

Caracterización del daño de una planta de fresa mediante un sensor de movimiento.

Determination of the damage in a strawberry plant using a motion sensor.

María Isabel Marín-Henao
Universidad Piloto de Colombia
Ingeniería Mecatrónica
Bogotá, Colombia
Maria-marin@upc.edu.co

Jeyson Javier Borrero-
Domínguez
Universidad Piloto de Colombia
Ingeniería Mecatrónica
Bogotá, Colombia
Jeyson-borrero@upc.edu.co

PhDc. Msc. Ing. Jennifer Paola
Corredor-Gómez
Universidad Piloto de Colombia
Ingeniería Mecatrónica
Bogotá, Colombia
Jennifer-corredor@upc.edu.co

Resumen—Las plantas de fresa son un tipo de planta perenne, es decir, producen varias cosechas en el año, por tal motivo es de suma importancia su cuidado en el proceso de la cosecha. Con el fin de conservar no solo el tallo sino también el fruto, se propone un sistema electrónico basado en sensores de vibración y posición que pueden monitorear el movimiento que sufre la planta al ser cosechada por dispositivos mecatrónicos. La primera etapa la compone la recreación de una planta de fresa donde se pueden realizar los diferentes tipos de pruebas. Para el desarrollo del procesamiento y control, primero se debe calibrar el respectivo sensor y de allí pasar al monitoreo y adquisición de datos, teniendo en cuenta que las pruebas son realizadas con dos cosechadores automatizados el Slide-Berry y el Cajupa desarrollados por estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia. Los resultados muestran que el dispositivo Slide-Berry genera menos daño a la planta de fresa y así mismo muestran un futuro atractivo respecto a la minimización de costos y mejora de calidad de dicho producto.

Palabras claves— agricultura de precisión; sensor; giroscopio; acelerómetro; adquisición de datos; instrumentación.

Abstract— The strawberries plants are a perennial type of plant, it means, that the strawberries plants produce several crops in a year, because of this is too important her care in the harvesting process. For this reason and with the objective of keep the stem and the fruit, we propose an electronic system based in vibrations sensors and position ones that can monitor the movement that the plant suffer when it is harvesting by mechatronics devices. The first step is the recreation of a strawberry plant where you can do different type of proves. For the development of processing and control, first we have to calibrate the specific sensor and from there we can pass to the monitoring and the data purchase, you have to take into account that proves are performed with two automatic harvesting machines the Slide-Berry and the Cajupa that were developed by students

of the “Universidad Piloto de Colombia”. The results said that the device Slide-Berry makes the minor damage to the strawberry plant and also said us the future of the minimization of costs and a better quality on that product.

Keywords — precision farming; sensor; accelerometer; gyroscope; data purchase, instrumentation.

I. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la agricultura, la variabilidad espacial de las propiedades del suelo ha estado presente en la producción agrícola [1], lo cual se ha establecido como una limitante para el pleno desarrollo de la producción. En las últimas décadas ha hecho su aparición la agricultura de precisión [1].

La agricultura de precisión se basa en el manejo específico de un área de cultivo, para ello se utilizan herramientas tecnológicas como el posicionamiento global, dispositivos de distribución de riego, fertilizantes, plaguicidas variables, sensores climatológicos y de cultivo [1]. La información que es adquirida, es procesada para posteriormente tomar decisiones de manejo sobre el cultivo.

El uso de la agricultura de precisión está sujeto a los beneficios económicos y productivos de un terreno. Existen tres criterios para que esto se cumpla: primero, que la variabilidad de los factores dentro del área de cultivo influyan en la producción final; segundo, que las causas de la variabilidad puedan ser identificadas y tercero que la información obtenida pueda ser usada para mejorar las prácticas de manejo del cultivo y mejorar la productividad [2].

En Colombia existen centenares de familias dedicadas a las diferentes actividades que existen en el campo [3]. Una de las actividades más importantes es la agricultura, ésta actividad es la que le permite a toda la población del país adquirir sus verduras, legumbres, tubérculos y frutas para la alimentación. Los encargados de éstas labores de la agricultura son en su gran mayoría personas que en ocasiones tienen falencias en los conocimientos técnicos del manejo de la planta que siembran

y todas las labores que requiere la agricultura, es decir, estas personas son empíricas en el campo y aunque han obrado bien y le han sacado provecho, se requiere conocer más a fondo de este proceso para preservar las características y cualidades que debe tener un cultivo, teniendo en cuenta que el procedimiento que siguen los agricultores es alistar el suelo con abonos, aplicar químicos para quitar las malezas, sembrar y agregar fertilizantes, fumigar con pesticidas más de una vez y por último cosechar la fruta sin un debido cuidado [4].

En base a todo lo anterior se busca realizar un aporte en el área de cosecha y recolección del fruto, utilizando monitorización y control en el cultivo mediante una red de sensores que ofrecerán una densidad de puntos de medida lo suficientemente alta, como para medir los parámetros de movimiento en su entorno y así volcar la información a un sistema de calibración que analizará las medidas y generará alertas que avisan al responsable del cultivo para así tomar las decisiones más apropiadas mejorando este.

II. MARCO TEÓRICO

Los sensores de vibración son acelerómetros que permiten trabajar en frecuencias altas, que es donde se produce principalmente la vibración [5].

Con una debida calibración, procesamiento y una red de sensores de vibración se pueden monitorear tendencias de desgaste o problemas de funcionamiento de maquinaria.

Para caracterizar el movimiento oscilatorio puede medirse el desplazamiento del cuerpo, su velocidad o su aceleración. En el caso de éste proyecto, se utilizó un acelerómetro, debido a que es el más utilizado en cuanto a sensores de vibración; sin embargo, existen otro tipo de sensores: sensores de desplazamiento de fibra óptica, LVDT (lineal variable differential transformer) y también sensores de velocidad.

El acelerómetro es un sensor que proporciona una señal eléctrica que varía de forma proporcional a la aceleración medida. La proporcionalidad viene dada por la sensibilidad del acelerómetro [6]; los acelerómetros uniaxiales miden la aceleración en la dirección perpendicular a la superficie de medida, sin embargo los hay también triaxiales que son capaces de medir la aceleración en las tres direcciones del espacio.

Se ha decidido seleccionar el sensor MPU6050, es un módulo de acelerómetro y giroscopio, que también cuenta con unas lecturas de sensores de temperatura entre -40 y +85 °C. Controlado por IC MPU-6050, es un sensor de 6 DOF, proporcionando seis valores de salida, y 3 de acelerómetro y giroscopio de tres [7].

Las aplicaciones más comunes del sensor MPU 6050 son:

- Tecnología BlurFree (Para video/estabilización de imagen).
- Tecnología AirSign (Para seguridad/autenticación).

- Tecnología TouchAnywhere (Para navegación/Control de aplicaciones UI)
- Tecnología MotionCommand (Para gestos)
- Movimiento en controles de videojuegos.
- Sensores para salud, fitness y deportes.
- Juguetes.

La adquisición de datos o adquisición de señales consiste en la toma de muestras del mundo real para generar datos que pueden ser manipulados por un computador, consiste en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en un computador [8].

La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico o la propiedad física de un objeto que se desea medir. En éste caso es el movimiento de la planta de fresas; el sensor nombrado anteriormente es el encargado de convertir una propiedad física en una señal eléctrica medible, paso seguido la tarjeta de adquisición de datos (DAQ) actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior.

La DAQ elegida ha sido el Arduino Uno, el cuál es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, reguladores de tensión, un puerto USB conectado a un módulo adaptador USB-serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC; dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5V También dispone de entradas y salidas analógicas, se pueden obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM [8].

El procesamiento de datos fue realizado mediante Matlab, el cuál es un lenguaje de computación técnica de alto nivel y un entorno interactivo para desarrollo de algoritmos, visualización de datos, análisis de datos y cálculo numérico [9].

El algoritmo implementado en Matlab permite extraer los datos recolectados por el Arduino y genera una gráfica en tiempo real al momento en que la planta está en movimiento, una interfaz gráfica es la encargada de mostrar los resultados que arrojan los datos del Arduino, cabe resaltar que son más de cinco mil datos por muestra.

Se debe hacer una lectura de valores analógicos con el pin que se quiera, tras haber realizado la lectura, se envían los datos a través del puerto serial modificando el tiempo.

III. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se realizó la instrumentación artificial de una planta de fresa, proyecto encabezado por estudiantes de quinto semestre del semillero investigativo de Agricultura de Precisión. Este prototipo se encuentra en el estado mostrado en la Ilustración 1.



Ilustración 1. Prototipo de una planta de fresa
Fuente: Autor

En la Ilustración 2, se muestra el Proyecto desarrollado por estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia cuyo título es “Slide-Berry” el cual fue base para el desarrollo de este, puesto que el proceso de pruebas fue en conjunto.



Ilustración 2. Carro recolector “Slide-Berry”
Fuente: Daniel Herrera, Luisa Medina, Miguel Delgado.

En la construcción del sistema de prueba se utilizó el sensor MPU6050, drivers (construcción institucional) y un microcontrolador (Arduino Uno). En la Ilustración 3, se muestra un diagrama de bloques del sistema electrónico implementado.

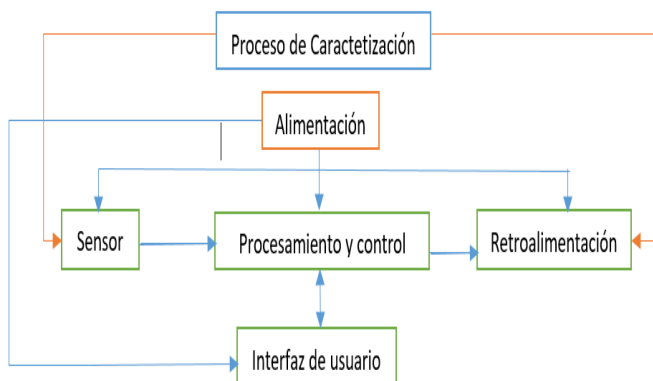


Ilustración 3. Representación del sistema electrónico

Fuente: Autor

A continuación se hace una alusión al hardware y software que se hace en cada etapa:

- **Etapa de sensor:** En el sistema se debió contar con un sensor que estuviera conformado por un acelerómetro y giroscopio (MPU6050) con el fin de conocer los desplazamientos que tiene en sus ejes conociendo el punto de partida y medir las fuerza de aceleración (fuerza dinámica) en los ejes x, y, z.



Ilustración 4. MPU6050

Fuente: Fotografía tomada por autor

- **Etapa de procesamiento y control:** En esta etapa se utilizó el microcontrolador Atmel AVR (ATmega328) de la compañía Arduino, modelo Arduino Uno-R3 (Ilustración 5), el cual cuenta con un sistema operativo basado en C y C++ y maneja el lenguaje de programación Processing.



Ilustración 5: Arduino Uno

Fuente: Fotografía tomada por autor

Este fue el elemento principal de esta etapa debido a que realizó el monitoreo y la adquisición de los datos obtenidos por el sensor (MPU6050), al mover la planta en diferentes casos y condiciones.

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se utilizó el software Matlab, como se puede evidenciar en la Ilustración 6, donde se observa parte del entorno del programa mencionado y la interfaz gráfica que se encuentra en desarrollo.

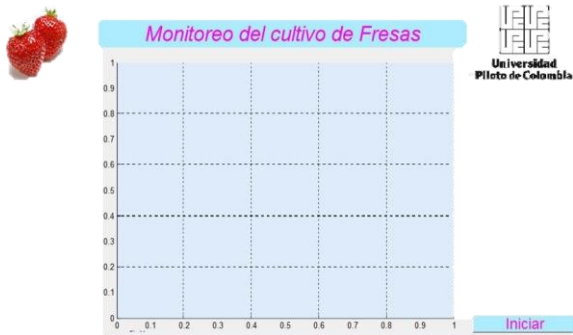


Ilustración 6. Interfaz gráfica en desarrollo con Matlab
Fuente: Autor

El programa principal del control del sistema, fue desarrollado en el lenguaje de programación M, lenguaje propio del software Matlab.
 El Arduino está encargado de realizar la adquisición de datos y enviarlas al programa de Matlab, donde se hará el procesamiento de estos y serán graficados en la interfaz ya desarrollada previamente.

- **Etapas de Retroalimentación:** El sistema electrónico que fue desarrollado fue alimentado directamente por el Arduino a 3,3V sin embargo también se puede usar a 5V directamente.

Las anteriores etapas que dan el cumplimiento al sistema electrónico fueron aquellas que dieron los parámetros para calibrar las pinzas del carro recolector “Slide-Berry”. De tal manera se cumplió con las etapas mostradas en la Ilustración 7, donde se evidencia el diagrama de flujo a seguir con cada una de las etapas y subetapas para finalmente calibrar el carro recolector.

Todo el sistema que se plantea se hizo en base a los recolectores desarrollados por los estudiantes en la Universidad Piloto de Colombia, donde para verificar la efectividad del proyecto planteado se trabajó solamente con los ejes X y Y al momento de realizar el proceso de cosecha con los carros recolectores como del mismo proceso manualmente.

Con todos los elementos anteriormente mencionados y para poder realizar las pruebas se realizó la instrumentación de 4 plantas artificiales de las cuales dos serían utilizadas para las pruebas con los carros recolectores y las otras dos manualmente. Teniendo en cuenta que se realizarían varias pruebas con cada dispositivo para así determinar un promedio de valores en los datos que se obtendrían mediante el sensor.

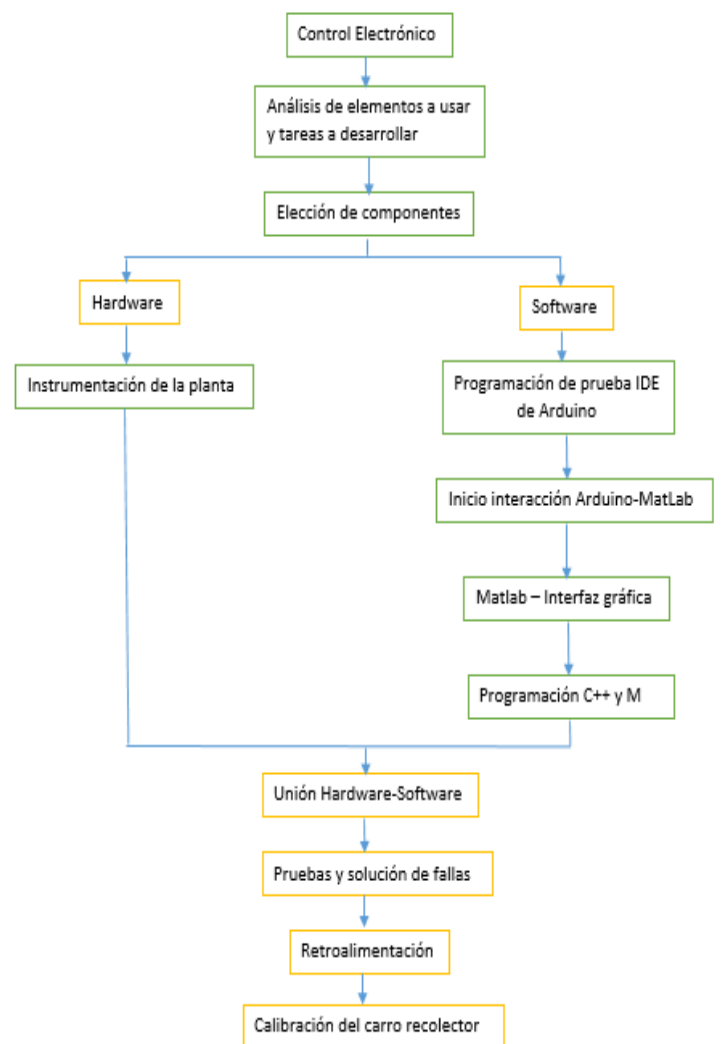


Ilustración 7. Diagrama de flujo del Proyecto
Fuente: Autor

IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

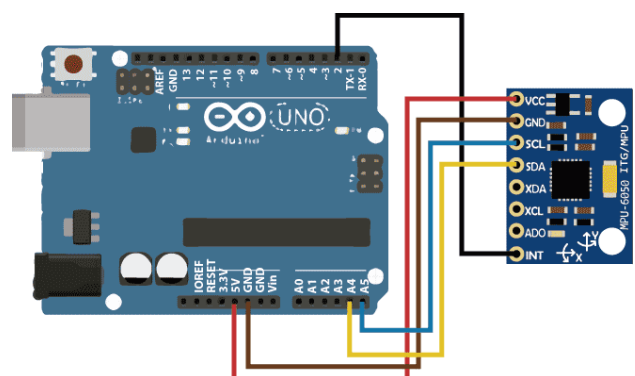


Ilustración 8: Montaje de pruebas con programación en Arduino
Fuente:

<https://turnsouthates.wordpress.com/2015/07/31/arduino-mpu6050/>

Como se muestra en la ilustración 8 el montaje realizado para las pruebas, se puede observar la debida conexión realizada del sensor al microcontrolador lo cual está siendo controlado por este mismo a través del puerto USB y realizando la adquisición de datos mediante Matlab, el resultado fue satisfactorio referente al control del sensor como en la adquisición de los datos tanto en resolución, número de pasos y dirección de giro.

A su vez el control del sensor se ha realizado con arduino mostrando la facilidad de creación de control y logrando así que este sea genere movimientos de gran resolución. La interfaz de este software llamada IDE de Arduino, se puede observar en la Ilustración 9, donde se evidencia parte de la programación utilizada en las pruebas. El uso de Matlab se genera debido a la necesidad de una interfaz de usuario que permita la directa interacción con este.

```

Proyecto Arduino 1.6.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Proyecto

#include <Wire.h>

//Direccion I2C de la IMU
#define MPU 0x68

//Ratios de conversion
#define A_R 16384.0
#define G_R 131.0

//Conversion de radianes a grados 180/PI
#define RAD_A_DEG = 57.295779

//MPU-6050 da los valores en enteros de 16 bits
//Valores sin refinar
int16_t AcX, AcY, AcZ, GyX, GyY, GyZ;

//Angulos
float Acc[2];
float Gy[2];
float Angle[2];

void setup()
{
  Wire.begin();
  Wire.beginTransmission(MPU);
  Wire.write(0x6B);
  Wire.write(0);
  Wire.endTransmission(true);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  //Leer los valores del Acelerometro de la IMU
  
```

Ilustración 9: Inicio de la programación IDE de Arduino
Fuente: Autor

Finalmente debido a las pruebas realizadas en las plantas de fresa, donde se realizó la instrumentación de está variando los tamaños y pesos en las fresas como se explicó en párrafos anteriores, lo cual se hizo con el fin de observar el comportamiento lo más similar a la realidad se obtuvieron dos resultados (Ilustración 10 e Ilustración 11).

Donde después de realizar varias pruebas con cada dispositivo se observó que el comportamiento menos brusco es generado por los carros recolectores (Ilustración 9) teniendo un promedio de datos de 28,08° máximo y mínimo de -33.53° en el eje X; en el eje Y un máximo de 30,22 ° y un mínimo de -53,91 ° permitiendo así mediante esta adquisición de datos la calibración de los diferentes dispositivos móviles con un parámetro de datos ya obtenidos.

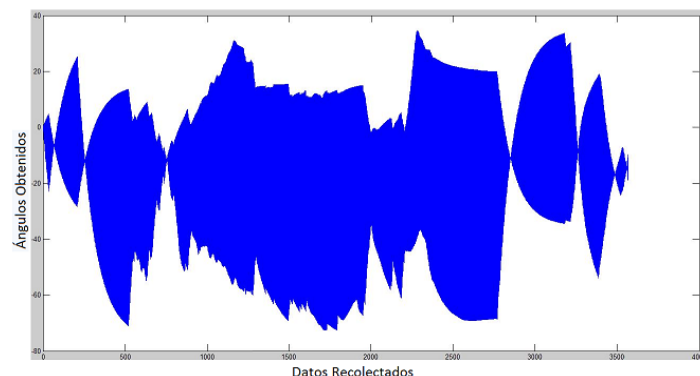


Ilustración 10: Datos obtenidos del proceso de cosecha mediante el carro recolector

Fuente: Autor

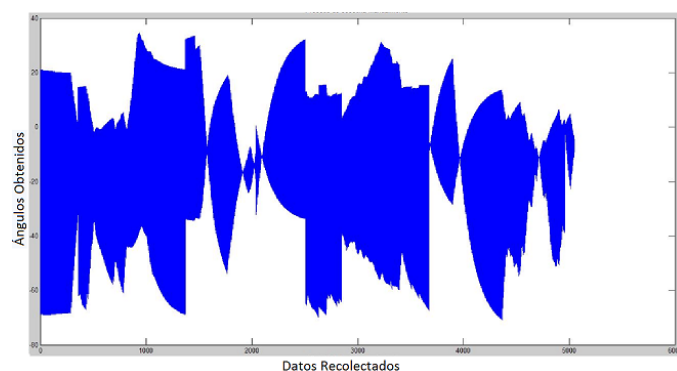


Ilustración 11: Datos obtenidos del proceso de cosecha manualmente

Fuente: Autor

V. APLICACIÓN TECNOLÓGICA

La instrumentación de una planta de fresas ha sido diseñada con dos fines básicos, el primero es el de monitorear la planta de fresa en su tiempo de cosecha. Por otra parte, la aplicación tecnológica del proyecto está en que con unos límites de inclinación establecidos previamente en el sensor, se podrá calibrar que tanto movimiento puede hacer la pinza recolectora en la fresas para no afectar su fisiología y así obtener mejores resultados con el cultivo, los cuales favorecerán minimizando costos y maximizando calidad y producción.

VI. CONCLUSIONES

El sistema electrónico es la solución a la brecha que existe en la calibración de los dispositivos mecatrónicos cosechadores. El control que se le da a una variable tan importante como lo es el daño que se puede generar en una planta es casi nulo entre las personas del gremio.

El sensor de movimiento es capaz de registrar los movimientos que experimenta la planta de fresa al estar siendo cosechada tanto por el hombre como por las máquinas cosechadoras.

Se logró determinar que el dispositivo móvil *Slide-Berry* desarrollado por los estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia generaba menos daño en el tallo de la planta de fresa preservándose así para futuras cosechas.

VII. REFERENCIAS

- [1] Exis Agricultura de Precisión, «Exsis Agricultura de Precisión,» [En línea]. Available: <http://agriculturadeprecision.co/agricultura-de-precision/>. [Último acceso: 28 Marzo 2016].
- [2] A. Corró Morales, «Revistacts,» Junio 2007. [En línea]. Available: http://www.revistacts.net/files/Portafolio/tesis_molas.pdf. [Último acceso: 28 Marzo 2016].
- [3] E. y. negocios, «El tiempo,» 12 Agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/censo-nacional-agropecuario-atraso-en-el-campo/16221076>. [Último acceso: 28 Marzo 2016].
- [4] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «FAO,» [En línea]. Available: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1359s/a1359s03.pdf>. [Último acceso: 28 Marzo 2016].
- [5] A. F. López Orozco y J. M. Aricapa Quiceno, «Universidad Tecnológica de Pereira,» 2015 Mayo. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/5414/1/621815L864i.pdf>. [Último acceso: 03 Abril 2016].
- [6] Sensing, «Sensing,» [En línea]. Available: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/MEDIDA-DE-VIBRACIONES_151/Sensores-de-vibraci%C3%B3n_290/. [Último acceso: 03 Abril 2016].
- [7] B. P. López, «Universidad de Santiago de Compostela,» [En línea]. Available: http://mathgene.usc.es/matlab-profs-quimica/analisis_datos.pdf. [Último acceso: 03 Abril 2016].
- [8] Projecte Hermes, «Universitat Politècnica de Catalunya,» [En línea]. Available: http://projecte-hermes.upc.edu/Enginyeria_Aeroespacial/3A/Mec%C3%A0nica%20II/Laboratori/Acelerometros%20y%20sensores%20de%20vibracion.pdf. [Último acceso: 03 abril 2016].
- [9] Arduino e Cia, «Arduino e Cia, » 28 abril 2015. [En línea]. Available: <http://www.arduinoecia.com.br/2015/04/acelerometro-giroscopio-mpu-6050.html>. [Último acceso: 03 abril 2016].