

3.3.5. Histogramas para 40 grados:

En la imagen 30 se observa el histograma para cada eje del sensor ADXL345 para un ángulo de 40 grados, donde ninguno de los ejes muestra una buena aproximación gaussiana.

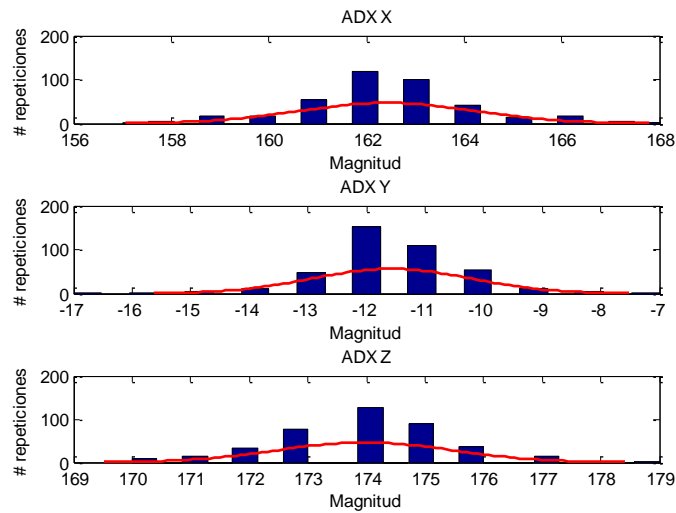


Imagen 30 Histograma sensor ADXL345 40 grados.

En la imagen 31 se observa el histograma para cada eje del sensor MPU6050 para un ángulo de 40 grados, donde solamente el eje x no tiene una aproximación gaussiana debido al pico que tiene en el centro.

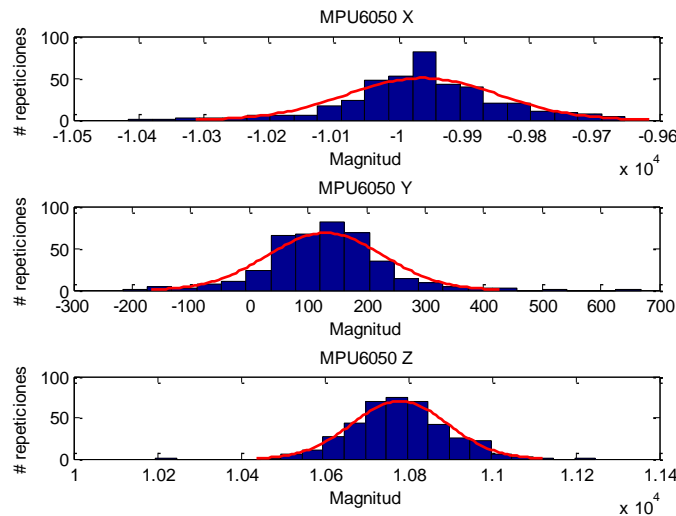


Imagen 31 Histograma sensor MUP6050 40 grados.

En la imagen 32 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA73 para un ángulo de 40 grados, donde solamente el eje x tiene una buena aproximación gaussiana.

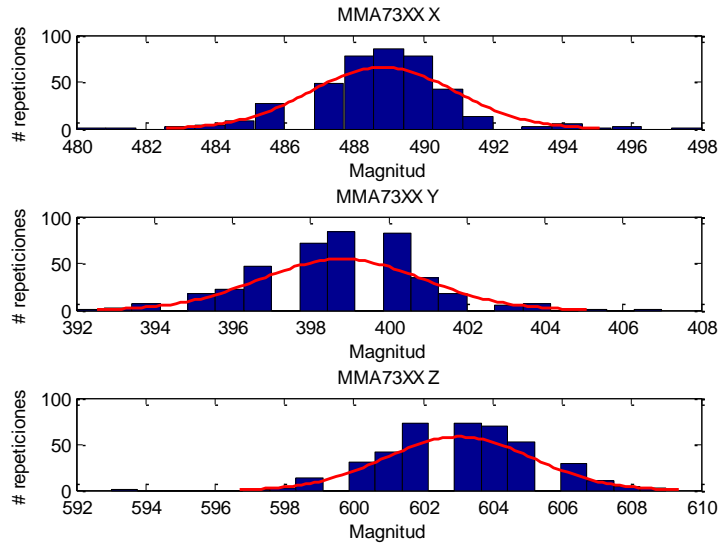


Imagen 32 Histograma sensor MMA73 40 grados.

En la imagen 33 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA72 para un ángulo de 40 grados, donde x y y tienen una buena aproximación gaussiana.

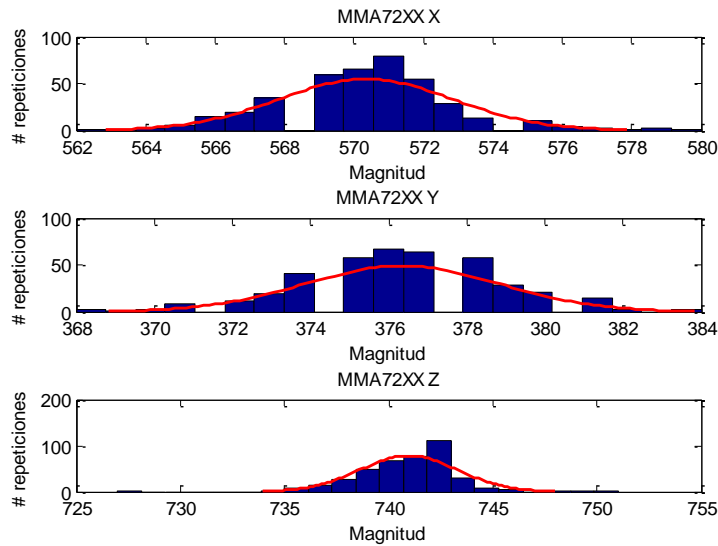


Imagen 33 Histograma sensor MMA72 40 grados.

3.3.6. Histogramas para 45 grados:

En la imagen 34 se observa el histograma para cada eje del sensor ADXL345 para un ángulo de 40 grados, donde ninguno de los ejes tiene una buena aproximación gaussiana.

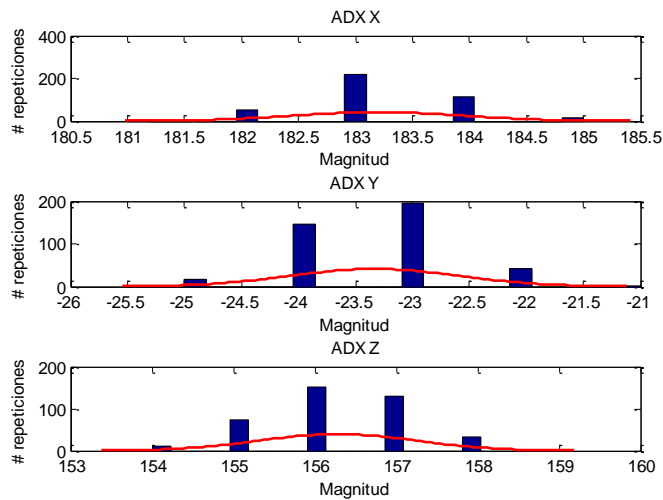


Imagen 34 Histograma sensor ADXL345 45 grados.

En la imagen 35 se observa el histograma para cada eje del sensor MPU6050 para un ángulo de 40 grados, donde ninguno de los ejes tiene una buena aproximación gaussiana.

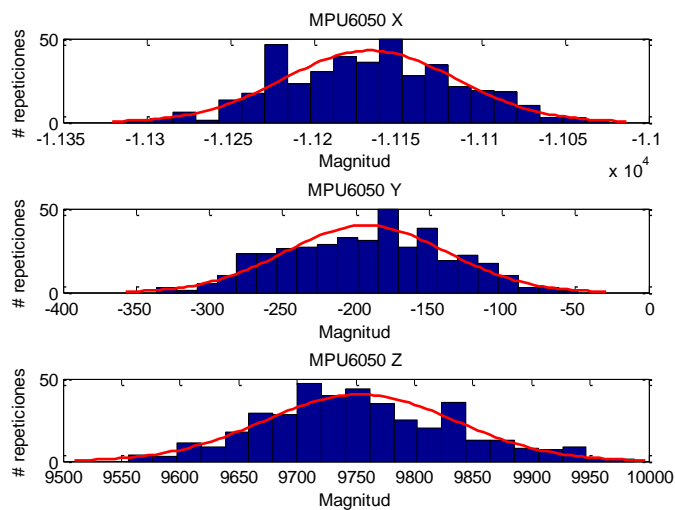


Imagen 35 Histograma sensor MPU6050 45 grados.

En la imagen 36 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA73 para un ángulo de 40 grados, donde los ejes manejan una aproximación gaussiana a pesar de no estar por debajo de la campana de gauss.

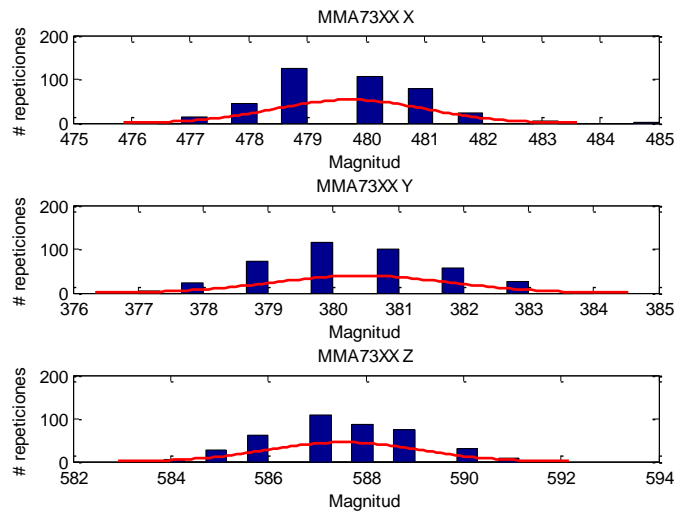


Imagen 36 Histograma sensor MMA73 45 grados.

En la imagen 37 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA72 para un ángulo de 40 grados, donde los tres ejes manejan una buena aproximación gaussiana.

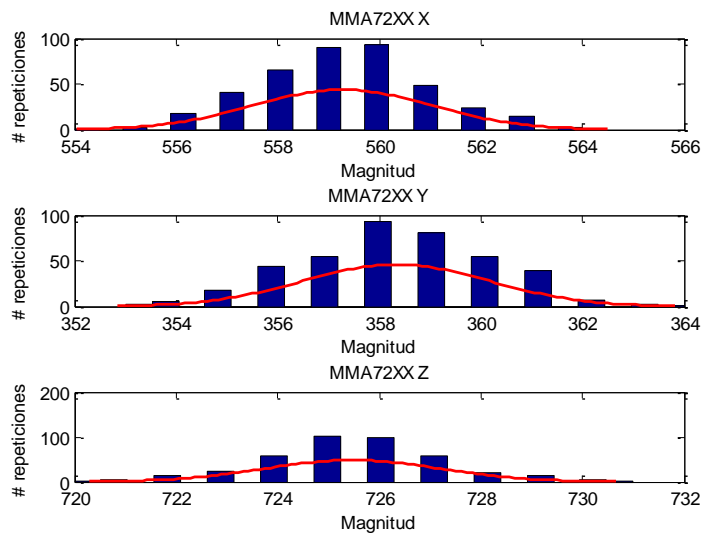


Imagen 37 Histograma sensor MMA72 45 grados.

3.3.7. Histograma para 50 grados:

En la imagen 38 se observa el histograma para cada eje del sensor ADXL345 para un ángulo de 50 grados, donde ninguno de los ejes tiene una buena aproximación gaussiana.

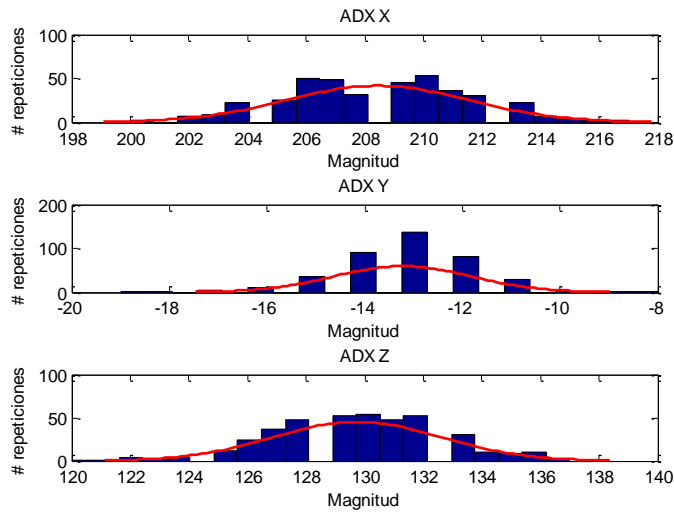


Imagen 38 Histograma sensor ADXL345 50 grados.

En la imagen 39 se observa el histograma para cada eje del sensor MPU6050 para un ángulo de 50 grados, donde ninguno de los ejes tiene una buena aproximación gaussiana.

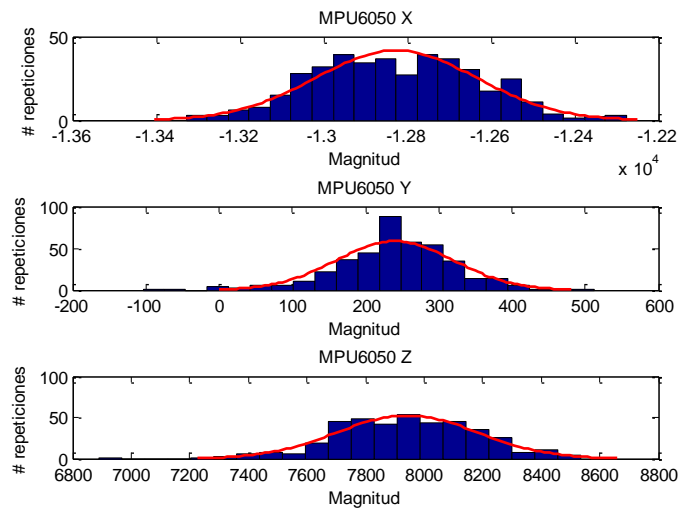


Imagen 39 Histograma sensor MPU6050 50 grados.

En la imagen 40 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA73 para un ángulo de 50 grados, donde ninguno de los ejes tiene una buena aproximación gaussiana.

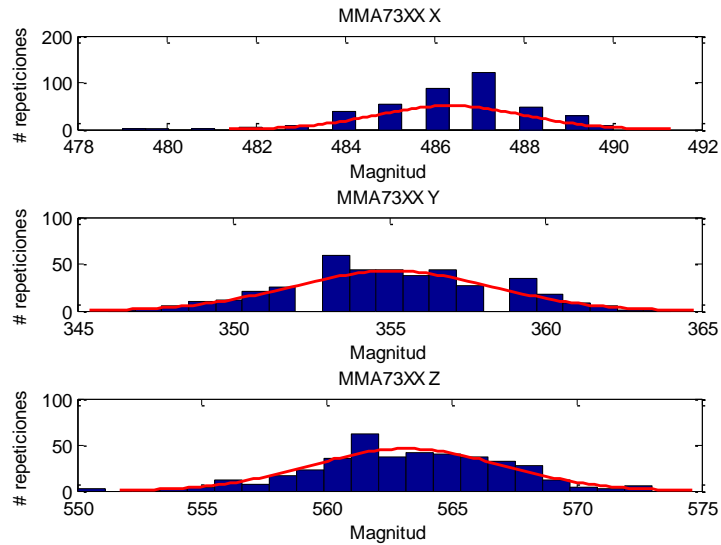


Imagen 40 Histograma sensor MMA73 50 grados.

En la imagen 41 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA72 para un ángulo de 50 grados, donde solamente el eje x tiene una buena aproximación gaussiana.

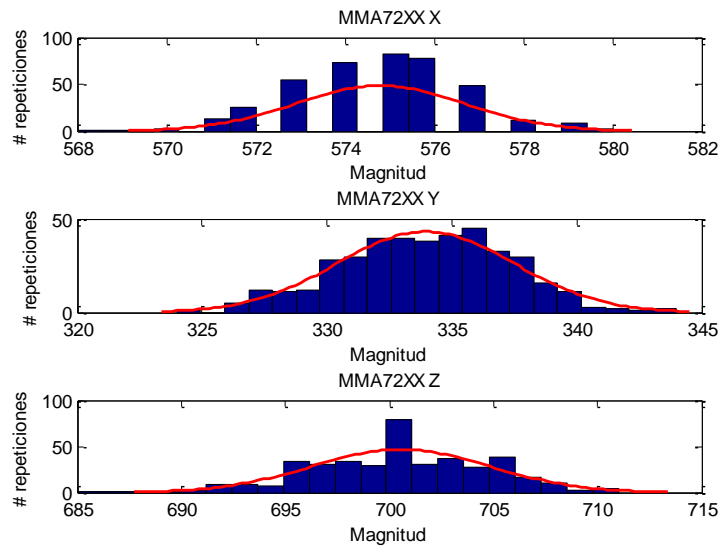


Imagen 41 Histograma sensor MMA72 50 grados.

3.3.8. Histograma para 60 grados:

En la imagen 42 se observa el histograma para cada eje del sensor ADXL345 para un ángulo de 60 grados, donde todos los ejes tienen buena aproximación gaussiana.

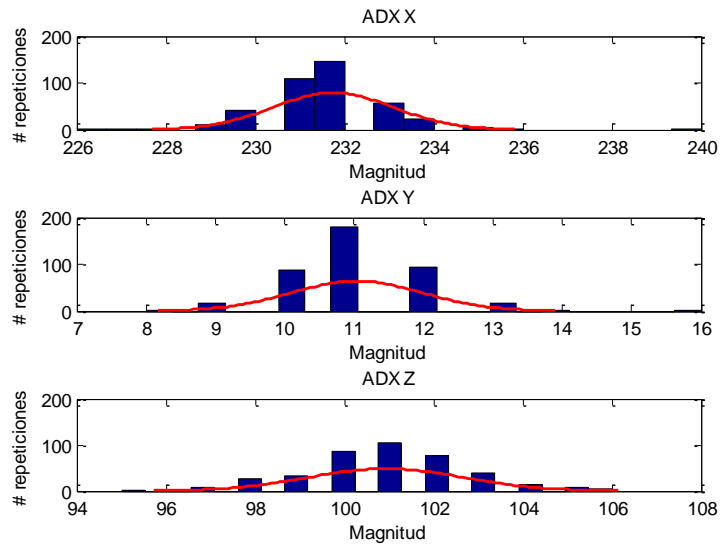


Imagen 42 Histograma sensor ADXL345 60 grados.

En la imagen 43 se observa el histograma para cada eje del sensor MPU6050 para un ángulo de 60 grados, donde todos los ejes tienen buena aproximación gaussiana.

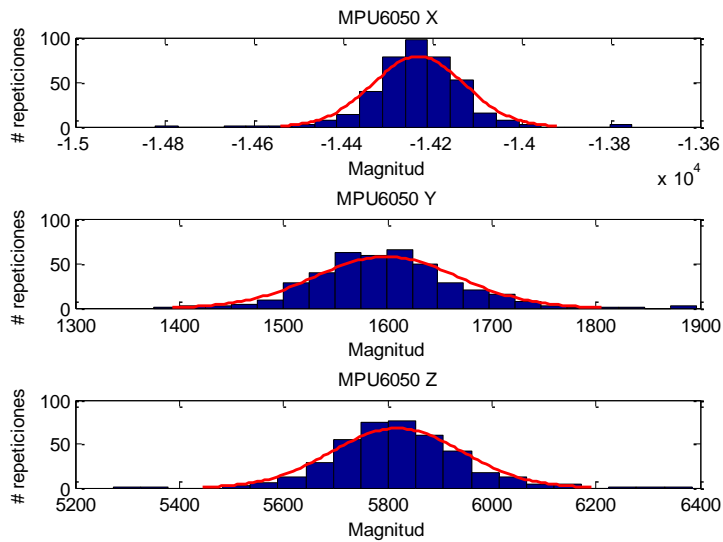


Imagen 43 Histograma sensor MPU6050 60 grados.

En la imagen 44 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA73 para un ángulo de 60 grados, donde ninguno de los ejes tiene buena aproximación gaussiana.

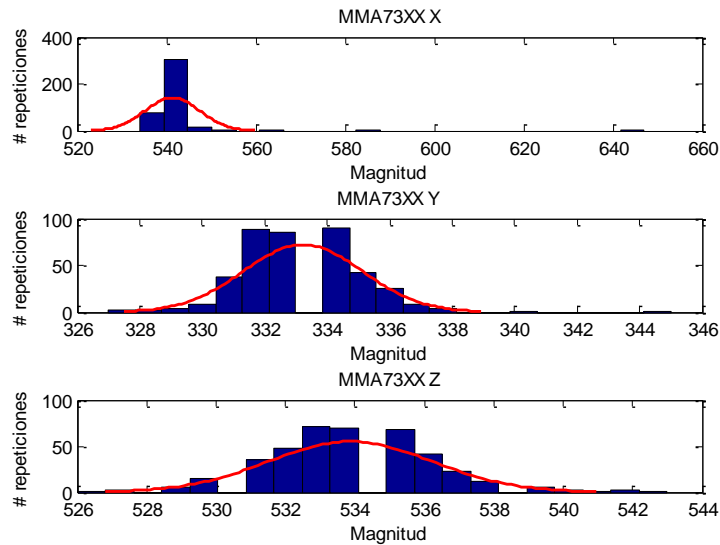


Imagen 44 Histograma sensor MMA73 60 grados.

En la imagen 45 se observa el histograma para cada eje del sensor MMA72 para un ángulo de 60 grados, donde los ejes x y y tienen buena aproximación gaussiana.

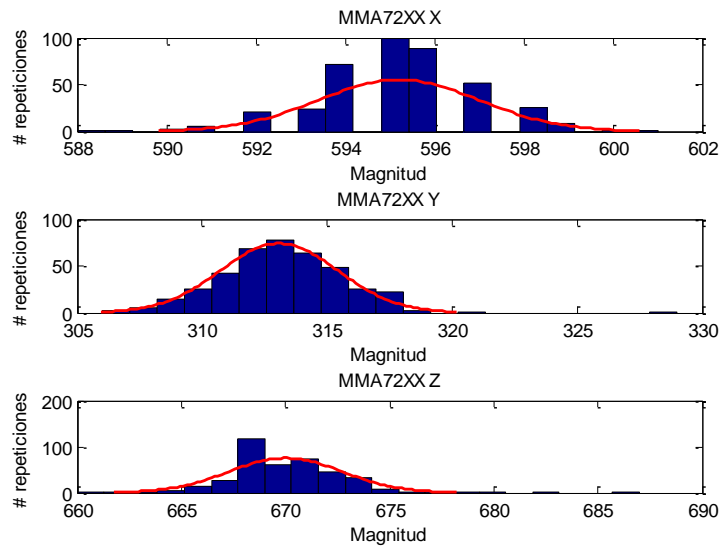


Imagen 45 Histograma sensor MMA72 60 grados.

3.3.9. Histogramas para 90 grados:

En la imagen 46 se observa e histograma para cada uno de los ejes del sensor ADXL345 para un ángulo de 90 grados, donde ninguno de los ejes tiene una buena aproximación gaussiana.

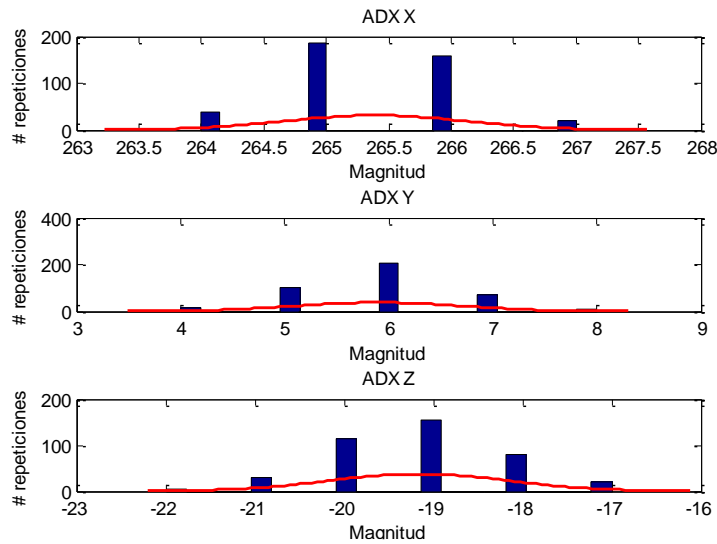


Imagen 46 Histograma sensor ADXL345 90 grados.

En la imagen 47 se observa e histograma para cada uno de los ejes del sensor MPU6050 para un ángulo de 90 grados, donde los ejes y y z tiene una buena aproximación gaussiana.

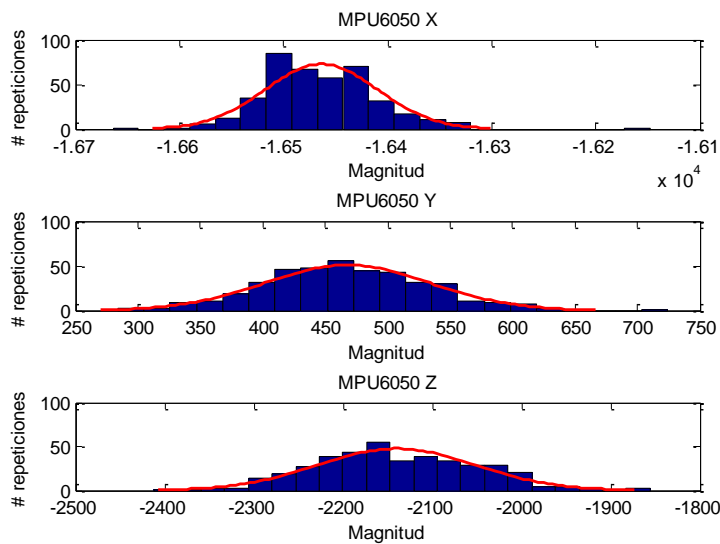


Imagen 47 Histograma sensor MPU6050 90 grados.

En la imagen 48 se observa e histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA73 para un ángulo de 90 grado, donde todos los ejes tienen una buena aproximación gaussiana.

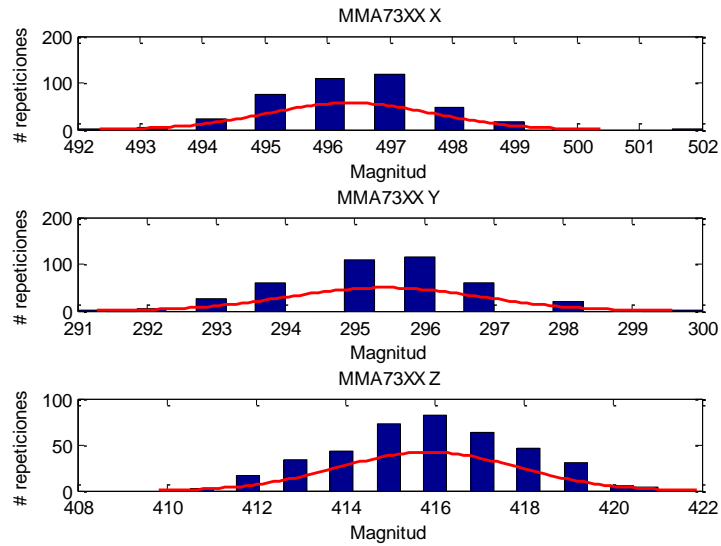


Imagen 48 Histograma sensor MMA73 90 grados.

En la imagen 49 se observa e histograma para cada uno de los ejes del sensor MMA72 para un ángulo de 90 grados, donde todos los ejes tienen una buena aproximación gaussiana.

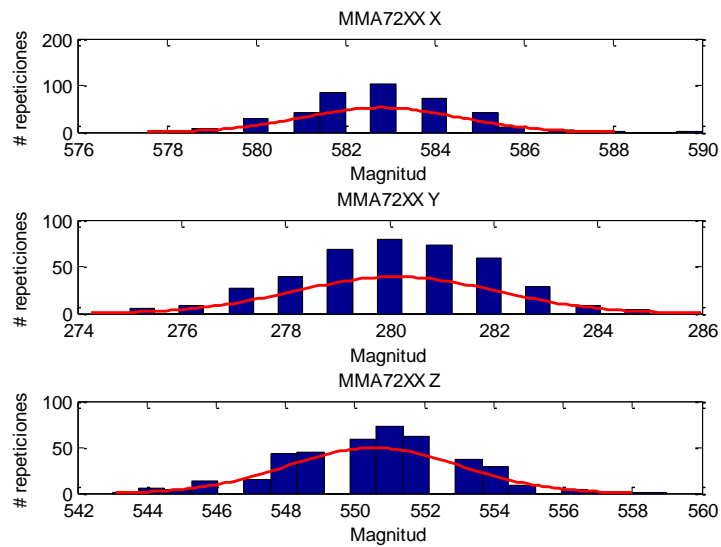


Imagen 49 Histograma sensor MMA72 90 grados.

3.4. Desviación:

A cada uno de los ejes en cada uno de los ángulos, se le calculo la desviación estándar por medio de la herramienta MATLAB usando el comando STD en cada uno de los datos, arrojando los valores en la tabla 3.

Tabla 3 Valores de las desviaciones calculadas.

ANGULO	SENSOR	EJE	DESV	ANGULO	SENSOR	EJE	DESV	ANGULO	SENSOR	EJE	DESV
0	ADXL345	X	73,22	30	ADXL345	X	58,94	50	ADXL345	X	32,21
		Y	72,71			Y	85,98			Y	47,61
		Z	56,52			Z	80,15			Z	37,82
	MPU6050	X	30,53		MPU6050	X	50,18		MPU6050	X	29,47
		Y	36,75			Y	81,98			Y	49,61
		Z	37,84			Z	75,56			Z	40,74
	MMA73XX	X	43,7		MMA73XX	X	56,38		MMA73XX	X	40,9
		Y	45,68			Y	54,23			Y	32,56
		Z	38,09			Z	66,55			Z	37,95
	MMA72XX	X	35,15		MMA72XX	X	50,53		MMA72XX	X	42,65
		Y	47,12			Y	46,68			Y	31,96
		Z	30,52			Z	76,77			Z	37,45
10	ADXL345	X	59,83	40	ADXL345	X	39,81	60	ADXL345	X	67,02
		Y	52,67			Y	51,81			Y	61,59
		Z	51,47			Z	43,33			Z	36,37
	MPU6050	X	59,35		MPU6050	X	44,31		MPU6050	X	62,87
		Y	57,67			Y	56,73			Y	48,61
		Z	47,13			Z	54,87			Z	54,84
	MMA73XX	X	52,65		MMA73XX	X	53,21		MMA73XX	X	121,93
		Y	40,24			Y	47,55			Y	62,61
		Z	49,13			Z	46,04			Z	48,34
	MMA72XX	X	55,87		MMA72XX	X	47,5		MMA72XX	X	48,41
		Y	47,47			Y	41,7			Y	63,24
		Z	42,8			Z	54,8			Z	57,27
20	ADXL345	X	58,65	45	ADXL345	X	72,09	90	ADXL345	X	70,97
		Y	58,35			Y	70,97			Y	68,4
		Z	63,33			Z	57,98			Z	56,18
	MPU6050	X	58,59		MPU6050	X	32		MPU6050	X	55,93
		Y	66,56			Y	28,37			Y	39,78
		Z	59,61			Z	30,7			Z	36,1
	MMA73XX	X	67,86		MMA73XX	X	47,17		MMA73XX	X	45,66
		Y	38,97			Y	43,38			Y	43,78
		Z	59,45			Z	38,84			Z	26,65
	MMA72XX	X	47,93		MMA72XX	X	33,7		MMA72XX	X	53,82
		Y	45,59			Y	31,5			Y	28,23
		Z	53,09			Z	37,19			Z	44,32

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con los valores de la desviación en cada uno de los de los sensores, se puede comparar como es su comportamiento y que tan precisos y confiables son cada uno en determinadas condiciones.

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del trabajo, se buscó determinar las características de los sensores calculando la desviación que tienen en una posición fija para determinar qué tan confiables son.

4.1. Desviación por eje:

Con el fin de determinar cuál de los acelerómetros es el más confiable, se compara la desviación en cada eje de cada Angulo y su aproximación gaussiana.

4.1.1. Desviaciones a 0 grados:

En la imagen 50, se observa como el sensor MPU6050 tiene la mejor aproximación gaussiana sobre los demás sensores en una posición de 0 grados para el eje x, comparando los valores con la tabla 3, su desviación también es la menor.

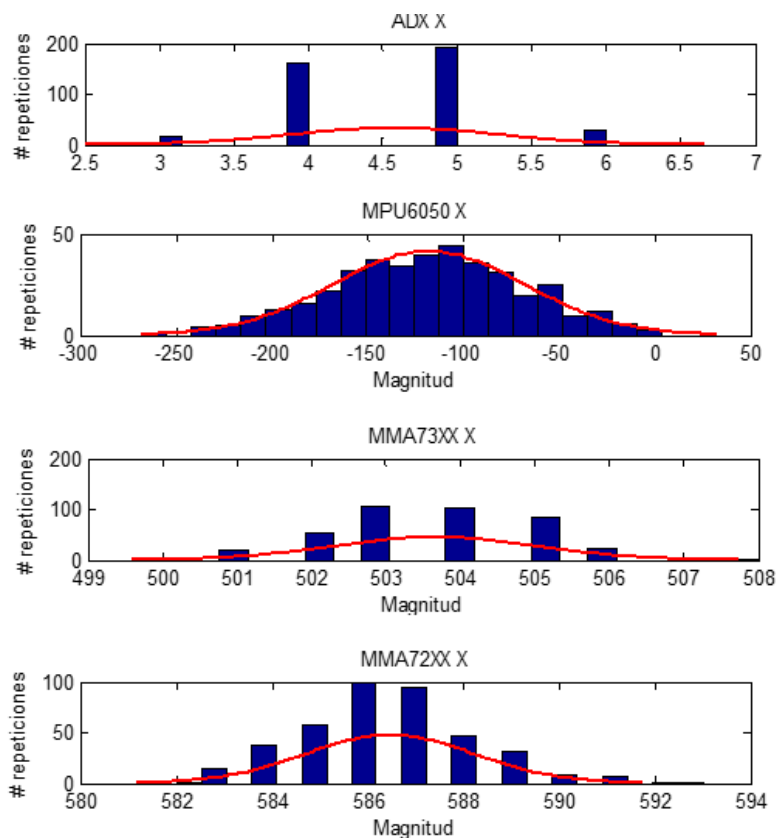


Imagen 50 Histograma en el eje x todos los acelerómetros para 0 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 51, se observa como el sensor MPU6050 tiene la mejor aproximación gaussiana sobre los demás sensores en una posición de 0 grados para el eje y, comparando los valores con la tabla 3, se observa que la desviación también es menor.

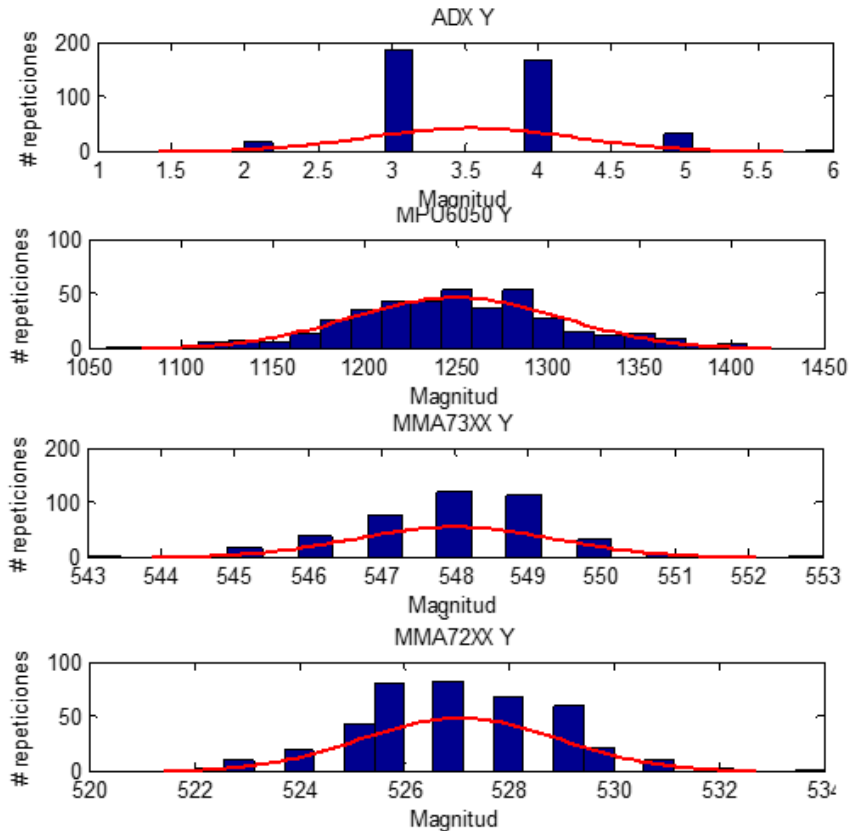


Imagen 51 Histogramas para el eje y y todos los acelerómetros para 0 grados.

En la imagen 52, se observa que el sensor MMA72 maneja la mejor aproximación gaussiana, a pesar de que el sensor MPU6050 también tiene una buena aproximación, cada uno de los datos tiene distancias inconsistentes entre si lo que aumenta su desviación, en la tabla 3 se observa como la menor desviación corresponde al sensor MMA72.

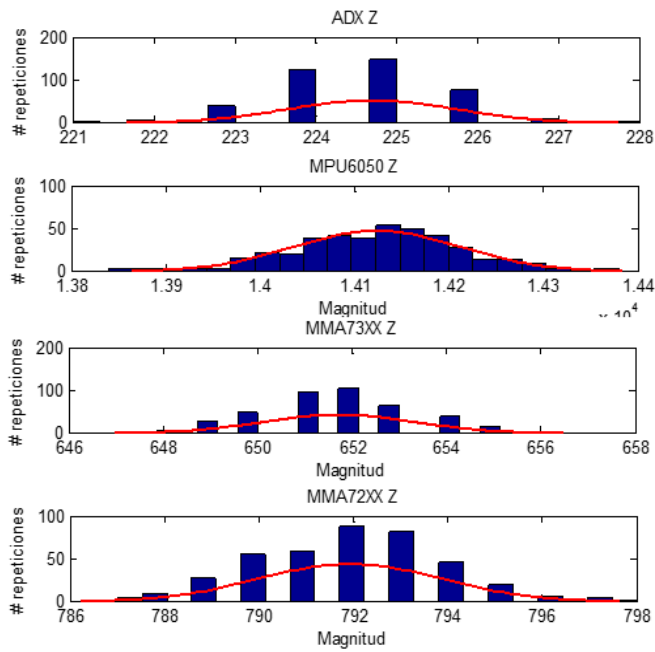


Imagen 52 Histogramas para el eje z todos los acelerómetros para 0 grados.

4.1.2. Desviaciones a 10 grados:

En la imagen 53 se observa como el sensor MPU6050 tiene la mejor aproximación gaussiana sobre los demás sensores en el eje x para una posición de 10 grados, comparando los valores con la tabla 3 también tiene la menor desviación.

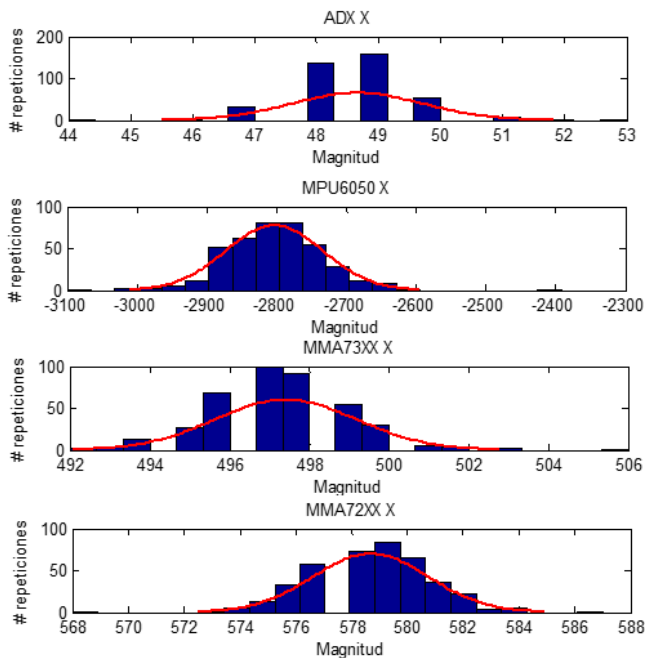


Imagen 53 Histogramas para el eje x todos los acelerómetros para 10 grados.

En la imagen 54 se observa como la mejor aproximación gaussiana es la del sensor MMA73 sobre los demás sensores en el eje y para una posición de 10 grados, donde a pesar de estar separada la altura de las barras van en orden, a diferencia de los demás sensores que tiene sobre picos en algunos de sus valores, comparando las desviaciones de la tabla 3 también es la menor.

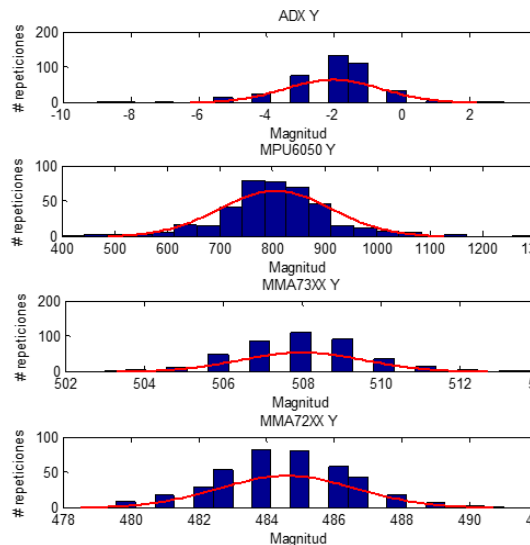


Imagen 54 Histograma eje y todos los acelerómetros para 10 grados.

En la imagen 55 se observa como la mejor aproximación gaussiana está dada por el sensor MMA72 sobre los demás sensores en el eje z para una posición de 10 grados, donde sus valores no tienen grandes distancias entre sí, comparando las desviaciones de la tabla 3 es la menor de todas.

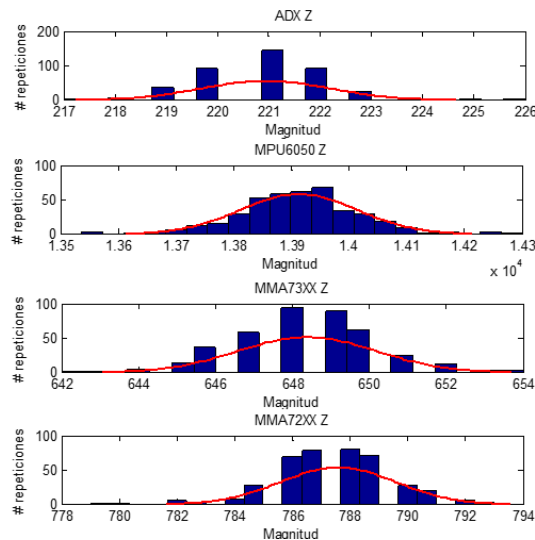


Imagen 55 Histograma eje z todos los acelerómetros para 10 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.1.3. Desviación a 20 grados:

En la imagen 56 se observa que la mejor aproximación gaussiana la tiene el sensor MMA72 sobre los demás sensores en el eje x para una posición de 20 grados a pesar de tener un sobre pico, donde si la comparamos con los valores de desviación en la tabla 3 es la menor.

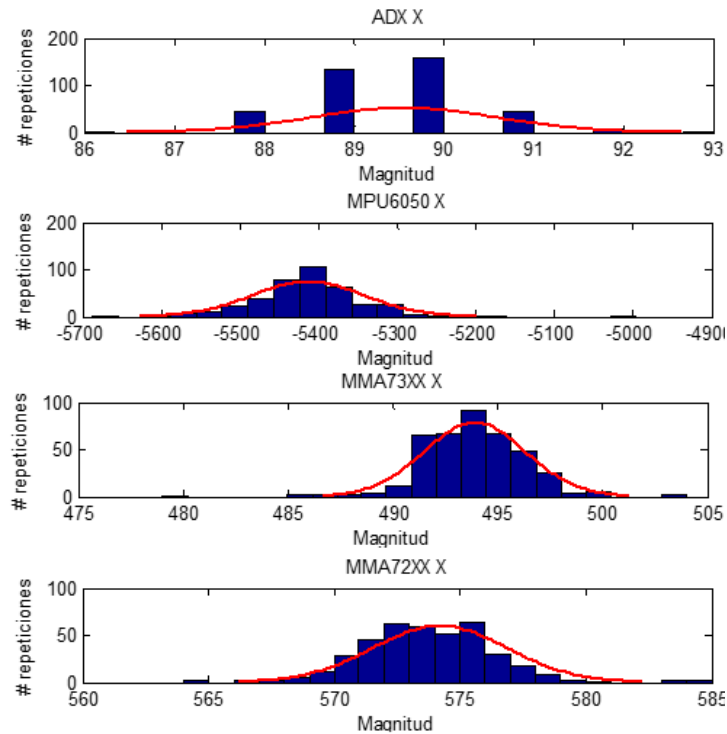


Imagen 56 Histograma eje x todos los acelerómetros 20 grados.

En la imagen 57 se observa que la mejor aproximación gaussiana la tiene el sensor MMA73 sobre los demás sensores en el eje y para una posición de 20 grados, aunque el sensor MMA72 también tiene una buena desviación la distancia entre valores es mayor que la del MMA73, comparando los valores de desviación de la tabla 3, el MMA73 tiene la menor desviación.

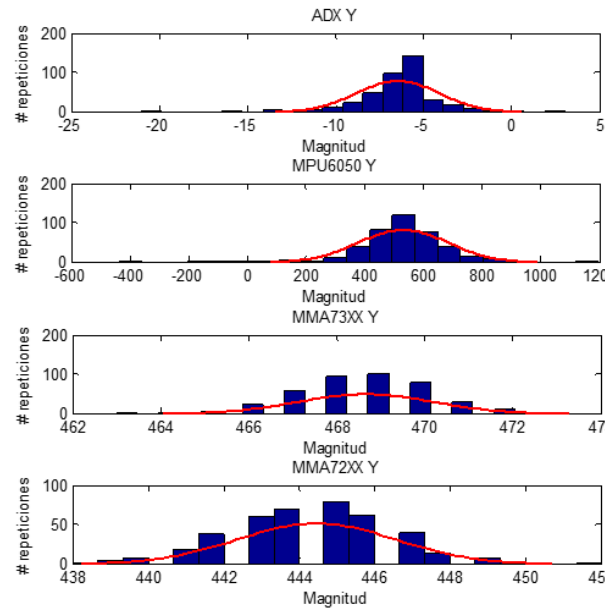


Imagen 57 Histograma eje y todos los acelerómetros 20 grados.

En la imagen 58 se observa que la mejor aproximación gaussiana es la del sensor MMA72 sobre los demás sensores en el eje z para una posición de 20 grados, comparando los valores de desviación con la tabla 3 también es la menor.

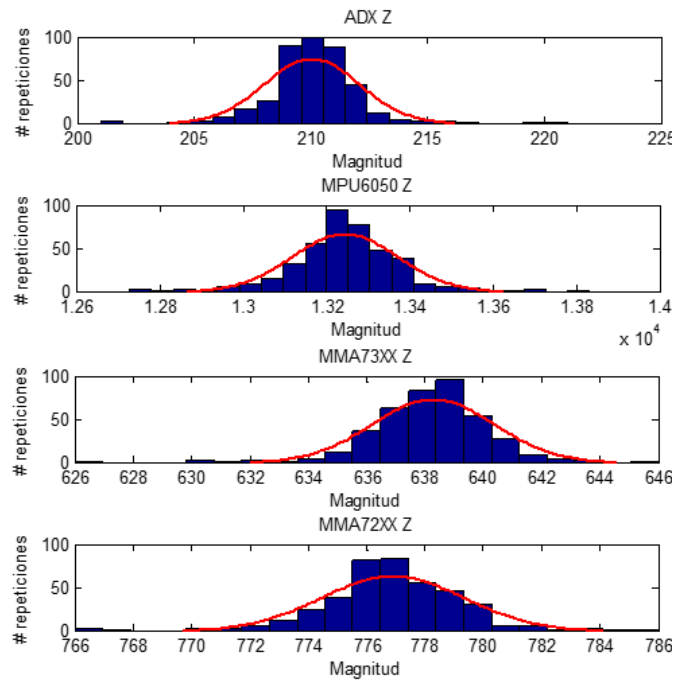


Imagen 58 Histograma eje z todos los acelerómetros 20 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.1.4. Desviación a 30 grados:

En la imagen 59 se observa que el sensor MPU6050 tiene mejor aproximación gaussiana sobre los demás sensores en el eje x para una posición de 39 grados, comprando los valores de la tabla 3 su desviación también es la menor.

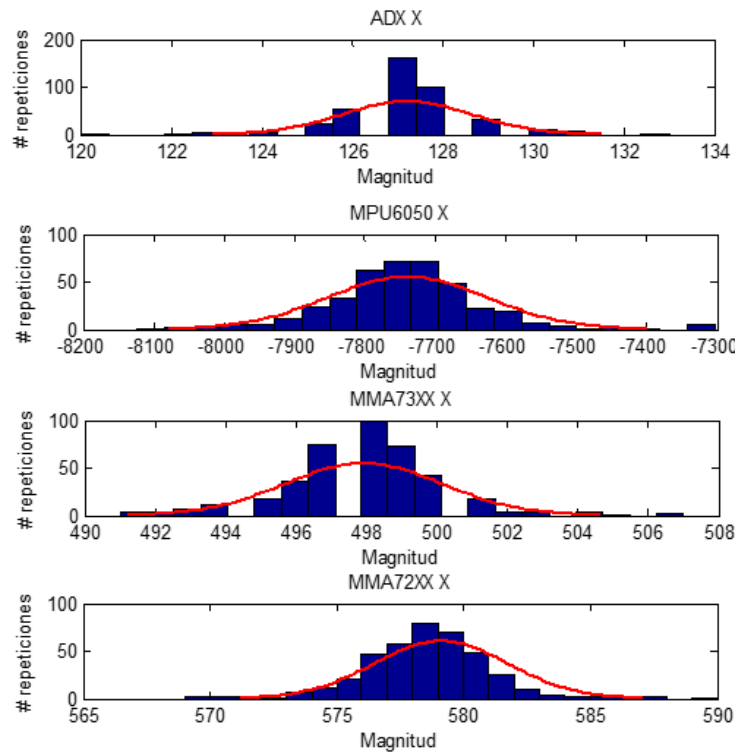


Imagen 59 Histograma eje x todos los acelerómetros 30 grados.

En la imagen 60 se observa que el sensor MMA72 tiene mejor aproximación gaussiana sobre los demás sensores para una posición de 30 grados, comparando los valores con la tabla 3 es el que menor desviación tiene.

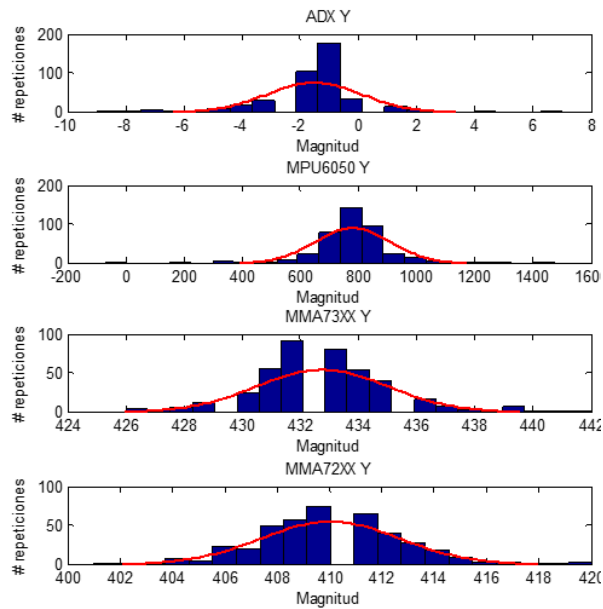


Imagen 60 Histograma eje y todos los acelerómetros 30 grados.

En la imagen 61 se observa que es difícil determinar cuál de los sensores tiene la mejor aproximación gaussiana, debido a que todos tienen distorsionada su gráfica, a pesar de que el sensor MMA72 visualmente es la que tiene mejor aproximación gaussiana, comparándolo con la tabla 3 quien maneja la menor desviación es el sensor MMA73 para una posición de 30 grados en el eje z.

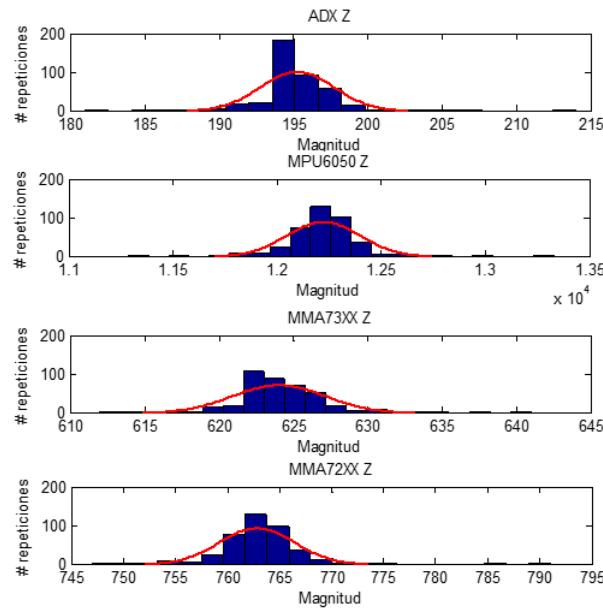


Imagen 61 Histograma eje z todos los acelerómetros 30 grados.

4.1.5. Desviación a 40 grados:

En la imagen 62 se observa que el sensor ADXL345 tiene la mejor aproximación gaussiana sobre los demás sensores en el eje x para posición de 40 grados, comparando los valores de la desviación en la tabla 3 también es la menor.

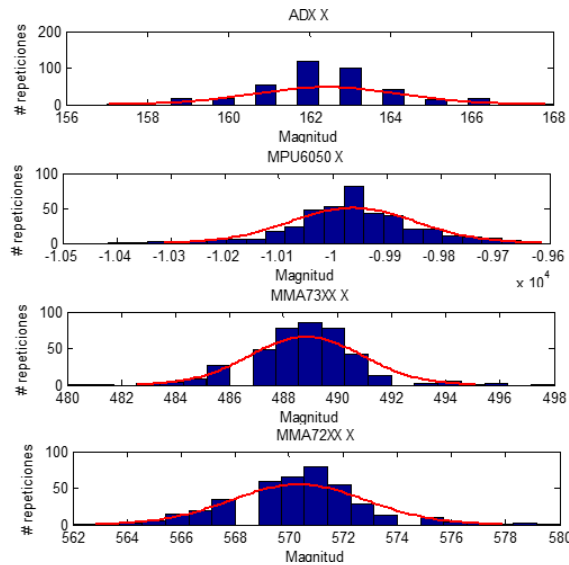


Imagen 62 Histograma eje x todos los acelerómetros 40 grados.

En la imagen 63 se observa que la mejor aproximación gaussiana la tiene el sensor MMA72 sobre los demás sensores en el eje y para una posición de 40 grados, comparando los valores con la tabla tiene la menor desviación.

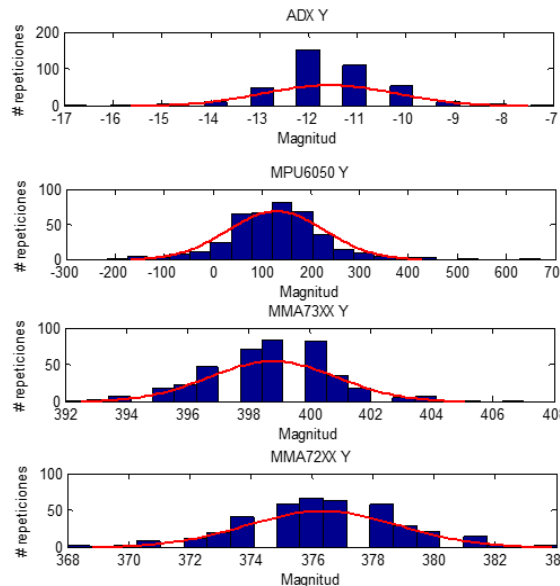


Imagen 63 Histograma eje y todos los acelerómetros 40 grados.

En la imagen 64 se observa como el sensor ADXL345 tiene la mejor aproximación gaussiana sobre los demás sensores en el eje z, comparando los valores de desviación en la tabla 3 es la menor.

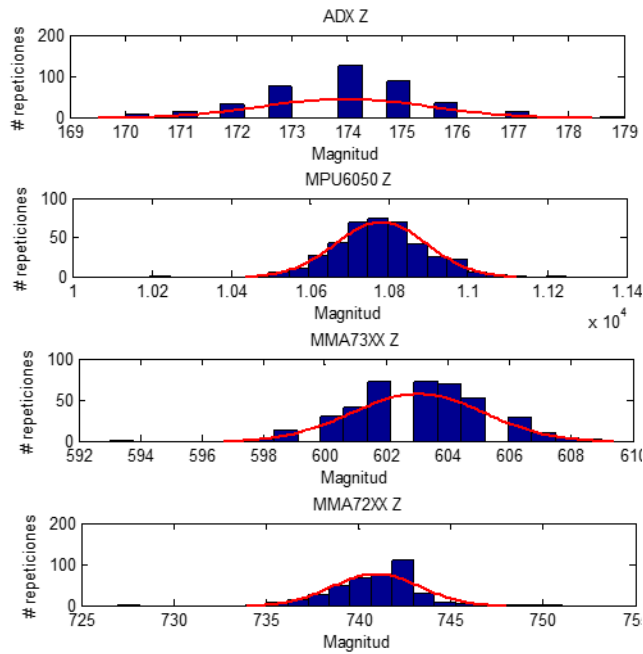


Imagen 64 Histograma eje z todos los acelerómetros 40 grados.

4.1.6. Desviación para 45 grados:

En la imagen 65 se observa que aparentemente el sensor que tiene mejor aproximación gaussiana es el MMA72 en el eje x para un ángulo de 45, comparando los valores de desviación con la tabla 3 el que tiene la menor desviación es el sensor MPU6050.

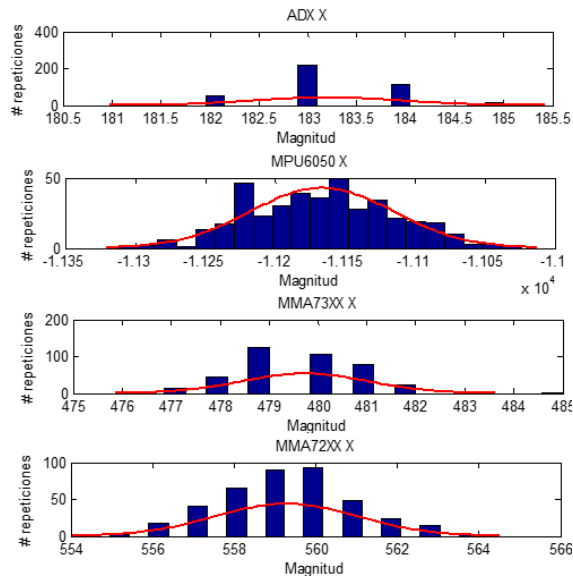


Imagen 65 Histograma eje x todos los acelerómetros 45 grados.

En la imagen 66 se observa que ninguno de los sensores tiene una buena aproximación gaussiana para el eje y para un ángulo de 45, comparando los valores de desviación en la tabla 3, el sensor que maneja la menor desviación es el MPU6050.

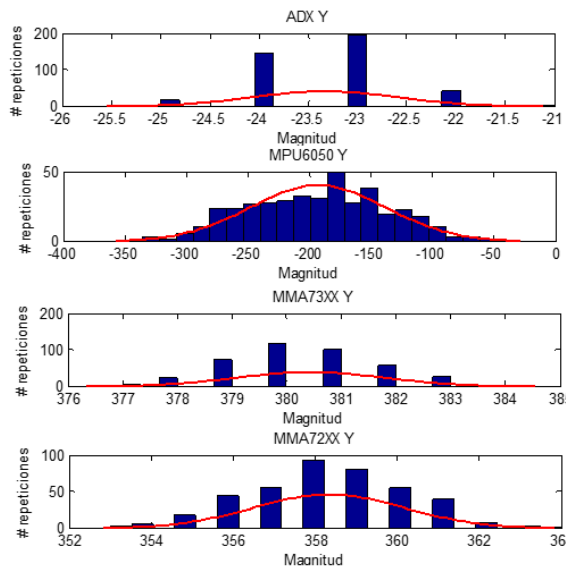


Imagen 66 Histograma eje y todos los acelerómetros 45 grados.

En la imagen 67 se observa que el sensor que aparentemente tiene la mejor aproximación gaussiana en el eje z para un ángulo de 45 grados, es el MMA72, comparando los valores de desviación en la tabla 3, en sensor MPU6050 es que tiene la menor desviación.

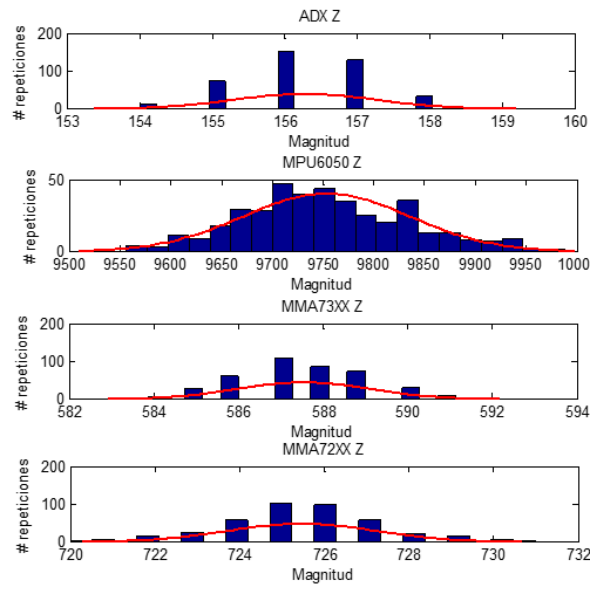


Imagen 67 Histograma eje z todos los acelerómetros 45 grados.

4.1.7. Desviación para 50 grados:

En la imagen 68, se observa que la mejor aproximación gaussiana para el eje x en una posición de 50 grados, es el sensor MPU6050, comparando los datos con la tabla 3 también es el que tiene la menor desviación.

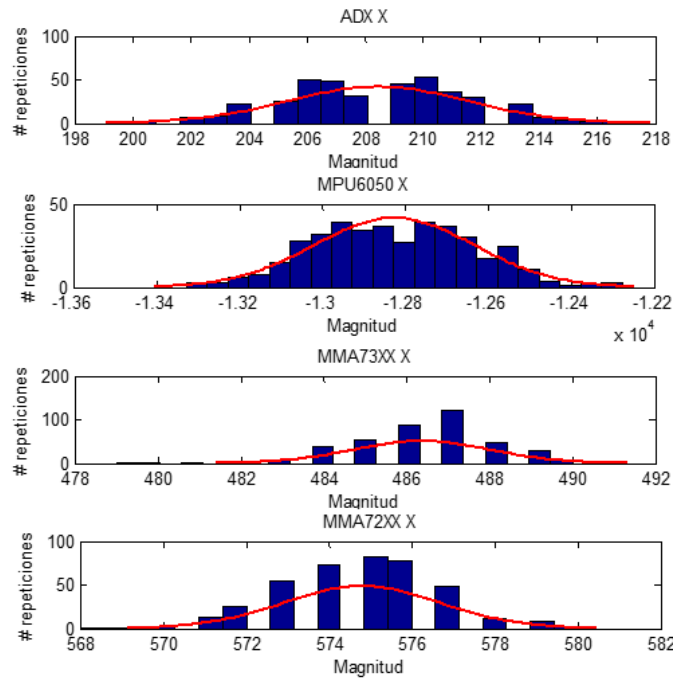


Imagen 68 Histograma eje z todos los acelerómetros 50 grados.

En la imagen 69, se observa que aparentemente el sensor ADXL345 es que mejor aproximación gaussiana tiene para el eje y a una posición de 50 grados, pero al comparar los valores de la tabla 3 el que maneja una menor desviación es el sensor MMA72

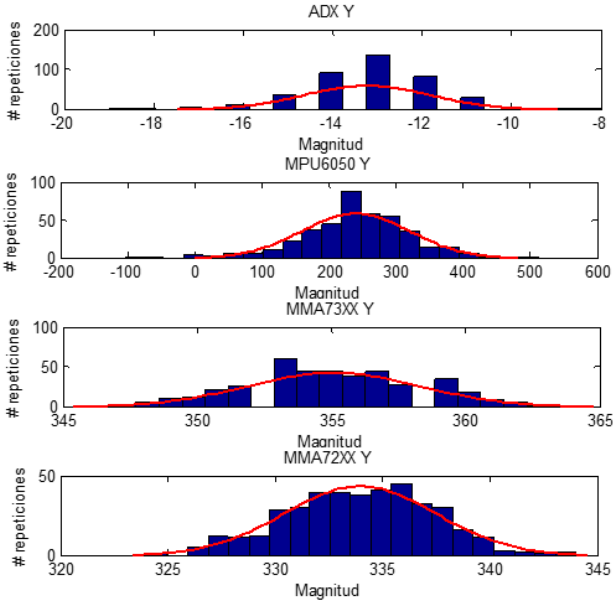


Imagen 69 Histograma eje y y todos los acelerómetros 50 grados.

En la imagen 70, se observa que la mejor aproximación gaussiana la tiene el sensor ADXL345 para el eje z para una posición de 50 grados, comparando las desviaciones en la tabla 3, también es la menor.

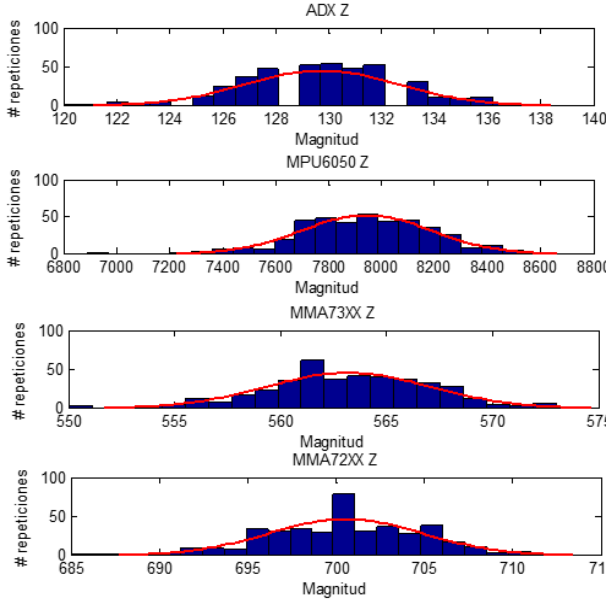


Imagen 70 Histograma eje z y todos los acelerómetros 50 grados.

4.1.8. Desviación para 60 grados:

En la imagen 71, se observa que ninguno de los sensores tiene una buena aproximación gaussiana para el eje x para una posición de 60 grados, comparando las desviaciones en la tabla 3 el sensor MMA72 es el que tiene la menor.

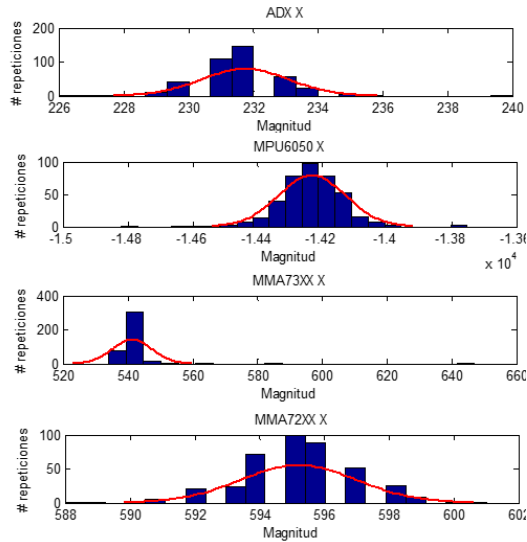


Imagen 71 Histograma eje x todos los acelerómetros 60 grados.

En la imagen 72 se observa que el sensor que tiene mejor aproximación gaussiana para el eje y para una posición de 60 grados es el MPU6050, comparando los valores en la tabla 3 también es el que tiene la menor desviación.

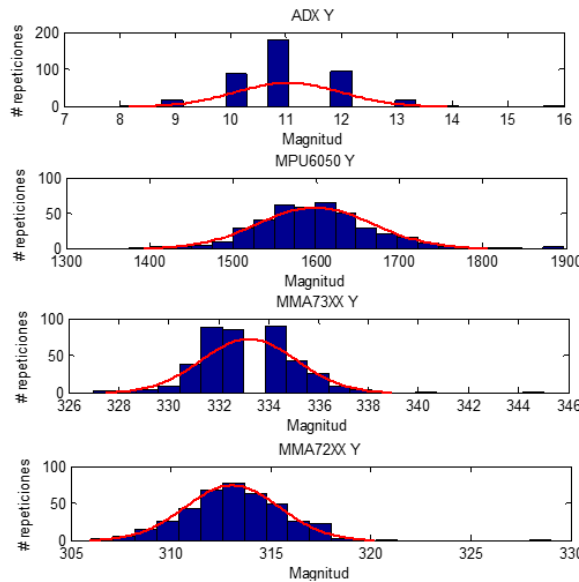


Imagen 72 Histograma eje y todos los acelerómetros 60 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 73, se observa que el sensor que tiene la mejor aproximación para el eje z en una posición de 60 grados es el ADXL345, comparando los datos con la tabla 3, es el que tiene la menor desviación.

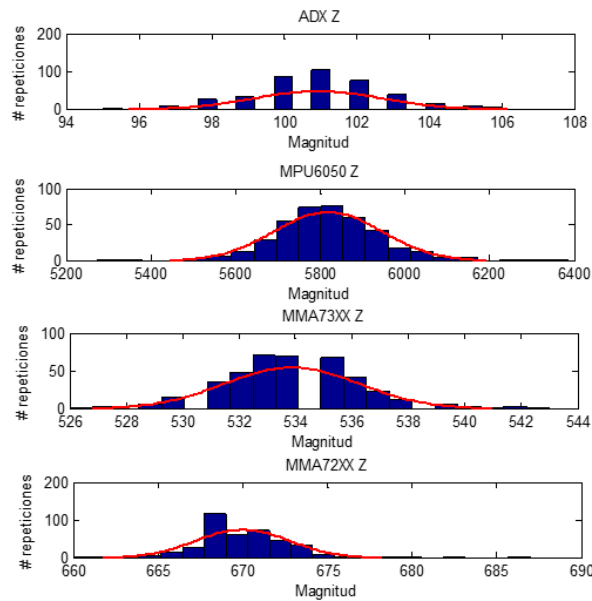


Imagen 73 Histograma eje z todos los acelerómetros 60 grados.

4.1.9. Desviación para 90 grados:

En la figura 74, se observa que la mejor aproximación gaussiana para el eje x en un ángulo de 90 grados, es la del sensor MMA73, que comparándola con la desviación en la tabla 3 es la menor de los sensores.

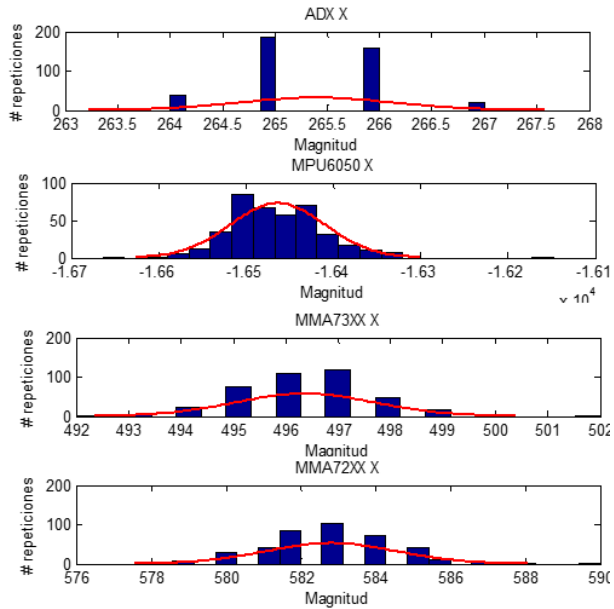


Imagen 74 Histograma eje x todos los acelerómetros 90 grados.

En la imagen 75, se observa que la mejor aproximación gaussiana en el eje y para una posición de 90 grados, es la del sensor MMA72, donde comparando todas las desviaciones para este ángulo en la tabla 3 también es la menor.

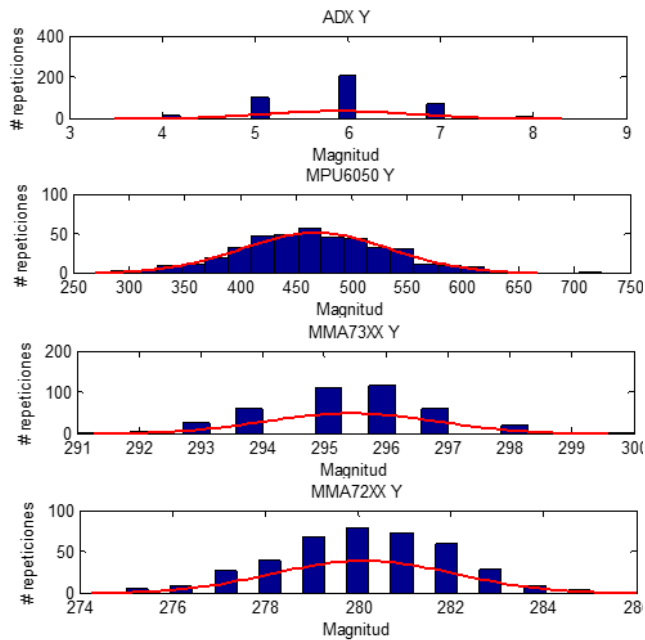


Imagen 75 Histograma eje y todos los acelerómetros 90 grados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la imagen 76, se observa que la mejor aproximación gaussiana para el eje z a un ángulo de 90 grados es la del sensor MMA73, comparándolo con la desviación de la tabla 3 también es la menor de todas.

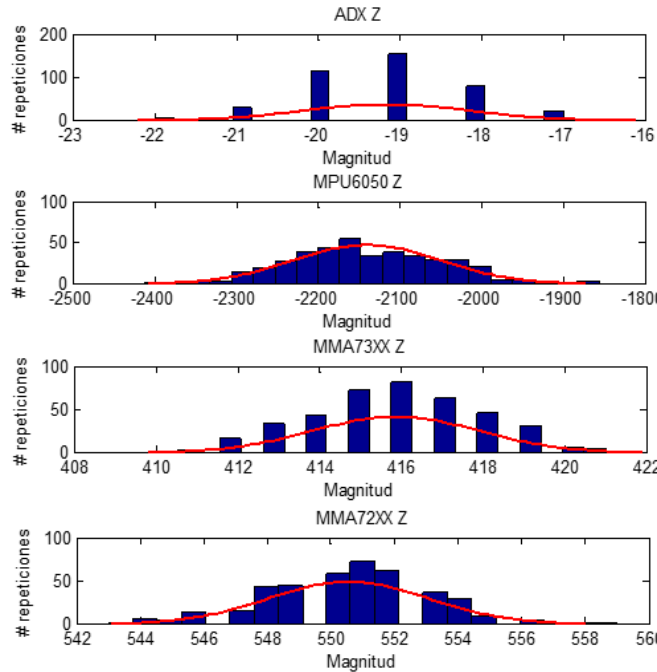


Imagen 76 Histograma eje z todos los acelerómetros 90 grados.

4.2. En resumen:

Basando en los valores obtenidos en la tabla 3 para las desviaciones, se observa que los sensores que tienen una mejor aproximación gaussiana tienden a tener una menor desviación, en la tabla 4 están los mejores sensores para cada eje resumiendo los valores obtenidos.

Donde algunos de los sensores tenían valores aproximados a la menor desviación, indicando que a pesar de no ser el mejor, también pueden ser utilizados dependiendo de la aplicación en la que se requiera; si la aplicación no requiere mucha precisión, se puede tener en cuenta el costo del sensor a la hora de seleccionarlos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 4 Valores de desviación mínimos.

VALORES MINIMOS			
Angulo	Sensor	EJE	VALOR MIN DESVIACION.
0	MPU6050	X	30,53
	MPU6050	Y	36,75
	MMA72XX	Z	30,52
10	MPU6050	X	59,35
	MMA73XX	Y	40,24
	MMA72XX	Z	42,8
20	MMA72XX	X	47,93
	MMA73XX	Y	38,97
	MMA72XX	Z	53,09
30	MPU6050	X	50,18
	MMA72XX	Y	46,68
	MMA73XX	Z	66,55
40	ADXL345	X	39,81
	MMA72XX	Y	41,7
	ADXL345	Z	43,33
45	MPU6050	X	30,7
	MPU6050	Y	28,37
	MPU6050	Z	30,7
50	MPU6050	X	29,47
	MMA72XX	Y	31,96
	ADXL345	Z	37,82
60	MMA72XX	X	48,41
	MPU6050	Y	48,61
	ADXL345	Z	36,37
90	MMA73XX	X	45,66
	MMA72XX	Y	28,23
	MMA73XX	Z	26,65

Los sensores MPU6050 y el MMA73, mostraron ser los sensores que menor desviación manejan en un estado estacionario, pero también mostraron ser los más susceptibles al ruido con respecto a los sensores ADXL345 y MMA73, donde a pesar de no tener una desviación tan baja, sin importar el ángulo de inclinación mantenían sus valores dentro de un rango permitiendo así, poder jugar el margen en la programación para aplicaciones con mucho ruido

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la tabla 5 se observa cuantas veces los sensores obtuvieron la menor desviación en cada eje, quedando el sensor MPU6050 con 9 veces la menor desviación, el sensor MMA72 con 9 veces con la menor desviación, el sensor MMA73 con 5 veces la menor desviación y el sensor ADXL345 con 4 veces con la menor desviación.

Tabla 5 Número de veces con la menor desviación por sensor.

SENSOR	EJE	NUMERO DE VECES CON LA MENOR DESVIACION
MPU6050	X	5
	Y	3
	Z	1
ADXL345	X	1
	Y	0
	Z	3
MMA73XX	X	1
	Y	2
	Z	2
MMA72XX	X	2
	Y	4
	Z	3

De la tabla 5 se observa que el sensor MPU6050 en cuanto a los ejes x y y, es bastante confiable, pero a la hora de medir en el eje z no es el mejor de todos; el sensor MMA72 es el más equilibrado de todos en los tres ejes; el sensor ADXL345 es bastante confiable en el eje z, pero en los otros ejes no es el mejor; el sensor MMA73 es el más bajo de los 4 donde su desviación está por debajo de los demás.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Los cuatro sensores tienen características únicas, y su comportamiento es similar independientemente de si son analógicos o digitales; el sensor MPU6050 maneja la mejor desviación en los ejes X y Y, pero su eje Z no es el mejor de todos, sus datos entregados varían más que el de los otros sensores haciéndolo más sensible al ruido; el sensor MMA72 a pesar de ser analógico maneja una buena desviación en todos sus ejes, tiene poca variación en los datos entregados; el sensor MMA73 también siendo un sensor analógico está por debajo en cuanto a desviación del MMA72, tiene poca variación en sus datos; El sensor ADXL345 solamente maneja una buena desviación con respecto a los demás sensores en el eje Z, en los demás ejes es inferior, teniendo en cuenta que sus datos no variaron mucho indiferente de la posición, lo hace el sensor más tolerante al ruido.
- Para determinar la versatilidad de los sensores, se puede tomar los datos a distintas alturas (en un espacio con todos los ruidos naturales) en las mismas posiciones y así poder mostrar de una mejor forma cada una de sus características.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Acelerómetros-Sensores. (n.d.). Retrieved from http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Aceler%C3%B3metros---Sensores-de-aceleraci%C3%B3n_49/
- Brynildsen Jens Chr. (n.d.). Protocolo I2C ADXL345. Retrieved from https://github.com/jenschr/Arduino-libraries/blob/master/ADXL345/examples/ADXL345_no_library/BareBones_ADXL345.pde
- Freescale Semiconductor. (2008). Micromachined Accelerometer MMA7361L. *Sensors (Peterborough, NH)*. Retrieved from: http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7361L.pdf, 1–11.
- Fuerza G. (n.d.). Retrieved from <https://albrodpulf1.wordpress.com/2014/02/26/analisis-fuerzas-g/>
- Inc., I. (2013). MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification. *InvenSense Inc.*, 1(408), 1–57. Retrieved from https://www.cdiweb.com/datasheets/invensense/MPU-6050_DataSheet_V3.4.pdf
- Martinez David, Rubio Gomez Manuel, B. C. (n.d.). Protocolo I2C/TWI. Retrieved from <http://www.quadruino.com/guia-2/sensores/protocolo-i2c-twi>
- Mmaq, T. (2011). Digital Accelerometer, 1–47.
- Rowberg Jeff. (2012). MPU-6050- I2C. Retrieved from <http://www.i2cdevlib.com/devices/mpu6050#captures>
- Semiconductor, F., & Data, T. (2006). Micromachined Accelerometer MMA7260QT. *Sensors (Peterborough, NH)*, 1–11.
- Webopedia, & Webopedia. (2003). *What is serial port? - A Word Definition From the Webopedia Computer Dictionary'*. Webopedia.com. Retrieved from http://www.webopedia.com/TERM/S/serial_port.html

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES *Luis Alencá*

FIRMA ASESOR *JUAN SE.*

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____